



Universidad Católica del Norte
ver más allá



Escuela de Negocios Mineros
Dirección de Postgrado

“LÁMINA DE COBRE, UNA OPORTUNIDAD DE NEGOCIO PARA LA INDUSTRIA DEL COBRE CHILENA”

**Proyecto de tesis para optar al grado académico de
Magíster en Gestión Minera.**

Profesor Guía: Oscar Benavente Poblete.

**OSCAR ARAMAYO A.
DANILO ARRUE M.
MÓNICA TOLEDO T.**

Antofagasta, Diciembre de 2013

INDICE DE CONTENIDO

GLOSARIO	10
RESUMEN.....	13
INTRODUCCIÓN	14
CAPÍTULO I METODOLOGÍA	16
1.1 Formulación General.....	16
1.2 Problema de Investigación	16
1.3 Objetivos	21
1.3.1 Objetivo General.....	21
1.3.2 Objetivos Específicos	21
1.4 Tipo de Estudio	21
1.5 Exclusiones del Estudio	22
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	23
2.1 Lámina de cobre.....	23
2.2 Proceso de la lámina de cobre.....	24
2.2.1 Proceso lámina de cobre electrodepositada (lámina de cobre ED).....	26
2.2.2 Variables operacionales involucradas en el proceso de la lámina de cobre	28
2.2.2.1 Disolución de cobre metálico y acondicionamiento de solución.	29
2.2.2.2 Electrodeposición	31
2.2.2.3 Tratamiento de Superficie	32
2.2.2.4 Etapa de Dimensionado	33

2.3	Equipamiento para el Proceso de la lámina de cobre.....	34
2.3.1	Sistema de conexión eléctrica.....	35
2.3.2	Estanques disolvedores y acondicionadores de electrolito:.....	37
2.3.3	Filtros.....	38
2.3.4	Celda de Electrodeposición:	39
2.3.4.1	Tambor Rotatorio.....	40
2.3.5	Tratamiento de Superficie.....	42
2.3.6	Cortadora – Dimensionadora de lámina de cobre.....	43
2.3.7	Inspección y Almacenamiento.....	45
2.4	Clasificación de la lámina de cobre	46
2.4.1	Tipos de lámina de cobre	46
2.4.1.1	Lámina de cobre laminado (W)	46
2.4.1.2	Lámina de cobre electrolítico (E).....	47
2.4.2	Calidad de la lámina de cobre.....	47
2.4.2.1	Lámina de cobre estándar (STD Tipo E)	48
2.4.2.2	Lámina de cobre de alta flexibilidad (HD Tipo E)	48
2.4.2.3	Lámina de cobre de alta temperatura y alta flexibilidad (HTE Tipo E)	48
2.4.2.4	Lámina de cobre resistente a la transferencia iónica.....	48

2.4.2.5 Lámina de cobre de bajo perfil o de muy bajo perfil.(LP o VLP lámina de cobre).....	48
2.4.3 Clasificación por rugosidad de la superficie	49
2.4.4 Clasificación por peso y espesor.....	49
2.4.5 Clasificación por tratamiento superficial de las caras de la lámina de cobre. 50	50
2.4.6 Clasificación de acuerdo a su control de calidad	50
2.4.6.1 Clase 1	51
2.4.6.2 Clase 2.....	51
2.4.6.3 Clase 3.....	51
2.4.7 Características técnicas de la lámina de cobre.	51
CAPÍTULO III ANÁLISIS DE MERCADO Y EVALUACION ECONOMICA.....	52
3.1 Análisis de mercado.	52
3.1.1 Introducción al mercado del cobre.....	52
3.1.2 . Usos de la lámina de cobre	55
3.1.3 Análisis de la Oferta.	58
3.1.5. Análisis de la Demanda	60
3.1.6. Análisis del Precio.	62
3.2 Alternativas Producción lámina de cobre.	65
3.2.1 Alternativa 1 láminas de cobre vía sulfuros.....	65

3.2.2	Alternativa 2 Láminas de Cobre vía Óxidos o Sulfuros lixiviables	66
3.3	CAPEX y OPEX.....	66
3.3.1	CAPEX	66
3.3.1.1	Introducción	66
3.3.1.2	Exclusiones.	67
3.3.1.3	Estructura de Quiebre.....	68
3.3.1.4	Costos Preinversionales	69
3.3.1.5	Costos Inversionales	70
3.3.2	OPEX.....	72
3.3.2.1	Introducción	72
3.3.2.2	Determinación del Costo de Operación por tonelada de lámina de cobre	74
3.3.3	Comparación Evaluación de Terminar el Proceso productivo en EW V/S alternativa 2.	76
3.3.3.1	Introducción.	76
3.3.3.2	Determinación Flujo Caso Base, Terminar proceso en EW	77
3.3.3.3	Determinación de Flujo alternativa 2.....	80
	CONCLUSIONES.....	86
	BIBLIOGRAFÍA.....	88
	ANEXOS	90

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Figura 1 Importaciones mundiales de cobre por tipo de producto.....	17
Figura 2 Gráfico costo unitario de producción de cátodo de cobre en Chile, respecto del total mundial.....	19
Figura 3 Precio LME de cobre, lámina estándar y lámina ultra delgada	20
Figura 4: Lámina de cobre	24
Figura 5: Proceso de Roleado o Laminado de cobre	25
Figura 6 Proceso de Electro-depositación de la lámina de cobre	25
Figura 7: Proceso de Producción de la lámina de cobre	26
Figura 8: Esquema Etapa de Disolución y Acondicionamiento de Solución	30
Figura 9: Esquema etapa electrodeposición del lámina de cobre	31
Figura 10 Esquema de la etapa tratamiento de superficie de la lámina	32
Figura 11 Superficie Tratada de lámina de cobre ED.....	33
Figura 12 Esquema de etapa de dimensionamiento de la lámina de cobre.....	34
Figura 13 Proceso completo de lámina de cobre	35
Figura 14 Sistema de distribución de corriente.....	36
Figura 15 Transformador de Corriente	36
Figura 16 Rectificador de Corriente.....	37
Figura 17 Estanques disolvedores –acondicionadores.....	38

Figura 18 Filtros de electrolito.....	39
Figura 19 Operación Tambor rotatorio	41
Figura 20 Puesta en marcha Tambor rotatorio.....	41
Figura 21 Tratamiento superficial lámina de cobre	43
Figura 22 Dimensionadora en Rollos.....	44
Figura 23 Dimensionadora en hojas.....	45
Figura 24 Revisión y chequeo del producto final	45
Figura 25 Cobre producido en Chile año 2011	52
Figura 26 Consumo de cobre por región.....	54
Figura 27 Principales usos del cobre de los principales consumidores.	54
Figura 28 Producción de la lámina de cobre.....	55
Figura 29 Lámina de cobre utilizado por la Industria electrónica de las Tarjetas electrónicas	56
Figura 30 Lámina de cobre utilizado por la Industria electrónica de los envoltorios de los cables.....	57
Figura 31 Láminas de cobre utilizado en la Arquitectura	57
Figura 32 Participación mundial en el mercado de la lámina de cobre	58
Figura 33 Principales Compañías china productoras de lámina de cobre.....	59
Figura 34 Distribución de la Producción de tipos de láminas de cobre año 201061	

Figura 35 Distribución de la Producción de tipos de láminas de cobre año 201361	
Figura 36 Precio de mercado cobre LME, lámina de cobre estándar y lámina de cobre ultra delgada.....	63
Figura 37 Comportamiento de la Oferta y demanda en el Mercado Chino de la lámina de cobre	64
Figura 38 Esquema de producción de láminas de cobre a partir de minerales sulfurados.....	65
Figura 39 Esquema de Producción de láminas de cobre via óxidos o sulfuros Lixiviables	66
Figura 40: Estructura de Quiebre del CAPEX Aplicable a la Producción de lámina de cobre.....	68

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Costo unitario de producción de cátodos de cobre (US\$ ¢/lb.) (1).....	18
Tabla 2 Variables Operacionales Etapa de disolución y acondicionamiento de solución.....	30
Tabla 3 Especificaciones de la lámina de cobre	50
Tabla 4 Principales consumidores de cobre Año 2009	53
Tabla 5 Comparación del mercado de la lámina de cobre en China y otros mercados.....	62
Tabla 6. Costos Preinversionales.	69
Tabla 7: Costos Inversionales	71
Tabla 8 Incidencia en cada etapa del proceso, del costos final de una tonelada de cobre.....	73
Tabla 9: Insumos Utilizados por tonelada de láminas de cobre electrodepositada de 35 µm	74
Tabla 10: Costo tonelada de cobre.....	75
Tabla 11: Insumos Utilizados por tonelada de láminas de cobre electrodepositada de 17 µm.	75
Tabla 12: Costo tonelada de cobre.....	76
Tabla 13: Detalle de Otros Consumibles Utilizados en el proceso.....	76
Tabla 14: Toneladas a Procesar	77
Tabla 15: Precio de venta y costo de Producción.	78

Tabla 16: Evaluación Caso Base.....	79
Tabla 17: Parámetros de Calculo Evaluación Económica Alternativa 2 Producción lámina de 35 μm	80
Tabla 18: Precios y costo operacionales por producir una tonelada de lámina de cobre de 35 μm	81
Tabla 19: Evaluación lámina de cobre de 35 μm	82
Tabla 20: Parámetros de Calculo Evaluación Económica Alternativa 2. Producción lámina de cobre de 17 μm	83
Tabla 21: Precios y costo operacionales por producir una tonelada de lámina de cobre de 17 μm	83
Tabla 22: Evaluación lámina de cobre de 17 μm	84

GLOSARIO

- 1 CAPEX: Gastos de Capital
- 2 OPEX: Gastos Operacionales
- 3 CCL: Lámina de cobre revestida
- 4 Cobre tipo ANN: Lámina de cobre laminada suave
- 5 Cobre tipo AR: Lámina de cobre laminada forjada
- 6 Cobre tipo E: Lámina de cobre Electrodepositado Norma IPC 4562
- 7 Cobre tipo ED: Lámina de cobre Electrodepositado
- 8 Cobre tipo HD: Lámina de cobre de alta flexibilidad
- 9 Cobre tipo HTE: Lámina de cobre para uso en alta temperatura y de alta flexibilidad
- 10 Cobre tipo LP: Lámina de cobre bajo perfil
- 11 Cobre tipo LTA: Lámina de cobre laminada a baja temperatura
- 12 Cobre tipo N: Lámina de cobre cuyo tratamiento superficial es en una cara
- 13 Cobre tipo P: Lámina de cobre cuyo tratamiento superficial es por las dos caras

- 14 Cobre tipo S: Lámina de cobre cuyo tratamiento superficial es por la cara mate
- 15 Cobre tipo STD: Lámina de cobre sin especificación
- 16 Cobre tipo VLP: Lámina de cobre de muy bajo perfil
- 17 Cobre tipo W: Lámina de cobre laminado
- 18 COCHILCO: Corporación Chilena del Cobre
- 19 CPVC: Material termoplástico en base a policloruro de vinilo clorado
- 20 Commodity: Se denomina a la materia prima (cobre) la cual no tiene diferenciación entre los productores.
- 21 EPC: Engineering, Procurement and Construction (Tipología de Contrato, en el cual una empresa se hace cargo del desarrollo de la Ingeniería, las adquisiciones y la construcción)
- 22 Copper foil: Lámina de cobre delgada
- 23 EW: Proceso de electroobtención del cobre
- 24 H-H: Horas hombre planificada en un proyecto
- 25 IEM: Impuesto especial a la minería
- 26 IVA: Impuesto al valor agregado
- 27 LME: Bolsa de metales de Londres

- 28 LOM: Vida de la Mina o Life of mine
- 29 PCB: Print Circuit Board
- 30 Royalty: Es el pago que se debe cancelar quien explota un recurso no renovable
- 31 Speciality: Es una materia prima(cobre) transformado que adquiere un mayor valor agregado.
- 32 SX: Proceso de extracción por solvente.

RESUMEN

El objetivo de la presente tesis es estudiar el posible potencial de la incorporación de la lámina de cobre como una nueva oportunidad o expansión de negocio, enfocado principalmente para que inversionistas, diseñadores e investigadores tengan una alternativa diferente a la obtención de cátodo, dándole a los procesos actuales un mayor valor agregado a su producto y a yacimientos de baja ley o considerados agotados la posibilidad de un mayor “Life of Mine” (LOM) del Yacimiento.

La investigación preliminar sobre la “lámina de cobre” conduce a determinar que éste es un tema poco desarrollado, ya que la mayoría de las investigaciones o documentos a nivel país, se focalizan en la producción tradicional del cobre.

En la actualidad la industria minera del cobre nacional se enfoca principalmente a productos básicos como son el concentrado de cobre, cobre blíster, cátodos de cobre y en menor importancia cristalizado de sulfato de cobre, observándose que la tendencia es a aumentar la producción de concentrados y no de obtener producto con mayor valor agregado. Por otro lado la industria minera se enfrenta a varios desafíos, como son una constante disminución de la ley en sus yacimientos, el permanente aumento de los costos de energía, disminución de los recursos hídricos y la disminución de personal especializado, todo lo anterior hace más competitivo el negocio minero del cobre, donde finalmente sobrevivirá la Compañía más innovadora y competitiva.

Hoy la producción de cobre nacional es a la forma de un “commodity”, pero convertir parte de la producción de cobre en un “speciality” de un valor agregado superior, logrando un mayor retorno, calidad del producto, desarrollo tecnológico y estilo de vida de nuestros trabajadores. .

INTRODUCCIÓN

El consumo de cobre mundial continúa en aumento, la demanda de este “commodity” se ha diversificado, según las necesidades del mercado, hoy el uso del cobre crece en el área eléctrica, electrónica, transporte, arte, arquitectura, etc. Mientras que la oferta del cobre de Chile se limita principalmente a concentrados de cobre y cátodos, siendo este último el producto estrella que exporta. Sin embargo, la competencia también está en aumento, los costos de producción aumentan, por lo tanto, la estrategia de diversificación es un camino que consolidaría aún más a Chile como país exportador de cobre, permitiendo además a las empresas mineras incrementar sus márgenes, a partir de un aumento del valor agregado y no a las toneladas de producción.

La evolución de los mercados, la incorporación de economías emergentes y de nuevos productores de cobre, sumado a ello a yacimientos con menores leyes, tanto para minerales sulfurados que son tratados vía flotación, como para los minerales lixiviables, aumento del costo de la energía e insumos en la producción de cobre, hacen necesarios estudiar y buscar nuevas oportunidades de negocios, con enfoque en la diversificación de productos que sean potencialmente atractivos para la industria del cobre.

El objetivo general de esta tesis es “Estudiar la producción de lámina de cobre, como una oportunidad de negocio para la industria del cobre chilena.

Lo anterior conduce a obtener un mayor retorno al mercado tradicional del cátodo y consolidar la economía de Chile a través de agregación de valor a un recurso no renovable, la producción de cobre en láminas.

Los objetivos específicos planteados son los siguientes:

- Definir qué es la lámina de cobre.
- Realizar el análisis de mercado,
- Identificar las alternativas de producción de la Lámina de cobre.

- Establecer orden de magnitud de los costos de la oportunidad (capital y operaciones)

Para lograr dichos objetivos, se realizó una investigación exploratoria, donde la metodología empleada se basó principalmente en la recopilación de datos de fuentes bibliográficas, como, libros, manuales, revistas especializadas y otros. Posteriormente se efectuó una recopilación y análisis de estadísticas económico – culturales, obteniendo así la información necesaria para lograr proponer una solución a las problemáticas planteadas.

Por otro lado el estudio consta de 3 capítulos. En el primer capítulo, se describe la metodología, el ámbito en que se moverá el estudio, El objetivo general del estudio y los objetivos específicos, se desarrolla el límite de baterías en cual se moverá el estudio.

El segundo capítulo se centra en el marco teórico, en él se identifican los diferentes postulados sobre el tema a estudiar, es decir, conocimiento previo; definición de la lámina de cobre, proceso por el cual se produce, el equipamiento necesario, clasificación y por último las características técnicas de la lámina de cobre.

En el tercer capítulo estarán el estudio de mercado, quienes son los países productores y consumidores de este material, el precio de venta de la lámina de cobre y un perfil de evaluación económica de un anteproyecto para una planta de lámina de cobre con capacidad de 2000 t/año, de acuerdo a los antecedentes que se tengan en hasta este momento.

CAPÍTULO I METODOLOGÍA

1.1 Formulación General

El consumo de cobre mundial continúa en aumento, pero la demanda de este “commodity” cambia según las necesidades del mercado, hoy el uso del cobre crece en el área eléctrica, electrónica, transporte, mientras que la oferta del cobre del país se limita principalmente a concentrados de cobre y cátodos, siendo este último el producto estrella que exporta Chile.

Si bien es cierto, hoy en día existen algunas experiencias de innovación con el cobre, especialmente, la llevada en los textiles, hospitales y en la incursión de la arquitectura a través de las tejas de cobre. Se hace necesario, realizar un levantamiento de cuál es el desarrollo de las actuales instalaciones en materia de lámina de cobre, ya que, la oportunidad de negocio definida, se enfoca a la exportación de este producto, de manera de localizarlo como un ingreso sostenible para Chile.

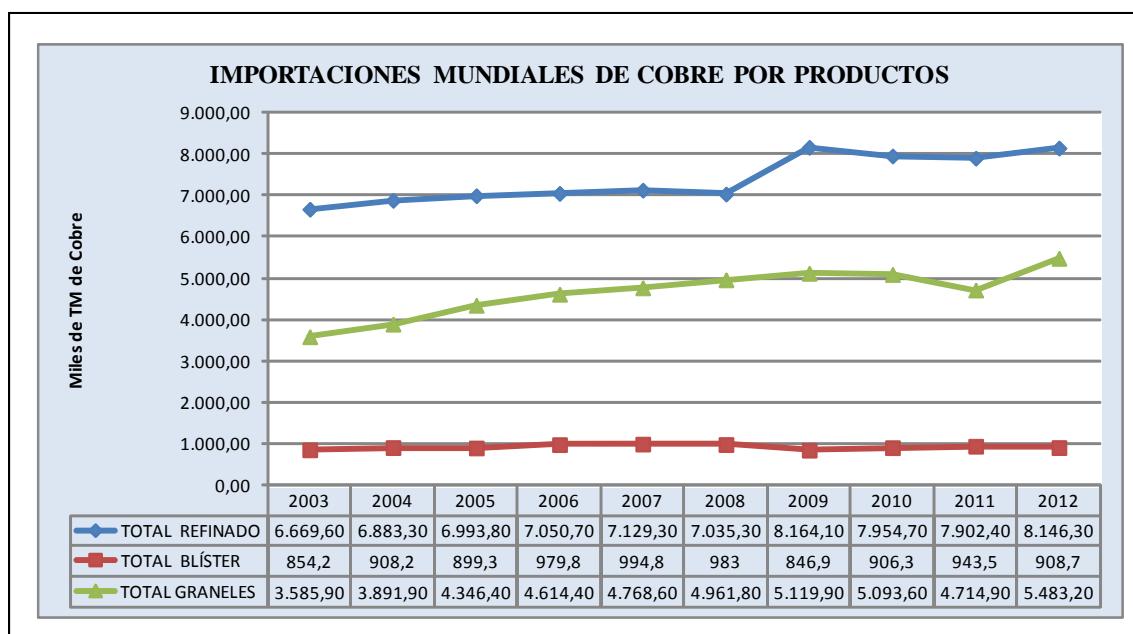
1.2 Problema de Investigación

Por qué buscar dar mayor valor agregado a una industria que por años se ha mantenido sin mayores contratiempos, independiente de las fluctuaciones económicas mundiales el uso del cobre en el mundo no ha tenido bajas considerables, las importaciones que ha tenido el cobre en sus principales productos, la tendencia del cobre refinado es ir creciendo a lo largo de los años y el principal importador sería China, dada la condición anterior y el súper ciclo del cobre, es cómodo pensar que como industria se está en su mejor momento, sin embargo, existen otros factores que en los últimos años se han comportado de manera negativa para los resultados de las empresas mineras, por ejemplo, los yacimientos tienen menores leyes, tanto para minerales sulfurados que son tratados vía flotación, como para los minerales lixiviables. Además, existen mayores costos de extracción y procesamiento, ver Figura 2 , dado el

aumento del costo de la energía producto de la escasez de esta y aumento de los insumos en la producción de cobre.

Lo anterior nos hace pensar en diversificar los productos que sean potencialmente atractivos para la industria del cobre chileno con una mayor brecha entre los costos operativos y de ventas, aumentando sus utilidades y abriendo posibilidades a nuevos mercados.

Figura 1 Importaciones mundiales de cobre por tipo de producto.



Fuente: (Cochilco, 2011).

Tabla 1 Costo unitario de producción de cátodos de cobre (US\$ ¢/lb.)

(1)

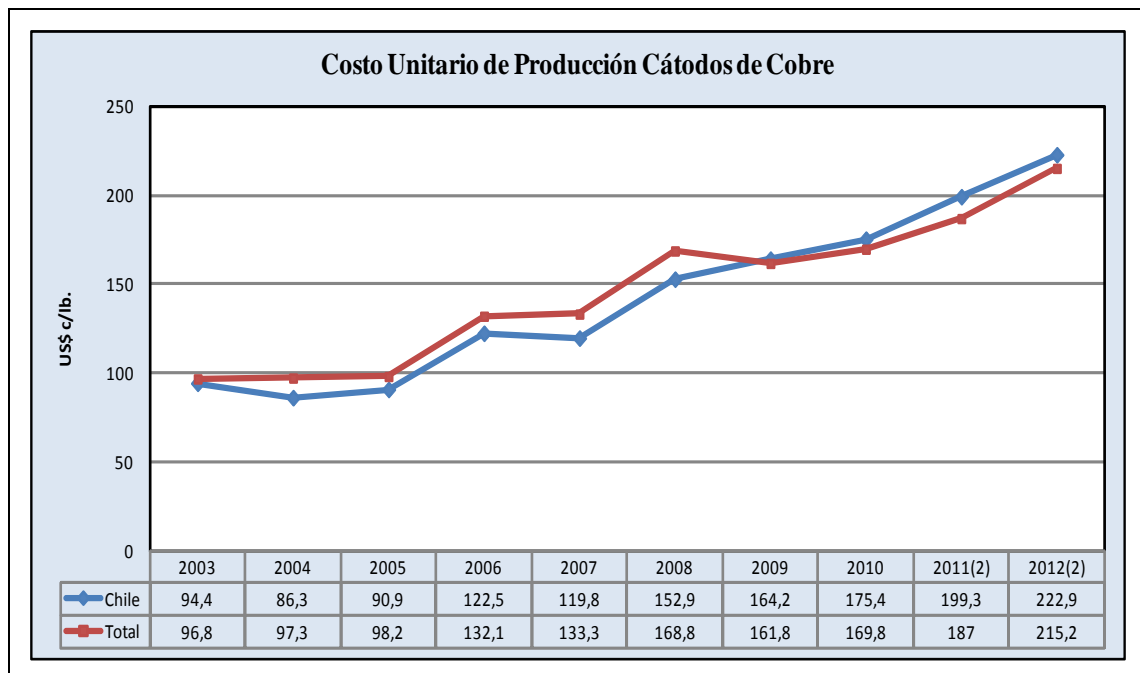
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011(2)	2012(2)
Dólares de cada año / Current Dollars										
Chile	64,8	63	71,2	100,4	102,8	144,2	141,2	161,1	199,3	222,9
África / Africa	90,9	122,2	126,1	156,8	179,6	221,2	213,1	216,6	237,3	265,8
Asia	38,4	68,8	68,2	129,9	87,8	143,6	49,5	81,9	125,5	212,9
Comunidad de Estados Independientes / CIS										
Ex Comecon / Former East Bloc	68,1	74,6	95,1	108,4	130,9	183,3	155,8	176	181	218,5
Latinoamérica / Latin America	64	60,9	66,6	95,3	93,5	133,1	132,5	148,6	177	199,4
Norteamérica / North America	79	81,7	67,5	105,9	144,3	197,4	163,2	177,1	195	222,3
Oceanía / Oceania	78,3	90,5	106,5	141,4	158,3	189,3	166,5	162,1	244,7	238,4
Europa Occidental / Western Europe	79,5	83,6	96,9	107,4	145,9	157,8	182,1	200,9	254,4	263,1
Total	66,4	71	76,9	108,2	114,4	159,1	139,1	155,9	187	215,2
Dólares de 2011 / US\$ 2011 (3)										
Chile	94,4	86,3	90,9	122,5	119,8	152,9	164,2	175,4	199,3	222,9
África / Africa	132,3	167,6	161,1	191,5	209,2	234,6	247,8	235,8	237,3	265,8
Asia	55,9	94,3	87,2	158,6	102,4	152,3	57,5	89,2	125,5	212,9
Comunidad de Estados Independientes / CIS										
Ex Comecon / Former East Bloc	99,2	102,2	121,5	132,4	152,5	194,4	181,3	191,6	181	218,5
Latinoamérica / Latin America	93,1	83,5	85,1	116,4	109	141,1	154,1	161,8	177	199,4
Norteamérica / North America	115	112	86,3	129,3	168,2	209,4	189,8	192,9	195	222,3
Oceanía / Oceania	114,1	124,1	136	172,7	184,4	200,8	193,6	176,5	244,7	238,4
Europa Occidental / Western Europe	115,8	114,7	123,8	131,1	170	167,4	211,8	218,8	254,4	263,1
Total	96,8	97,3	98,2	132,1	133,3	168,8	161,8	169,8	187	215,2

(1) Según la terminología de Brook Hunt (2) Los costos para el año 2012 son estimados y están expresados en moneda del año 2011/ 2012

(3) Deflactor: Producer Price Índice de Estados Unidos (PPI, all commodities).

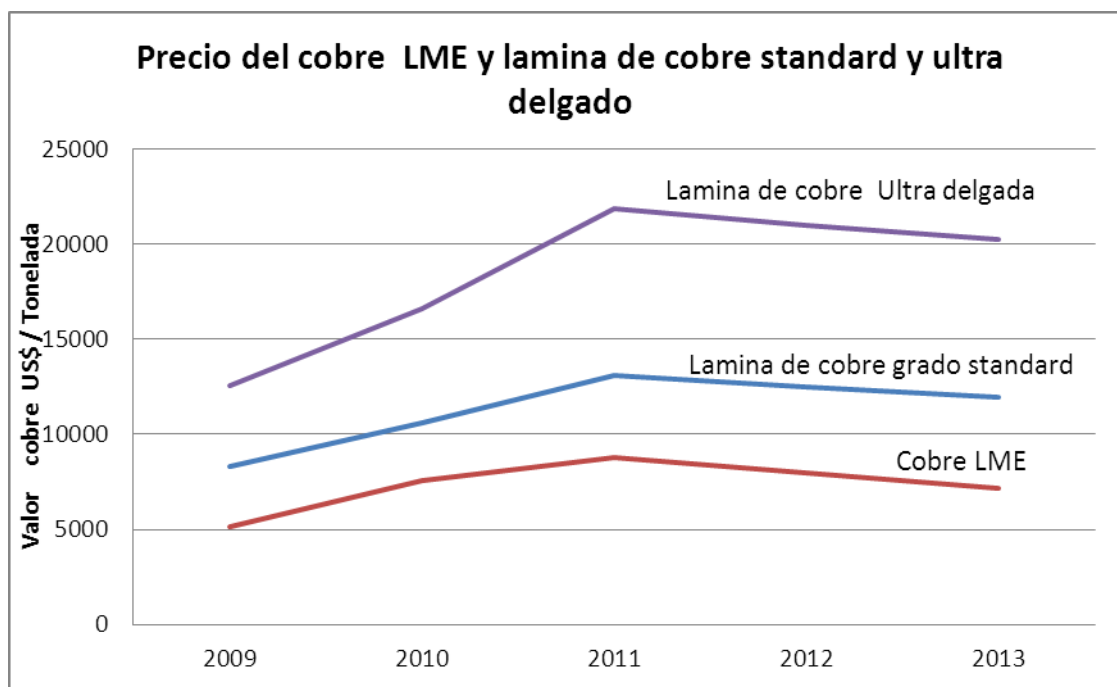
FUENTE: (Cochilco, 2011).

Figura 2 Gráfico costo unitario de producción de cátodo de cobre en Chile, respecto del total mundial.



Fuente: (Cochilco, 2011).

Figura 3 Precio LME de cobre, lámina estándar y lámina ultra delgada



Fuente: (Deep Research Report on China Copper Foil Industry, 2013).

La Figura 2 y la Figura 3 Precio LME de cobre, lámina estándar y lámina ultra delgada, muestran los costos de producción de cobre y el precio por tonelada de lámina de cobre, según la tipología. La tendencia es que el costo de producción va aumentando a lo largo de los años y la escasez de recursos energéticos en el país y de proyectos que estén operativos a mediano plazo, indica que el costo iría subiendo aún más, sin embargo, de aumentar los márgenes de contribución por tonelada vendida de producto, el costo de los insumos en producción de cobre bajarían la relevancia de impacto dentro de los resultados de las empresas mineras, porque aumentando el precio de venta a través de un producto mayormente procesado convertiría a los proyectos mineros más atractivos y solventes en el tiempo.

Dado que la producción de lámina de cobre en Chile no se encuentra altamente desarrollada, y que nuestro país depende de la minería del cobre, se requiere analizar nuevas posibilidades de negocios, que consoliden a Chile como un país no sólo enfocado a la explotación de materiales, sino, que sea reconocido como un innovador y agregador de valor a nuestros recursos no renovables, consolidando y dando mayor estabilidad a la economía nacional.

¿Es el lámina de cobre una oportunidad para la industria chilena del cobre de diversificar sus productos?, ¿Sería la lámina de cobre un producto, que dado el alza de los precios de producción, permitiría a la industria de cobre en Chile aumentar su margen de contribución al Negocio?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

“Estudiar la producción de lámina de cobre, como una oportunidad de negocio para la industria del cobre chilena”.

1.3.2 Objetivos Específicos

Los objetivos específicos planteados son los siguientes:

- Definir qué es la lámina de cobre.
- Realizar el Análisis de Mercado,
- Identificar las alternativas de producción de la lámina de cobre.
- Establecer orden de magnitud de los costos de la oportunidad (capital y operaciones)

1.4 Tipo de Estudio

Este estudio tiene carácter de perfil, es decir, para contestar la problemática planteada, se requiere ampliar los conocimientos del tema, que a la fecha ha sido poco

explorado. Por tanto, este estudio tiene carácter exploratorio, basado en la recolección de información y análisis de los datos recolectados.

1.5 Exclusiones del Estudio

Dado el nivel de información recopilada, respecto de experiencias similares en el país, es decir, fabricación de láminas de cobre (LdC), y considerando que este estudio tiene como objetivo exponer una oportunidad de negocio, se consideran las siguientes exclusiones:

- Definición de tecnología y características técnicas específicas de los equipos necesarios.
- Diagnóstico de plantas actualmente instaladas y con potencial ampliación para producir láminas de cobre.
- Caracterización de los materiales minerales para la producción de láminas de cobre.
- Definición de parámetros claves técnicos.

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

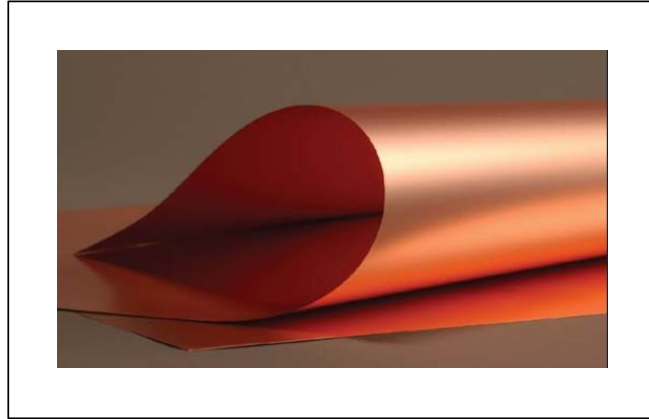
2.1 Lámina de cobre

La lámina de cobre es una hoja delgada de cobre, cuyo espesor no es superior a 0,50 mm, ver Figura 4. En general, la lámina de cobre se caracteriza por su flexibilidad, buena conductividad eléctrica, resistencia al agua, bajo costo de producción, durabilidad y otras características mecánicas.

Debido a sus excelentes propiedades físicas y mecánicas (elongación, resistencia a la tracción y flexibilidad) y de alta conductividad eléctrica, (O'Keefe, 2002) así como aplicaciones arquitectónicas, las láminas de cobre se utilizan en muchas aplicaciones que apoyan la vida moderna. Las principales áreas de aplicaciones de las láminas de cobre son:

- Láminas de cobre para la producción de circuitos impresos (PCB)
- Pantalla electromagnética
- Cinta (envoltura del cable)
- Baterías de iones de litio
- Arquitectura (laminados de materiales para techos).

Figura 4: Lámina de cobre



Fuente: (Rogers Corporation, 2013)

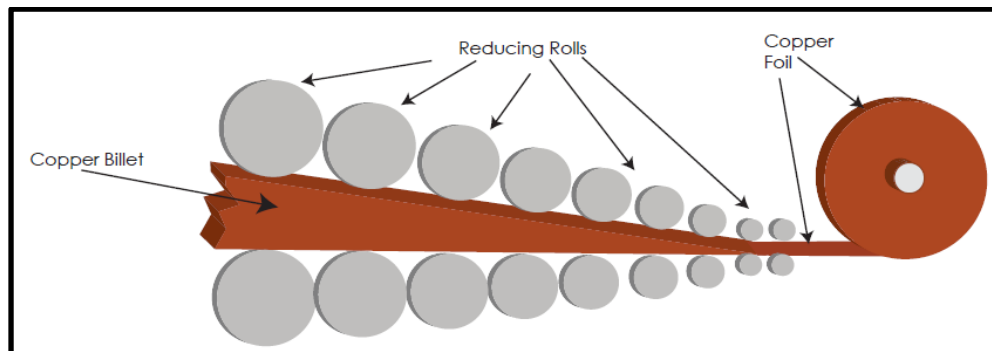
2.2 Proceso de la lámina de cobre

Existen dos procesos para producir la lámina de cobre:

- Lámina de cobre laminado
- Lámina de cobre electro-depositada

A través de estos dos tipos de procesos se logra el mismo tipo de lámina, estos difieren en su costo de producción y su calidad final. La fabricación de la lámina de cobre laminado es a través de procesos termo mecánicos que se inician desde una hoja de mayor espesor y a través de una serie de rodillos que van disminuyendo su abertura entre sí, ejercen una presión sobre la lámina como se aprecia en la Figura 5, llegando a obtener láminas de cobre de hasta 15 μm .

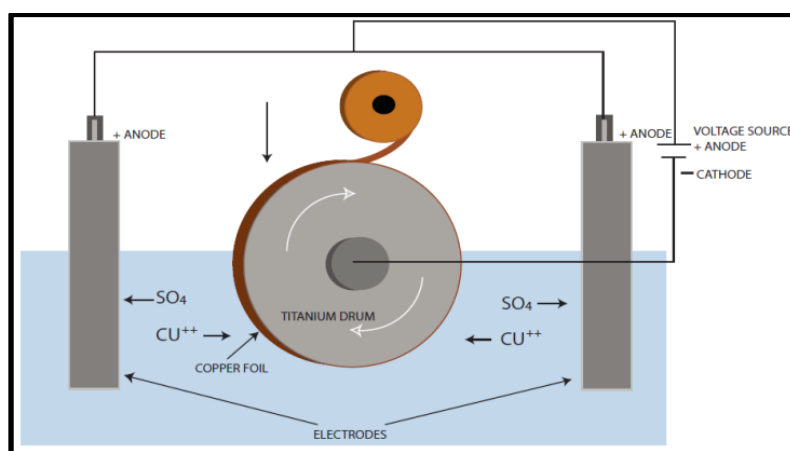
Figura 5: Proceso de Roleado o Laminado de cobre



Fuente: (Rogers Corporation, 2013)

El cobre electrodepositado se obtiene a través de un proceso electroquímico, en el cual se utiliza una solución acuosa de ácido sulfúrico y sulfato de cobre y mediante el paso de la corriente eléctrica el cobre es depositado en la superficie de un tambor rotatorio donde posteriormente es desprendido en forma continua para obtener la lámina de cobre ED, tal como se aprecia en la Figura 6.

Figura 6 Proceso de Electro-depositación de la lámina de cobre



Fuente: (Roger Corporation, 2010)

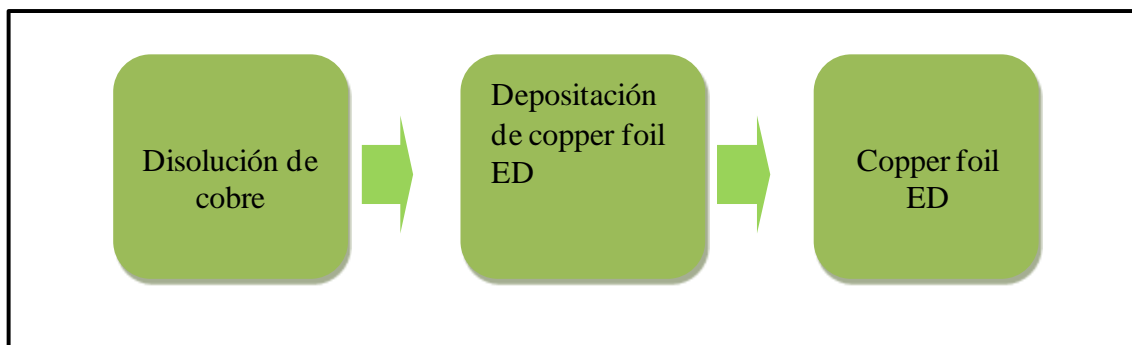
La diferencia entre ambos procesos radica fundamentalmente en el costo de producción, siendo el laminado de un mayor costo por la utilización en su proceso de calor, reducción de tamaño y compresión.

Sin embargo, el producto del proceso laminado genera una lámina de cobre de mejor calidad desde el punto de vista de la estructura cristalina del cobre, teniendo menor crecimiento perpendicular a la superficie, producto del roleado en frío de la superficie, esto lo hace tener una mejor característica mecánica y eléctrica como es la elongación, flexibilidad y coeficiente eléctrico.

2.2.1 Proceso lámina de cobre electrodepositada (lámina de cobre ED)

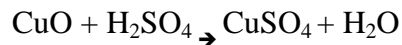
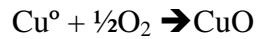
No obstante lo indicado en el párrafo anterior, el producto preferido por la industria electrónica es la lámina de cobre electrodepositada (Rogers Corporation, 2010). El proceso de electrodeposición de la lámina de cobre tiene dos etapas fundamentales; la etapa de disolución de cobre metálico y la posterior electrodeposición de éste como lámina continua de cobre, como se aprecia en la Figura 7.

Figura 7: Proceso de Producción de la lámina de cobre



- Disolución de cobre metálico:

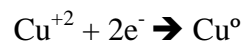
Es un proceso químico donde el cobre metálico en forma de granalla se pone en contacto con una solución de ácido sulfúrico y oxígeno cuya reacción química es la siguiente:



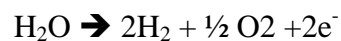
- Depositación de cobre metálico:

La solución proveniente de la disolución del cobre es electrodepositada depositándose el cobre en solución en la superficie del tambor rotatorio que hace de cátodo.

–Reacción Catódica:



–Reacción Anódica:



El proceso de electrodepositación para láminas de cobre delgadas se hace eficiente en el consumo de energía, debido a la utilización de electrodos de mejor estándar eléctrico, una optimización de las variables operacionales que contribuyen a una operación electroquímica mejorada comparada con la producción de cátodos de cobre, se identifican (O'Keefe, 2002) los siguientes efectos relevantes:

- Efecto de la Temperatura

El efecto de la temperatura sobre las especies en solución es el transporte por migración (efecto de gradientes de potencial eléctrico), difusión (efecto de gradientes de concentración) y convección (efecto de gradientes de densidad del electrolito). La temperatura de la solución afecta a los tres procesos:, (O'Keefe, 2002)

- Aumenta la movilidad de los iones, luego, la conductividad eléctrica de la solución, incrementando las velocidades de migración.
- Aumenta la solubilidad del cobre, permitiendo mayores gradientes de concentración y mayores velocidades de difusión.
- Disminuye la viscosidad del electrolito, generando mayores velocidades de convección.

Por estas consideraciones, la temperatura se incrementa prácticamente en un 100% lo que indudablemente mejorará el comportamiento eléctrico del proceso.

- Efecto del régimen de flujo

El aumento del flujo en el interior de la celda generando un régimen de flujo turbulento, es fundamental para hacer variar la velocidad de transferencia de masa, mejorando el transporte iónico de las especies reduciendo la resistencia óhmica de la solución, (O'Keefe, 2002)

2.2.2 Variables operacionales involucradas en el proceso de la lámina de cobre

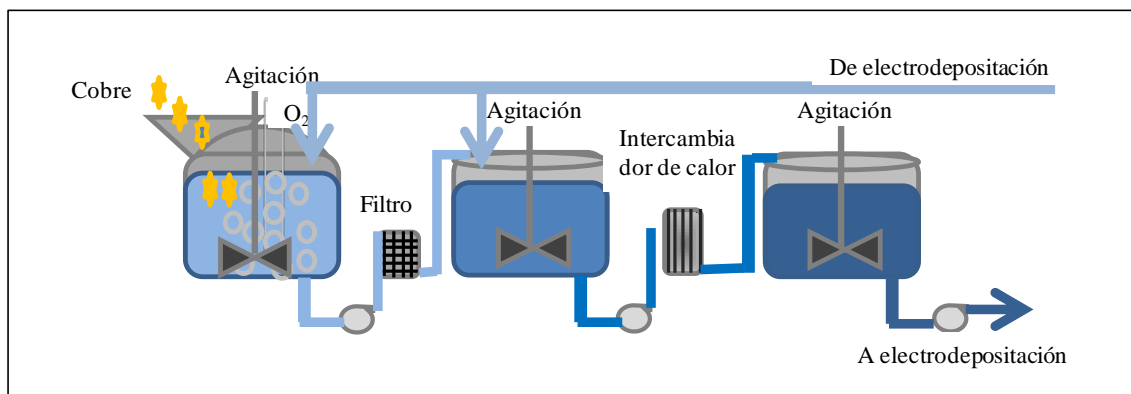
Las principales etapas de un proceso de producción de lámina de cobre son:

- Etapa de disolución del cobre y acondicionamiento del electrolito
- Etapa de electrodeposición
- Etapa de tratamiento de superficie
- Etapa de dimensionado

2.2.2.1 Disolución de cobre metálico y acondicionamiento de solución.

El proceso se inicia con una limpieza inicial del cobre metálico luego se ingresa al primer reactor donde este reacciona con oxígeno y ácido sulfúrico, disolviéndose totalmente, posteriormente la solución pasa por un filtro donde son retenidos las impurezas sólidas y orgánicas, ingresa a un estanque cuya función es acondicionar el electrolito mezclado la solución fresca con el retorno de la solución débil de la celda de electroobtención asegurando una concentración estable a continuación pasa por un intercambiador de calor para así ingresar al segundo estanque acondicionador con una temperatura y concentración de ácido y cobre adecuada para ser utilizado en la etapa de electrodeposición.

Figura 8: Esquema Etapa de Disolución y Acondicionamiento de Solución



Fuente: Elaboración propia, 2013

La solución debe ser acondicionada al igual que en el proceso tradicional de producción de cátodos de cobre con cloruro, goma o gelatina e hidroxietil celulosa con el propósito de reducir la nodulación, aumentar precipitación de sólidos y aumentar el abrillantamiento de la lámina.

Tabla 2 Variables Operacionales Etapa de disolución y acondicionamiento de solución

Variable Operacional	Unidad de medida	Rango Operación
Flujo de Electrolito	m ³ / h	6 a 300
Concentración de Acido	Kg/m ³	70 a 140
Concentración de cobre	Kg/m ³	50 a 115
Temperatura solución	°K	323 a 353

2.2.2.2 Electrodeposición

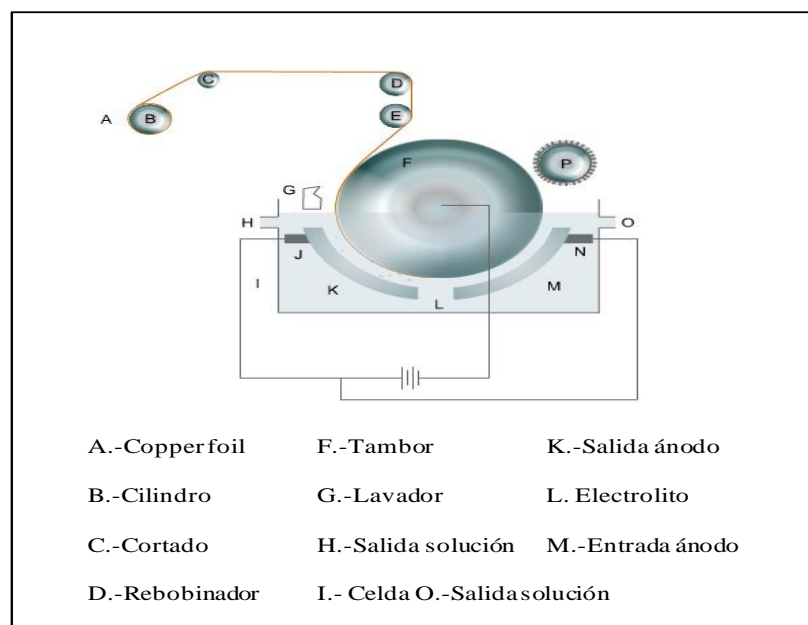
En esta etapa los elementos principales son el ánodo que pueden ser fabricados de Plomo, Plomo-Antimonio, Titanio, Oxido de Iridio u Oxido de Rutilio.

El cátodo es fabricado habitualmente de acero inoxidable, titanio o de acero inoxidable revestido en cromo. El tambor de Titanio que es el más utilizado posee una gran resistencia química al ácido sulfúrico y a la temperatura.

Las dimensiones de los tambores varían de acuerdo al tamaño de la planta y al requerimiento del cliente, el diámetro varía entre 0,38 a 3 m y el ancho varía entre 0.90 a 3 m. La distancia entre el ánodo y cátodo la cual debe ser exacta y no generar desviaciones mientras el tambor se desplaza varía entre 6 a 25 mm.

La densidad de corriente para estas operaciones es muy alta y varía entre 1500 a 15000A°/m².

Figura 9: Esquema etapa electrodeposición del lámina de cobre

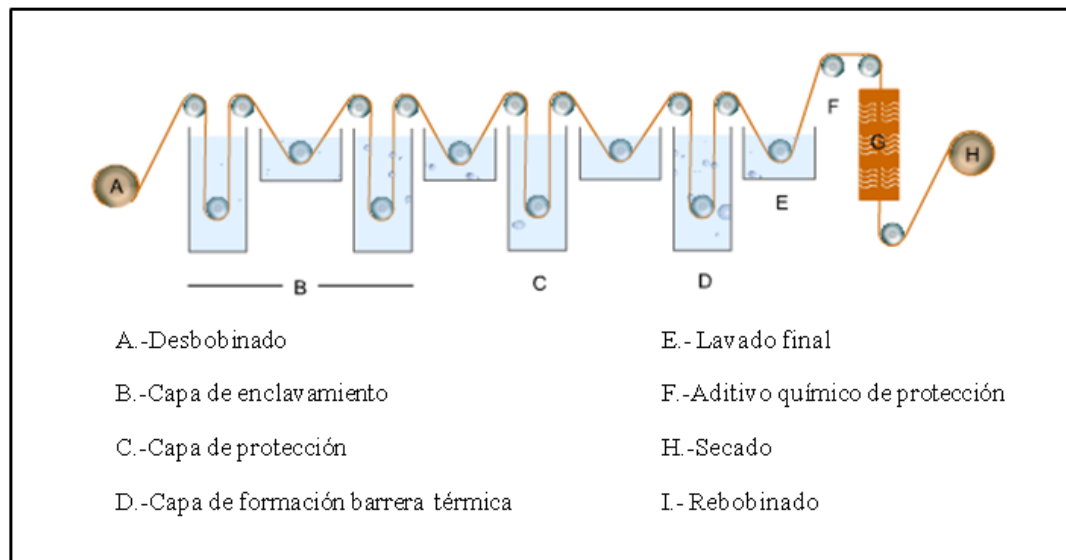


Fuente: (Aspinalls Corporation, 2010)

2.2.2.3 Tratamiento de Superficie

La lámina de cobre es tratada a través de una secuencia de pasos químicos, con el objeto de mejorar la superficie de la lámina tanto para reducir la rugosidad, como para mejorar la adherencia al sustrato en su uso final, también se le adiciona una lámina protectora para la mantención en la etapa de almacenamiento, como se muestra en la Figura 10.

Figura 10 Esquema de la etapa tratamiento de superficie de la lámina



Fuente: (Aspinalls Corporation, 2010)

Las capas de tratamiento de la superficie de la lámina de cobre son:

a) Barrera térmica: Sus funciones principales son:

- Mejorar las propiedades por envejecimiento térmico de la lámina.
- Reducir el choque térmico al tratamiento final de la lámina de cobre.
- Prevenir la difusión de iones de cobre.

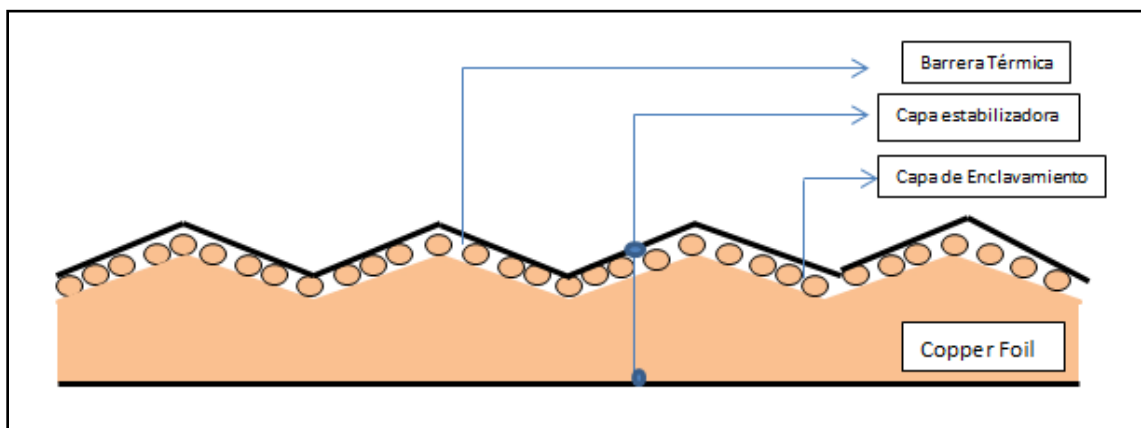
b) Capa de enclavamiento: Su función principal es:

- Mejorar el enclavamiento mecánico en su posterior uso.

c) Capa estabilizadora: Sus funciones principales son:

- Evitar ralladuras en la superficie de la lámina.
- Evitar que la lámina se manche en el almacenamiento.
- Evitar la pérdida de brillo de la lámina.

Figura 11 Superficie Tratada de lámina de cobre ED

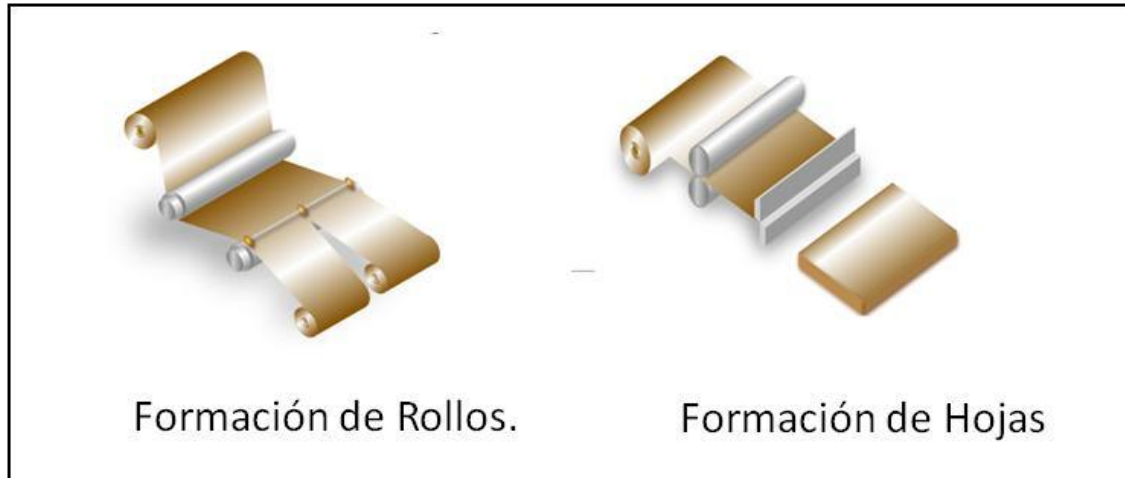


Fuente: (Rogers Corporation, 2009)

2.2.2.4 Etapa de Dimensionado

Normalmente esta etapa depende del requerimiento del cliente, algunos de ellos requerirán lámina de cobre en hojas de 1m x 1m o bien lo requerirán en rollos de ancho estándar de 1m, como se observa en la Figura 12. El espesor de la lámina será de acuerdo a las especificaciones técnicas requeridas.

Figura 12 Esquema de etapa de dimensionamiento de la lámina de cobre



Fuente: (Newlong, 2009)

2.3 Equipamiento para el Proceso de la lámina de cobre

Desde que nació la lámina de cobre para uso electrónico fue ganando credibilidad, después de 2ª Guerra Mundial sufrió una evolución significativa con el fin de satisfacer el incesante mejoramiento a las especificaciones de la industria electrónica en expansión. Hoy en día, el uso de la lámina de cobre es fundamental para prácticamente todos los aspectos de nuestras vidas, desde los complejos viajes espaciales a los juegos electrónicos, desde las prácticas médicas diarias, hasta los relojes, los teléfonos, automóviles, aviones, etc.

El uso de la lámina de cobre en la electrónica proporciona estabilidad, eficiencia y confiabilidad, mejorando los contactos entre los componentes electrónicos para que la corriente eléctrica pueda desplazarse por estos circuitos.

La lámina de cobre electrodepositada se fabrica en un proceso de cuatro etapas, estas etapas las podemos apreciar en la Figura 13 que es una fotografía en la que podemos identificar claramente el funcionamiento de una línea de producción de lámina de cobre.

Figura 13 Proceso completo de lámina de cobre



Fuente: (Furukawa, 2009)

2.3.1 Sistema de conexión eléctrica

La electricidad es la clave en este proceso de electroquímico, el sistema eléctrico está compuesto por transformadores de corriente de alta tensión 33.000 V la cual se reduce a la tensión de operación tensión 360 V. Posteriormente el rectificador rectifica la corriente alterna en corriente continua para que finalmente en una serie de sistemas de barras conductoras de corriente la distribuyen hacia los distintos equipos del proceso.

Figura 14 Sistema de distribución de corriente



Fuente: (Aspinalls Corporation, 2010)

Figura 15 Transformador de Corriente



Fuente: (Aspinalls Corporation, 2010)

Figura 16 Rectificador de Corriente



Fuente: (Aspinalls Corporation, 2010)

2.3.2 Estanques disolvedores y acondicionadores de electrolito:

Los estanques disolvedores de cobre metálico cumplen dos funciones (ver Figura 17):

- Disolver el cobre metálico
- Acondicionar el electrolito

Figura 17 Estanques disolvedores –acondicionadores



Fuente: (Tech Products Company, 2013)

2.3.3 Filtros

La solución de electrolito que se suministra a la máquina de electrodeposición es pre-acondicionada por filtros especialmente diseñados de carbón activado.

El electrolito se bombea continuamente hacia los estanques de acondicionamiento y a las celdas de electrodeposición pasando antes por una etapa de filtros.

Figura 18 Filtros de electrolito



Fuente: (US Filter CORPORATION, 2006)

2.3.4 Celda de Electrodeposición:

Estas instalaciones incluyen un tambor giratorio, que es el cátodo (con un sistema de control de accionamiento que permite una variación de la velocidad del tambor en $\pm 0,5\%$), que se mantiene en un estrecho espacio de tolerancia a un par de ánodos curvos o solo un ánodo curvo sumergido.

La condición de la superficie del cátodo se mantiene mediante la aplicación de un cepillo de pulido controlado automáticamente por periodos de producción. Un sistema de contactos permite que la corriente fluya a través de un sistema de barras rígidas proveniente de un transfo-rectificador hacia el cátodo giratorio con una caída de tensión mínima.

Un sistema de distribución de electrolito, fijado en el ánodo y la base de la máquina asegura un suministro constante y controlado del flujo de solución hacia la celda. A medida que el tambor gira en el espacio ánodo-cátodo que contiene electrolito, el cobre se deposita en su superficie.

El tambor rotatorio llega a la superficie donde el depósito se lava antes de ser desprendido de la superficie del cátodo como una lámina continua. Un sistema integrado de rebobinado, con un software de control interconectado con la unidad de tambor, permite que la lámina se almacene en forma de rollo a una tensión controlada a lo largo de su fabricación. Para una corriente estable y constante, el espesor medio del depósito es una función de la velocidad de la rotación del tambor catódico, que puede ser controlado para producir consistentemente láminas con un espesor nominal a un punto de ajuste de 10 μm a 200 μm .

2.3.4.1 Tambor Rotatorio

Es el componente catódico de la celda electrolítica, tiene una gran precisión de diseño mide 2,7 m de diámetro y un peso de más de 8 toneladas. Las principales características del tambor rotatorio son (ver Figuras 19 y 20):

- Revestimiento exterior de titanio de un espesor de 12 mm.
- Ancho 0,15m.
- La superficie de acabado titanio finamente pulida.
- Dinámicamente equilibrada de estructura rígida
- Los anillos con borde de CPVC

Figura 19 Operación Tambor rotatorio



Fuente: (Aspinalls Corporation, 2010)

Figura 20 Puesta en marcha Tambor rotatorio



Fuente: (Newlong, 2009)

Un buen tambor rotatorio además debe cumplir con las siguientes características:

- Buena resistencia a la corrosión.
- Buen pulido de superficie, buena adhesión y extracción de la lámina.
- Buena capacidad para resistir el paso de alta corriente eléctrica.
- Debe ser libre de porosidad.
- Capacidad para producir un foil con un espesor uniforme a lo largo y ancho de la lámina.
- Bajo costo de mantención y uso de mano de obra.
- Debe tener una gran durabilidad y no debe ser contaminante.

2.3.5 Tratamiento de Superficie

La máquina para el tratamiento de superficie de la lámina tiene como función modificar las características de la superficie del producto generado por la máquina de electrodeposición extendiendo la vida útil de la lámina, mejorando su capacidad para unirse con materiales de sustrato y la calidad final del lámina de cobre, la secuencia del proceso de tratamiento es la siguiente, ver Figura 21:

- Aditivo para eliminar la Micro-rugosidad, (dendríticas y depósitos dorado)
- Eliminación de manchas
- Aditivo promotor de la adhesión química.

Cada máquina de tratamiento de superficie incluye,

- Etapa de rebobinado.
- Etapa de enjuague - lavado
- Estaciones de secado
- Sistema de control de la unidad que mantiene la tensión de banda en todo el proceso.

Estas máquinas tienen una velocidad de tratamiento de hasta 25m/min.

Figura 21 Tratamiento superficial lámina de cobre



Fuente: (Aspinalls Corporation, 2010)

2.3.6 Cortadora – Dimensionadora de lámina de cobre

Para optimizar la eficiencia de la producción de rollos en el proceso de electrodeposición, éstos son fabricados hasta 1,500 m de ancho y pueden ser de más de 1.000 m de largo.

Después de tratamiento de la superficie y la inspección final del producto de la lámina de cobre ésta se corta al ancho y longitud especificado por el cliente.

Dependiendo de su mercado en particular, los usuarios de la lámina de cobre

requieren un suministro en rollos de 0,535m ~ 1,308m de ancho y alrededor de 1000m de largo.

Máquinas cortadoras, que incorporan última tecnología y sistemas de control de tensión, cuchillos de corte longitudinal y eficientes instalaciones de rebobinado, también pueden tener estaciones de limpieza de superficies que operan en una o ambas caras de la lámina de lámina de cobre, simultáneos con el proceso de corte, minimizando así la posibilidad de pérdida de clientes debido a abolladuras, inclusiones o inserciones.

Figura 22 Dimensionadora en Rollos



Fuente: (Furukawa, 2010)

Figura 23 Dimensionadora en hojas



Fuente: (Furukawa, 2010)

2.3.7 Inspección y Almacenamiento

Al final de proceso productivo, se debe realizar una clasificación y distribución del producto para el envío a los diferentes centros de consumo, ver Figura 25

Figura 24 Revisión y chequeo del producto final



Fuente: (Furukawa, 2010)

2.4 Clasificación de la lámina de cobre

La lámina de cobre es estandarizado bajo las Normas IPC- 4562 y las clasifica e identifica de la siguiente forma:

- Tipo de lámina de cobre
- Calidad del lámina de cobre
- Espesor del lámina de cobre
- Tipo de tratamiento final a la lámina de cobre
- Perfil de la rugosidad
- Clasificación por control de calidad

2.4.1 Tipos de lámina de cobre

De acuerdo al proceso de fabricación, dos tipos de lámina de cobre se ofrecen principalmente en el mercado: el lámina de cobre laminado y lámina de cobre electrolítico.

2.4.1.1 Lámina de cobre laminado (W)

El proceso de la lámina de cobre laminado es relativamente caro. Su proceso se inicia con prensado en caliente de cátodos de cobre, luego es laminado en frío, templado y secado. La lámina de cobre laminado es más flexible en comparación con el lámina de cobre electrolítico y debido a ello es utilizado para el PCB flexible debido a su excelente resistencia a la flexión.

2.4.1.2 Lámina de cobre electrolítico (E)

La lámina de cobre electrolítico no presenta ninguna restricción de longitud, rugosidad de la superficie, precio bajo, etc. Además de la aplicación de PCB que se ha mencionado antes, la lámina de cobre electrolítico es aplicable también para la industria de las baterías de litio. Con el propósito de adaptarse a un mercado en constante cambio, la mayoría de los fabricantes de lámina de cobre están tomando medidas para hacer lámina de cobre de mejor calidad. Por ejemplo, se espera que sea más delgado debido a que los productos electrónicos son cada vez más livianos, más pequeños y flexibles, los fabricantes se esfuerzan en mejorar la técnica de operación con el propósito de satisfacer los requerimientos de los clientes.

2.4.2 Calidad de la lámina de cobre

De acuerdo al tratamiento en su proceso de fabricación la lámina de cobre se clasifica en:

- Lámina de cobre estándar
- Lámina de cobre de alta flexibilidad
- Lámina de cobre resistente a la alta temperatura y de alta flexibilidad
- Lámina de cobre resistente a la transferencia iónica
- Lámina de cobre de bajo perfil(rugosidad)

2.4.2.1 Lámina de cobre estándar (STD Tipo E)

Se utiliza principalmente para la confección PCB de base de resina fenólica y de fibra de vidrio, el espesor común de la lámina de cobre utilizada es entre 35-70 μm , especialmente resistente a alta temperatura para prevenir el proceso de oxidación, la temperatura aceptada es de 473°K o menos.

2.4.2.2 Lámina de cobre de alta flexibilidad (HD Tipo E)

Se utiliza principalmente en la placa de circuito flexible y debe tener alta resistencia al doblar, por lo que debe tener altos requisitos de densidad, y el proceso de tratamiento térmico sea óptimo.

2.4.2.3 Lámina de cobre de alta temperatura y alta flexibilidad (HTE Tipo E)

Se utiliza principalmente para PCB con multiplacas, muchas capas para asegurar que el proceso de producción de PCB no aparezca el fenómeno agrietamiento en anillo.

2.4.2.4 Lámina de cobre resistente a la transferencia iónica

Se utiliza principalmente cuando la prioridad es la aislación de la placa de circuito impreso, si la lámina de cobre está inserta en la placa de circuito, ocurrirá la transferencia de los iones de cobre. Por lo que se debe dar un tratamiento especial a la superficie de la lámina de cobre (como el niquelado u otro), para reducir la ionización del cobre y así aumentar su duración.

2.4.2.5 Lámina de cobre de bajo perfil o de muy bajo perfil.(LP o VLP lámina de cobre)

Se utiliza principalmente en Circuito electrónico impreso, en sus siglas en Inglés, PCB de múltiples capas, que requieren de una mínima rugosidad de la superficie en la lámina de cobre. Además, se utiliza en PCB de alta frecuencia cuya superficie es

lisa, es decir, la lámina de cobre de bajo perfil (PL) su espesor es menor a $10,2 \mu\text{m}$ y la de muy bajo perfil (VLP) su espesor no es mayor a las $5,2 \mu\text{m}$.

También hay otras clasificaciones para la lámina de cobre como:

- Laminado-Forjado (AR Tipo W)
- Calentamiento suave-forjado (ANN Tipo W)
- Laminado-Forjado a baja temperatura (LTA Tipo W)
- Electrodepositado a baja temperatura (LTA Tipo E)
- Electrodepositado con calentamiento suave (A Tipo E).

2.4.3 Clasificación por rugosidad de la superficie

Corresponde a la rugosidad que presenta la lámina por el lado áspero de la lámina, son microarrugas y dependiendo de la intensidad de ellas se clasifican en:

- Sin Tratamiento o Rugoso (X).
- Superficie de lámina estándar (S)
- Rugosidad de la superficie baja (L)
- Rugosidad de la superficie muy baja (V)

2.4.4 Clasificación por peso y espesor

La lámina de cobre también puede ser clasificado de acuerdo al peso por área y su espesor, de acuerdo a Tabla 3.

Tabla 3 Especificaciones de la lámina de cobre

Designación del copper foil	Terminología común en la industria	Peso por Área (g/m ²)	Espesor nominal (µm)
E	5µm	45,1	5,1
Q	9µm	75,9	8,5
T	12µm	106,8	12,0
H	½ oz	152,5	17,1
M	¾ oz	228,8	25,7
1	1 oz	305,5	34,3
2	2 oz	610,0	68,6
3	3 oz	915,0	102,9
4	4 oz	1220,0	137,2
5	5 oz	1525,0	171,5
6	6 oz	1830,0	205,7
7	7 oz	2135,0	240,0
10	10 oz	3050,0	342,9
14	14 oz	4270,0	480,1

Fuente: (Association Connecting Electronics Industries, 2012)

2.4.5 Clasificación por tratamiento superficial de las caras de la lámina de cobre.

- Sin Tratamiento (N), Sin tratamiento superficial.
- Sin Tratamiento (P) Con tratamiento superficial por ambas caras.
- Tratamiento de Superficie solo por el lado Mate(S).

2.4.6 Clasificación de acuerdo a su control de calidad

Existen tres tipos de clasificaciones y dependen esencialmente del incremento y frecuencia de las inspecciones y de los test que se le hace a la lámina de cobre.

2.4.6.1 Clase 1

Esta clase de material es adecuado donde los defectos de las propiedades mecánicas y de presentación no son importantes y solo se requiere de su funcionalidad. Este material no requiere de inspección ni de test.

2.4.6.2 Clase 2

Este material tiene moderados niveles de aseguramiento, uso demostrable de test y de utilización de técnica de control estadístico y de control de calidad estadísticos.

2.4.6.3 Clase 3

Este material requiere de niveles alto se aseguramiento. Estos niveles de aseguramiento deben ser demostrados a través de técnica de control estadístico de procesos y de control de calidad estadísticos.

2.4.7 Características técnicas de la lámina de cobre.

Las cartas de especificación técnicas de los siguientes tipos de lámina de cobre están en el anexo 1.

CAPÍTULO III ANÁLISIS DE MERCADO Y EVALUACION ECONOMICA

3.1 Análisis de mercado.

3.1.1 Introducción al mercado del cobre

La actualidad la industria minera del cobre nacional se enfoca principalmente a productos básicos como son el concentrado de cobre, cobre blíster, cátodos de cobre y en menor escala a la producción de sulfato de cobre.

Figura 25 Cobre producido en Chile año 2011



Fuente: (Cochilco, 2011)

Por otro lado la Industria Minera se enfrenta a varios desafíos, como son una constante disminución de la ley en sus yacimientos, el permanente aumento de los costos de Energía, disminución de los recursos hídricos y la disminución de personal especializado, todo lo anterior hace más competitivo el negocio minero del cobre, donde finalmente sobrevivirá la Compañía más innovadora y competitiva.

“Hoy el mercado del cobre nacional es simplemente un “commodity”, pero la industria nacional debe convertir paulatinamente nuestro cobre en un “speciality” el cual tendrá un valor agregado superior, logrando un mayor retorno, mejor calidad y estilo de vida de nuestros trabajadores y una mejor condición social para futuro de nuestros hijos” (Reghezza, 2012).

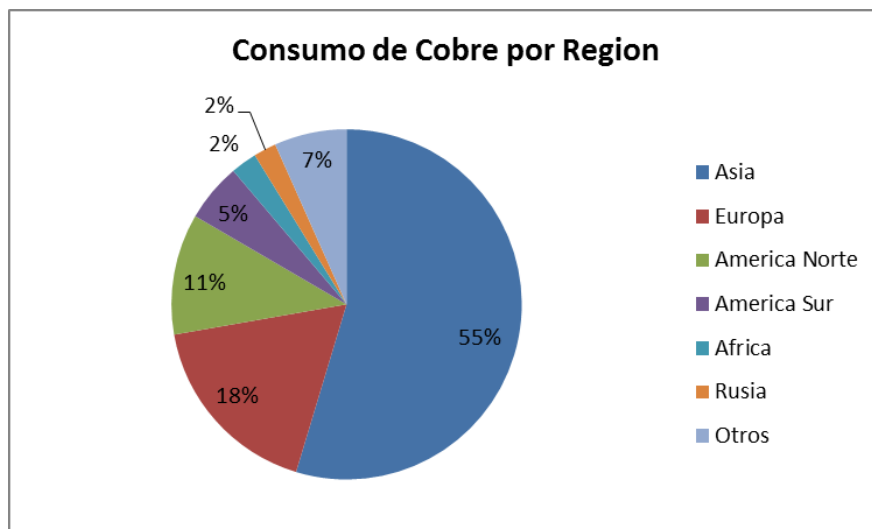
Los principales consumidores de cobre actualmente es la región de Asia y Europa, el uso principal está en la Industrialización del cobre, ya sea en la industria automovilística, del transporte, de la electrónica, en equipos de transferencia de calor, y en el alumbrado, (Betancourt, 2012), como se muestra en Tabla 4

Tabla 4 Principales consumidores de cobre Año 2009

País	Mkg
China	7.873
Japón	1.222
Corea Sur	766
India	920
ASEAN	863
Taiwán	435
North América	2.468
Latin América	1.194
Europa	3.884
Rusia	464
África	534
Resto del mundo	1.477
Total	22.100

Fuente: (International Copper Study Group, 2010).

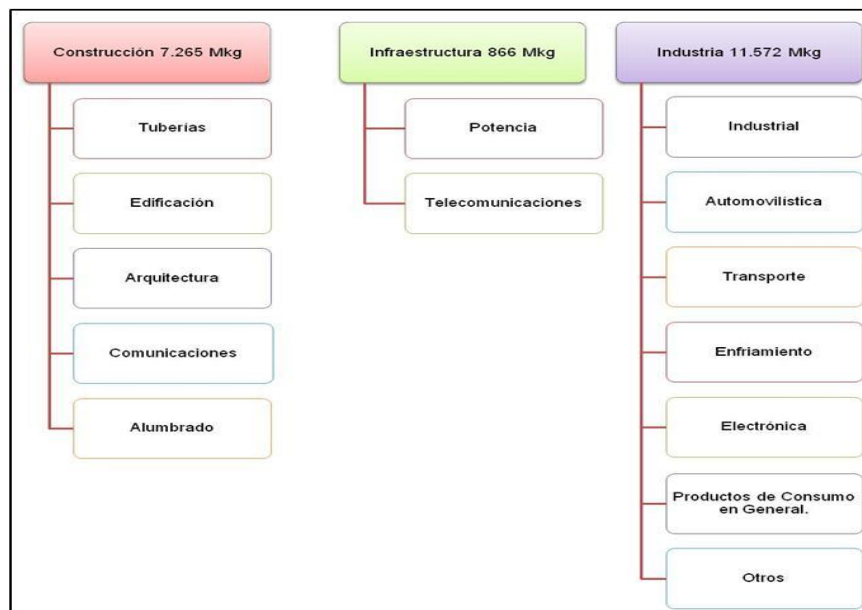
Figura 26 Consumo de cobre por región



Fuente: (International Copper Study Group, 2010)

Los principales usos del cobre, son especificados por área en la figura 27.

Figura 27 Principales usos del cobre de los principales consumidores.

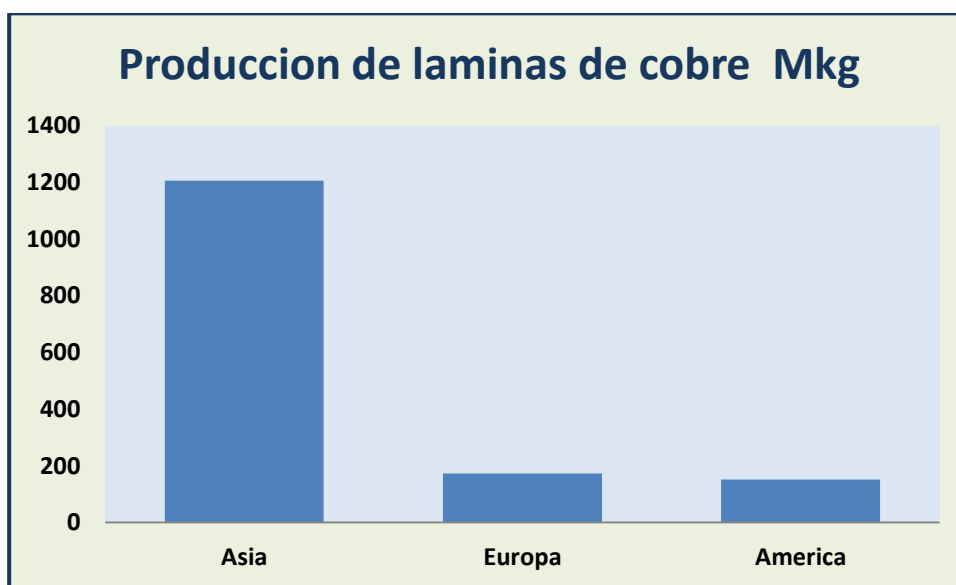


Fuente: (International Copper Study Group, 2010)

De acuerdo a lo estudiado en (Electrodeposited Copper Foil Project, 2009), el crecimiento de los últimos años del consumo de la lámina de cobre para el mercado de la electrónica ha sido de un 16%, siendo la brecha actual entre las necesidades y los productores de un 25%.

Esta industria cuyo consumo anual es de 1.530.000 Toneladas, es utilizada principalmente por el mercado asiático de la electrónica. (Business Analytic Center, 2010).

Figura 28 Producción de la lámina de cobre



Fuente: (Business Analytic Center, 2010)

3.1.2 . Usos de la lámina de cobre

Debido a sus excelentes propiedades físicas y mecánicas (alargamiento es decir, resistencia a la tracción y flexibilidad) y de alta conductividad eléctrica, (O'Keefe,

2002) así como protección habitacional, las láminas de cobre se utilizan en muchas aplicaciones importantes que apoyan nuestra vida moderna. Las principales áreas de aplicaciones de las láminas de cobre son:

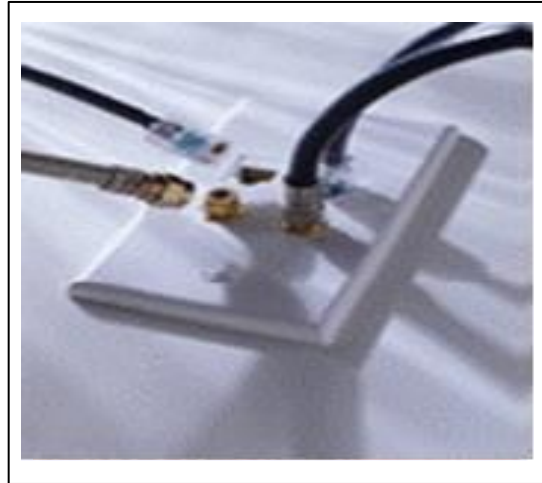
- Láminas de cobre revestidas (CCL) para la producción de circuito impreso (PCB)
- Pantalla electromagnética cinta (envoltura del cable)
- Baterías de iones de litio (JX Nippon Mining & Metals, 2010)
- Construcción de las industrias (laminados de materiales para techos).

Figura 29 Lámina de cobre utilizado por la Industria electrónica de las Tarjetas electrónicas



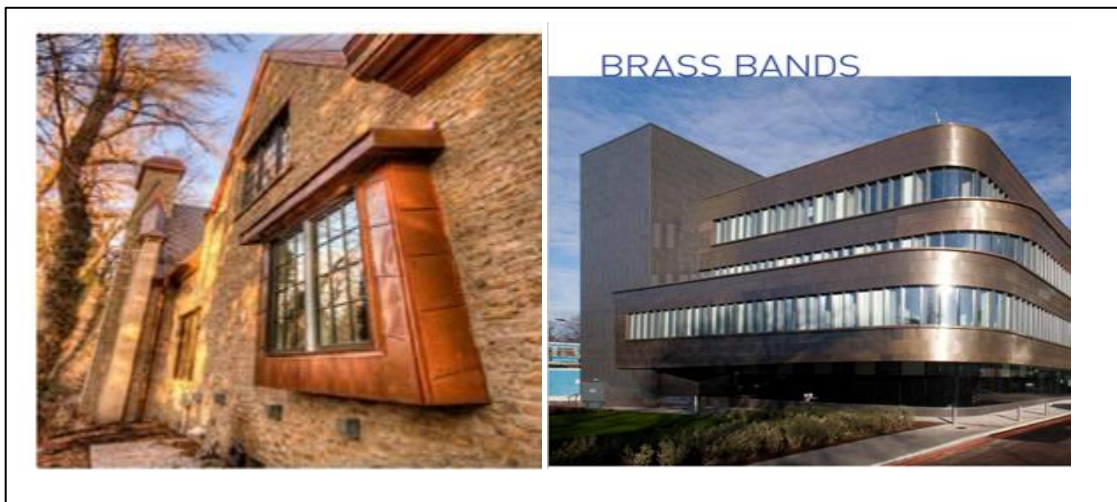
Fuente: (Copper Development Association , 2013)

Figura 30 Lámina de cobre utilizado por la Industria electrónica de los envoltorios de los cables.



Fuente: (Copper Development Association , 2013)

Figura 31 Láminas de cobre utilizado en la Arquitectura

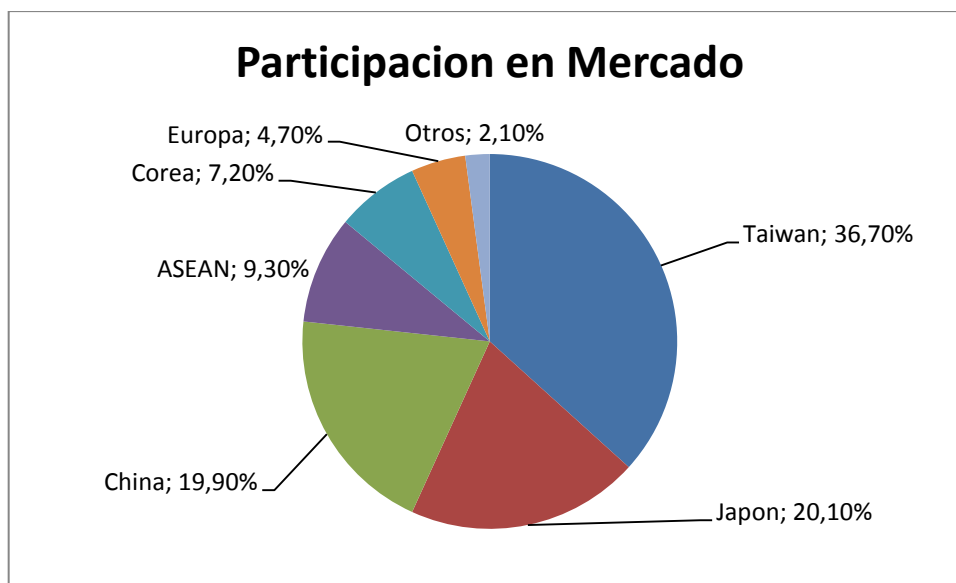


Fuente: (Copper Development Association , 2013)

3.1.3 Análisis de la Oferta.

Después de la crisis financiera del 2010, el mercado de productos electrónicos aumento, he hizo que la demanda de la lámina de cobre creciera. Así en los últimos años la industria de la lámina de cobre ubica a Taiwán en el primer lugar, con ventas de US\$M 851, con un aumento del 18,2% y ocupa actualmente el 36,7% del mercado mundial de la lámina de cobre; En segundo lugar se ubica Japón quien aumentó sus ventas en un 18,9%, alcanzando los US\$M 466 ,el mercado que ocupa Japón es del 20,1%, China por su parte ocupa el tercer lugar, con un aumento del 20,9% en sus ventas equivalentes a US\$M462 , que representa el 19,9% mercado internacional de la lámina de cobre.

Figura 32 Participación mundial en el mercado de la lámina de cobre



Fuente: (Deep Research Report on China Copper Foil Industry, 2013)

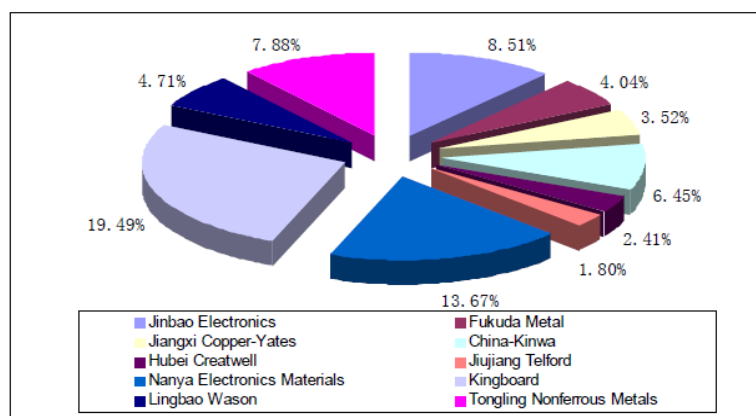
Los principales productores de lámina de cobre de Taiwán son Chang Chun Plásticos, Formosa Plastics Corporation y su principal objetivo es el rápido desarrollo de la industria de PCB y CCL.

En cambio Japón la principal característica de la lámina de cobre electrolítico es avanzar hacia la alta tecnología y el desarrollo de productos más avanzados. Siendo sus principales fabricantes: Mitsui Company, JX Nippon Oil & Energy Corporation, Furukawa Company, Fukuda Company etc.

Corea del Sur posee dos grandes fabricantes de lámina de cobre que son Tokuyama Metal Corporation y Taeyang Industrial Metal. En 1995 la compañía metalúrgica LG, Iljin comenzó la producción de lámina de cobre electrolítico y representan el 73% de la producción de Corea.

La oferta China en lámina de cobre llega a las 547.000 toneladas proyectándose para el año 2017 que llegue a las 730.000 toneladas. Las principales empresas que operan en el mercado Chino son de varios tipos, transnacionales, capitales mixtos y nacionales a continuación se presentan las diferentes compañías y el mercado de la lámina de cobre que abarcan en China.

Figura 33 Principales Compañías china productoras de lámina de cobre.



Fuente: (Deep Research Report on China Copper Foil Industry, 2013)

3.1.5. Análisis de la Demanda

Desde la década de 1990, los productos electrónicos tienen una tendencia a hacer más pequeños, finos y delgados siendo los productos más portátiles y con más funciones, esto hace que los PCB sean de alta densidad y de un nivel de confiabilidad altos, por lo tanto los fabricantes de láminas de cobre buscan como objetivo principal que la lámina de cobre como capa conductora de PCB sea ultra-delgado.

La lámina de cobre no sólo debe cumplir los requisitos del circuito impreso más delgada, de alta densidad, también tiene que adaptarse a los requisitos de alta confiabilidad del PCB.

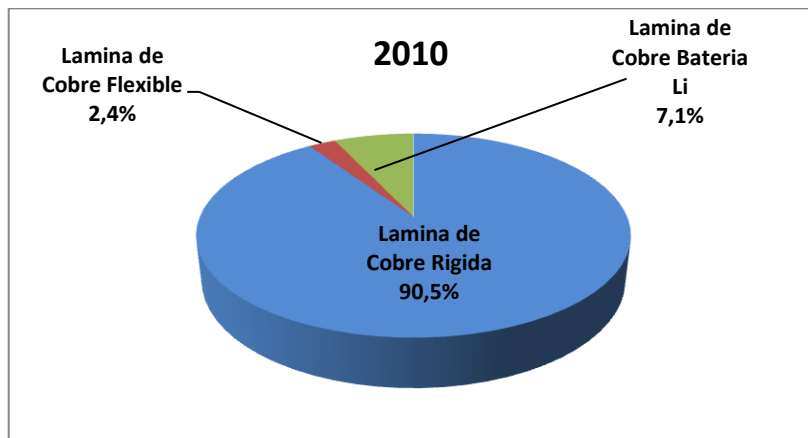
La evolución futura del mercado de la lámina de cobre ultra fino deberá considerar la expansión del mercado de las capas múltiples de HDI, dando como resultado que la demanda del mercado de lámina de cobre ultra fina aumente significativamente. Esta demanda del mercado, se basa principalmente en el aumento en los últimos años de la demanda de sustrato de los Circuitos Integrados IC (el centro de los teléfonos móviles).

En el mercado interno Chino, la lámina de cobre electrolítico de alta calidad tiene un papel significativo entre la oferta y la demanda. Debido a que este tipo de lámina de cobre no puede satisfacer las necesidades de la industria electrónica China, el desarrollo, el crecimiento rural hace que exista una gran brecha entre la oferta y la demanda, para suplir dicha brecha China debe importar este tipo de Lámina de cobre.(entre espesores de 8 a 18 μ m).

Las producciones de láminas de cobre entre 18 μ m y 35 μ m en estos años gradualmente han ido reduciendo la brecha entre la oferta y demanda, mientras que procesos complejos por bajo 18 μ m y por encima de espesores de 35 μ m van en aumento.

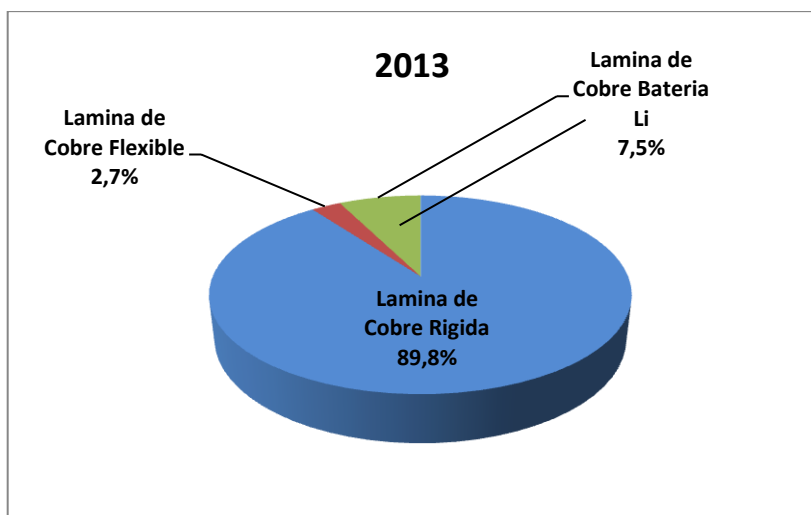
Con el rápido desarrollo de la industria electrónica y el uso de las baterías de litio han generado una expansión gradual del mercado de la lámina de cobre.

Figura 34 Distribución de la Producción de tipos de láminas de cobre año 2010



Fuente: (Deep Research Report on China Copper Foil Industry, 2013)

Figura 35 Distribución de la Producción de tipos de láminas de cobre año 2013



Fuente: (Deep Research Report on China Copper Foil Industry, 2013).

Tabla 5 Comparación del mercado de la lámina de cobre en China y otros mercados..

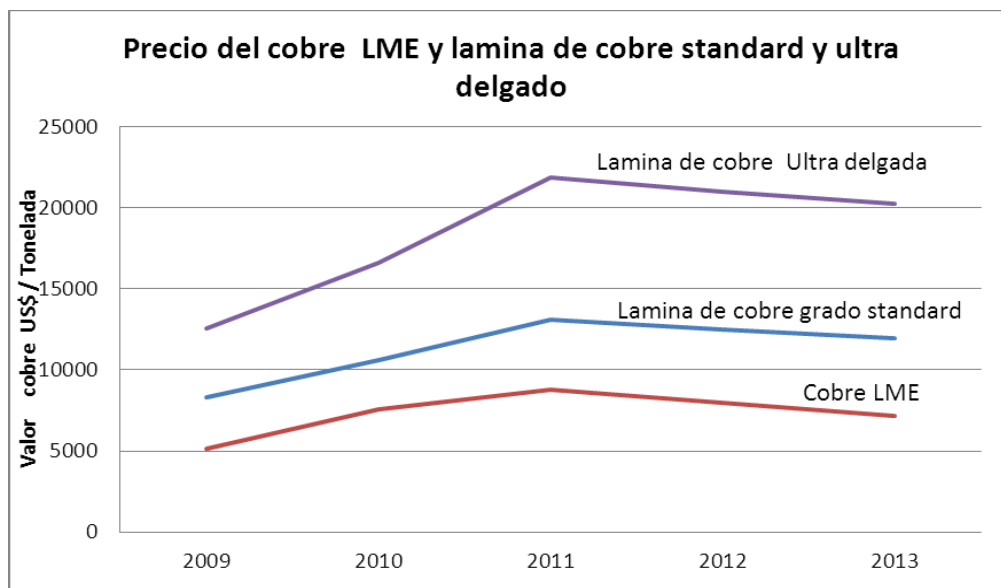
Items	China	Otros mercados
Tipo	La lámina de cobre Electro-depositado (ED) es la más desarrollada, sin embargo la lámina de cobre laminada tiene poca significancia.	La lámina de cobre Electro-depositado (ED) es producida por la mayoría de los productores, sin embargo Japón produce mayormente lámina de cobre laminada.
Tecnología	La tecnología de China está relativamente atrasada, es muy poca la producción de láminas ultra delgadas.	Tanto Japón y USA desarrollaron tempranamente la lamina ultra delgada este proceso en esos países está muy desarrollada.
Producción	China se ha convertido en uno de los mayores productores globales de lámina de cobre.	En la actualidad hay un alto desarrollo de productos con gran valor agregado, como la lámina ultra delgada.

Fuente: (Deep Research Report on China Copper Foil Industry, 2013)

3.1.6. Análisis del Precio.

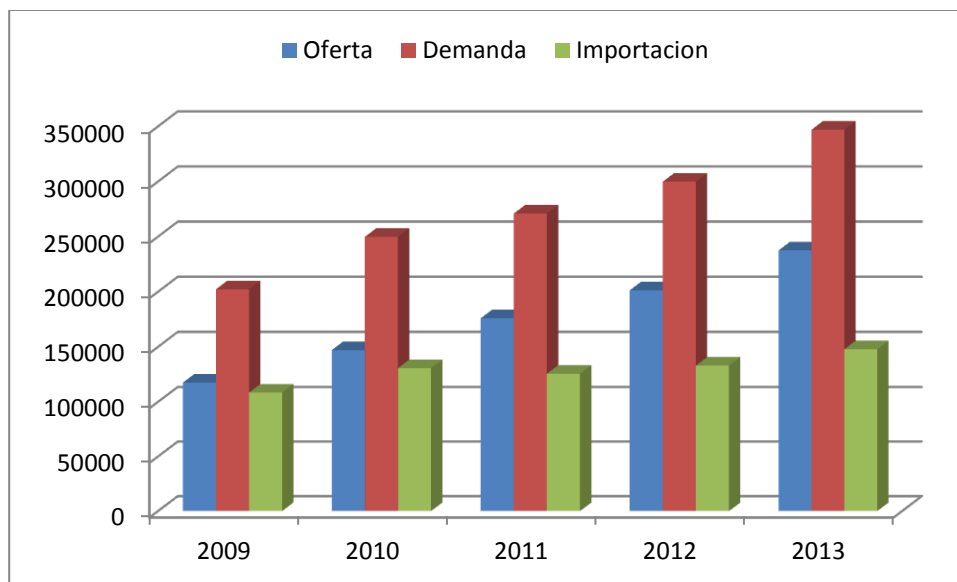
De acuerdo a lo informado por Research Copper Foil Research Center, el precio de la lámina de cobre se mantendrá en valores estables al año 2017 empujado por el crecimiento rural de China, por otro lado el comportamiento del precio de la lámina tiene la misma tendencia que el precio del cobre LME, de acuerdo a los últimos reportes indica que a partir del año 2017 se iniciara una recuperación del precio de este producto.

Figura 36 Precio de mercado cobre LME, lámina de cobre estándar y lámina de cobre ultra delgada



Fuente: (Deep Research Report on China Copper Foil Industry, 2013)

Figura 37 Comportamiento de la Oferta y demanda en el Mercado Chino de la lámina de cobre



Fuente: (Deep Research Report on China Copper Foil Industry, 2013)

De acuerdo a lo observado en el análisis de la demanda este mercado va en crecimiento principalmente en láminas de tipo ultra delgada, como las utilizadas en las baterías de litio.

Un indicador importante es el desarrollo que están teniendo las zonas rurales de China que requerirán de equipos de alta tecnología durante estos próximos 4 años.

Respecto a la oferta de la lámina de cobre existe aún una brecha interesante entre los productores de lámina de cobre y los usuarios de estos equivalentes a cerca de 250.000 toneladas al año 2017.

También se puede indicar que el precio de venta de la lámina de cobre ultra delgada es bastante estable y tiene un valor agregado de cerca del 60% respecto a la lámina de cobre estándar y cuyo valor es cercana al 30% del valor del cobre LME.

3.2 Alternativas Producción lámina de cobre.

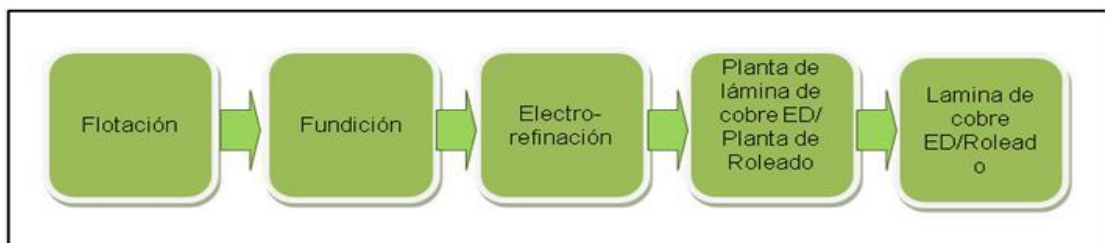
Se realizara un análisis de las distintas alternativas que tenemos a nivel nacional de producir láminas de cobre, bajo este contexto se analizaran las siguientes alternativas:

- Alternativa 1: Láminas de cobre producidas vía sulfuros.
- Alternativa 2: Láminas de cobre producidas vía Óxidos o sulfuros lixiviables.

3.2.1 Alternativa 1 láminas de cobre vía sulfuros

Esta vía es una alternativa utilizada en los países asiáticos que a través de los concentrados obtener cobre refinado y a partir de allí obtener láminas de cobre laminado o roleado.

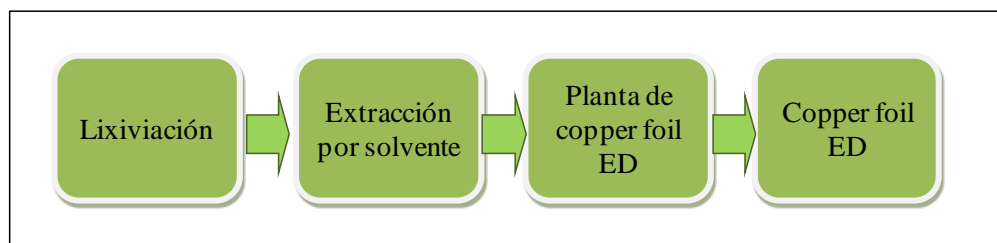
Figura 38 Esquema de producción de láminas de cobre a partir de minerales sulfurados.



3.2.2 Alternativa 2 Láminas de Cobre vía Óxidos o Sulfuros lixiviables

Esta vía es una alternativa bastante aceptable para la realidad nacional ya que se dispone de toda la infraestructura para lograr soluciones de cobre utilizables para el proceso de obtención de láminas de cobre electrodepositada.

Figura 39 Esquema de Producción de láminas de cobre via óxidos o sulfuros Lixiviables



Bajo esta perspectiva se analizará la producción de láminas de cobre bajo la técnica de electrodeposición.

3.3 CAPEX y OPEX

3.3.1 CAPEX

3.3.1.1 Introducción

El presente estudio está basado en una estimación de costos a nivel de una Ingeniería de perfil, con una variación permisible del presupuesto -25% a +30% con un 90% de Confianza.

Respecto de las cantidades y cubicaciones de equipos y materiales del proyecto, son obtenidos a partir del análisis de esquemas y documentos de listados de equipos en general, realizados en el estudio.

3.3.1.2 Exclusiones.

Los siguientes ítems han sido excluidos del costo de capital:

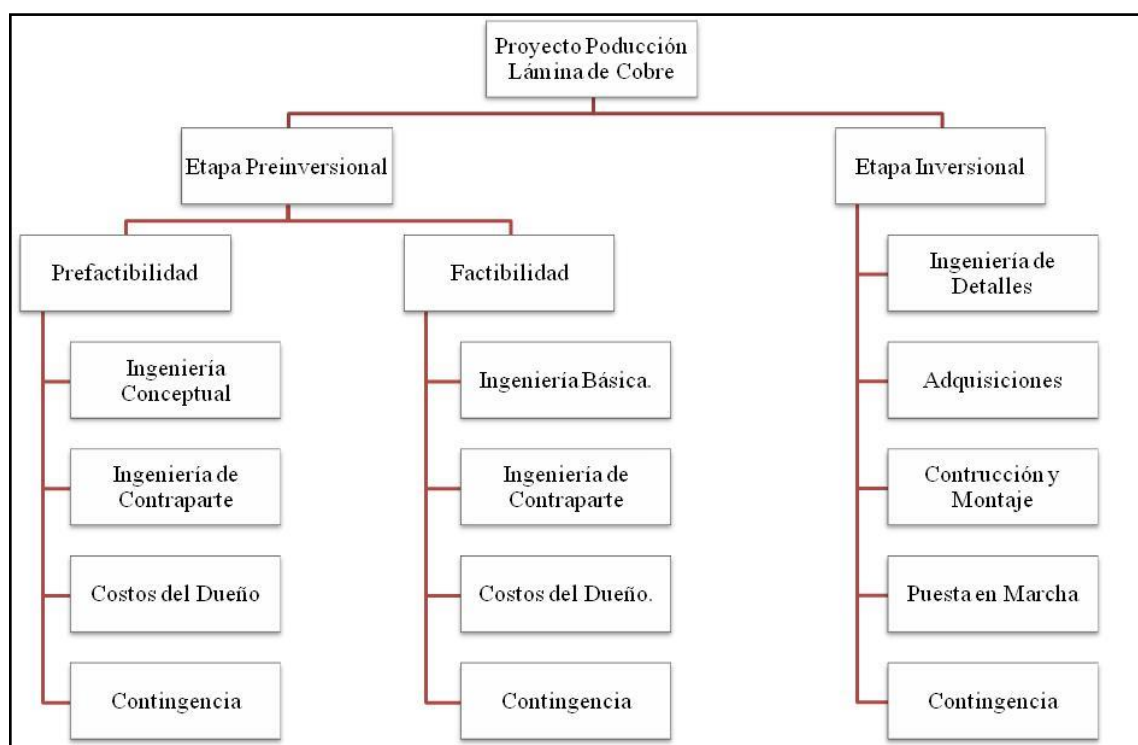
- Solicitud de autorización a entidades pertinentes generadoras y/o distribuidoras de energía eléctrica.
- Costos asociados a demoras en autorizaciones.
- Costos asociados a tiempos de inactividad en los periodos de ejecución de Obras.
- Costos asociados a cambios en el alcance del Proyecto original establecido.
- Impuesto al valor agregado (IVA).
- Fluctuaciones de tipo de cambio de la moneda base del estimado.
- Fluctuaciones de precios de materiales y equipos debido a condiciones especiales del mercado nacional e internacional.
- Fluctuaciones de costo de mano de obra debido a condiciones especiales del mercado nacional.
- Costos diferidos.
- Costos adicionales por desastres naturales.
- Costos asociados a otras áreas de trabajo no mencionadas en este estudio.

3.3.1.3 Estructura de Quiebre.

La figura 37, muestra la estructura de quiebre de las Inversiones estimadas para la Instalación de la Planta productora de láminas de cobre.

El esquema muestra las dos etapas o fases necesarias antes de llevar a cabo la inversión, la preinversional, en las cual encontraremos las actividades de recolección de información, estudios, levantamientos de las condiciones actuales de los interesados en incorporar este proceso, además de la definición de la alternativa más conveniente aplicar, ejecutar y operar, dependiendo de las condiciones que tenga la compañía minera. Estas fases son indispensables de llevar a cabo, ya que en ellas se encontrará el nivel de información requerido para decidir si se debe hacer o no la inversión.

Figura 40: Estructura de Quiebre del CAPEX Aplicable a la Producción de lámina de cobre.



Fuente: Elaboración Propia.

3.3.1.4 Costos Preinversionales

En la tabla 6 se muestra una estimación de costos asociados a las Fases Preinversionales del Proyecto, es decir, Fase de Prefactibilidad y Fase de Factibilidad, los costos asociados están representados en HH, se considera una Ingeniería Conceptual de 4 meses y una Ingeniería Básica de 5 meses. Los costos del dueño hace referencia a los costos que se tendrán que incurrir por administración de las dos fases del proyecto, adicionalmente gastos propios de administración y control, además de otros gastos asociados a viajes para explorar las alternativas en Plantas en funcionamiento.

Tabla 6. Costos Preinversionales.

Costos Preinversionales	Unid	Cant.	Precio US\$/Unid	Total KU ¹ S\$
Ingeniería Conceptual	HH	3.600	50	180,00
Ingeniería de Contraparte	HH	2.160	50	108,00
Ingeniería Básica	HH	5.400	75	405,00
Ingeniería de Contraparte	HH	3.600	65	234,00
Costos del Dueño	HH	6.480	70	453,60
Otros Gastos				100,00
Sub Total Estudios				1.480,60
Contingencia		15%		222,09
Total Estudios				1.702,69

Fuente: Elaboración Propia, los precios están basados en contratos vigentes en empresas Mineras de la II Región.

Para estudios con información a nivel de perfil, en la estimación de costos se considera entre 15% y 25% de contingencias, ante posibles desviaciones, que cubrirían,

¹ En este informe, se considera KUS\$, como miles de dólares

bajas estimaciones de HH, subvaloración de costo HH, dado por los movimientos del mercado.

3.3.1.5 Costos Inversionales

En la tabla 7, se precisa los costos que se incurrirían en la fase o etapa Inversional, si se decide llevar a cabo el proyecto. Por ser este estudio a nivel de perfil, exploratorio de la producción de la lámina de cobre, este cálculo tiene un rango de precisión de +- 30% a 35%.

Entre los costos se considera la Ingeniería de Detalles, base fundamental para las adquisiciones y construcción, dado que se precisarán los elementos técnicos, de seguridad, calidad, entre otros, de construcción y montaje.

Por otra parte, se encuentran las adquisiciones cuyos requerimientos técnicos se deben resolver durante el desarrollo de la fase de Factibilidad, se considera una Planta definida estándar de 2.000 toneladas de lámina de cobre al año, incluye, transformador, conexión eléctrica, disolvedores, celdas de electrodeposición (tambor rotatorio) sistema tratamiento superficie, filtros, dimensionamiento y envasado. Una consideración especial tienen los disolvedores, ya que en este caso, no sería necesario su incorporación en la Planta, dado que, el insumo entraría ya con la especificación requerida, es decir, en estado líquido. Dado que la información enviada por la empresa que fabrica estas plantas, está basada en una planta estándar, no se descontó de la adquisición los disolvedores, pero por información otorgada por la misma empresa, el costo sería aproximadamente un 10%, del valor total de la planta, es decir, KUS\$ 3.500.

En la etapa de construcción se consideró un contrato de construcción y montaje, con los costos directos e indirectos respectivamente, incluyendo puesta en marcha.

En los costos del dueño se consideran todos los tópicos administrativos, gestión de contratos, control de costos y de proyecto, etc.

En esta estimación de costos se considera contratos independientes para cada actividad, no se considera como estrategia de contratos un EPC, dado el alto costo de la adquisición.

Tabla 7: Costos Inversionales

Descripción	Unid	Cant.	Precio US\$/Unid	Total KUS\$
INGENIERIA				
Desarrollo Ingeniería de Detalles	HH	11.280	60	677
Contraparte Ing.	HH	1.912	62	118
Apoyo Gestión Externa (proyecto)				108
Gastos Varios (proyecto)				14
Subtotal Ingeniería				916
ADQUISICIONES				
Maquinaria -Importada Planta Capacidad 2000MT	un	1	42.000.000	42.000
Maquinaria Compra Nacional	un	1	5.800.000	5.800
Complementarios	un	1	1.000.000	1.000
Subtotal Adquisiciones				48.800
CONSTRUCCIÓN				
Contrato Principal de Construcción	m2	5.000	865	4.327
C. INDIRECTO CONSTRUCCIÓN				
Instalación de Faenas	gl	1	146.482	146
Gastos Generales	gl	1	865.385	865
Utilidades	gl	1	1.298.077	1.298
Puesta en Marcha	gl	1	87.749	88
Inspección Técnica de Obras	gl	1	1.000.000	1.000
Subtotal Constr. y montajes				7.725
Subtotal Ing. Adquisiciones, Construcción y Montaje				57.441

COSTOS DEL DUEÑO				
Administración	HH	25.920	75	1.944
Fase Ingeniería				82
Fase Adquisición				158
Fase Construcción				204
Subtotal Costos del Dueño				2.388
SUB TOTAL DIRECTO+INDIRECTO+ADMINISTRACION				59.829
CONTINGENCIAS	%	30%		17.949
TOTAL INVERSIÓN PROYECTO				77.778

Fuente: Elaboración Propia, los precios están basados en contratos vigentes en empresas Mineras de la II Región.

Para la estimación de costos de Inversión, se adoptara como moneda de referencia el dólar americano (US\$). El valor del dólar utilizado para efecto de conversión de moneda, de las cotizaciones recibidas en otras monedas, fue la tasa de cambio al día de recepción de la cotización

Se debe considerar que los costos aquí expresados están basados en los precios actuales de contratos vigentes de construcción a proyectos mineros de la II Región, los precios se ven altamente impactados por las condiciones de mercado, cantidad de proyectos mineros que se están llevando a cabo simultáneamente.

3.3.2 OPEX

3.3.2.1 Introducción

El presente documento tiene por objeto determinar los costos de operación y mantención, de la alternativa 2, “Láminas de cobre producidas vía Óxidos o sulfuros lixiviables”.

La alternativa descrita estipula que el cobre que se requiere sale del proceso en SX, para el cálculo del costo de la tonelada de cobre se considera según la tabla N°8, en

ella se muestra el porcentaje de incidencia del costo de producir en cada etapa del proceso.

Tabla 8 Incidencia en cada etapa del proceso, del costos final de una tonelada de cobre.

Proceso	Incidencia	Acumulada
Mina	6,66%	6,66%
Geología		
Planificación		
Operación Mina	33,75%	40,41%
Perforación y tronadura	10,23%	
Carguío	6,13%	
Transporte	17,39%	
Mantenimiento	12,04%	52,45%
Procesos	19,02%	71,47%
Chancado- apilamiento	4,72%	
Lixiviación	11,98%	
SX	2,32%	
EW	28,53%	100%
Total	100,00%	

Fuente: Datos obtenidos de Compañías que operan en el rango de 30 a 50Mkg de Catodos de cobre, vía lixiviación y SX.

La sumatoria hasta salir de SX es de 71,47%, por lo tanto, el costo de producción de cobre en solución sería:

3.3.2.2 Determinación del Costo de Operación por tonelada de lámina de cobre

Se define el costo total de producir una tonelada en el proceso descrito en el cuadro anterior es de KUS\$ 2,645, por lo tanto aplicando el porcentaje anterior, el costo de producir hasta SX, y por lo tanto el costo de entrada al proceso de elaboración de la tonelada de lámina de cobre sería KUS\$ 1,890.

Las tablas siguientes, muestran los requerimientos de insumos necesarios para la producción de una tonelada de lámina de cobre, se determina la cantidad y precios aproximados. Como se identificó en puntos anteriores la lámina de cobre varía en espesor, según el producto que se requiera vender, por lo tanto, a partir de ahora se considerará lámina de 35 μm y de 17 μm , sólo para dar una mejor explicación mostrar los resultados de procesar cada uno de estos productos.

Tabla 9: Insumos Utilizados por tonelada de láminas de cobre electrodepositada de 35 μm

Insumos	Unid.	Cant.	Precio US\$/Unid	Total KUS\$
Energía	KWH	8000	0,14	1,12
Vapor	Kg	100	0,87	0,087
Agua Tratada	M ³	15	1,5	0,0225
Aire (M ³)	M ³	1800		
Mantenimiento	Unid	1	42	0,042
Otros Consumibles	Unid	1	390	0,39
Valor Total por tonelada Procesada.				1,6615

Fuente: tabla de Elaboración Propia, con valores indicados por el Proveedor de la Planta.

En consecuencia el costo total de producir una tonelada de lámina de cobre de 35 μm sería:

Tabla 10: Costo tonelada de cobre.

Costo Tonelada de Cobre	KUS\$/T
Cobre Materia Prima	1,89
Costo Insumos	1,66
Total Costo	3,55

Tabla 11: Insumos Utilizados por tonelada de láminas de cobre electrodepositada de 17 μm .

Insumos	Unid.	Cant.	Precio US\$/Unid	Total KUS\$
Energía	KWH	12000	0,14	1,68
Vapor	Kg	100	0,87	0,087
Agua Tratada	M ³	15	1,5	0,0225
Aire (M ³)	M ³	1800		
Mantenimiento	Unid	1	42	0,042
Otros Consumibles	Unid	1	390	0,39
Valor Total por tonelada Procesada.				2,2215

Fuente: tabla de Elaboración Propia, con valores indicados por el Proveedor de la Planta

En consecuencia el costo total de producir una tonelada de lámina de cobre de 17 μm sería:

Tabla 12: Costo tonelada de cobre.

Costo Tonelada de Cobre	KUS\$/T
Cobre Materia Prima	1,89
Costo Insumos	2,22
Total Costo	4,11

En la Figura 13 Proceso completo de lámina de cobre, se detallan los componentes del ítem “Otros Consumibles”

Tabla 13: Detalle de Otros Consumibles Utilizados en el proceso.

Otros Consumibles	% Requerido
Ácido Sulfúrico	7,24%
Soda caustica	13,03%
Sulfato de Níquel	0,87%
Carbón Activado	0,87%
Óxido de Zinc	0,65%
Acido Tartárico	0,43%
Ácido Clorhídrico	0,22%

Fuente: Tabla de Elaboración Propia, con valores indicados por el Proveedor de la Planta

3.3.3 Comparación Evaluación de Terminar el Proceso productivo en EW V/S alternativa 2.

3.3.3.1 Introducción.

Dado que el objetivo de este estudio es proponer la lámina de cobre como una oportunidad de negocio, se realizará una evaluación económica, con las siguientes consideraciones:

- Se considera la Inversión en el periodo número 1, sin reinversiones.
- La planta cotizada y considerada en el CAPEX, puede ser utilizada para los distintos productos de lámina de cobre, en este caso se evaluará 35 μm y 17 μm .
- Dado lo anterior, se ha decidido evaluar en forma independiente cada producto, lo que no significa que la planta no pueda producir simultáneamente ambos productos.
- Para alimentar esta planta no se requiere de una línea de producción paralela, sino que el proceso terminaría en SX, siendo este la materia prima para la producción de la lámina de cobre.
- Se utiliza 57% de Impuesto, considerando el IEM o “Royalty”, el cual grava la renta operacional de la actividad minera, para este caso, consideramos, el promedio que paga la Gran Minería entre 2% y 4%, adicionalmente el 20% de Impuesto de Primera Categoría y finalmente Impuesto Global Complementario con una tasa fija de 35% sobre las utilidades.

3.3.3.2 Determinación Flujo Caso Base, Terminar proceso en EW

Este es el caso de de seguir el proceso hasta SX, considerando procesar las mismas toneladas que en el caso que se verá posteriormente, la evaluación de la lámina de cobre.

Tabla 14: Toneladas a Procesar

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Capacidad Total de Producción T/año	1200	1500	1700	1900	1900	1960	1960	1960	1960	1960

Tabla 15: Precio de venta y costo de Producción.

Costo Tonelada de Cobre	KUS\$/T
Precio Venta	7,32
Costo Producción	2,65

Esta evaluación daría como resultado un ingreso a 10 años de KUS\$ 23.642.

Tabla 16: Evaluación Caso Base.

Caso Base																								
TASA DE DESCUENTO		8,0%		EVALUACION																				
TASA DE IMPUESTOS		57,0%																						
Año Calen - dario.	Año Corre - lativo.	Inversion y Rein - versiones	Capital de Trabajo	Inver - Siones Evitadas	Ingresos y/o Ahorros	Costos Operac. Manten.	Depre - ciación	Utilidad antes de impuesto	Impuesto a la Renta	Utilidad Desp. De Impuesto	Flujo de Caja A/I	Flujo Actual A/I	F. Caja Acum. A/I	Flujo de Caja D/I	Flujo Actual D/I	F. Caja Acum D/I								
1	1	0		0	8.783	3.174		5.609	3.197	2.412	5.609	5.194	10.803	2.412	2.233	4.645								
2	2	0		0	10.979	3.968		7.012	3.997	3.015	7.012	6.011	23.826	3.015	2.585	10.245								
3	3	0		0	12.443	4.497		7.946	4.529	3.417	7.946	6.308	38.080	3.417	2.712	16.374								
4	4	0		0	13.907	5.026		8.881	5.062	3.819	8.881	6.528	53.489	3.819	2.807	23.000								
5	5	0		0	13.907	5.026		8.881	5.062	3.819	8.881	6.044	68.415	3.819	2.599	29.419								
6	6				14.346	5.184		9.162	5.222	3.940	9.162	5.773	83.350	3.940	2.483	35.841								
7	7				14.346	5.184		9.162	5.222	3.940	9.162	5.346	97.858	3.940	2.299	42.079								
8	8				14.346	5.184		9.162	5.222	3.940	9.162	4.950	111.969	3.940	2.128	48.147								
9	9				14.346	5.184		9.162	5.222	3.940	9.162	4.583	125.714	3.940	1.971	54.057								
10	10				14.346	5.184		9.162	5.222	3.940	9.162	4.244	139.120	3.940	1.825	59.821								
TOTAL		0	0	0	131.748	47.610	0	84.138	47.959	36.179	84.138	54.981	752.625	36.179	23.642									
INDICADORES ECONOMICOS																								
<table border="1"> <tr> <td colspan="2">DESPUES DE IMPUESTOS</td> </tr> <tr> <td>VAN (KUS\$)</td> <td style="text-align: right;">23.642</td> </tr> <tr> <td>TIR (%)</td> <td style="text-align: right;">TIR INF</td> </tr> <tr> <td>Per. Rec. Capital (años)</td> <td></td> </tr> </table>																	DESPUES DE IMPUESTOS		VAN (KUS\$)	23.642	TIR (%)	TIR INF	Per. Rec. Capital (años)	
DESPUES DE IMPUESTOS																								
VAN (KUS\$)	23.642																							
TIR (%)	TIR INF																							
Per. Rec. Capital (años)																								

3.3.3.3 Determinación de Flujo alternativa 2.

En este caso se van a evaluar la producción de láminas de cobre de 17 micras y 35 micras, considerando los CAPEX y OPEX de los puntos analizados anteriormente.

- Evaluación lámina de cobre 35 μm .

A continuación en el Tabla N° 12, se establece los parámetros de cálculo para determinar los ingresos y costos operacionales asociados a la evaluación. Dado el nivel de Inversión se decide realizar la evaluación 10 años.

Tabla 17: Parámetros de Calculo Evaluación Económica Alternativa 2
Producción lámina de 35 μm .

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Capacidad Total Planta Estándar T/año	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000
Ut. Capacidad. (%)	60%	75%	85%	95%	95%	98%	98%	98%	98%	98%
Capacidad Total de Producción T/año	1200	1500	1700	1900	1900	1960	1960	1960	1960	1960
Porcentaje Producción Cu.Foil 35 micras	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Producción T/año Cu.Foil 35 micras	1200	1500	1700	1900	1900	1960	1960	1960	1960	1960

Tabla 18: Precios y costo operacionales por producir una tonelada de lámina de cobre de 35 μm .

Tonelada de Cobre	KUS\$/t
Precio Venta 35 μm	17,50
Costo Producción	3,55

En la tabla siguiente se muestra los resultados de la Evaluación realizada para la producción de lámina de 35 μm .

Tabla 19: Evaluación lámina de cobre de 35 µm.

Caso Alternativa 2 Terminar Proceso en SX, Producto de 35 µm																								
TASA DE DESCUENTO		8,0%		EVALUACION																				
TASA DE IMPUESTOS		57,0%																						
Año Calen - dario.	Año Corre - lativo.	Inversion y Rein - versiones	Capital de Trabajo	Inver - siones Evitadas	Ingresos y/o Ahorros	Costos Operac. Manten.	Depre - ciación	Utilidad antes de impuesto	Impuesto a la Renta	Utilidad Desp. De Impuesto	Flujo de Caja A/I	Flujo Actual A/I	F. Caja Acum. A/I	Flujo de Caja D/I	Flujo Actual D/I	F. Caja Acum D/I								
1	1	77.778		0	21.000	0	10.667	21.000	5.890	15.110	-56.778	-52.572	-109.351	-62.668	-58.026	-120.694								
2	2	0		0	26.250	0	10.667	26.250	8.883	17.368	26.250	22.505	-60.596	17.368	14.890	-88.437								
3	3	0		0	29.750	0	10.667	29.750	10.878	18.873	29.750	23.617	-7.229	18.873	14.982	-54.583								
4	4	0		0	33.250	0	8.400	33.250	14.165	19.086	33.250	24.440	50.461	19.086	14.028	-21.469								
5	5	0		0	33.250	0	8.400	33.250	14.165	19.086	33.250	22.629	106.340	19.086	12.989	10.606								
6	6				34.300	0	0	34.300	19.551	14.749	34.300	21.615	162.255	14.749	9.294	34.649								
7	7				34.300	0	0	34.300	19.551	14.749	34.300	20.014	216.569	14.749	8.606	58.004								
8	8				34.300	0	0	34.300	19.551	14.749	34.300	18.531	269.400	14.749	7.968	80.721								
9	9				34.300	0	0	34.300	19.551	14.749	34.300	17.159	320.858	14.749	7.378	102.849								
10	10				34.300	0	0	34.300	19.551	14.749	34.300	15.888	371.046	14.749	6.832	124.429								
TOTAL		77.778	0	0	315.000	0	48.800	315.000	151.734	163.266	237.222	133.824	1.319.753	85.488	38.941									
INDICADORES ECONOMICOS																								
<table border="1"> <tr> <td colspan="2">DESPUES DE IMPUESTOS</td> </tr> <tr> <td>VAN (KUS\$)</td> <td style="text-align: right;">38.941</td> </tr> <tr> <td>TIR (%)</td> <td style="text-align: right;">23,33%</td> </tr> <tr> <td>Per. Rec. Capital (años)</td> <td style="text-align: right;">5</td> </tr> </table>																	DESPUES DE IMPUESTOS		VAN (KUS\$)	38.941	TIR (%)	23,33%	Per. Rec. Capital (años)	5
DESPUES DE IMPUESTOS																								
VAN (KUS\$)	38.941																							
TIR (%)	23,33%																							
Per. Rec. Capital (años)	5																							

- Evaluación Lámina de cobre de 17 μm .

A continuación en el Tabla N° 15, se establece los parámetros de cálculo para determinar los ingresos y costos operacionales asociados a la evaluación. Dado el nivel de Inversión se decide realizar la evaluación 10 años.

Tabla 20: Parámetros de Calculo Evaluación Económica Alternativa 2. Producción lámina de cobre de 17 μm .

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Capacidad Total Planta Estándar T/año	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000
Ut. Capacidad. (%)	60%	75%	85%	95%	95%	98%	98%	98%	98%	98%
Capacidad Total de Producción T/año	1200	1500	1700	1900	1900	1960	1960	1960	1960	1960
Porcentaje										
Cu.Foil 17 micras	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Producción T/año										
Cu.Foil 17 micras	1200	1500	1700	1900	1900	1960	1960	1960	1960	1960

Tabla 21: Precios y costo operacionales por producir una tonelada de lámina de cobre de 17 μm .

Tonelada de Cobre	KUS\$/t
Precio Venta 17 μm	30,00
Costo Producción	4,11

En la tabla siguiente se muestra los resultados de la Evaluación realizada para la producción de lámina de 17 μm .

Tabla 22: Evaluación lámina de cobre de 17 µm.

Caso Alternativa 2 Terminar Proceso en SX, Producto de 17 µm																								
TASA DE DESCUENTO		8,0%		EVALUACION																				
TASA DE IMPUESTOS		57,0%																						
Año Calen-dario.	Año Corre-lativo.	Inversion y Rein- versiones	Capital de Trabajo	Inver- siones Evitadas	Ingresos y/o Ahorros	Costos Operac. Manten.	Depre- ciación	Utilidad antes de impuesto	Impuesto a la Renta	Utilidad Desp. De Impuesto	Flujo de Caja A/I	Flujo Actual A/I	F. Caja Acum. A/I	Flujo de Caja D/I	Flujo Actual D/I	F. Caja Acum D/I								
1	1	77.778		0	36.000	4.262	10.667	31.738	12.011	19.727	-46.041	-42.630	-88.671	-58.051	-53.751	-111.802								
2	2	0		0	45.000	5.328	10.667	39.672	16.533	23.139	39.672	34.012	-14.986	23.139	19.838	-68.825								
3	3	0		0	51.000	6.038	10.667	44.962	19.548	25.414	44.962	35.692	65.668	25.414	20.174	-23.237								
4	4	0		0	57.000	6.749	8.400	50.251	23.855	26.396	50.251	36.936	152.856	26.396	19.402	22.561								
5	5	0		0	57.000	6.749	8.400	50.251	23.855	26.396	50.251	34.200	237.307	26.396	17.965	66.922								
6	6				58.800	6.962	0	51.838	29.548	22.290	51.838	32.667	321.813	22.290	14.047	103.259								
7	7				58.800	6.962	0	51.838	29.548	22.290	51.838	30.247	403.898	22.290	13.006	138.556								
8	8				58.800	6.962	0	51.838	29.548	22.290	51.838	28.007	483.743	22.290	12.043	172.889								
9	9				58.800	6.962	0	51.838	29.548	22.290	51.838	25.932	561.513	22.290	11.151	206.330								
10	10				58.800	6.962	0	51.838	29.548	22.290	51.838	24.011	637.363	22.290	10.325	238.946								
TOTAL		77.778	0	0	540.000	63.934	48.800	476.066	243.542	232.524	398.288	239.075	2.760.505	154.746	84.199									
INDICADORES ECONOMICOS																								
<table border="1"> <tr> <td colspan="2">DESPUES DE IMPUESTOS</td> </tr> <tr> <td>VAN (KUS\$)</td> <td style="text-align: right;">84.199</td> </tr> <tr> <td>TIR (%)</td> <td style="text-align: right;">39,79%</td> </tr> <tr> <td>Per. Rec. Capital (años)</td> <td style="text-align: right;">4</td> </tr> </table>																	DESPUES DE IMPUESTOS		VAN (KUS\$)	84.199	TIR (%)	39,79%	Per. Rec. Capital (años)	4
DESPUES DE IMPUESTOS																								
VAN (KUS\$)	84.199																							
TIR (%)	39,79%																							
Per. Rec. Capital (años)	4																							

En resumen:

Caso:	VAN (KUS\$)
Caso Base	23.642
Caso Alternativa 2 Terminar Proceso en SX, Producto de 35 μm	38.941
Caso Alternativa 2 Terminar Proceso en SX, Producto de 17 μm	84.199

Los niveles de información nos permiten determinar que la lámina de cobre debería ser un producto explorado y considerado en cualquier empresa, que se permita diversificarse.

Los resultados son claros, al ver los números, la primera inclinación sería optar sólo por producir lámina de cobre de 17 μm , sin embargo, la decisión de un negocio a través de un proyecto debe considerar entre otros factores, los costos de oportunidad que se generan entre una y otra alternativa, el mercado al cual se está interesado llegar, o la combinación de producción de la cual resulten dos o más productos.

CONCLUSIONES

La Minería del cobre en Chile esta poca innovadora, está enfocada a extraer y producir al máximo sin dar cabida a la sustentabilidad del negocio, la alternativa propuesta le da sustentabilidad a este negocio.

Es factible instalar una planta productora de lámina de cobre a partir de chatarra o cátodos de cobre, como también poder interrumpir una planta en la etapa de Extracción por Solvente.

El mayor costo de la energía en Chile puede ser una amenaza al negocio de la lámina de cobre, pero afecta a todo el negocio del cobre.

La experiencia y el conocimiento de la industria es un fortaleza para este el negocio de la lámina de cobre.

La oportunidad de iniciar el negocio de la lámina de cobre siendo la brecha actual y futura de China cerca de las 250.000 toneladas de déficit, hacen posible lograr un joint ventur con China.

Desde el punto de vista de negocio y su proyección futura es recomendable realizar las siguiente etapa de estudio preinversional, fase de Prefactibilidad, dado que, se hace necesario estudiar aún más los resultados obtenidos en este estudio, considerando los rango de precisión con los cuales se trabajó en esta etapa, en el caso del CAPEX entre 30% a 35% y en el caso del OPEX entre 15% y 20%, las evaluaciones económicas realizadas, resultaron atractivas para el negocio de la producción de cobre. La producción de lámina de cobre, desde el punto de vista de la propuesta planteada en este trabajo, tiene la mayor parte de la infraestructura ya habilitada y en funcionamiento en todas las mineras del país, el tener que instalar una

planta que se vende con todos los componentes necesarios ya incorporados, aumenta el atractivo de seguir estudiando esta posibilidad de negocio.

De dos las alternativas planteadas no es posible acercarse a una opinión de cuál es la mejor o con mayores probabilidades de éxito, ya que eso dependerá, entre otros aspectos, del modelo de negocio que tenga la empresa minera interesada en producir lámina de cobre, su conformación de costos, su proyección de producción y su visión de futuro.

BIBLIOGRAFÍA

Aspinalls Corporation. (2010). Recuperado el 2013, de <http://www.aspinall.co.uk/>

Association Connecting Electronics Industries. (2012). Metal Foil for Printed Board Applications. Illinois, Estados Unidos: Metallic Foil Task Group.

Betancourt, M. C. (2012). Mercado del cobre e inversión minera en Chile. Santiago de Chile: COCHILCO.

Business Analytic Center. (2010). Trends and Prospects in international trade of copper foil.

Cochilco. (2011). Anuario Estadístico del Cobre y Otros Minerales 1992-2011. Santiago de Chile: MAVAL.

Copper Development Association . (2013). Recuperado el 2013, de <http://copperalliance.org.uk/>

(2013). Deep Research Report on China Copper Foil Industry. Inglaterra: QYResearch Copper Foil Research Center.

Electrodeposited Copper Foil Project. (2009). Recuperado el 2012, de unilimited: www.unilimited.com

Furukawa. (2009). Recuperado el 2013, de [//www.furukawua.co.jp](http://www.furukawua.co.jp)

Furukawa. (2010). Recuperado el 2013, de [//www.furukawa.co.jp](http://www.furukawa.co.jp)

International Copper Study Group. (2010). The World Copper Fact Book. Lisboa, Portugal: International Copper Study Group.

Newlong. (2009). Recuperado el 2013, de <http://www.newlong.com/>

O'Keefe, Y.-K. L. (2002). Evaluation and Monitoring Nucleation and Growth in Copper Foil Copper Electrodeposition. JOM , 39-41.

Reghezza, A. (2012). Curso de Metalurgia, Magíster en Gestión Minera, UCN. (E. Magíster Gestión Minera, Entrevistador) Antofagasta.

Roger Corporation. (2010). Obtenido de <http://www.rogerscorp.com/index.aspx>

Rogers Corporation. (2009). Recuperado el 2013, de <http://www.rogerscorp.com/index.aspx>

Rogers Corporation. (2013). Recuperado el 2013, de <http://www.rogerscorp.com/index.aspx>

Tech Products Company. (2013). Recuperado el 2013, de <http://www.techproductsco.com/>

US Filter CORPORATION. (2006). US Filter CORPORATION. Recuperado el 2013, de <http://www.usfilterco.com/>

ANEXOS

Specification Sheets

Metal Foil COPPER IPC-4562/1
Standard Electrodeposited CU-E1

Property ¹	Classes 1, 2 & 3				
	Foil Thickness				
	Q	T	H	1	2
Properties at 23°C [73.4°F]					
Tensile Strength (MPa) [kpsi]	103 [15]	103 [15]	207 [30]	276 [40]	276 [40]
Elongation ² [%]	1.5	2	2	3	3

1. All values in the table are minimums for any single TD measurement in the as-received condition. Foil properties can change with further treatment and time. Minimum properties for foil thicknesses other than listed shall be AABUS. The test methods to determine these properties shall be those listed in Table 4-1.
2. Elongation measurements shall be made with 51 mm [2.01 in] gage length and a cross-head speed of 51 mm/min [2.01 in/min] at 23°C [73.4°F] and 1.30 mm/min [0.05118 in/min] at 180°C [356°F].

Metal Foil COPPER IPC-4562/2
High Ductility Electrodeposited CU-E2

Property ¹	Classes 1, 2 & 3		
	Foil Thickness		
	H	1	2
Properties at 23°C [73.4°F]			
Tensile Strength (MPa) [kpsi]	103 [15]	207 [30]	207 [30]
Fatigue Ductility [%]	AABUS	AABUS	AABUS
Elongation ² [%]	5	10	15

1. All values in the table are minimums for any single TD measurement in the as-received condition. Foil properties can change with further treatment and time. Minimum properties for foil thicknesses other than listed shall be AABUS. The test methods to determine these properties shall be those listed in Table 4-1.
2. Elongation measurements shall be made with 51 mm [2.01 in] gage length and a cross-head speed of 51 mm/min [2.01 in/min] at 23°C [73.4°F] and 1.30 mm/min [0.05118 in/min] at 180°C [356°F].

Metal Foil COPPER IPC-4562/11
Electrodeposited Annealable CU-E11

Property ¹	Classes 1, 2 & 3		
	Foil Thickness		
	H	1	2
Properties at 23°C [73.4°F]			
Tensile Strength (MPa) [kpsi]	276 [40]	276 [40]	276 [40]
Fatigue Ductility [%]	AABUS	AABUS	AABUS
Elongation ² [%]	5	10	10
Properties at 180°C [356°F]			
Tensile Strength (MPa) [kpsi]	138 [20]	138 [20]	138 [20]
Elongation ² [%]	15	20	20

1. All values in the table are minimums for any single TD measurement in the as-received condition. Foil properties can change with further treatment and time. Minimum properties for foil thicknesses other than listed shall be AABUS. The test methods to determine these properties shall be those listed in Table 4-1.
2. Elongation measurements shall be made with 51 mm [2.01 in] gage length and a cross-head speed of 51 mm/min [2.01 in/min] at 23°C [73.4°F] and 1.30 mm/min [0.05118 in/min] at 180°C [356°F].