

**UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN**

**Facultad de Ingeniería**

Escuela Profesional de Ingeniería Metalúrgica y Materiales

**PROYECTO DE PRE-FACTIBILIDAD DE UNA PLANTA  
DE PRODUCCIÓN DE ALAMBRÓN UTILIZANDO  
CÁTODOS DE COBRE DE LA EMPRESA  
SPC EN LA REGIÓN DE TACNA**

**TESIS**

Presentada por:

**Bach. IVAN ROBINSON LAYME ALVAREZ**

Para optar el Título Profesional de:

**INGENIERO METALURGISTA**

TACNA – PERÚ

2021

**UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN**

**Facultad de Ingeniería**

Escuela Profesional de Ingeniería Metalúrgica y Materiales

**PROYECTO DE PRE-FACTIBILIDAD DE UNA PLANTA  
DE PRODUCCIÓN DE ALAMBRÓN UTILIZANDO  
CÁTODOS DE COBRE DE LA EMPRESA  
SPC EN LA REGIÓN DE TACNA**

**TESIS**

Tesis sustentada el 30 de diciembre de dos mil diecinueve por el Bachiller Iván Robinson Layme Álvarez, siendo el jurado calificador integrado por:

PRESIDENTE

.....  
Dr. Alberto Savino Pacheco Pacheco

SECRETARIO

.....  
Dr. Freddy Felipe Cori Nina

VOCAL

.....  
Ing. Daniel Jesús Zevallos Ramos

ASESOR

.....  
Mgr. Julián Nieto Quispe

## **DEDICATORIA**

Dedicado en primer lugar a Dios, por guiarme y conducirme hacia el camino del éxito.

Dedicado a mis padres: José Layme y Rosa Alvarez, son mi razón de superación y a quienes agradeceré toda mi vida por el ejemplo de lucha y valentía y por estar conmigo en todo momento, por darme su apoyo incondicional durante mi formación universitaria.

Dedicado a mis hermanos, siempre los tendré presente, por el apoyo y la confianza que me brindan en todo momento.

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar, quiero agradecer a Dios por guiarme y acompañarme en todo momento, por darme salud, bienestar, por ser mi guía.

Me gustaría expresar mi agradecimiento especial al Mgr. José Luis Cortes Mendoza, y a mi asesor Ing. Julián Nieto Quispe por su supervisión minuciosa, orientación y sugerencias continuas a lo largo de esta investigación.

Muy agradecido con la UNJBG en especial a la Escuela Profesional de Ingeniería Metalúrgica y Materiales, a mis docentes, por su contribución en mi formación profesional.

Doy las gracias a mis padres y hermanos por su infinita paciencia, estímulo y apoyo durante mi formación universitaria gracias a ellos es este triunfo y para ello es mi agradecimiento.

## CONTENIDO

<b>DEDICATORIA</b>	iii
<b>AGRADECIMIENTO</b>	iv
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b>	ix
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	x
<b>RESUMEN</b>	xii
<b>INTRODUCCIÓN</b>	1
<b>CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	
1.1. Descripción del problema	3
1.1.1. Antecedentes del problema	3
1.1.2. Problemática del estudio	7
1.2. Formulación del problema	8
1.3. Justificación del estudio	8
1.4. Alcances y limitaciones	9
1.5. Objetivos	9
1.5.1. Objetivo general	9
1.5.2. Objetivos específicos	10
1.6. Hipótesis	10

## **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**

2.1. Antecedentes del estudio	11
2.2. Bases teóricas	11
2.2.1. Cobre y su producción	11
2.2.2. Producción minera	13
2.2.2.1. Proceso hidrometalúrgico	14
2.2.2.2. Proceso pirometalúrgico	17
2.2.2.3. Proceso de refinación del cobre	18
2.2.2.4. Fabricación y manufactura	19
2.2.3. Características principales y normalización del cobre	20
2.2.4. Proyecto	24
2.2.4.1. Evaluación de proyectos	24
2.2.4.2. Estudio de prefactibilidad	25
2.2.4.3. Estudio de mercado	25
2.2.4.4. Estudio técnico	28
2.2.4.5. Tamaño óptimo del proyecto	28
2.2.4.6. Localización óptima del proyecto	29
2.2.4.7. Distribución de la planta	30
2.2.4.9. Proceso de producción	31

2.2.4.10. Tecnología	32
2.2.4.11. Diagrama de flujo de procesos	32
2.2.5. Estudio y evaluación financiera	32
2.2.5.1. Estudio financiero	32
2.2.5.2. Capital de trabajo	33
2.2.5.3. Fuente de financiamiento	34
2.2.5.4. Estados financieros	34
2.2.5.5. Punto de equilibrio	34
2.2.5.6. Evaluación financiera	35
2.3. Definición de términos	37
<b>CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO</b>	
3.1. Tipo y diseño de investigación	39
3.2. Población y muestra	40
3.3. Técnicas e instrumentos para recolección de datos	40
3.3.1. Demanda de alambón de cobre en el país	40
3.3.2. Oferta de alambón de cobre en el país	41
3.3.3. Etapas de la producción de alambón de cobre	41
3.4. Procesamiento y análisis de datos	48
3.4.1. Determinación de la proyección de la demanda de alambón	

de cobre	48
3.4.2. Determinación de la composición del alambre de cobre	49
3.4.3. Determinación del costo de producción	49
3.4.4. Realización del estudio económico	50
<b>CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	
4.1. Resultados del estudio técnico	51
4.1.1. Localización de la planta	51
4.1.2. Tamaño de la planta	51
4.1.3. Ingeniería del proceso	52
4.1.4. Organización y recursos humanos de la planta	59
4.2. Resultados del estudio económico y financiero	62
4.2.1. Evaluación económica y financiera	65
4.2.2. Evaluación del proyecto	68
4.3. Discusión	73
<b>CONCLUSIONES</b>	76
<b>RECOMENDACIONES</b>	77
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	78

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características del cobre	21
Tabla 2. Parámetros del proyecto	52
Tabla 3. Especificaciones del horno eje vertical	54
Tabla 4. Asignación de personal para puesta en marcha	60
Tabla 5. Costo de equipos y edificación	62
Tabla 6. Resumen de la inversión	63
Tabla 7. Depreciación de equipos	64
Tabla 8. Producción anual	65
Tabla 9. Producción anual	66
Tabla 10. Requerimiento de capital	66
Tabla 11. Fuentes de financiamiento	66
Tabla 12. Detalle del financiamiento para un tiempo de 12 años	67
Tabla 13. Flujo de caja económico	68
Tabla 14. Análisis de sensibilidad	73
Tabla 15. Indicadores del estudio VAN	74
Tabla 16. Indicadores del estudio TIR	75

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema de un yacimiento de cobre	12
Figura 2. Diagrama de flujo del proceso hidrometalúrgico	13
Figura 3. Diagrama de flujo del proceso pirometalúrgico	14
Figura 4. Proceso hidrometalúrgico para la obtención de cátodos de cobre	16
Figura 5. Cátodos de cobre en la etapa de electrodeposición.	19
Figura 6. Flujo del cobre	20
Figura 7. Cadena de producción del cobre para la obtención de diferentes productos	22
Figura 8. Ciclo de proyecto	24
Figura 9. Etapas del estudio	39
Figura 10. Obtención de cátodos de cobre	42
Figura 11. Fusión de cátodos de cobre	43
Figura 12. Colada continua en la fundición de alambrón de cobre	44
Figura 13. Moldeo de alambrón de cobre	45

Figura 14. Laminadora de alambrón de cobre	46
Figura 15. Enrollado de alambrón de cobre.	47
Figura 16. Empaquetado de alambrón de cobre.	47
Figura 17. Diagrama de flujo del proceso de instalación de alambrón de cobre	52
Figura 18. Horno de eje vertical.	55
Figura 19. Horno de retención.	56
Figura 20. Equipo caster utilizado para el moldeo.	57
Figura 21. Laminadora de alambrón de cobre.	58
Figura 22. Máquina enrolladora de alambrón de cobre.	59
Figura 23. Organización de la empresa	61
Figura 24. Determinación del VANE	69
Figura 25. Determinación del TIRE	71

## RESUMEN

El presente estudio, trata sobre la prefactibilidad de una planta de producción de alambón utilizando cátodos de cobre de la empresa SPC en la región de Tacna, por ser una de las zonas más importantes de producción minera en el país y con grandes posibilidades de ofrecer un mercado para la producción de alambón de cobre.

La tecnología empleada será por fundición utilizando un horno de eje horizontal, y de retención, más equipos de producción, respecto a los indicadores, los cuales, permitieron determinar la rentabilidad del proyecto como también fue muy útil para definir la mejor opción dentro de un mismo proyecto, por lo que, es factible instalar una planta de producción de alambón utilizando cátodos de cobre de la empresa SPC en la región de Tacna con un 10 % de cátodos de cobre de la empresa.

Aprovechar los cátodos de cobre de la empresa SPC minimizando la exportación de lo mencionado a otros países. La rentabilidad fue medida según los indicadores, los cuales resultaron con un valor actual neto (VAN) 296 040,25 us \$ y Tasa Interna de Retorno (TIR) de 13 %.

**Palabras clave:** Cátodos de cobre, fusión, producción de alambón de cobre.

## SUMMARY

This study deals with the pre-feasibility of a wire rod production plant using copper cathodes from the SPC Company in the Tacna region, as it is one of the most important mining production areas in the country and with great possibilities of offering a market for the production of copper wire rod.

The technology used will be by smelting using 01 horizontal axis furnace and 01 holding furnace, and other respective equipment for production, with respect to the indicators which allowed us to determine the profitability of the project as it was also very useful to define the best option within the same project so it is feasible to install a wire rod production plant using copper cathodes from SPC in the Tacna region with 10% copper cathodes from the company.

Take advantage of the copper cathodes of the SCP company, minimizing the export of the aforementioned to other countries, so the profitability of the project studied was measured according to the indicators which resulted in a Net Present Value (NPV) of 296,040.25 us \$ and Internal Rate of Return (IRR) of 13%.

**Keywords:** Copper cathodes, fusion, Copper wire rod production.

## INTRODUCCIÓN

El Perú es un país rico en recursos naturales, principalmente en minerales, que lo ubica en un sitio importante en la minería mundial, es considerado como uno de los principales proveedores de materia prima en el sector minero.

Esta categoría de ser solo un exportador de materia prima, no sirve de mucho, si se quiere, que el país desarrolle aprovechando al máximo todo el potencial de las riquezas minerales con las que cuenta en la actualidad; razón por la cual, se consideró que llevar la industria minera peruana al nivel de producción es uno de los caminos correctos para el desarrollo del país, porque de esta forma, se genera todo un movimiento económico que incluye: el transporte terrestre y marítimo, el desarrollo de nuevas industrias que den valor agregado a nuestras materias primas, la comercialización y distribución de nuevos productos, investigación y desarrollo, etc. Lo cual trae como consecuencia un mayor flujo de dinero, generación de más puestos de trabajo y un mayor desarrollo tecnológico.

El presente trabajo tiene como objetivo evaluar las posibilidades de hacer un estudio para la instalación de alambón de cobre a partir de cátodos de cobre, por lo que, no es materia del estudio, todos aquellos aspectos relacionados a: seguridad industrial, aspectos legales, evaluación de impactos ambientales ni aspectos sociales.

Por ello, en el presente estudio, además del planteamiento del problema, se describe el proceso de refinación del cobre, procesamiento y análisis de datos, resultados y discusión del proyecto, en cuatro capítulos.

## **CAPÍTULO I**

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **1.1. Descripción del problema**

##### **1.1.1. Antecedentes del problema**

En el proceso de estudio se ha realizado un análisis del mercado internacional de alambión de cobre, el mismo que ha permitido definir a China como el mercado potencial para la comercialización del alambión, asimismo, se ha definido la localización de la planta de alambión de cobre en China o Perú, la estrategia de comercialización del alambión de cobre y la estructura de financiamiento para el proyecto. Se ha establecido dos alternativas:

- a) Instalar una planta de alambión de cobre en Shandong/Rizhao – China
- b) Instalar una planta de alambión de cobre en Tacna – Perú

Adicionalmente, para el caso de instalar la planta de alambión de cobre en Shandong se ha considerado cinco opciones que implican utilizar la capacidad de la planta de 2 formas, la primera procesando cátodos de

cobre de SPC y la otra brindando el servicio de maquila a terceros.

Estas opciones son las siguientes:

- a) Utilizar la capacidad instalada con 100 % producción SPC.
  - b) Utilizar la capacidad instalada con 75 % producción SPC y 25 % con servicio de maquila en China.
  - c) Utilizar la capacidad instalada con 50 % producción SPC y 50 % con servicio de maquila en China.
  - d) Utilizar la capacidad instalada con 25 % producción SPC y 75 % con servicio de maquila en China.
  - e) Utilizar la capacidad instalada con 100 % servicio de maquila en China.
- La ubicación de la planta de alambión en Shandong/Rizhao es resultado de una evaluación de factores de producción tales como: costo de energía, combustible, agua, labor y factores de localización como zonas de mayor consumo de cobre por región y distancias desde el puerto a las zonas de consumo para determinar el costo de transporte. Las principales conclusiones que se derivan de la Tesis son: Ubicar la planta en Tacna y producir 100 000 T/año de alambión de cobre para abastecer al

mercado chino no es atractiva debido a que el costo de maquila que las empresas chinas están dispuestas a pagar es bajo generando un precio del alambón que no hace rentable el proyecto.

- Ubicar la planta en China se hace atractivo a partir de una producción de 72 200 T/año de alambón de cobre con cátodos SPC y se brinda el servicio de maquila por las 27 800 T/año restante de capacidad de planta y a medida que se destina mayor participación de la capacidad al servicio de maquila el proyecto se hace más rentable. Si se maquila el 100 % de capacidad instalada (100 000 T/año de alambón de cobre) se logra un VAN financiero de 8,69 millones de dólares recuperándose la inversión en 3,2 años.
- Se identificó que a un valor de arancel menor a 1 % la Opción A del Caso 1 que considera producir 100,000 T/año de alambón de cobre sin servicio de maquila resulta atractivo y a medida que se destina participación al servicio de maquila el proyecto se hace menos rentable, todo lo contrario, a los resultados obtenidos cuando el arancel esta entre [1 % - 2 %]. Esta variable

es muy importante por la posibilidad de una firma de un Tratado de Libre Comercio entre Perú y China y el efecto que puede tener en el proyecto si se reduce el arancel del cátodo de cobre.

- El precio del cátodo de cobre guarda una relación inversa a la generación de valor (VAN) y se entiende que al tenerse mayores precios en el cátodo de cobre la empresa pagará más arancel, por lo tanto, el costo de maquila que aplique la empresa se incrementará para contrarrestar este efecto.
- Por las condiciones arancelarias que maneja actualmente China no se identifican variables que la empresa pueda tener para negociar con el gobierno peruano la ubicación de la planta en Perú.
- Ubicar la planta en Perú, es más atractiva que ubicarla en China, cuando el arancel del cátodo es mayor a 1 % y el % del arancel del alambión es menor o igual al porcentaje del arancel del cátodo. Esta posibilidad, es muy poco probable que suceda porque la política china está definida para aplicar una menor tasa de arancel a las materias primas y un mayor arancel a los

productos más elaborados para promover y proteger su desarrollo industrial.

### **1.1.2. Problemática del estudio**

Una planta de alambión de cobre en nuestro país, es sumamente importante, porque es uno de los mayores productores de cobre y otros minerales. En el Perú, el cobre es vendido como materia prima sin valor agregado, ya que no es procesado.

El problema radica en que el país y la empresa SPC, en este caso, venden materia prima que son cátodos de cobre sin un agregado final. Para que la empresa crezca más y tenga más ganancias es muy importante contar con una planta de alambión de cobre, ya que actualmente, no contamos con una planta de alambión de cobre y transformación.

Así mismo la planta de alambión de cobre traerá más desarrollo al país y la empresa SPC, utilizando tecnología e innovación en sus operaciones. El Perú tiene una expectante posición competitiva en la minería mundial, manteniendo un liderazgo minero en Latinoamérica; una sólida historia y trayectoria minera. En el mercado latinoamericano,

Perú es el mayor productor de oro y plata, además de producir otros importantes productos metálicos y no metálicos.

### **1.2. Formulación del problema**

Para el estudio se plantea la siguiente interrogante:

¿Mediante un estudio técnico será factible determinar la instalación de una planta de producción de alambión de cobre en la región de Tacna?

### **1.3. Justificación del estudio**

La empresa Southern Perú está obligada a dejar el 10 % de la producción de cátodos de cobre para darle un valor agregado a este producto que es el cátodo de cobre.

El presente trabajo se justifica por lo siguiente:

- La empresa minera SPC produce cátodos de cobre y estas se pueden aprovechar dando un valor agregado.
- Incremento en el desarrollo económico de la región de Tacna.
- En la región de Tacna no existe una planta de fabricación de alambión de cobre y sería una oportunidad para emprender y proponer el presente proyecto.

- Las restricciones para la ejecución de esta investigación del tipo explicativa, no experimental, se hará un estudio de prefactibilidad gracias a datos existentes de la empresa minera SPC.

#### **1.4. Alcances y limitaciones**

Con el proyecto se busca incentivar y motivar al empresario de la región para que se incursione en el campo de producción de alambón de cobre aprovechando el producto que obtiene la empresa SPC, ya que es un sector que cuenta con las mejores posibilidades de contribuir con el crecimiento en la zona sur del país, y de esa manera contribuir al desarrollo industrial de la región de Tacna.

El principal recurso para el proceso de producción son los cátodos de cobre, por otra parte, el mercado de alambón está cubierta por empresas internacionales y solo el crecimiento de la minería en los próximos años garantiza la posibilidad de incursionar en el rubro industrial.

#### **1.5. Objetivos**

##### **1.5.1. Objetivo general**

El objetivo principal del proyecto es elaborar un estudio de prefactibilidad de una planta de producción de alambón utilizando cátodos de cobre de la empresa SPC en la región de Tacna.

### **1.5.2. Objetivos específicos**

Los objetivos específicos del estudio son:

- Elaborar el estudio técnico de una planta de producción de alambón a partir de cátodos de cobre en la región de Tacna.
- Elaborar el estudio económico financiero de la instalación de una planta de producción de alambón de cobre.

### **1.6. Hipótesis**

Al realizar el estudio, en los cuales, todos los factores productivos como son los técnicos y económicos demostrarán que la inversión en una planta de producción de alambón a partir de cátodos de cobre en la región de Tacna, será un negocio rentable y sostenible en el tiempo.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes del estudio**

Aucallanchi (2013) en su investigación, da a conocer sobre la producción de cobre de mina en el Perú se ha incrementado en los últimos años, de manera tal, que está situado como el tercer productor de cobre a nivel mundial, fundamentada básicamente en la producción de concentrados de cobre, refinándose solo un 23 % del cobre producido en 2012. Se estima que una refinería de cobre en el norte podría tener una capacidad de hasta 400,000 TM de cobre refinado anual en un escenario optimista. También se identifica otros beneficios que atraería su desarrollo como son: el desarrollo de infraestructura que propicie un clúster industrial en el norte del Perú, inversión en investigación y desarrollo y la atracción de inversiones en industrias con valor agregado.

#### **2.2. Bases teóricas**

##### **2.2.1. Cobre y su producción**

El cobre es un elemento metálico maleable y dúctil, es un excelente conductor de calor y electricidad, además de ser resistente a la corrosión y antimicrobiano. El cobre se encuentra naturalmente en la

corteza terrestre en una variedad de formas. Se puede encontrar en depósitos de sulfuro (como calcopirita, bornita, calcocina, covelina), en depósitos de carbonato (como azurita y malaquita), en los depósitos de silicatos (como crisocola) y como cobre puro "nativo" (Arlandis, 1999).

Los yacimientos de cobre en general manejan leyes de cobre desde 0,30 % - 1,5 %, que estos yacimientos sean económicamente rentables de explotar o no dependerá de factores como el tamaño de reservas, su metalurgia, costos de operación, costos por transporte (flete), etc. (Arlandis, 1999).

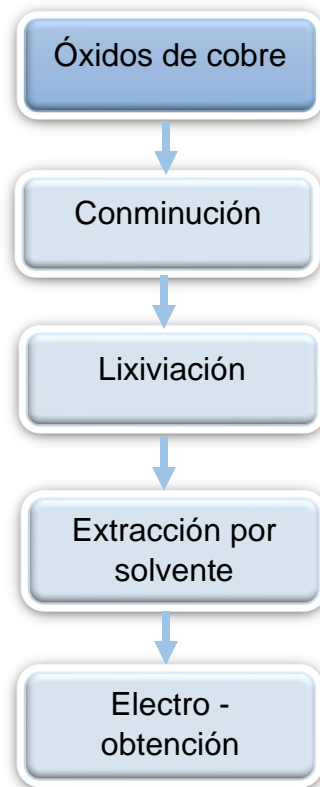


**Figura 1.** Esquema de un yacimiento de cobre  
Fuente: Leibbrandt, 2012.

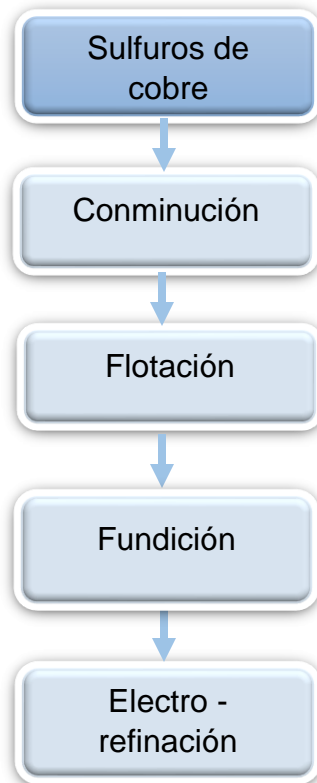
### 2.2.2. Producción minera

De los minerales que se extraen en una operación minera, se puede clasificar en 2 grandes tipos: los óxidos de cobre y los sulfuros de cobre (Aucallanchi, 2013).

En las siguientes figuras se muestra el proceso productivo:



**Figura 2.** Diagrama de flujo del proceso hidrometalúrgico  
**Fuente:** Aucallanchi, 2013.



**Figura 3.** Diagrama de flujo del proceso pirometalúrgico  
**Fuente:** Aucallanchi, 2013.

### 2.2.2.1. Proceso hidrometalúrgico

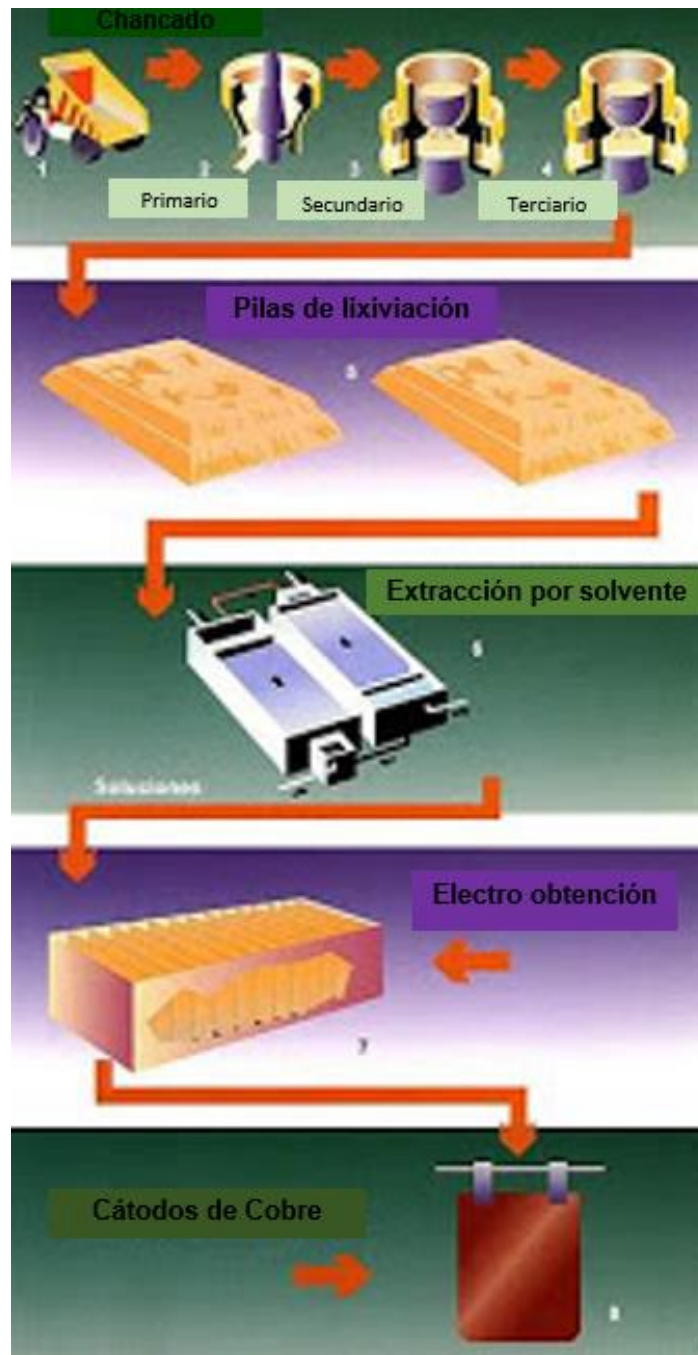
El proceso de producción de cátodos vía hidrometalúrgica más conocido por su nomenclatura anglosajona sx - ew, parte de mineral de cobre procedente de la mina o residuos mineros, sin concentrar y se tritura a tamaños inferiores a 10 mm siendo posteriormente transportado a los tanques donde será tratado posteriormente. La

instalación suele estar anexa a la mina con objeto de ahorrar costes y optimizar servicios.

A continuación, se lixivian (disuelven) los minerales de cobre, óxidos o sulfuros secundarios, mediante el riego con una disolución acuosa de ácido sulfúrico, obteniéndose una solución de sulfato de cobre con bajo contenido de cobre. Este proceso es lento y complejo pues además de la disolución del cobre, debe obtenerse una estabilidad en las concentraciones del licor (Aucallanchi, 2013).

La disolución de bajo contenido de cobre con otros metales e impurezas se trata con un reactivo extractante orgánico, en un circuito cerrado y a contracorriente, que extrae el cobre y permite obtener un electrolito con alto contenido de cobre y limpio de todos los elementos indeseables.

La disolución con un alto contenido de cobre, y limpia de impurezas, pasa a las celdas de electrólisis donde la energía eléctrica hace que los iones de cobre presentes en la solución se depositen en los cátodos, de ahí su nombre de electro-obtención o electro-deposición, a diferencia del electro-refino, que se realiza al pasar de ánodos de cobre a cátodos (Aucallanchi, 2013).



**Figura 4.** Proceso hidrometalúrgico para la obtención de cátodos de cobre  
**Fuente:** <http://proyectopiping.blogspot.com/2013/12/proceso-de-lixiviacion.html>

#### **2.2.2.2. Proceso pirometalúrgico**

El mineral de sulfuro de cobre en la mina tiene un contenido promedio entre el 0,51 % de cobre; por lo que, hay que concentrarlo mediante flotación, obteniéndose un concentrado de cobre que contiene entre 20 y 30 % de cobre, los otros dos componentes principales son el azufre y el hierro, además de otros metales entre los cuales se encuentran el oro, la plata, el molibdeno, etc. como positivos y el plomo, arsénico y mercurio como impurezas (Álvarez, 2001).

El concentrado de cobre se recibe en la fundición, cuya primera etapa industrial es el horno de fusión, donde se recupera el cobre, eliminando el azufre y el hierro mediante oxidación en estado fundido a una temperatura entre 1 473,150 y 1 573,150 K (1200 y 1300 °C) (Álvarez, 2001).

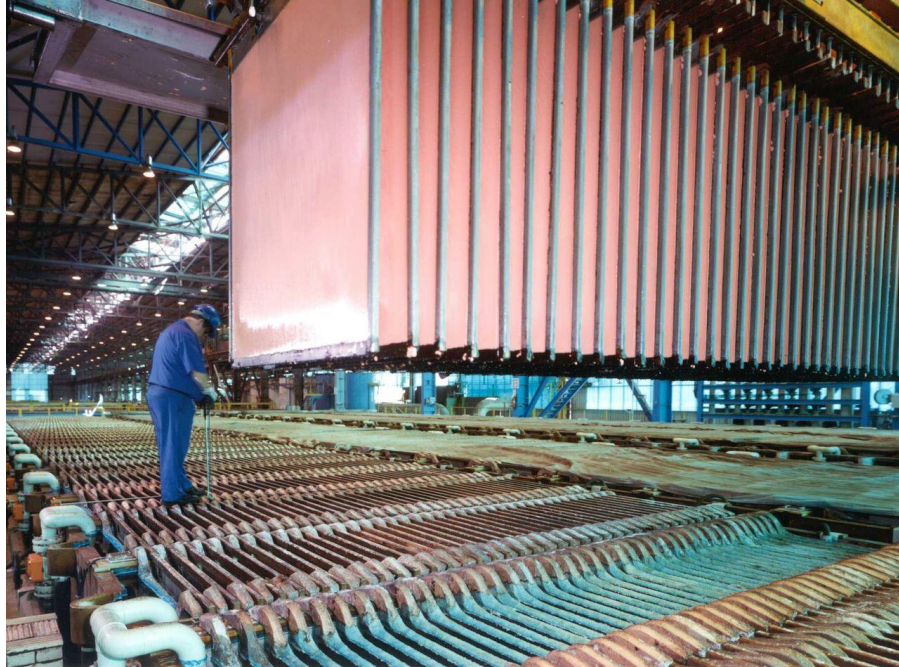
Como regla general una fundición que produzca 310 000 TM/año de ánodos consume 1 000,000 TM/año de concentrado de cobre y como subproductos produce 900,000 TM/año de ácido sulfúrico y 300 000 TM/año de escorias (Álvarez, 2001).

### **2.2.2.3. Proceso de Refinación del Cobre**

Se utilizan tres procesos para llegar a cátodos electro-refinados y electro-obtenidos de 99,99% de cobre, el convencional y dos variantes: en el proceso convencional los cátodos electro-refinados, se disuelven ánodos de cobre, depositando el metal en láminas iniciales de cobre puro; mientras que en el caso de los cátodos electroobtenidos el metal disuelto es extraído de un electrolito rico en cobre (Aucallanchi, 2013).

En ellos, el cobre disuelto en el electrolito es depositado directamente en láminas de acero inoxidable reutilizables.

El proceso ISA produce dos cátodos que pesan 50 kilogramos cada uno, mientras en el proceso KIDD, cada lámina madre entrega dos depósitos unidos en el borde inferior, formando un cátodo de 100 kilogramos (Aucallanchi, 2013).



**Figura 5.** Cátodos de cobre en la etapa de electrodeposición

**Fuente:** <https://www.codelcoeduca.cl/codelcoeduca/site/edic/base/port/electroobtencion.html>

#### **2.2.2.4. Fabricación y manufactura**

Luego que el cobre es refinado y comercializado como cátodos de cobre, este pasa por la fabricación de productos semielaborados como son: los alambres de cobre, billets de cobre y aleaciones, cakes de cobre y aleación, fundición de aleación y sulfato de cobre (Aucallanchi, 2013).

Estos productos semielaborados son el suministro para la manufactura del cobre en el cual se producen los productos finales,

aquellos que son usados por los consumidores y las distintas industrias como la construcción (cables eléctricos, válvulas, grifos para el hogar, etc.), telefonía, fabricación de equipos industriales (intercambiadores de calor), equipos electrónicos (chips, circuitos impresos), etc.

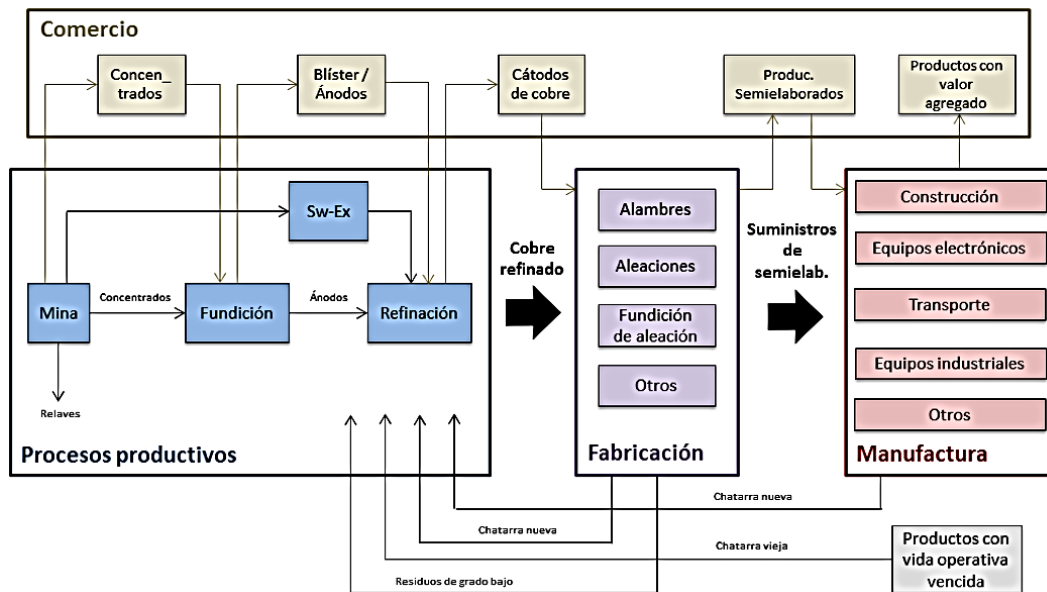


Figura 6. Flujo del cobre  
Fuente: International Copar Study Group (ICSG)

### 2.2.3. Características principales y normalización del cobre

El material usado en los conductores eléctricos es el cobre electrolítico, el mismo que debe contener un rango menor de 500 p.p.m (partes por millón) de oxígeno. El cobre es obtenido por colada continua dentro de los cuales existen tres procesos; el de colada continua horizontal, el de colada continua vertical (UP CAST) y el de rueda de

colada. En todos estos procesos se debe cuidar que el cobre no se contamine con el oxígeno del medio ambiente y tenga el rango mencionado de oxígeno (Quispe, 2006).

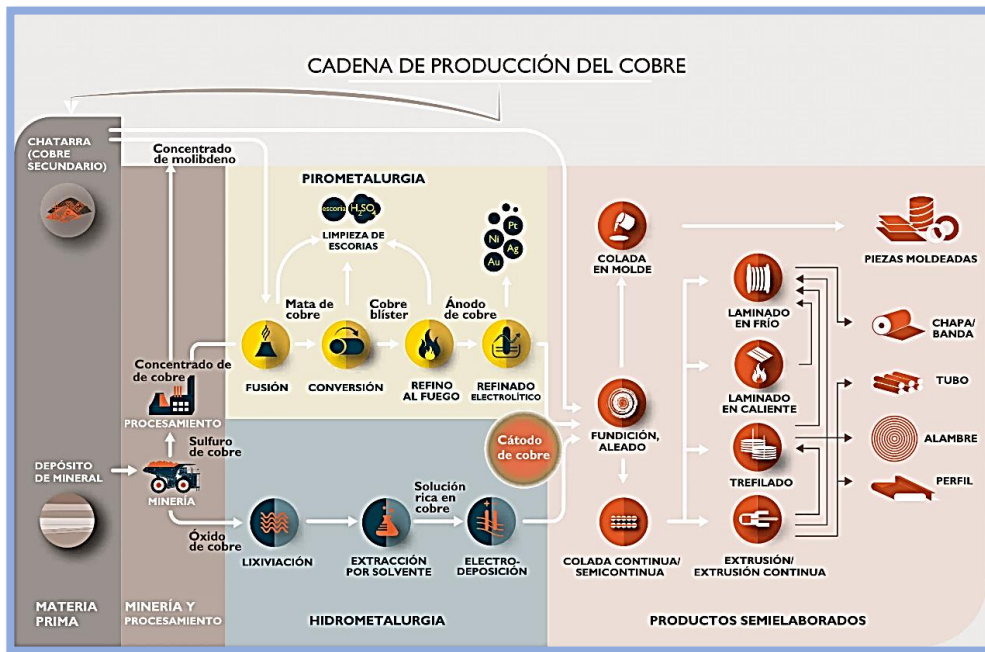
La materia prima usada en estos procesos es el cobre electrolítico suministrado en cátodos. El producto final es un alambrón de 8mm, que en algunos casos puede trefilarse para entregar al cliente en 6,5 mm. El cobre usado en la fabricación de conductores eléctricos es el cobre suave y debe cumplir las exigencias de la Norma Técnica Peruana NTP 370.042.

Damos a continuación algunas características del cobre según (Quispe, 2006).

**Tabla 1**  
*Características del cobre*

Alargamiento de rotura (%)	20 a 35
Conductividad (%)	100
Módulo de elasticidad (Kg/mm <sup>2</sup> )	10 000
Punto de fusión (K)	1 356,15
Densidad a 20°C (g/cm <sup>3</sup> )	8,89
Resistividad eléctrica a 20°C (ohm-mm/mt)	0,01724
Coefficiente térmico de resistencia a 20°C	0,00393
Coefficiente térmico de expansión a 20°C	17/1 000 000

**Fuente:** Quispe, 2006.



**Figura 7.** Cadena de producción del cobre para la obtención de diferentes productos  
**Fuente:** <https://copperalliance.es/sobre-nosotros/industria-cobre/>

### a) Normalización

La normalización del cobre recocido para uso eléctrico, se detalla en la Norma Técnica Peruana (NPT) 370.042 bajo la designación "Conductores de cobre recocido para uso eléctrico".

En los puntos que no se encuentren especificados en esta norma, se aplicara la norma ASTM B49 (2004) "Electrolytic Fouché Pitch copper" (cobre ETP), esta norma cubre los requerimientos necesarios que debe cumplir el alambre de cobre en un rango de diámetros desde 0,635 cm

hasta 3,4925 cm libre de oxígeno y producido por laminación y destinado para conductores eléctricos.

Otras normas de apoyo son las siguientes:

**ASTM B115 (2004)**, norma que establece los requerimientos que deben cumplir los cátodos de cobre electrolítico.

**ASTM B68 (2004)**, norma que establece los requerimientos que debe cumplir el alambre de cobre libre de oxígeno destinado para uso electrónico.

**NTP 370.250 (2005)**, norma que establece los requerimientos que deben cumplir los conductores para cables aislados que conducen energía eléctrica en instalaciones fijas y móviles.

**NTP 370.252 (2006)**, norma que establece los requerimientos que deben cumplir los conductores de cobre recocido, rígidos o flexibles aislados y cubiertos con PVC a ser usados en instalaciones fijas, móviles y dentro de aparatos.

**NTP 370.253 (2003)**, norma que establece los requerimientos que deben cumplir los conductores de cobre recocido rígidos o flexibles aislados y cubiertos con compuestos termoplásticos (PVC) o termoestables (XLPE) a ser usados en instalaciones fijas y móviles.

**NPT 370.221**, norma que determina las definiciones generales para conductores de uso eléctrico.

**NPT 342.045**, norma que establece el método de ensayo de torsión simple para el alambre de cobre de diámetro mayor o igual que 0,5 mm.

**NPT 342.039**, norma que establece el método de ensayo de tracción para el alambre de cobre de diámetros mayores o iguales de 5 mm para determinar su elongación.

#### **2.2.4. Proyecto**

Es la búsqueda de una solución inteligente al planteamiento de un problema tendiente a resolver, entre tantos, una necesidad humana. En otras palabras, el proyecto surge como respuesta a una “idea” que busca la solución de un problema (Sapag y Sapag, 2008).

##### **2.2.4.1. Evaluación de proyectos**

Conjunto de antecedentes justificatorios, mediante los cuales se establecen las ventajas y desventajas que tiene la asignación de recursos para una idea o un objetivo determinado. (Sapag y Sapag, 2008)



Figura 8. Ciclo de proyecto  
Fuente: Sapag y Sapag, 2008

#### **2.2.4.2. Estudio de prefactibilidad**

En esta fase se examinan en detalle las alternativas consideradas más convenientes, las que fueron determinadas en general en la fase anterior. Para la elaboración del informe de prefactibilidad del proyecto deben analizarse en detalle los aspectos identificados en la fase de perfil, especialmente los que inciden en la factibilidad y rentabilidad de las posibles alternativas. Entre estos aspectos sobresalen: Estudio de mercado, estudio tecnológico, estudio financiero, estudio administrativo y estudio de impacto ambiental (López, 2013).

#### **2.2.4.3. Estudio de mercado**

En este análisis se determina la demanda, oferta, precios y procedimientos que se utilizarán como estrategia comercial. (Sapag y Sapag, 2008). Estos mismos autores indican que metodológicamente los aspectos que deben estudiarse dentro de un estudio de mercado son cuatro:

- El consumidor y las demandas del mercado y del proyecto, actuales y proyectadas.
- La competencia y las ofertas del mercado y del proyecto, actuales y proyectadas.

- La comercialización del producto o servicio generado por el proyecto.
- Los proveedores y la disponibilidad y el precio de los insumos, actuales y proyectados.

Según (Baca, 2006) esta es la primera parte de la investigación formal del estudio. Consta de la determinación de cuatro variables importantes, la cuales son: análisis de la oferta, análisis de la demanda, análisis de precios y análisis de la comercialización.

Para el estudio de mercado definimos lo siguiente:

#### **a) Definición del producto**

El concepto de producto sostiene que los consumidores prefieren los productos que ofrecen lo mejor en calidad, desempeño y características innovadoras (Kotler y Armstrong, 2008).

#### **b) Características del producto**

El producto tiene características tangibles e intangibles según la definición de (Kotler y Armstrong, 2008).

- **Características tangibles**

- Características técnicas: se trata de la composición física o química, sus normas técnicas o modo de fabricación, su inclusión

en una línea o gama de productos e, incluso, por su calidad. Cuando son percibidas por el consumidor pueden servir de base para la diferenciación del producto frente a los competidores.

- Características funcionales: se trata del acondicionamiento, embalaje, envase, el etiquetado, en definitiva, por la forma de presentación del producto. Se utilizan en la identificación del producto con la marca y en la diferenciación respecto a los competidores.
- Características estéticas: se trata de la estética del aspecto externo. El diseño adecuado del producto persigue, por parte de los responsables de marketing, un óptimo que combine la funcionalidad y belleza, y que al mismo tiempo sea un elemento clave de diferenciación frente a otros productos competidores.
- **Características intangibles**
  - Los consumidores llegan a apreciar en ciertos productos un significado o contenido simbólico que los enriquece y facilita su diferenciación frente a los competidores. Este significado simbólico puede llegar a determinar la compra, por ello es

importante conocer la representación subjetiva que el consumidor tiene del producto y el significado simbólico que le atribuye.

#### **2.2.4.4. Estudio técnico**

El estudio técnico tiene por objeto proveer información para cuantificar el monto de las inversiones y de los costos de operación pertinentes a esta área. Una de las conclusiones de este estudio es que se deberá definir la función de producción que optimice el empleo de los recursos disponibles en la producción del bien o servicio del proyecto (Sapag y Sapag, 2008).

En particular, con el estudio técnico se determinarán:

- Los requerimientos de equipos de fábrica para la operación y el monto de la inversión correspondiente.
- El análisis de las características y especificaciones técnicas de las maquinas que se utilicen en la planta.
- El análisis de la mano de obra por especialización.
- Deducirse los costos de mantenimiento y reparaciones.

#### **2.2.4.5. Tamaño óptimo del proyecto**

La definición del tamaño del proyecto es fundamental para la determinación de las inversiones y los costos que se derivan del estudio técnico. Indican que la determinación del tamaño responde a un análisis

interrelacionado de una gran cantidad de variables de un proyecto: demanda, disponibilidad de insumos, localización y plan estratégico comercial de desarrollo futuro de la empresa que se crearía con el proyecto, entre otras (Sapag y Sapag, 2008).

#### **2.2.4.6. Localización óptima del proyecto**

La localización que se elija para el proyecto puede ser determinante en su “éxito o fracaso”. Por lo cual, la ubicación más adecuada será la que posibilite maximizar el logro del objetivo definido para el proyecto (Sapag, 2007).

La selección de la localización del proyecto se define en dos ámbitos: el de macro localización, donde se elige la región o zona; y el de la micro-localización, que determina el lugar específico donde se instalará el proyecto. Todo esto debe analizarse en forma combinada con los factores determinantes del tamaño, como la demanda actual y la esperada, la capacidad financiera, las restricciones del proceso tecnológico, etcétera (Sapag, 2007).

Los factores que influyen en la ubicación del proyecto son los siguientes (Sapag, 2007):

- Mercado que se desea atender

- Transporte y accesibilidad de los usuarios
- Regulaciones legales
- Viabilidad técnica
- Viabilidad ambiental
- Costo y disponibilidad de terrenos o edificaciones

#### **2.2.4.7. Distribución de la planta**

Una buena distribución de la planta es la que proporciona condiciones de trabajo aceptables y permite la operación más económica, a la vez que mantiene las condiciones óptimas de seguridad y bienestar para los trabajadores (Baca, 2006).

Los principios básicos de una buena distribución en planta son los siguientes (Baca, 2006):

- **Integración total:** consiste en integrar en lo posible todos los factores que afectan la distribución, para obtener una visión de todo el conjunto y la importancia relativa de cada factor.
- **Mínima distancia de recorrido:** al tener una visión general de todo el conjunto, se debe tratar de reducir en lo posible el manejo de materiales, trazando el mejor flujo.
- **Utilización del espacio cúbico:** aunque el espacio es de tres dimensiones pocas veces se piensa en el espacio vertical. Esta

acción es muy útil cuando se tienen espacios reducidos y su utilización debe ser máxima.

- **Seguridad y bienestar para el trabajador:** este debe ser uno de los objetivos principales en toda distribución.
- **Flexibilidad:** se debe obtener una distribución fácilmente ajustable a los cambios que exija el medio, para poder cambiar el tipo de proceso de la manera más económica, si fuera necesario.

#### **2.2.4.9. Proceso de producción**

El proceso de producción es el procedimiento técnico que se utiliza en el proyecto para obtener los bienes y servicios a partir de insumos, y se identifica como la transformación de una serie de materias primas para convertirla en artículos mediante una determinada función de manufactura. La descripción del proceso productivo posibilitará, además, conocer las materias primas y los insumos restantes que éste demandará. El proceso productivo se elige por medio tanto del análisis técnico, como del análisis económico de las alternativas existentes (Sapag y Sapag, 2008).

#### **2.2.4.10. Tecnología**

La tecnología debe estar disponible al mejor nivel que las condiciones de competitividad empresarial exijan. El término tecnología incluye, en simultáneo, las tecnologías duras basadas en ciencia e ingeniería y las tecnologías blandas basadas en aspectos humanos y de gestión (Robbins y Coulter, 2007).

#### **2.2.4.11. Diagrama de flujo de procesos**

Es el proceso para plantear un problema y determinar un resultado en una empresa. Además, todo camino de ejecución debe permitir llegar desde el inicio hasta el término. Los diagramas de flujo son diagramas que emplean símbolos gráficos para representar los pasos o etapas de un proceso (López, 2013).

### **2.2.5. Estudio y evaluación financiera**

#### **2.2.5.1. Estudio financiero**

Un estudio financiero consiste en identificar y ordenar todos los ítems de inversiones, costos e ingresos que puedan deducirse de los estudios previos. Las inversiones del proyecto pueden clasificarse, según corresponda, en terrenos, obras físicas, equipamiento de fábrica y oficinas, capital de trabajo, puesta en marcha y otros (Sapag y Sapag, 2008).

### **2.2.5.2. Capital de trabajo**

Desde un punto de vista contable, este capital se define como la diferencia aritmética entre el activo circulante y el pasivo circulante. Desde el punto de vista práctico el capital de trabajo está representado por el capital adicional con que hay que contar para que una empresa empiece a funcionar, como, por ejemplo, al financiar la primera producción (compra de materia prima, pago de mano de obra, crédito por primeras ventas y efectivo para la operación diaria) antes de recibir ingresos (Baca, 2006).

#### **- Depreciación**

Cargo que refleja el costo de los activos consumidos en el proceso de producción. No es un gasto en efectivo (Gitman, 2007).

#### **- Amortización**

Gitman (2007) cargo no en efectivo semejante a la depreciación, salvo que sirve para cancelar los costos de los activos intangibles.

#### **Costo de capital**

En 2007 Gitman, apunta que es la tasa de rendimiento que una empresa debe ganar en los proyectos en los que invierte para mantener su valor de mercado y atraer fondos.

### **2.2.5.3. Fuente de financiamiento**

De acuerdo a Córdoba (2006) la decisión de financiar el proyecto significa determinar de qué fuentes se obtendrán los fondos para cubrir la inversión inicial y, eventualmente, quien pagará costos y recibirá los beneficios del proyecto.

### **2.2.5.4. Estados financieros**

Los estados financieros pueden definirse como aquellos documentos que muestran la situación económica de una empresa, la capacidad de pago de la misma a una fecha determinada, o bien el resultado de operaciones obtenidas en un período o ejercicio pasado, presente o futuro, en situaciones normales o especiales. Estos están constituidos por resúmenes numéricos que reflejan los resultados de las transacciones financieras de una empresa (Sapag y Sapag, 2008).

### **2.2.5.5. Punto de equilibrio**

El punto de equilibrio indica que es el nivel de operaciones necesarias para cubrir todos los costos operativos y la rentabilidad asociada con los diversos niveles de venta (Gitman, 2007),

$$PE: \frac{\text{Costo fijo}}{1 - \text{Costos variables}}$$

### **2.2.5.6. Evaluación financiera**

La evaluación del proyecto se realiza sobre la estimación del flujo de la caja de los costos y beneficios. El resultado de la evaluación se mide por medio de distintos criterios que, más que optativos, son complementarios entre sí (Sapag y Sapag, 2008).

Para la evaluación financiera se debe tener en cuenta los siguientes indicadores:

#### **a) Tasa mínima aceptable de rendimiento (TMAR)**

Antes de invertir una persona siempre tiene en mente una tasa mínima de ganancia sobre la inversión propuesta, a esto se le llama Tasa Mínima de Rendimiento TMAR (Baca, 2006).

Su fórmula es:

$$TMAR = i + f + if \quad [01]$$

Dónde:

$i$  = tasa de interés

$f$  = inflación

#### **b) Valor actual neto (VAN)**

Este criterio plantea que el proyecto debe aceptarse si su valor actual neto (VAN) es igual o superior a cero, donde el VAN es la

diferencia entre todos sus ingresos y egresos expresados en moneda actual (Sapag y Sapag, 2008).

Fórmula:

$$VAN = \frac{\sum \text{Flujos de efectivo} + \dots - \text{inversión}}{(1 + \text{tasa de descuento o costo capital})^n} \quad [02]$$

### c) Tasa interna de retorno (TIR)

La tasa interna de retorno es la tasa de descuento que iguala el VAN de una oportunidad de inversión a 0 quetzales, ya que el valor presente de las entradas de efectivo es igual a la inversión inicial. Es la tasa de rendimiento anual compuestas que la empresa ganará si invierte en el proyecto y recibe las entradas de efectivo esperadas (Gitman, 2007).

Su fórmula es la siguiente:

$$TIR = \frac{R_{++} + rVAN}{VAN_{++} + VAN} \quad [03]$$

Donde:

$R_{++}$  = Tasa de actualización inferior que origina un VAN positivo.

$r$  = Diferencia entre las tasas de actualización.

$VAN_{+}$  = Valor actual neto del flujo de fondos positivo a la tasa de actualización inferior.

$VAN_{-}$  = Valor actual neto del flujo de fondos negativo la tasa de actualización.

### 2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

- **Alambre**

Hilo o filamento de metal.

- **Aleación**

Combinación de dos o más metales para formar otro metal nuevo o diferente, que tenga las cualidades deseadas o específicas.

- **Capacidad instalada**

Capacidad de producción teórica, muestra la máxima tasa de producción que puede obtenerse en un proceso, se mide en unidades de salida por unidad de tiempo.

- **Conductor**

Alambre, cable o cordón sin estar aislados, apropiado para transportar corriente eléctrica.

- **Extrusión**

El proceso de forzar sin interrupción un plástico o elastómero y el núcleo de un conductor, a través de una hilera de estirar, aplicándole de ese modo un forro o revestimiento aislante continuo al conductor.

- **PVC**

Abreviatura utilizada para el cloruro de polivinilo, que es un material plástico utilizado tanto para aislación relleno y cubierta externa en diferentes cables.

- **Cátodo**

Son las placas de cobre de alta pureza que se obtienen en el proceso de electrorrefinación y electroobtención. Estos cátodos también se llaman cátodos de cobre electrolítico de alta pureza y tienen una concentración de 99,9%.

- **Trefilado**

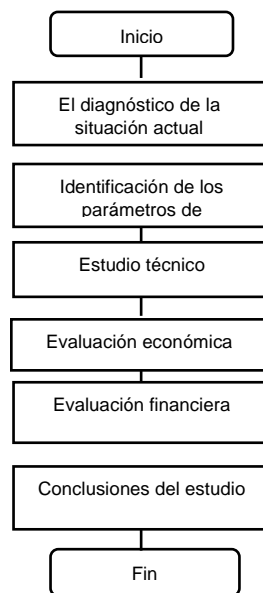
En el estirado del alambre en frío, por pasos sucesivos a través de hileras, mandriles o trefilas de carburo de tungsteno cuyo diámetro es paulatinamente menor. Esta disminución de sección da al material una cierta acritud en beneficio de sus características mecánicas.

## CAPÍTULO III

### MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1. Tipo y diseño de investigación

Para el diseño del proyecto de pre-factibilidad de una planta de producción de alambión utilizando cátodos de cobre de la empresa SPC en la región de Tacna, se determina los principales parámetros y las etapas de producción del alambión de cobre. Para la determinación, la factibilidad del proyecto se analizará el estudio de mercado, técnico y económico siguiendo a la indicación de la figura 9.



**Figura 9.** Etapas del estudio  
**Fuente:** Elaboración propia

## **3.2. Población y muestra**

Para el estudio se ha considerado el producto (cátodos de cobre) de la empresa minera Southern Perú, puesto que en el Perú no existe una planta de producción de alambión de cobre a partir de cátodos de cobre y en consecuencia, iniciar la producción de materia prima transformado en alambión y con un valor agregado y minimizar la exportación de cátodos producidos por la empresa a otros países y por ende estos retornan a nuestro país con un incremento mayor en dinero; para ello se utilizó factores que nos permitieron realizar el estudio del proyecto:

- Producción de cátodos de la empresa minera SPC
- Demanda de alambión de cobre
- Oferta de alambión de cobre en el Perú

## **3.3. Técnicas e instrumentos para recolección de datos**

### **3.3.1. Demanda de alambión de cobre en el país**

Como punto inicial se ha considerado la producción de cátodos de cobre de los años 2016, 2017 y 2018, los cuales han sido exportados en esos tres años, para obtener la demanda total de otros países.

### **3.3.2. Oferta de alambión de cobre en el país**

Para la determinación de la oferta de alambión de cobre en el país, se ha considerado la información de la publicación del sistema integrado de información del comercio exterior en donde da a conocer las empresas exportadoras que elaboran derivados a partir de alambión de cobre Centelsa Perú S.A.C, Tecnofil Indeco S.A, Metales y Aleaciones de Cobre S.A.C, Andes Alloys S.A.C, a los cuales se ofertará el producto.

### **3.3.3. Etapas de la producción de alambión de cobre**

Para el estudio, se elaboró el diagrama de flujo del proceso para producir alambión de cobre a partir de cátodos de cobre en la región de Tacna, y se tiene las siguientes etapas:

#### **Cátodos de cobre**

La principal materia prima es el cátodo de cobre, que es el resultado de un proceso de lixiviación, extracción por solvente y la etapa de electrodeposición con una pureza del 99,999 %.



**Figura 10.** Obtención de cátodos de cobre

**Fuente:** <https://medium.com/nuevas-tecnologias/innovacion-para-el-ahorro-de-energia-en-industrias-103699742a65>

## **Fusión**

Los cátodos de cobre con alta pureza se fundirán en un horno de eje vertical, empleando como materia prima cátodos de cobre. Se suele fundir el metal para producir preformas o semiacabados. Los cátodos se funden en hornos diversos y se adicionan aleantes para proceder posteriormente a colar el producto.



**Figura 11.** Fusión de cátodos de cobre

**Fuente:** <http://www.euroequip.es/es/fundicion/fusionmantenimiento/hornos-de-fusion-y-hornos-de-mantenimiento>

### **Colada continua**

La colada continua es un proceso, en el cual, se solidificará el cobre líquido y se verterá directamente en un molde sin fondo con la forma de la sección transversal del semiproducto, que es el alambón de cobre. Se llama continua porque el cobre líquido llegará sin interrupción al molde, obteniéndose un desbaste tras otro sin detenerse la línea.



**Figura 12.** Colada continua en la fundición de alambón de cobre  
**Fuente:** [https://es.made-in-china.com/co\\_dybochuang/product\\_Copper-Rod-Continuous-Casting-and-Rolling-Line-UL-Z-1900-255-12-\\_huurioesn.html](https://es.made-in-china.com/co_dybochuang/product_Copper-Rod-Continuous-Casting-and-Rolling-Line-UL-Z-1900-255-12-_huurioesn.html)

## **Moldeo**

Para la creación del alambón de cobre, el metal resultado de la fusión se moldeará y se le va dando una forma alargada, mediante estiramiento mecánico, hasta que tenga el diámetro de 8 mm. Al enfriarse tendrá un aspecto muy similar a la figura 13.



**Figura 13.** Moldeo de alambón de cobre  
**Fuente:** <https://hormesa-group.com/>

### **Laminación**

Para este proceso se utilizará la máquina laminadora que contará con 12 castillos para laminar el alambón, donde se obtendrá el alambón de cobre de 8 mm de alta calidad del producto.



**Figura 14.** Laminadora de alambón de cobre

**Fuente:**[https://es.made-in-china.com/co\\_dybochuang/product\\_Copper-Rod-Continuous-Casting-and-Rolling-Line-UL-Z-1900-255-12-\\_huurioesn.html](https://es.made-in-china.com/co_dybochuang/product_Copper-Rod-Continuous-Casting-and-Rolling-Line-UL-Z-1900-255-12-_huurioesn.html)

### **Enrollado de alambón de cobre**

En el enrollado de alambón o bobinado del alambón de cobre se realizará la formación de las bobinas de alambón, para su posterior enfriamiento y empaquetado.



**Figura 15.** Enrollado de alambión de cobre.

**Fuente:** [https://es.made-in-china.com/co\\_dybochuang/product\\_Copper-Rod-Continuous-Casting-and-Rolling-Line-UL-Z-1900-255-12-\\_huurioesn.html](https://es.made-in-china.com/co_dybochuang/product_Copper-Rod-Continuous-Casting-and-Rolling-Line-UL-Z-1900-255-12-_huurioesn.html)

## **Empaquetado**

Finalmente, se realizará el empaquetado, para el proceso de distribución a los clientes.



**Figura 16.** Empaquetado de alambión de cobre

**Fuente:** [https://es.made-in-china.com/co\\_dybochuang/product\\_Copper-Rod-Continuous-Casting-and-Rolling-Line-UL-Z-1900-255-12-\\_huurioesn.html](https://es.made-in-china.com/co_dybochuang/product_Copper-Rod-Continuous-Casting-and-Rolling-Line-UL-Z-1900-255-12-_huurioesn.html)

### **3.4. Procesamiento y análisis de datos**

Para el procedimiento y análisis de datos se procedió a determinar aspectos necesarios para la instalación de una planta de alambión de cobre. A continuación, se describe lo siguiente:

#### **3.4.1. Determinación de la proyección de la demanda de alambión de cobre**

Para determinar la proyección de la demanda de alambión de cobre, se tuvo en cuenta el informe de exportaciones, según la publicación del sistema integrado de información del comercio exterior, donde se indica que la producción de cátodos de cobre en el año 2018 fue de 142 201 toneladas, sin antes, mencionar que en años anteriores la producción era superior a la del año 2018, por lo que, la empresa Southern Copper Corporation, mediante información oficial, reveló que las operaciones de Perú y México sumaron una producción de 237,307 toneladas de cobre en el cuarto trimestre del 2017, logrando un crecimiento del 4,2 %. Sin embargo, al cierre del año, la producción se redujo en 0,5 % a 913 066 toneladas.

Por otro lado, la Revista Mundo Minero publicado en febrero del 2015, dio a conocer que las ventas netas de los cuatro trimestres fueron

1 864,3 millones de dólares, 33,3 % mayores que en similar periodo del 2016. Tras culminar el 2017, las ventas se elevaron a \$ 6 654,5 millones, superior en 23,7 % frente a los montos comercializados en años anteriores.

#### **3.4.2. Determinación de la composición del alambroón de cobre**

El alambroón de cobre obtenido a partir de cátodos de cobre se comercializará con una pureza del 99,9 %. Para el proyecto, se propuso no alterar la composición original, esto con la finalidad de obtener un menor costo de producción, sin sacrificar, significativamente otros insumos, como también posterior a ello, resulta el alambre de cobre desnudo ya que se produce a partir del alambroón, fabricado a base de cobre de alta pureza con un contenido mínimo de 99,9 % de Cu; por lo que, se requiere un producto de tipo de alambre con una alta conductividad, ductilidad y resistencia mecánica, así como gran resistencia a la corrosión en ambientes salobres.

#### **3.4.3. Determinación del costo de producción**

El principal elemento de costo más importante es la materia prima, en este caso, son los cátodos de cobre y consumo de energía, sobre los cátodos de cobre se tiene una disponibilidad de la empresa Southern

Copper Corporation, ya que la empresa está obligada a dejar el 10 % de la producción de cátodos de cobre para darle un valor agregado a este producto que es el cátodo de cobre y que mejor sea dentro del territorio peruano.

Respecto al costo de energía, los hornos y equipos que se han propuesto, permiten obtener un menor costo de producción ya que son diseñados para este tipo de proceso, por lo que, se utilizará materia prima con una pureza del 99,9 % de Cu.

#### **3.4.4. Realización del estudio económico**

Para este estudio, el procedimiento utilizado para calcular los indicadores como es el TIR, es el mismo, que se utilizó para calcular el VAN. Se utilizó el mismo tipo de cuadro, por lo que, se puede probar varias tasas de actualización hasta encontrar la tasa a la cual el VAN es mayor o igual a cero.

Para los cálculos de la tasa interna de retorno TIRE y la tasa interna de retorno financiera TIRF, se ha empleado el programa Microsoft Excel, ya que nos ofrece la posibilidad de calcular directamente mencionados valores introduciendo una tasa de actualización, para el estudio se trabajó con un valor del 18 %.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Resultados del estudio técnico

A continuación, se muestran los resultados del estudio técnico para la instalación de la planta de producción de alambón de cobre.

##### 4.1.1. Localización de la planta

Según el estudio realizado para la ubicación de la planta, estaría ubicado en el territorio peruano, habiendo dos propuestas dentro de la región de Tacna.

##### 4.1.2. Tamaño de la planta

El tamaño del proyecto se estima de la siguiente manera:

**Tabla 2**  
*Parámetros del proyecto*

Parámetro	Unidad	Cantidad
Producción anual de alambón	T	32 400
Eficiencia de operación	%	70
Horas programadas por día	H	12
T de alambón por día	T	90
T de alambón por mes	T	2 700
Capacidad de horno	T	15
Número de coladas por horno por día	T	6
Producción por horno por día	T	8
Número de horno	c/u	2

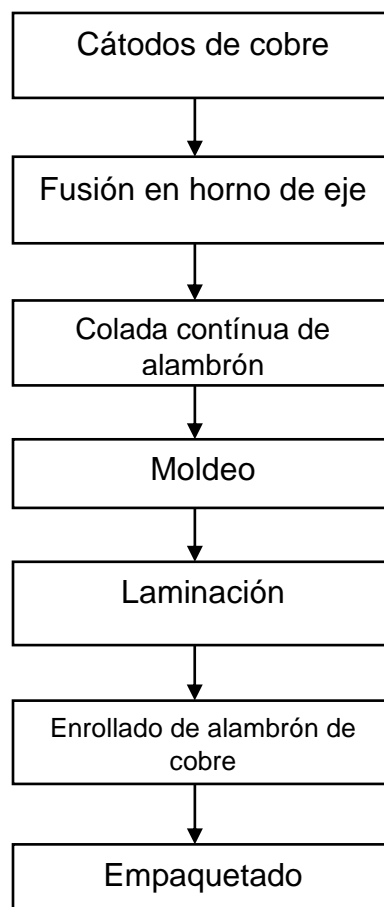
Fuente: Elaboración propia

### 4.1.3. Ingeniería del proceso

Para la ingeniería del proceso de fabricación de alambre de cobre se tuvo lo siguiente:

#### Flujo del proceso de producción

El proceso de producción será de la siguiente manera:



**Figura 17.** Diagrama de flujo del proceso de instalación de alambre de cobre  
**Fuente:** Elaboración propia

## **Equipos utilizados en las operaciones de elaboración del alambón de cobre**

A continuación, se da a conocer las especificaciones de equipos que se utilizarán en las operaciones para la producción de alambón de cobre a partir de cátodos de cobre.

### **a) Horno de eje vertical**

Los hornos de eje vertical, tienen la ventaja de un área de ventilación grande y ventilación vertical, aumentar la altura de la torre y mejorar el 15 %-20 % de la capacidad y ahorrar el 10 % de la energía. El horno mecánico contiene series de estilo torre y bandeja estilo torre, por otro lado, cuenta con una gran capacidad con profesional de diseño, bajo consumo de energía, los precios son competitivos y tiene la certificación de la ISO9001.

**Tabla 3**  
*Especificaciones del horno eje vertical*

cifictions (Mm)	Horno de dimensiones			Salida (t/h)	Velocidad de rotación (r/min)	Moto de la potencia (kw)	Peso (T)	Nota
	Diámetro (Mm)	Longitud (Mm)	Obliquity (%)					
Y oslash; 1,4*33	1,4	33	3	0,9-1,3	0,39-3,96	18,5	47,5	----
Y oslash; 1,6*36	1,6	36	4	1,2-1,9	0,26-2,63	22	52	----
Y oslash; 1,8*45	1,8	45	4	1,9-2,4	0,16-1,62	30	78,2	----
Y oslash; 1,9*39	1,9	39	4	1,65-3	0,29-2,93	30	77,59	----
Y oslash; 2,0*40	2	40	3	2,5-4	0,23-2,26	37	119,1	----
Y oslash; 2,2*45	2,2	45	3,5	3,4-5,4	0,21-2,44	45	128,3	----
Y oslash; 2,5*40	2,5	40	3,5	9,0-10,5	0,44-2,44	55	149,61	----
Y oslash; 2,5*50	2,5	50	3	6,25-7,4	0,62-1,86	55	187,37	----
Y oslash; 2,5*54	2,5	54	3,5	6,9-8,5	0,48-1,45	55	196,29	----
Y oslash; 2,7*42	2,7	42	3,5	10,0-11,0	0,10-1,52	55	198,5	----
Y oslash; 2,8*44	2,8	44	3,5	12,5-13,5	0,437-2,18	55	201,58	Suspensión de precalentamien to horno
Y oslash; 3,0*45	3	45	3,5	12,8-14,5	0,5-2,47	75	210,94	----
Y oslash; 3,0*48	3	48	3,5	25,6-29,3	0,6-3,48	100	237	Fuera desmontar horno
Y oslash; 3,0*60	3	60	3,5	12,3-14,1	0,3-2	100	310	----
Y oslash; 3,2*50	3,2	50	4	40,5-42	0,6-3	125	278	Fuera desmontar horno

**Fuente:** <https://spanish.alibaba.com/product-detail/vertical-mechanical-shaft-kiln-cement-plant-569265880.html>



**Figura 18.** Horno de eje vertical.

**Fuente:** <http://es.heavyequipmentchina.com/vertical-kiln/>

### **b) Horno de retención**

La cantidad necesaria será de un horno de retención. Este horno de retención tendrá una estructura similar a la del horno de fundición y consumirá menos potencia, con el cual, se garantizará la producción a corto plazo. La parte externa del horno de retención será hecha de acero y la parte interna de ladrillos refractarios y ladrillos de alto contenido de alúmina.

A continuación, se detalla los parámetros del horno de retención:

- Capacidad : 15 toneladas
- Tipo de puerta del horno : Recta
- Tipo de horno : Fijo
- Velocidad de calefacción : 303,15 K / h (30°C / h)
- Precisión de la temperatura :  $\pm 278,15$  K (5°C)
- Temperatura de trabajo máxima : 1323,15 K (1050°C)
- Temperatura de control máxima : 1373,15 K (1100°C)



**Figura 19.** Horno de retención.

**Fuente:** <http://meltingequipments.com/1-2-4-1-holding-furnace.html>

### c) Moldeo

Para el moldeo se utilizará el equipo denominado caster que tendrá las siguientes especificaciones:

- Capacidad de moldeo : 25 toneladas por hora
- Velocidad máxima : 11,5 m/min
- Sección de barra : 75x60 mm



Figura 20. Equipo caster utilizado para el moldeo.  
Fuente: <https://docplayer.es/67953819>

### d) Laminadora

La laminadora que se utilizará en la elaboración de alambón de cobre tendrá las siguientes características:

- Capacidad de producción : 1 rollo por cada 10 minutos
- Peso por producción de rollo : 3 300 Kg
- Número de castillos : 12
- Diámetro del alambre a producir : 8mm



**Figura 21.** Laminadora de alambón de cobre.

**Fuente:** [https://es.made-in-china.com/co\\_dybochuang/product\\_Copper-Rod-Continuous-Casting-and-Rolling-Line-UL-Z-1900-255-12-\\_huurioesn.html](https://es.made-in-china.com/co_dybochuang/product_Copper-Rod-Continuous-Casting-and-Rolling-Line-UL-Z-1900-255-12-_huurioesn.html)

#### **d) Enrollado del alambón de cobre**

El enrollado de alambón de cobre se realizará con el equipo

Spool GS1000 y cumplirá las siguientes características:

- Capacidad de carga : 3 300 Kg
- Potencia de motor : 15 KW
- Tipo de freno : Neumático
- Velocidad máxima : 12 – 15 m/s
- Tipo de control : Control de frecuencia



**Figura 22.** Máquina enrolladora de alambre de cobre.

**Fuente:** [https://wxpskj.en.alibaba.com/es\\_ES/company\\_profile.html?spm=a2700.icbuShop.88.36.19b52d3e7crMha](https://wxpskj.en.alibaba.com/es_ES/company_profile.html?spm=a2700.icbuShop.88.36.19b52d3e7crMha)

#### **4.1.4. Organización y recursos humanos de la planta**

##### **Talento Humano**

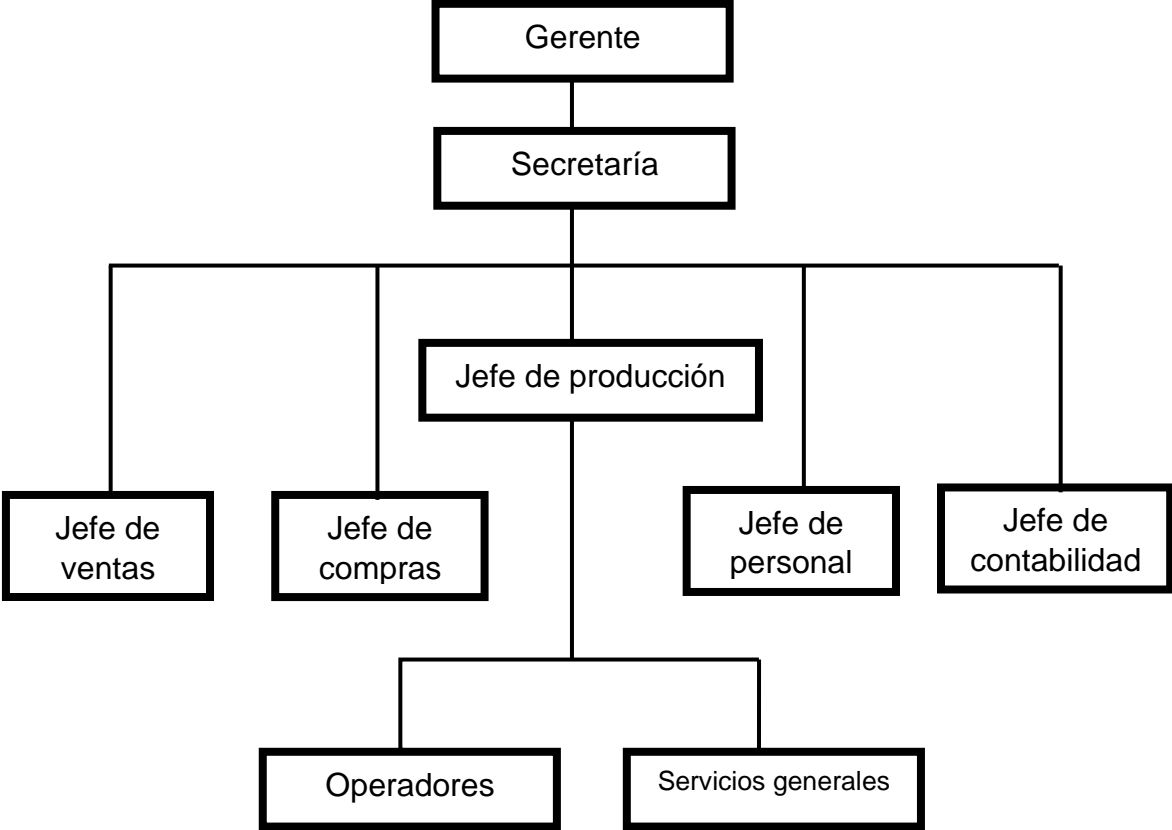
Se muestra la tabla con la asignación del talento humano para la instalación de la planta de alambre de cobre.

**Tabla 4***Asignación de personal para puesta en marcha*

<b>Cant.</b>	<b>Mano de obra</b>	<b>Mes (\$)</b>	<b>Año (\$)</b>	<b>Factor</b>	<b>Total (Us \$)</b>
<b>Mano de obra directa</b>					
1	Gerente	1600	19200	1,3	24 960
2	Jefe de producción	1200	28800	1,3	37 440
1	Jefe de personal	1100	13200	1,3	17 160
6	Operadores	800	57600	1,3	74 880
	Sub total				<b>154 440</b>
<b>Mano de obra indirecta</b>					
1	Jefe de ventas	1000	12000	1,3	15 600
1	Jefe de compras	1000	12000	1,3	15 600
1	Jefe de contabilidad	1000	12000	1,3	15 600
1	Vigilante	300	3600	1,3	46 80
1	Chofer	350	4200	1,3	5 460
	Sub total				<b>56 940</b>
<b>Total \$</b>					<b>211 380</b>

Fuente: Elaboración propia

**Organigrama de la microempresa**



**Figura 23.** Organización de la empresa.  
**Fuente:** Elaboración propia

## 4.2. Resultados del estudio económico y financiero

### a) Determinación de la inversión inicial

**Tabla 5**

*Costo de equipos y edificación*

<b>Tipo de equipo</b>	<b>Precio \$</b>
<b><i>Producción</i></b>	
Horno de eje	300 000
Horno de retención	200 000
Caster (moldeo)	150 000
Laminadora	100 000
Enrollador	95 000
<b><i>Imprevistos</i></b>	
Imprevistos	50 000
<b><i>Edificación</i></b>	
Obras civiles	300 000
<b>Inversión total \$</b>	<b>1 195 000</b>

Fuente: Elaboración propia

### b) Determinación del plan de inversión

Para la determinación del plan de inversión, se consideró los costos de maquinarias y equipos, costos de administración entre otros lo cual asciende a un valor de \$ 1 462 380.

En la tabla 6 se puede apreciar el resumen de la inversión:

**Tabla 6**  
*Resumen de la inversión*

RUBRO	VALOR UNITARIO \$	COSTO TOTAL \$	
		FIJO	VARIABLE
<b>COSTOS DE INVERSIÓN</b>		<b>1 195 000</b>	<b>0</b>
<b>MAQUINARIAS</b>			
Equipos necesarios	1 195 000	1 195 000	
<b>Muebles</b>			
<b>Costos de instalación</b>			
Licencia de funcionamiento	20 000		
Equipo de seguridad	10 000		
<b>COSTOS DE PRODUCCION</b>		<b>211 380</b>	<b>2 700</b>
Materia prima	2 700		<b>2 700</b>
<b>Mano de obra</b>		<b>211 380</b>	
Personal	211 380	211 380	
<b>COSTOS DE ADMINISTRACION Y VENTAS</b>		<b>56 000</b>	
<b>Gastos Administrativos</b>		<b>56 000</b>	
Gastos Administrativos	56 000,00	56 000	
Mantenimiento	10 000,00	10 000	
Agua	16 000,00	16 000	
electricidad	30 000,00	30 000	
<b>TOTAL COSTOS</b>		<b>1 462 380</b>	<b>5 400</b>

Fuente: Elaboración propia

### c) Determinación de la depreciación

Se tiene como activo fijo la cantidad de \$ 1 195 000, que es el monto a depreciar, utilizando el método de depreciación lineal,

Se sabe que la depreciación lineal está dada por lo siguiente:

$$D = (VI - VR)/n$$

Donde:

D = Depreciación

VI = Valor Inicial

VR = Valor Residual

n = Número de años

**Tabla 7**

*Depreciación de equipos*

Inversiones	Depreciación		Depreciación anual
	Valor	Años de uso	
<b>Maquinaria - equipos</b>			
Horno de eje	300 000	10	30 000
Horno de retención	200 000	10	20 000
Caster (moldeo)	150 000	20	7 500
Laminadora	100 000	15	6 667
Enrollador	95 000	30	3 167
<b>Muebles y enseres</b>			
Material de escritorio	50 000	10	5 000
<b>Total S/.</b>	<b>895 000</b>		<b>72 334</b>
<b>Depreciación mensual</b>			<b>6 028</b>

Fuente: Elaboración propia

#### d) **Determinación de capital de trabajo**

En la tabla 8 se considera como capital de trabajo un costo de \$310 580. Este monto representa el 21% de los activos fijos cantidad que permitirá cubrir los gastos operativos de los 45 primeros días de operación.

**Tabla 8**

*Producción anual*

<b>Costos</b>	<b>Mensual (\$)</b>
Materia prima e insumos	43 200
Mano de obra	211 380
Gastos administrativos y otros	56 000
<b>Total capital de trabajo</b>	<b>310 580</b>

Fuente: Elaboración propia

#### 4.2.1. **Evaluación económica y financiera**

Para la evaluación económica y financiera se estimó a base de los datos obtenidos en el punto 4.4.2. Estudio económico y financiero.

A continuación, se da a conocer lo siguiente:

#### a) **Programación de producción anual**

Según al estudio realizado nuestra programación de producción anual se estima en un periodo de hasta 12 años una producción de 152 400 toneladas de alambón a partir de cátodos de cobre.

**Tabla 9***Producción anual*

<b>Año</b>	<b>Porc. (%)</b>	<b>Produc. (T)</b>
<b>1-12</b>	<b>30 %</b>	<b>152 400</b>

Fuente: Elaboración propia

Para la factibilidad del estudio se requiere un capital, que suma un total \$ 1 505 580 dólares, según detalle de la siguiente tabla.

**Tabla 10***Requerimiento de capital*

<b>Inversión</b>	<b>Monto \$</b>
Equipos	1 195 000
Capital de trabajo	310 580
<b>Total</b>	<b>1 505 580</b>

Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto, se propone obtener el financiamiento mediante accionistas o socios y con préstamo de una entidad bancaria, para hacer realidad nuestro estudio.

**Tabla 11***Fuentes de financiamiento*

<b>Fuente de financiamiento</b>	<b>Monto \$</b>
Accionista o socios	605 580
Préstamo entidad financiera	900 000
<b>Total financiamiento</b>	<b>1 505 580</b>

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 12 se muestra la cuota de amortización de un préstamo es la porción de la cuota mensual que corresponde a la devolución del dinero

recibido. Cada pago que debe realizar el deudor se divide en dos componentes: el reembolso de parte del principal y los intereses acumulados para un periodo de 12 años.

**Tabla 12**

*Detalle del financiamiento para un tiempo de 12 años*

Concepto	0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Total
Cuota de Amortización				90 000	90 000	90 000	90 000	90 000	90,000	90,000	90,000	90,000	90,000	900,000
Total amortizado				90 000	180 000	270 000	360 000	450 000	540,000	630,000	720,000	810,000	900,000	0
Deuda pendiente	900 000	900 000	900 000	810 000	720 000	630 000	540 000	450 000	360,000	270,000	180,000	90,000	0	0
Interés		24 000	24 000	24 000	21 600	19 200	16 800	14 400	12,000	9,600	7,200	4,800	2,400	180,000
Servicio de la deuda	0	24 000	24 000	114 000	111 600	109 200	106 800	104 400	102,000	99,600	97,200	94,800	92,400	1,080,000

Fuente: Elaboración propia

### **b) Determinación del flujo de caja**

El flujo de caja económico y financiero demuestra que el proyecto gozará de una liquidez adecuada, que le permitirá atender todos los compromisos sin dificultad. Tomando los valores de las tablas de inversiones, financiamiento, presupuesto de costos y gastos, pago de la deuda se confecciona la tabla del flujo económico y financiero.

A continuación, se muestra el flujo de caja económica y financiero realizado en el estudio de pre factibilidad para la instalación de una planta de alambón a partir de cátodos de cobre de la empresa SPC.

**Tabla 13**  
*Flujo de caja económico*

CONCEPTO	FLUJO DE CAJA												
	PERIODOS												
CONCEPTO	0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12
<b>A. Ingresos</b>		360 000	360 000	360 000	360 000	360 000	360 000	360 000	360 000	360 000	360 000	360 000	360 000
Venta de producción de alambre de cobre		360 000	360 000	360 000	360 000	360 000	360 000	360 000	360 000	360 000	360 000	360 000	360 000
<b>B. Costos de Inversión</b>	-310,580												
Capital de trabajo	-310,580												
<b>C. Costos de producción</b>		-211 380	-211 380	-211 380	-211 380	-211 380	-211 380	-211 380	-211 380	-211 380	-211 380	-211 380	-211 380
Materia prima e insumos		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mano de Obra		-211 380	-211 380	-211 380	-211 380	-211 380	-211 380	-211 380	-211 380	-211 380	-211 380	-211 380	-211 380
<b>D. Costos de administración y ventas</b>		-66 000	-66 000	-66 000	-66 000	-66 000	-66 000	-66 000	-66 000	-66 000	-66 000	-66 000	-66 000
Costos administrativos		-66 000	-66 000	-66 000	-66 000	-66 000	-66 000	-66 000	-66 000	-66 000	-66 000	-66 000	-66 000
<b>E. Sub Total</b>	-310,580	82,620	82,620	82,620	82,620	82,620	82,620	82,620	82,620	82,620	82,620	82,620	82,620
F. Depreciación		-6,028	-6,028	-6,028	-6,028	-6,028	-6,028	-6,028	-6,028	-6,028	-6,028	-6,028	-6,028
G. Total bruto	-310,580	76,592	76,592	76,592	76,592	76,592	76,592	76,592	76,592	76,592	76,592	76,592	76,592
H. Impuesto a la Renta (30%)		-22,978	-22,978	-22,978	-22,978	-22,978	-22,978	-22,978	-22,978	-22,978	-22,978	-22,978	-22,978
<b>I. Flujo de Caja Económico</b>	-310,580	53,614	53,614	53,614	53,614	53,614	53,614	53,614	53,614	53,614	53,614	53,614	53,614
Servicio de deuda Principal	900,000	-24,000	-24,000	-114,000	-111,600	-109,200	-106,800	-104,400	-102,000	-99,600	-97,200	-94,800	-92,400
Amortización	900,000	0	0	-90,000	-90,000	-90,000	-90,000	-90,000	-90,000	-90,000	-90,000	-90,000	-90,000
Intereses		-24,000	-24,000	-24,000	-21,600	-19,200	-16,800	-14,400	-12,000	-9,600	-7,200	-4,800	-2,400
<b>K. Flujo de Caja financiero</b>	589,420	29,614	29,614	-60,386	-57,986	-55,586	-53,186	-50,786	-48,386	-45,986	-43,586	-41,186	-38,786
<b>L. Saldo Acumulado</b>		-256,966	-203,351	-149,737	-96,123	-42,509	11,105	64,719	118,333	171,947	225,561	279,175	332,789

Fuente: Elaboración propia

#### 4.2.2. Evaluación del proyecto

Para la evaluación del proyecto se consideró dos indicadores y cuyos valores resultaron de la siguiente manera:

##### Cálculo del VANE

Para el cálculo del VAN en general se usó la fórmula:

$$VAN = \sum_0^n \frac{(Ingresos - Egresos)}{(1 + i)^n} \quad [1]$$

También puede usarse:

$$VAN = \sum_0^n \frac{1}{(1+i)^n} x FC_n \quad [2]$$

Donde:

- FC= Flujo de caja que corresponde al periodo n
- $\frac{1}{(1+i)^n}$  = FA= Factor de actualización
- i= Tasa de costo de capital (COK)
- n= Vida útil del proyecto

Codificando en el programa Microsoft Excel se obtuvo el VANE:

Valor actual neto económico : 296 040,25 us \$

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
F. Depreciación			-6,028	-6,028	-6,028	-6,028	-6,028	-6,028	-6,028	-6,028	-6,028	-6,028	-6,028	-6,028
G. Total bruto	-310,580	76,592	76,592	76,592	76,592	76,592	76,592	76,592	76,592	76,592	76,592	76,592	76,592	76,592
H. Impuesto ala Renta (30%)			-22,978	-22,978	-22,978	-22,978	-22,978	-22,978	-22,978	-22,978	-22,978	-22,978	-22,978	-22,978
I. Flujo de Caja Económico	-310,580	53,614	53,614	53,614	53,614	53,614	53,614	53,614	53,614	53,614	53,614	53,614	53,614	53,614
19 Servicio de deuda	900,000	-24,000	-24,000	-114,000	-111,600	-109,200	-106,800	-104,400	-102,000	-99,600	-97,200	-94,800	-92,400	
20 Principal	900,000													
21 Amortización			0	0	-90,000	-90,000	-90,000	-90,000	-90,000	-90,000	-90,000	-90,000	-90,000	-90,000
22 Intereses			-24,000	-24,000	-24,000	-21,600	-19,200	-16,800	-14,400	-12,000	-9,600	-7,200	-4,800	-2,400
K. Flujo de Caja financiero	589,420	29,614	29,614	-60,386	-57,986	-55,586	-53,186	-50,786	-48,386	-45,986	-43,586	-41,186	-38,786	
L. Saldo Acumulado			-256,966	-203,351	-149,737	-96,123	-42,509	11,105	64,719	118,333	171,947	225,561	279,175	332,789
30 TASA DE DESCUENTO			0.92%											
32 VALOR ACTUAL NETO ECONOMICO			296,040.25											
34 TASA INTERNA DE RETORNO			13%											
35 TASA INTERNA DE RETORNO Financiero			4%											

Figura 24. Determinación del VANE.

Fuente: Elaboración propia

### **Cálculo de la tasa interna de retorno económico (TIRE)**

Para el cálculo del TIRE en general, de la fórmula del VAN se calcula el valor de la tasa (TIR) que hace que el VAN sea 0.

$$VAN = \sum_0^n \frac{1}{(1+TIR)^n} xFC_n = 0 \quad [3]$$

Fórmula para interpolación de TIR

$$TIRE = i_1 + \frac{(i_2 - i_1)VAN_1}{VAN_1 - VAN_2} \quad [4]$$

Donde:

- $i_1$ = Tasa de actualización menor.
- $i_2$ = Tasa de actualización mayor
- $VAN_1$ = VAN positivo
- $VAN_2$ = VAN negativo

Como resultado del estudio se obtuvo el siguiente resultado:

Tasa interna de retorno económico : **13%**

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
Servicio de deuda	900,000	-24,000	-24,000	-114,000	-111,600	-109,200	-106,800	-104,400	-102,000	-99,600	-97,200	-94
Principal	900,000											
Amortización		0	0	-90,000	-90,000	-90,000	-90,000	-90,000	-90,000	-90,000	-90,000	-90
Intereses		-24,000	-24,000	-24,000	-21,600	-19,200	-16,800	-14,400	-12,000	-9,600	-7,200	-4
<b>K. Flujo de Caja financiero</b>	<b>589,420</b>	<b>29,614</b>	<b>29,614</b>	<b>-60,386</b>	<b>-57,986</b>	<b>-55,586</b>	<b>-53,186</b>	<b>-50,786</b>	<b>-48,386</b>	<b>-45,986</b>	<b>-43,586</b>	<b>-41</b>
<b>L. Saldo Acumulado</b>		<b>-256,966</b>	<b>-203,351</b>	<b>-149,737</b>	<b>-96,123</b>	<b>-42,509</b>	<b>11,105</b>	<b>64,719</b>	<b>118,333</b>	<b>171,947</b>	<b>225,561</b>	<b>279</b>
TASA DE DESCUENTO		0.92%										
VALOR ACTUAL NETO ECONOMICO		296,040.25										
TASA INTERNA DE RETORNO		13%										
TASA INTERNA DE RETORNO Financiero		4%										
		182,937.92										

**Figura 25.** Determinación del TIRE.

**Fuente:** Elaboración propia

### Determinación del punto de equilibrio

Para calcular el punto de equilibrio se utilizó la siguiente expresión:

$$PE = CF / (PV - CVU)$$

Donde:

PE = Punto de equilibrio

CF = Costo fijo

PV = Precio de venta unitario

CVU = Costo variable unitario

De los datos anteriores se tiene :

Total costos fijos	\$	1 462 380,00
Total costos variables	\$	5 400,00
Número de unidades		15
Costo variable unitario	\$	360,00

Nuestro margen de ganancia y el precio de venta:

Margen de ganancia		30%
Precio de Venta	\$	468,00

Finalmente, se aplicó la fórmula del punto de equilibrio:

$$PE = 1\,462\,380,00 / (468,00 - 360,00)$$

$$PE = 13\,540,56 \text{ T/año}$$

### **Análisis de sensibilidad - Precio de Venta**

Con el estudio del análisis de sensibilidad nos permite identificar el punto crítico en la toma de decisiones si se emprende o no el plan en donde se tiene 3 escenarios: pesimista, probable y optimista.

**Tabla 14***Análisis de sensibilidad*

<b>Año</b>	<b>% Variación del precio de venta</b>	<b>VAN</b>
1	-8%	-1 172
2	-3%	-317
3	-1%	534
4	0%	960
5	1%	1 387
6	3%	2 240
7	5%	3 092

Fuente: Elaboración propia

### 4.3. Discusión

- El empleo de los dos hornos resulta ser el más adecuado, dado que estos son de baja inversión, fáciles de operar y son competitivos energéticamente al igual que los demás equipos empleados para la producción de alambón de cobre a partir de cátodos de cobre.
- Con respecto a los indicadores, nos permitió determinar la rentabilidad del proyecto como también fue muy útil para definir la mejor opción dentro de un mismo proyecto, considerando distintas proyecciones de flujos de ingresos y egresos. Igualmente, este indicador nos permite, al momento de vender un proyecto o negocio, determinar si el precio

ofrecido está por encima o por debajo de lo que se ganaría en caso de no venderlo.

**Tabla 15**

*Indicadores del estudio VAN*

---

VAN <0	El proyecto no es rentable No cumple TD
VAN =0	El proyecto es rentable cumple TD
VAN >0	El proyecto es rentable genera una ganancia

---

Fuente: Elaboración propia

Comparando con la tabla nuestro estudio es rentable y satisface con la tasa de descuento TD.

- Como hemos comentado anteriormente, la Tasa Interna de Retorno es el punto en el cual el VAN es cero. Por lo que, si dibujamos en un gráfico el VAN de una inversión en el eje de coordenadas y una tasa de descuento (rentabilidad) en el eje de abscisas, la inversión será una curva descendente. El TIR será el punto donde esa inversión cruce el eje de abscisas, que es el lugar donde el VAN es igual a cero, por lo que en nuestro estudio es superado el valor con un porcentaje del 13 %.

**Tabla 16**

*Indicadores del estudio TIR*

---

TIR > k	El proyecto de inversión será aceptado
TIR = k	Estaríamos en una situación similar a la que se producía cuando el VAN era igual a cero
TIR < k	El proyecto debe rechazarse

---

Fuente: Elaboración propia

## **CONCLUSIONES**

Es factible instalar una planta de producción de alambión utilizando cátodos de cobre de la empresa SPC en la región de Tacna con un 10 % de cátodos de cobre de la empresa.

Aprovechar los cátodos de cobre de la empresa SPC minimizando la exportación de lo mencionado a otros países; por lo que, la rentabilidad del proyecto estudiado fue medida según los indicadores, los cuales, resultaron con un Valor actual neto (VAN) 296 040,25 us \$, y tasa interna de retorno económico (TIR) 13 %.

Se demostró que la instalación de una planta de producción de alambión de cobre es adecuada para generar ingresos a la región de Tacna.

## **RECOMENDACIONES**

Se recomienda difundir sobre el interés y desarrollo de este proyecto, teniendo en cuenta que los egresados pueden contribuir con el fortalecimiento tecnológico; ya que, dentro de la región Tacna se desarrollan actividades mineras que exportan cátodos de cobre, por lo que, se debería iniciar la ejecución de la planta para generar un crecimiento económico al Perú.

Continuar la segunda fase del proyecto, esto implicaría establecer los cálculos de balance de materia de cátodos de cobre para producción de alambón de cobre, consumo de energía.

La construcción y puesta en marcha de la Planta Piloto, será una alternativa de producción a pequeño y mediano plazo, para producir alambón de cobre y por ende, generar trabajo para profesionales egresados de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Álvarez V., Guzmán J., Muñoz C., Saldías R. (2001). *“Análisis de la Industria de Fundiciones y Refinerías de Cobre en Chile”*. Comisión Chilena del Cobre – Chile.
- Arlandis, J. (1999). *“Metalurgia del Cobre”*. Boletín de la Asociación de Ingenieros Industriales de Madrid, página 11.
- Aucallanchi, Gianfranco (2013). *“Evaluación técnica y de mercado para la construcción de una planta de refinación de cobre en el norte del Perú”*. Tesis de grado de la Universidad Nacional de Ingeniería. Lima – Perú.
- Baca, G. (2006). *“Evaluación de proyectos”* (5ª. ed.). México: Mc Graw Hill.
- Córdoba, M. (2006). *“Formulación y Evaluación de Proyectos”*. Bogotá: Eco. Ediciones.
- Deyang Bochuang Electrotechnical Equipment Co Ltd. (2019). La varilla de cobre la colada continua y la línea de laminación. Recuperado de:  
[https://es.made-in-china.com/co\\_dybochuang/product\\_Copper-Rod-Continuous-Casting-and-Rolling-Line-UL-Z-1900-255-12-\\_huurioesn.html](https://es.made-in-china.com/co_dybochuang/product_Copper-Rod-Continuous-Casting-and-Rolling-Line-UL-Z-1900-255-12-_huurioesn.html) (agosto 2019).

Gitman, L. (2007). *“Principios De Administración Financiera”*. 11va Edición.  
México.

Huitai. (2029). *Horno de Retención con quemador de gas natural*. Recuperado  
de:  
<http://meltingequipments.com/1-2-4-1-holding-furnace.html> (agosto  
2019).

International Copper Study Group. (2012). *“The World Copper Factbook”*,  
página 7. Portugal.

Kotler, P. y Armstrong, G. (2008). *“Fundamentos de Marketing”*. (8ª. ed.).  
México.

Leibbrandt, A. (2012). *Comercialización de productos de cobre*. Codelco,  
página 9. Chile.

Lopez, A. (2018). Implementación de línea de Colada Continua para la  
generación de cinta aleaciones de aluminio. Tesis pre grado.  
Universidad Nacional Autónoma de México. Recuperado de:  
[https://docplayer.es/67953819-Tesis-universidad-nacional-  
autonoma-de-mexico-facultad-de-ingenieria.html](https://docplayer.es/67953819-Tesis-universidad-nacional-autonoma-de-mexico-facultad-de-ingenieria.html) (agosto 2019).

López, K. (2013). “*Estudio de prefactibilidad para la producción de leche caprina en el Municipio De Jutiapa*”. Tesis de grado de la Universidad Rafael Landívar. Jutiapa – Guatemala.

Made-in-China. (2019). *Metalurgia, Mineral y Energía*. Recuperado de:  
[https://es.made-in-china.com/co\\_dybochuang/product\\_Copper-Rod-Continuous-Casting-and-Rolling-Line-UL-Z-1900-255-12-\\_huurioesn.html](https://es.made-in-china.com/co_dybochuang/product_Copper-Rod-Continuous-Casting-and-Rolling-Line-UL-Z-1900-255-12-_huurioesn.html) (julio 2019)

Quispe, René. (2006). “*Recocido continuo para alambres de cobre en la industria de los conductores eléctricos*”. Tesis de grado de la Universidad Nacional de Ingeniería. Lima – Perú.

Robbins, S. y Coulter, H. (2009). “*Administración*”. (10ª. ed.). México: Prentice Hall.

Sapag, M. y Sapag, R. (2008). “*Preparación y evaluación de proyectos*”. (5ª. ed.). México: McGraw-Hill.

Sapag, N. (2007). “*Proyectos de Inversión, Formulación y Evaluación*”. México: McGraw-Hill.

Vertical Mechanical Shaft KILN Cement Plant (2019). *Horno de Eje Vertical*. Recuperado de:

<https://spanish.alibaba.com/product-detail/vertical-mechanical-shaft-kiln-cement-plant-569265880.html> (agosto 2019).

Vidal, G. (2013). *Innovación para el ahorro de energía en industrias*.

Recuperado de:

<https://medium.com/nuevas-tecnologias/innovacion-para-el-ahorro-de-energia-en-industrias-103699742a65> (junio 2019)

Wuxi Pingsheng Science y Technology Co. Ltd. (2019). *Máquina de trefilado*

*de alambre*. Recuperado de:

[https://wxpskj.en.alibaba.com/es\\_ES/company\\_profile.html?spm=a2700.icbuShop.88.36.19b52d3e7crMha](https://wxpskj.en.alibaba.com/es_ES/company_profile.html?spm=a2700.icbuShop.88.36.19b52d3e7crMha) (agosto 2019).

Concha, J., Pezo, C., Cortez, J. y Valdivia, J. (2007). “*Industrialización del cobre en Southern Perú – una aplicación a la producción y comercialización de alambión de cobre*”. Lima, Perú.