INSTITUTO TECNOLÓGICO DE BUENOS AIRES – ITBA

ESCUELA DE INGENIERÍA Y GESTIÓN

EXPLOTACIÓN MINERA Y REFINACIÓN DE COBRE

Entrega Final

AUTORES: Ceresetto, María Sol

López Llovet, Nicolás

Méndez, Paula Andrea

Spinadel, Dana Cloé

Wetzler Malbrán, Luz

TUTORA: Firmo, Teresa

TRABAJO FINAL PRESENTADO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO INDUSTRIAL

BUENOS AIRES

2020

RESUMEN EJECUTIVO

El presente proyecto consiste en la realización del estudio de prefactibilidad de la explotación minera de cobre sulfurado y la construcción de una planta de refinamiento, localizado en el yacimiento El Pachón, en la Provincia de San Juan, Argentina. El proyecto abarca desde los análisis previos necesarios para la extracción del mineral del suelo, pasando por su tratamiento y refinación, hasta la comercialización del producto terminado, los cátodos de cobre.

El estudio que se desarrolla a continuación consiste en cuatro etapas que, en su conjunto, determinan la viabilidad del proyecto: el estudio de mercado, el estudio de ingeniería, el análisis económico-financiero y el análisis de riesgos. Cada aspecto de este trabajo fue realizado contemplando el alcance temporal del proyecto, que es de 51 años, y se corresponde con la vida útil de la mina que se encuentra en el yacimiento El Pachón.

En primera instancia, se realizó un profundo análisis del mercado de los cátodos de cobre, estudiando la industria y evaluando las fortalezas y debilidades del proyecto, para poder definir y proyectar la demanda y el precio del producto en el futuro.

En segundo lugar, se analizaron los aspectos correspondientes a la ingeniería, logística, aspectos técnicos y tecnológicos de la preparación del suelo, la construcción de la mina y la planta. Se realizaron los balances de masa y de energía correspondientes, para comprender en profundidad las diferentes etapas de los procesos y determinar, no solo la cantidad de materia prima involucrada, sino también para dimensionar los residuos que el proceso origina. Finalmente, se dimensionaron las maquinarias y los almacenes, las oficinas, los transportes, los servicios necesarios, el tratamiento de residuos y el *layout* de las instalaciones.

Una vez concluido el análisis de ingeniería se procedió a realizar el estudio económico-financiero, determinando los costos involucrados en el proyecto, y construyendo estados e indicadores financieros para comprender en detalle cómo se desarrollaría el proyecto en materia económica y financiera a lo largo de los años.

El proyecto implica una inversión inicial de 201.799.352 dólares que será financiado a través de un préstamo a 20 años. Además, se necesitará de un aporte de capital propio durante los primeros 3 años de un total de 36.358.439.000 pesos.

El resultado del proyecto es un Valor Actual Neto (VAN) de USD 258.159.000 con una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 33,7%. Además, el proyecto se repagará en un plazo de 6 años. La tasa de retorno para los inversionistas es del 54%, con un VAN positivo, lo que implica que el proyecto es rentable.

Finalmente, se realizó un estudio de los riesgos involucrados en el proyecto. Se analizaron las variables más relevantes, para comprender sus efectos y determinar cuáles riesgos debieran ser mitigados con mayor premura. A partir de éstos, se realizó el estudio correspondiente a la aplicación de las distintas mitigaciones de riesgos, logrando incrementar el valor proyecto, al determinar con mayor certeza que los flujos de fondos futuros, descontados año a año, significarán una ganancia generada por el proyecto.

ABSTRACT

The current project consists of the pre-feasibility analysis of the sulfur copper ore mine exploitation and the construction of the refining facility, located in El Pachón, a copper deposit in San Juan, Argentina. The project encompasses from the analysis required to take out the ore from the rock in the mountains in the open pit mine, to the eventual treatment and refining of the ore, and the export through the Buenos Aires Port of the final product, the copper cathodes.

The study that unfolds below includes four different stages that determine the viability of the hole project: the market study, the engineering, the economic & financial analysis and risks evaluation. Each aspect was developed considering a time frame of 51 years, considering the lifetime of the copper ore mine.

The first analysis consisted of a deep and thorough study of the market in which the cathodes are traded, evaluating the strengths and weaknesses of the project, to finally define and estimate the demand and price of the final product in the future.

Hence, the planning of the project itself was undertaken, assessing the engineering, technical, logistical and technological aspects regarding the soil preparation and the construction of the ore mine and plant altogether. The mass balance and energy uptake analysis were performed as well, to understand the different stages regarding the process, and recognizing not only the raw materials needed but the wastes that the process originated. Finally, the dimensions of the machines and warehouses, headcount, services, transport, residue treatments and layout were defined.

Once the engineering study was defined, the analysis of the economic & financial aspects was developed, defining costs, and constructing financial statements and indicators, that would contribute to a better understanding of how the project would unfold.

The initial investment required for this project is USD 201.799.352, financed by a 20-year loan. Also, ARS 36.358.439.000 will be needed, which will be provided by equity capital.

The result of the project is a Net Present Value (NPV) of USD 258.159.000, with an Internal Rate of Return (IRR) of 33,7%. The project will repay itself during the first six years. The rate of return for the investors is 54%, with a positive NPV, resulting in a feasible project.

Finally, the risk analysis was developed. The impact variables were defined along with their probability distributions, to understand their effect and which ones needed to be mitigated. A Montecarlo simulation was performed to introduce all these risks. The implementation of the possible mitigations and risk hedging increased the value of the project by determining more certainty that the future free cash flow will result in a more profitable project.

AGRADECIMIENTOS

Inicialmente queremos agradecerles a nuestros padres, Mónica Taddeo, Pablo Spinadel, Fernando Méndez, Claudia Serrano, María Fernanda Oliva, José Manuel Ceresetto, Javier López Llovet, María Lourdes Puente Olivera, Javier Wetzler Malbrán y Paula María Sanguinetti Clucellas, que no solo nos acompañan desde el inicio de la carrera y han visto nuestras batallas, sino que han transitado con nosotros las largas noches de dedicación y esfuerzos que culminaron en la realización del presente trabajo. Ellos no solo cumplieron el rol de padres, sino también de profesores, consejeros, cocineros, mediadores, psicólogos y más. Incluso algunos nos brindaron sus conocimientos profesionales para poder construir este estudio de prefactibilidad que tanto esfuerzo nos conllevó. A todos ellos queremos agradecerles y dedicarles especialmente esta obra.

También al resto de nuestras familias y seres queridos, quienes estuvieron presentes a lo largo de este camino arduo y largo, pero que nos deja con los más maravillosos recuerdos.

Una mención especial también a aquellos que ya no están, pero que nos acompañan y acompañarán siempre.

A nuestra tutora, Ing. Teresa Firmo, por acompañarnos a lo largo de todo el proceso.

Al Ing. Horacio Piantanida, por su excelente predisposición frente a las dudas que le presentamos con respecto al análisis económico-financiero.

Al Ing. Emilio De Pedro, por brindarnos su tiempo para presentarnos una visión detallada, divertida e interesante acerca del mundo de los minerales y del cobre, ayudándonos a entender las variables involucradas y el desarrollo del mercado, compartiéndonos su experiencia, siempre con mucho entusiasmo y pasión por su trabajo.

A la Cont. Paula María Sanguinetti y el Ing. Pablo Spinadel, que además de padres, estuvieron a disposición del grupo a altas horas de la noche o domingos de almuerzo familiar, siempre dispuestos a ayudar con sus conocimientos al desarrollo del proyecto.

Al Ing. Diego Ceresetto, por compartirnos sus conocimientos en la industria del cobre, y ayudarnos a comprender las partes involucradas y los procesos.

Al Ing. Santiago Villamil, quien nos brindó su tiempo para ayudarnos a entender los riesgos involucrados en nuestro proyecto.

Finalmente, queremos agradecer al Instituto Tecnológico de Buenos Aires, por brindarnos un ecosistema de aprendizaje y desarrollo personal y profesional, por formarnos siempre buscando la excelencia y exigirnos al máximo de nuestras capacidades, por inculcar en nosotros el respeto y la verdad y, finalmente, por permitir que nos conociéramos.

Índice

1. ESTUDIO DE MERCADO 13
1.1 Introducción 13
1.1.1 Qué es el Cobre 13
1.1.2 Usos del Cobre 14
1.1.3 Cobre en el Mundo 15
1.1.4 Cobre en Argentina 16
1.1.5 El Pachón 19
1.1.6 Perfil Medioambiental 20
1.2 Definición del Producto 21
1.2.1 Misión y Visión 23
1.2.2 Ciclo de Vida 24
1.3.1 Licitación 24
1.3.2 Extracción y Refinación 25
1.4 Análisis Estratégico 31
1.4.1 Análisis del Mercado 31
1.4.1.1 5 Fuerzas de Porter 31
1.4.2 Análisis del Entorno y el Proyecto 41
1.4.2.1 FODA 41
1.4.2.2 Análisis de las 5C 44
1.4.3 Canales de Distribución 46
1.5 Dimensionamiento del Mercado Objetivo 46
1.6 Segmentación 47
1.6.1 Segmentación de Clientes 47
1.6.2 Selección de Targets 48
1.7 Posicionamiento 49
1.7.1 Propuesta de Valor 49
1.7.2 Point of Pertenence and Difference, Reason to Believe and to Win 49
1.7.3 Marketing Mix 50
1.7.4 Estrategia Comercial 51
1.8 Proyecciones 52
1.8.1 Análisis Histórico de la Demanda de Cobre 52

1.8.2 Proyección de la Demanda 54
1.8.3 Análisis Histórico de la Oferta 65
1.8.4 Proyección de la Oferta 66
1.8.5 Relación entre la Oferta y la Demanda 69
1.8.6 Análisis Histórico del Precio 71
1.8.7 Proyección del Precio 72
1.8.8 Proyección de Ventas 76
2. ESTUDIO DE INGENIERÍA 78
2.1 Introducción Ingeniería 78
2.2 Localización 78
2.2.1 Macro Localización de la Mina a Cielo Abierto 78
2.2.1.1 Factores para Decisión de la Macro Localización 79
2.2.1.2 Matriz de Ponderación 90
2.2.1.3 Decisión de la Macro Ubicación 92
2.2.2 Micro Localización de la Mina a Cielo Abierto 92
2.2.3 Localización de la Planta Refinadora de Cobre 94
2.2.4 Servicios 96
2.2.4.1 Campamento 96
2.2.4.2 Mano de Obra 97
2.2.4.3 Suministro de Agua 98
2.2.4.4 Energía Eléctrica 98
2.2.4.5 Gas Natural 99
2.2.4.6 Caminos 99
2.2.4.7 Otros 100
2.3 Procesos 101
2.3.1 Proceso de Extracción del Cobre de la Mina 102
2.3.1.1 Diagrama de Procesos para la Etapa en la Mina 102
2.3.1.2 Exploración 103
2.3.1.3 Construcción y Explotación 104
2.3.1.4 Chancado 107
2.3.2 Proceso de Refinación del Cobre 108
2.3.2.1 Diagrama de Procesos 109

2.3.2.2 Molienda 111
2.3.2.3 Flotación 111
2.3.2.4 Fundición 112
2.3.2.5 Electro refinación 116
2.3.3 Proceso de Traslado de Producto Final 117
2.4 Balance de Producción 119
2.4.1 Plan de Producción 119
2.4.2 Balance de Necesidades 119
2.4.3 Balance de Masa 128
2.4.4 Selección de Tecnología 132
2.4.4.1 Selección de Tecnología para la Etapa de Exploración 134
2.4.4.2 Selección de Tecnología para la Etapa de Explotación 135
2.4.4.3 Selección de Tecnología para la Etapa de Refinación 142
2.4.5 Dimensionamiento de la Cantidad de Máquinas 153
2.4.5.1 Maquinaria de la Mina 153
2.4.5.2 Maquinaria de la Planta 154
2.4.5.3 Necesidad de Energía y Maquinaria Implicada 158
2.4.6 Dimensionamiento de Almacenes 159
2.4.7 Puesta en Marcha de la Mina y la Planta Refinadora 160
2.4.7 Mantenimiento y Renovación de Equipos 161
2.4.8 Flujo Productivo 162
2.4.9 Ritmo de Trabajo 165
2.5 Organización del Personal 166
2.5.1 Dimensionamiento de la Mano de Obra 166
2.6 Tercerización de Funciones 168
2.7 Lay-out 169
2.8 Marco Legal 171
2.9 Impacto Socioambiental 173
2.9.1 Impacto Ambiental 173
2.9.1.1 Estudio de Impacto Ambiental 173
2.9.1.2 Tratamiento de Residuos Sólidos 175
2.9.1.3 Tratamiento de Efluentes 176

2.9.2 Responsabilidad Social 176
3. ESTUDIO ECONÓMICO FINANCIERO 178
3.1 Introducción Económico Financiero 178
3.2 Consideraciones 178
3.2.1 Moneda 178
3.2.2 Sistema de Costeo 178
3.2.3 Inflación 179
3.2.4 Tipo de Cambio 180
3.2.5 Caja Mínima 180
3.2.6 Finalización del Proyecto 180
3.3 Análisis de Inversiones 181
3.3.1 Inversión en Activos Fijos 181
3.3.1.1 Maquinaria 181
3.3.1.2 Construcciones 184
3.3.1.3 Accesos 186
3.3.1.4 Cargos Diferidos 186
3.3.2 Cronograma de Inversiones Totales 187
3.3.2.1 Cronograma de Pagos de Activos Fijos 188
3.3.2.2 Financiamiento por Inversión en Activos Fijos 191
3.3.3 Amortizaciones 194
3.3.4 Inversión en Capital de Trabajo 197
3.3.5 Cronograma de Inversiones Totales 199
3.4 Ingresos 201
3.4.1 Ingreso por Ventas 201
3.4.2 Ingreso por Venta de Bienes de Uso 201
3.5 Egresos 201
3.5.1 Costo de Ventas 201
3.5.1.1 Costo de la Materia Prima 202
3.5.1.2 Costo de Mano de Obra Directa 204
3.5.1.3 Gastos Generales de Fabricación Variables 206
3.5.1.3.1 Combustibles 206
3.5.1.3.2 Tratamiento de Residuos 207

3.5.1.3.3 Servicio de Tronadura 207
3.5.1.3.4 Seguro por Pérdida de Beneficio por Lucro Cesante con Extensión a Proveedores y Clientes 207
3.5.1.4 Gastos Generales de Fabricación Fijos 207
3.5.1.4.1 Mantenimiento y Limpieza de las Instalaciones 207
3.5.1.4.2 Mantenimiento de la Maquinaria 208
3.5.1.4.3 Sueldo de Personal Indirecto 208
3.5.1.4.4 Seguros 208
3.5.1.4.5 Consumo de Agua 209
3.5.1.5 Gastos de Administración 210
3.5.1.5.1 Sueldo de Personal Administrativo 210
3.5.1.5.2 Seguro de ART 210
3.5.1.5.3 Costos de Cierre 210
3.5.1.5.4 Canon al Estado Nacional 211
3.5.1.6 Gastos Comerciales 211
3.5.1.6.1 Ingresos Brutos 211
3.5.1.6.2 Transportista al Puerto de Buenos Aires 211
3.5.1.7 Otros Gastos 212
3.5.1.7.1 Servicio de Primeros Auxilios 212
3.5.1.7.2 Servicio de Comida y Limpieza del Campamento 212
3.5.1.7.3 Transporte del Personal 212
3.5.1.7.4 Consumo de Agua Potable 212
3.5.1.7.5 Imprevistos Anuales 213
3.5.1.7.6 Incobrables 213
3.5.2 Costos de Producción 213
3.5.3 Costo Total de lo Vendido 213
3.6 Financiamiento 215
3.6.1 Capital 215
3.6.2 Deuda Bancaria 215
3.7 Estructura del Capital de Trabajo 218
3.7.1 WACC 218
3.7.2 Costo de Capital Propio y Costo de Deuda Promedio 218

3.7.2.1 Costo de Capital Propio 218
3.7.2.1.1 Tasa Libre de Riesgo 219
3.7.2.1.2 Tasa de Riesgo País 220
3.7.2.1.3 Rentabilidad del Mercado 222
3.7.2.1.4 Beta Apalancado 222
3.7.2.2 Costo de Deuda Promedio 223
3.7.3 Cálculo del WACC 223
3.8 Aspectos Impositivos del Proyecto 226
3.8.1 Impuestos Nivel Nacional 226
3.8.1.1 Impuesto a las Ganancias (IG) 226
3.8.1.2 Impuesto al Valor Agregado (IVA) 226
3.8.1.3 Retenciones a las Exportaciones 227
3.8.2 Impuestos Nivel Provincial 227
3.9 Cierre de Proyecto 227
3.10 Cuadro de Resultados 228
3.11 Punto de Equilibrio 230
3.12 Balance 232
3.12.1 Activo 234
3.12.1.1 Activo Corriente 234
3.12.1.2 Activo No Corriente 234
3.12.2 Pasivo 235
3.12.2.1 Pasivo Corriente 235
3.12.2.2 Pasivo No Corriente 235
3.12.3 Patrimonio Neto 235
3.13 Estado de Fuentes y Usos 235
3.13.1 Fuentes 235
3.13.2 Usos 237
3.14 Flujo de Fondos 239
3.14.1 FCFF 239
3.14.2 Flujo de Caja de la Deuda 241
3.14.3 Flujo de Fondos del IVA 243
3.14.4 Verificación de Flujo de Fondos 245

3.15 Criterios de Rentabilidad del Proyecto 248
3.15.1 VAN 248
3.15.2 Período de Repago 251
3.15.3 Otros Indicadores 251
3.15.3.1 Liquidez 253
3.15.3.2 Rotación o Actividad 254
3.15.3.3 Endeudamiento y Manejo de la Deuda 254
3.15.3.4 Índices de Rentabilidad 255
3.16 Conclusión del Análisis Económico Financiero 257
4. ANÁLISIS DE RIESGOS 259
4.1 Introducción 259
4.2 Definición de Variables Aleatorias, Variables de Decisión y Sucesos Puntuales 261
4.2.1 Variables Aleatorias 261
4.2.1.1 Variables Macroeconómicas 261
4.2.1.1.1 Precio del Cobre 261
4.2.1.1.2 Inflación 263
4.2.1.2 Variables Operacionales/Contractuales/Eventuales 264
4.2.1.2.1 Días Productivos Anuales 264
4.2.1.2.2 Ciclo de Caja 265
4.2.1.2.3 Porcentaje de Operación de la Mina 267
4.2.1.2.4 Porcentaje de Operación de la Planta 268
4.2.1.2.5 Ley del Cobre Medio 269
4.2.1.2.6 Costo de Materia Prima: Oxígeno Industrial y Ácido Sulfúrico 270
4.2.1.2.7 Precio del Combustible 271
4.2.1.2.8 Porcentaje de Recuperación del Ácido Sulfúrico 272
4.2.1.2.9 Costo de MOD 272
4.2.1.2.10 Costo de Mantenimiento 273
4.2.2 Variables de Decisión 274
4.2.2.1 Tasas Gubernamentales 274
4.2.2.1.1 Retenciones 274
4.2.2.1.2 Impuesto a las Ganancias 275
4.2.2.1.3 Ingresos Brutos 275

4.2.2.2 Tipo de Cambio Real 275
4.2.3 Sucesos 279
4.2.3.1 Aumento de la Inflación de Estados Unidos. 279
4.2.3.2 Multa por Contaminación Ambiental 280
4.2.3.3 Arancel sobre las Importaciones 281
4.3 Análisis de Impacto 282
4.3.1 Análisis de Tornado 282
4.4 Simulación de Montecarlo 287
4.4.1 Cálculo del Número de Pruebas 287
4.4.2 Análisis para el Escenario Base con TC Real Fijo 288
4.4.3 Análisis de Sensibilidad 289
4.5 Análisis de Escenarios: Escenario Actual, Libre Mercado e Intervencionista 290
4.5.1 Escenario Actual con TC Real Variable 292
4.5.2 Escenario de Libre Mercado con TC Real Variable 295
4.5.3 Escenario Intervencionista con TC Real Variable 298
4.5.4 Análisis Extra de Escenarios Macroeconómicos 301
4.6 Mitigación de los Riesgos 305
4.6.1 Mitigación Previa 305
4.6.2 Mitigación de los Riesgos más Importantes 306
4.6.2.1 Precio del Cobre 306
4.6.2.2 Tipo de Cambio Real 309
4.6.2.3 Ley de Cobre 310
4.6.2.4 Porcentaje de Variación del % de Producción de la Planta 310
4.6.2.5 Aranceles a la Importación 311
4.6.2.6 Días Productivos 313
4.7 Resultados 314
4.8 Opciones Reales 317
4.8.1 Opción Real de Inversión en Análisis 3D 317
4.9 Conclusiones del Análisis de Riesgos 323
5. BIBLIOGRAFÍA 325
5.1 Mercado 325
5.2 Ingeniería 327

5.3 Económico Financiero 332

6. ANEXO **334**

6.1 Mercado 334

6.4 Riesgos 341

1. ESTUDIO DE MERCADO

1.1 Introducción

1.1.1 Qué es el Cobre

El cobre (Cu) es un metal de transición brillante y cobrizo que se caracteriza por ser uno de los mejores conductores de electricidad y calor, solo superado por la plata. Es un material sumamente dúctil, maleable y blando, lo que permite manejarlo con facilidad. El cobre es resistente a la corrosión, gran conductor eléctrico, excelente conductor térmico (segundo después de la plata), completamente reciclable (de todo el cobre extraído durante la historia de la humanidad se estima que el 80% sigue en uso) y bactericida.

El cobre es el tercer metal más utilizado en el mundo luego del hierro y el aluminio, principalmente gracias a la abundancia con la que se encuentra en la naturaleza, las características ya descriptas que lo distinguen, y el precio económico que presenta. Hoy en día no es tan fácil de obtener ya que los yacimientos superficiales se encuentran prácticamente agotados por lo que hay que buscarlos dispersos en grandes áreas y mezclados con rocas y otros minerales.[1]

El cobre se encuentra diseminado en ciertos sectores de la corteza terrestre y su ubicación está determinada por los distintos procesos geológicos que han ocurrido en la historia del planeta. Existen dos tipos de mineral de cobre: minerales oxidados y minerales sulfurados. Los sulfuros están presentes en la zona donde ocurrió el encuentro del magma con la corteza terrestre, y contienen minerales formados por combinaciones de cobre, azufre y hierro, las que les otorgan un aspecto metálico a las rocas[2]. Se encuentran bajo las formas de calcopirita, bornita, enargita y tetraedrita, entre otros.

Los oxidados se originan por la descomposición y oxidación de los sulfurados, y fueron los primeros minerales de cobres en ser explotados. El cobre oxidado puede encontrarse en las siguientes formas: malaquita, azurita, crisocola, cuprita y brochantita, entre otros. El uso de los óxidos es muy limitado hoy en día, debido a que no son fáciles de encontrar. Cabe aclarar que el tratamiento para la obtención de cobre metálico a partir de cada uno de ellos, mineral oxidado o sulfurado, es diferente.

[1] Información obtenida de: Codelco Educa- Qué es Cobre

[2] Información obtenida de: Coldeco Educa- Exploración



Figura 1.1. Tipos de cobre.

En este proyecto se tratará cobre sulfurado ya que el territorio argentino presenta este tipo de mineral en su subsuelo.

1.1.2 Usos del Cobre

El cobre, debido a las características mencionadas previamente, se emplea para diversos usos, siendo el mayor y más frecuente para la red eléctrica, seguido por la construcción.

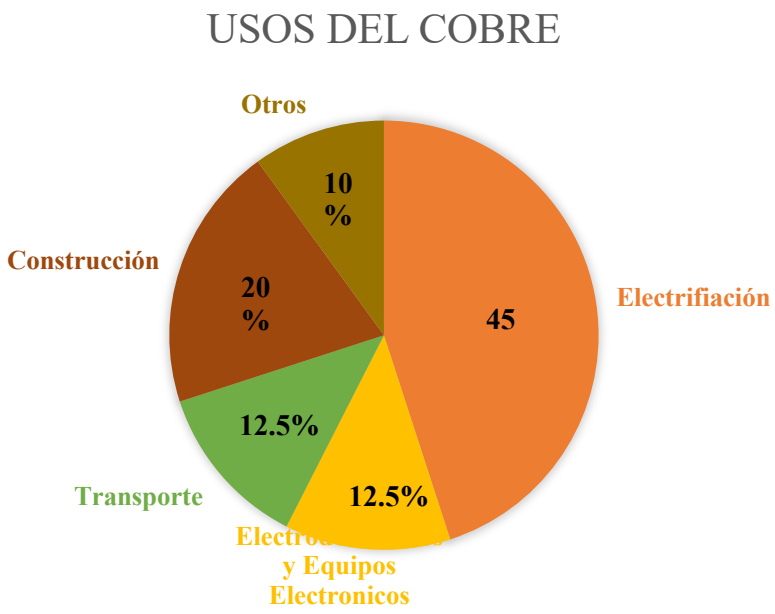


Figura 1.2. Usos del cobre. [3]

[3] Información obtenida de: Copper Alliance- Environmental Profile

Se puede observar en la *Figura 1.3* que el consumo de cobre para red eléctrica ha ido escalando a un ritmo mayor que todos los demás usos del cobre en los últimos años. En el 2019 y 2020 la electrificación logró superar los otros sectores del mercado, como se muestra en la *Figura 1.2*. Se prevé que esta tendencia se estanque por unos años luego del 2020, para luego retomar su crecimiento en 2025-2030 gracias a países que hoy se encuentran transitando un período de crecimiento y desarrollo, como India.

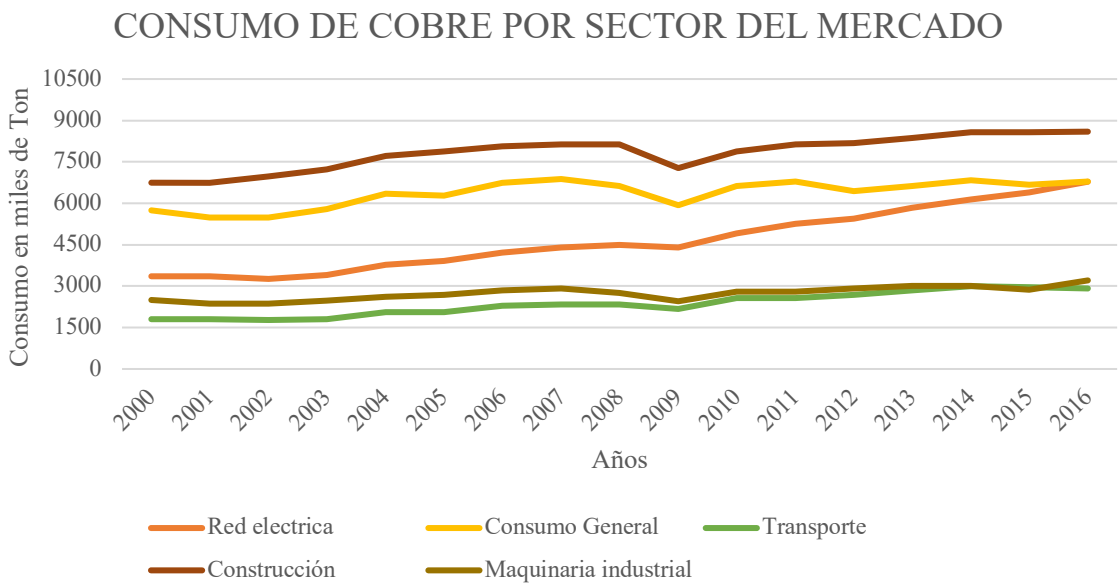


Figura 1.3. Consumo de cobre por sector del mercado en miles de toneladas.

1.1.3 Cobre en el Mundo

Actualmente, las mayores reservas de cobre se encuentran en primer lugar en Chile con 200 millones de toneladas métricas del metal, seguido por Perú y Australia con 87 millones de toneladas métricas de cobre. En el siguiente gráfico, la intensidad del color indica la mayor o menor abundancia del metal en ese país. Cuanto más intenso el color, mayores son las reservas de cobre.



Figura 1.4. Distribución de las reservas de cobre en el mundo 2019.

Reserva	Tamaño en MT
Chile	200
Australia	87
Perú	87
Rusia	61
México	53
Estados Unidos	51
Argentina	22

Tabla 1.1. Tamaño de las principales reservas de cobre en el mundo 2019.

La corteza terrestre contiene en promedio 0,0068% de cobre (lo que significa que cada 1 kg de corteza, hay alrededor de 68 mg de Cu). En algunas áreas, el cobre se concentró en mayores niveles debido a procesos naturales geológicos y geoquímicos. Las concentraciones por sobre 0,2% (o 2000 mg/kg), encontradas en la superficie terrestre y de manera subterránea, se aprovechan como yacimientos[4].

1.1.4 Cobre en Argentina

En Argentina existen al menos 10 yacimientos cupríferos con posibilidad de explotación, los cuales, de ponerse en actividad, podrían equiparar la producción de cobre de Perú, el segundo productor más grande del mundo, superado únicamente por Chile. El panorama es muy alentador en cuanto a la cantidad de cobre que se podría extraer, pero se deben considerar cuestiones como regulaciones ambientales y políticas de financiamiento, entre otras, para poder evaluar la rentabilidad del proyecto, las cuales abordaremos posteriormente.

[4] Información obtenida de: Copper Alliance



Figura 1.5. Distribución geográfica del cobre en Argentina.[5]

La ubicación en la que se asentará el proyecto fue definida teniendo en cuenta un previo análisis de la zona rica en cobre en la Argentina. Esta se caracteriza por ser el oeste del país, incluyendo las provincias de Salta, Catamarca, La Rioja, San Juan, Mendoza y Neuquén. Entre los mayores yacimientos en el área se alcanzan reservas de 57 millones de toneladas de cobre fino, es decir, aquel presente en la mina capaz de ser explotado.

Yacimiento	Provincia	Toneladas de Cobre
Pachón	San Juan	15.175.900
Los Azules	San Juan	13.380.975
Taca Taca	Salta	9.581.000
Agua Rica	Catamarca	7.373.000
Altar	San Juan	5.779.700
Josemaría	San Juan	3.416.700
Filo del Sol	San Juan	1.258.200
San Jorge	Mendoza	929.900
Campana Mahuida	Neuquén	334.298
Rio Grande	Salta	188.900
Totales		**57.418.573**

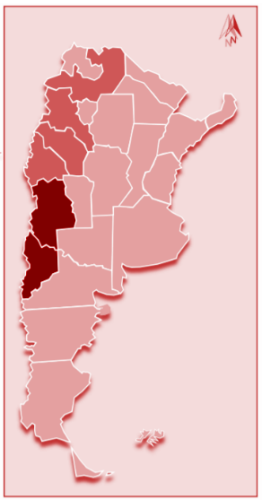


Figura 1.6. Yacimientos de cobre en Argentina. [6]

[5] Información obtenida de: Diario de Cuyo- "Argentina apuesta por 10 proyectos de Cobre, 5 de ellos son sanjuaninos"

[6] Información obtenida de: https://www.argentina.gob.ar/

Hay distintos yacimientos para inversión y explotación del cobre. En este trabajo se eligió el yacimiento de El Pachón por distintos motivos. En la *Figura 1.6* se puede ver un estudio en el que se muestran los depósitos de Cu por provincia y por región. Hay 3 yacimientos que compiten cantidad de cobre como reservorio: Agua Rica en la provincia de Catamarca y El Pachón en San Juan. A pesar de esa similitud, hay varias razones por las que se decidió avanzar con El Pachón.

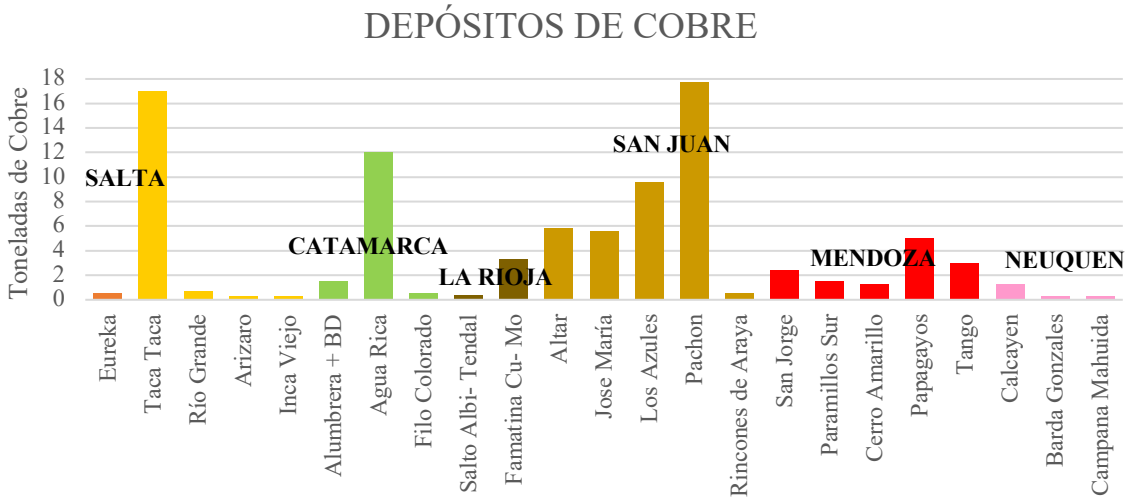


Figura 1.7. Depósitos de cobre, en millones de toneladas equivalentes.[7]

La reserva de Agua Rica también cuenta con la cuarta reserva más grande de cobre de la Argentina. Sin embargo, la sociedad civil de Andalgalá tuvo una participación muy fuerte en contra de la explotación de minas en Catamarca. En particular, este conflicto hacía referencia a la utilización del agua. En la provincia de Catamarca, el agua es un recurso muy escaso y valioso, por lo que cualquier inversión en minería, estaría afectando en ese recurso tan primordial para el pueblo.

"Todo aquello que vaya a producir la mina en cuanto a desechos tóxicos, polvo en suspensión y todo lo demás va a caer en la cuenca hídrica. Y es la única fuente de agua que tenemos", sostuvo el jefe comunal. Y afirmó que los trabajos de exploración que ya se realizaron, sumado a las lluvias estivales, hicieron que el agua que toman los andalgalenses se pusiera turbia, casi amarronada. En tanto, vecinos señalan otro riesgo: "Violan la ley de glaciares", sostuvo Sergio Martínez, uno de los asambleístas de El Algarrobo. "Hay varios estudios, uno de ellos del Cedha (Centro de Derechos Humanos y Ambiente) que inventariaron más de 150 glaciares en la zona que estarían afectados por Agua Rica".[8]

Asimismo, las mayores reservas de cobre de la Argentina se encuentran en San Juan, encabezadas por El Pachón con aproximadamente 3200 millones de toneladas con una ley de

[7] Información obtenida de: http://enernews.com/

[8] Información obtenida de: Diario La Voz

cobre del 0,47%[9] obteniendo una reserva total de 15 millones de toneladas. Además, San Juan es la provincia que cuenta con la mayor cantidad de tecnología y datos sobre el suelo debido al volumen de proyectos mineros y a la magnitud de cada uno de ellos. Finalmente, cuenta con otros 3 depósitos de cobre de tamaño significativo.

Otro detalle que inclinó a tomar la decisión de invertir allí, son los incentivos provinciales y el grado de actualización que poseen las leyes locales en lo que respecta a la explotación minera, como la devolución del IVA por ejemplo (Ley Nº 24.402 dictada por el Poder Legislativo de la Provincia de San Juan) o las leyes provinciales y normas en lo que respecta al cuidado del medioambiente.

1.1.5 El Pachón

El proyecto se realizará en el depósito El Pachón. Este es el mayor yacimiento de cobre con el que cuenta Argentina actualmente contiene cobre mineralizado en la forma de sulfuros y se estima el total de metal fino en alrededor de 15 millones de toneladas de cobre. Descubierto en 1964, El Pachón se encuentra ubicado en el departamento de Calingasta, provincia de San Juan, Argentina. El depósito se encuentra situado entre 3.600 y 4.200 metros sobre el nivel del mar, y se encuentra a cinco kilómetros del límite internacional con Chile. En 2012 se realizó una modelación del yacimiento y el total de recursos minerales encontrado fue de tres mil trescientos millones de toneladas (3.300.000.000), con una ley del cobre de 0,47% a una ley de 0,2% de cobre[10], además de plata y molibdeno contenidos como subproductos. Para la realización de este proyecto en particular, este porcentaje de molibdeno y plata serán descartados en el proceso de refinamiento debido a que no revisten interés.

El depósito El Pachón es un yacimiento que se explotará a cielo abierto. La minería a cielo abierto implica una extracción de minerales que está cerca de la superficie y no necesita de túneles para poder llevarse a cabo. Además, es más económica y eficiente que la minería subterránea. Usualmente se cavan pozos por niveles y en ángulo para evitar desprendimiento de rocas o el colapso de las paredes del pozo. Estos pozos pueden tener decenas de kilómetros de ancho y su profundidad puede ser de miles de metros, aumentando de tamaño progresivamente hasta que el mineral se agota o la explotación del yacimiento se torna muy costosa.

[9] La Ley de Cobre indica los kilogramos de Cu puro, en porcentaje, en kilogramos de roca mineralizada (Información obtenida del Glosario Minero de http://www.minmineria.gob.cl/)

[10] La Ley de Cobre 0,2% es el mínimo establecido para que sea rentable explotar el yacimiento.



Figura 1.8. Ubicación de la mina El Pachón.

1.1.6 Perfil Medioambiental

El proceso de producción del cobre tiene impactos medioambientales en la atmósfera, los suelos y las aguas, tanto superficiales como subterráneas. [11]

El efecto del proceso productivo en cuestión sobre la atmósfera se debe a múltiples razones. En un primer lugar, las emisiones sólidas propias de las actividades extractivas, ya sea durante el arranque del material o en los procesos de carga y transporte, dispersan material fino. La emisión de gases que produce la combustión de las máquinas durante el proceso de extracción y refinación, y de aerosoles tóxicos que se forman por la presencia de compuestos sulfúricos en el proceso, también tienen grandes impactos en la atmósfera. Finalmente, ésta se ve afectada por el ruido propio de las máquinas y los medios de transporte, y por las ondas que producen las explosiones en el terreno.

La intervención en el terreno por la desertización, que implica la deforestación, erosión y pérdida de fertilidad, generan un daño físico y visual en él. La desestabilización por sobrecarga y fracturación del terreno tiene un alto impacto llevando al recurso a deteriorar sus propiedades físicas y químicas.

El agua sufre alteraciones en la dinámica fluvial consecuencia de las excavaciones, diques y represas, aumentando el peligro de inundación e incremento de la desertización. Las aguas subterráneas sufren alteraciones parecidas que modifican el régimen hidrogeológico por la fractura del terreno que tiene efectos de barrera y drenajes inducidos bajo tierra. Ambos niveles de agua pueden sufrir contaminación de metales y variación del pH por mal manejo de residuos.

Mencionadas todas estas implicancias que puede tener el proceso productivo de la extracción del cobre sobre el medioambiente, se buscará interferir lo menos posible con el mismo, realizando los estudios de impacto ambiental pertinentes y requeridos por la autoridad gubernamental.

[11] Información obtenida de: https://www.ucm.es

A pesar del gran impacto ambiental que tiene el proceso productivo del cobre, sus características le permiten aportar a la ecología.

Como otros metales, el cobre es 100% reciclable y mantiene su calidad (sus propiedades químicas y físicas) cuando se recicla. Más del 30% de la demanda mundial de cobre por año se cubre a través del reciclaje. Reciclar el cobre aporta muchos beneficios medioambientales: ahorra energía, reduce las emisiones de gas invernadero y otros contaminantes del aire, extiende la vida de los recursos naturales y evita que tierras valiosas se utilicen como vertederos.[12]

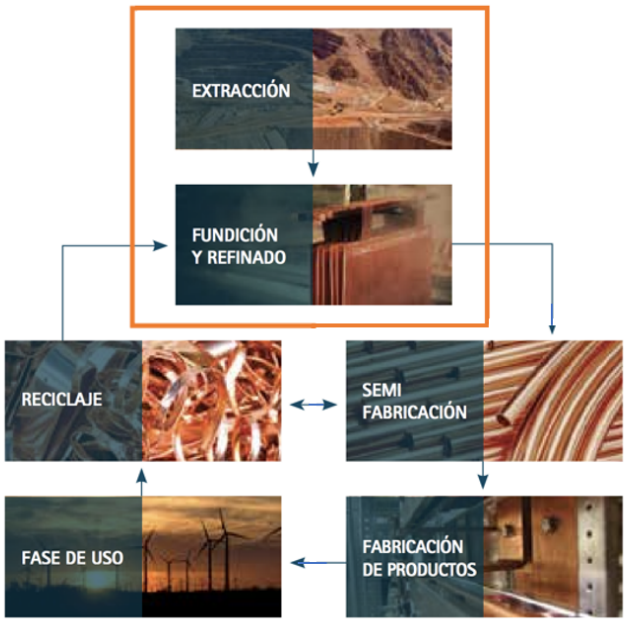


Figura 1.9. Ciclo de reutilización del Cobre.

Finalmente, los productos a base de cobre mejoran la eficiencia económica y el comportamiento medioambiental de múltiples aplicaciones en los sectores energéticos, de asistencia médica, de IT, industriales, de transporte y de la construcción. En la *Figura 1.9*, se puede observar el ciclo de reutilización del cobre, aunque este proyecto se abocará únicamente a las etapas recuadradas: extracción, y fundición y refinado.

1.2 Definición del Producto

El producto que se fabricará y comercializará se denomina "cátodo de cobre electrolítico de alta pureza". Este nombre hace alusión a un tipo de cobre que se obtiene mediante una deposición electrolítica de cobre en solución, a través de la cual se consigue tener un cobre de 99,99% de pureza. Se denomina "cátodo" debido a que el cobre se deposita sobre el electrodo

[12] Información obtenida de: Copper Alliance

negativo de una cuba electrolítica. Estos cátodos se comercializarán en planchas que típicamente miden 100 x 125 cm, con un grosor de 5 cm y un peso de entre 400 a 500 kg.



Figura 1.10. Cátodos de cobre electrolítico 99,99%.[13]

Siendo el cobre un bien básico de consumo en la economía mundial se lo considera a este un commodity. Los productos de este tipo se caracterizan por ser estandarizados e intercambiables lo que define un precio internacional uniforme, además de ser bienes primarios que luego serán transformados por otras industrias en otros productos de mayor complejidad. Los commodities son bienes que tienen valor pero que tienen un bajo nivel de diferenciación en lo que al producto en sí respecta. Los commodities pueden diferenciarse en el servicio de entrega, por ejemplo, o en el soporte técnico ofrecido con la compra, entre otros.

El cobre, al ser considerado un commodity implica que no existe una gran diferenciación en cuanto a precios entre cobres refinados de diferentes industrias o países. La diferenciación se aprecia en la calidad del cobre refinado, es decir, en su pureza y en las características del metal, dependiendo del uso que se le quiera dar.

Existen ciertos factores comunes que juegan un papel fundamental en la determinación de los precios de la mayoría de los commodities:

Demanda de los mercados emergentes

Países como la India y China, cuyo crecimiento es cada vez más rápido, acumulan grandes cantidades de riqueza a medida que sus economías crecen. Como resultado, tienen una necesidad creciente en los productos que consumen, en especial de bienes básicos y materias primas, como los cultivos y el ganado para alimentar a su población, los metales para construir la infraestructura en sus ciudades y la energía para abastecer de combustible a sus fábricas, hogares y granjas. La demanda de estos mercados tiene, entonces, un gran impacto en los

[13] Recuperado de: *Indiamart.com*

precios de los commodities. La desaceleración económica en estos países puede deprimir los precios, mientras que el aumento del crecimiento económico hace que los precios del producto suban.

Suministros

La relativa escasez o abundancia de commodities puede causar grandes movimientos en sus precios. Algunos factores que pueden afectar la oferta son las cuestiones políticas, ambientales o laborales en los principales países productores. Por ejemplo, las regulaciones ambientales podrían llevar al cierre de minas, y los precios de los metales podrían subir en respuesta a este déficit de suministro.

El valor del dólar estadounidense

Como moneda de reserva del mundo, el dólar a menudo puede influenciar los precios de los commodities. Cuando el valor de la moneda local cae frente al dólar, al exportador le resulta más conveniente transaccionar en el mercado internacional debido a que recibirá dólares como fruto de la operación, pero deberá cambiar la divisa a pesos, en el caso de Argentina. Si el Peso se fortalece, el exportador recibirá menos pesos por cada dólar que cambie, por lo cual ya no resulta tan rentable exportar. Este cambio en el valor de la moneda local frente al valor del dólar puede generar tomas de decisiones de exportar o no exportar, causando una disminución en la oferta y por ende aumentando el precio del commodity.

Teniendo en cuenta que la oferta local de cátodos de cobre es mínima, se focalizara la comercialización en exportar el producto terminado. Esta es la razón por la que las variaciones del dólar impactan fuertemente en las decisiones de mercado.

1.2.1 Misión y Visión

Para poder seguir adelante con el desarrollo del proyecto, se definen la Visión y la Misión de la siguiente manera.

Visión

Ser una empresa minera reconocida mundialmente, por la eficiencia, innovación y sustentabilidad en la extracción y producción de cobre, a través de la creación de valor sostenible para nuestros accionistas y personal de trabajo, con un compromiso con el desarrollo de las comunidades y el cuidado del medioambiente.

Misión

La misión es crear valor a través del desarrollo, explotación y procesamiento de cobre sulfurado, con altos estándares de calidad, seguridad y eficiencia, mediante la optimización de nuestros recursos, trabajando de forma innovadora, integrando el desarrollo socioeconómico del país y el cuidado del medioambiente.

1.2.2 Ciclo de Vida

Como se muestra en la *Figura 1.11*, el cobre se encuentra en los inicios de la etapa de madurez, donde el producto ya se encuentra consolidado en el mercado. En esta etapa la demanda de cobre sigue creciendo, aunque a un ritmo más bajo que en su etapa de crecimiento. Este comportamiento se puede evidenciar también en la evolución histórica del precio del commodity: alrededor del año 2001, cuando China experimenta un boom de revolución tecnológica-industrial, el precio atraviesa una suba repentina (etapa de crecimiento), para luego estabilizarse hasta el día de hoy (etapa de madurez).

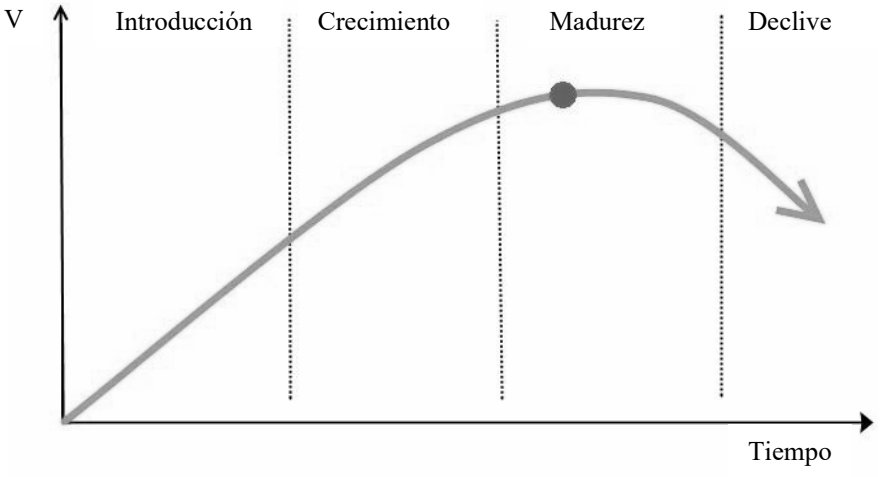


Figura 1.11. Ciclo de vida del cobre.

1.3 Proceso

1.3.1 Licitación

Es importante mencionar la manera en la que los terrenos son concedidos a los que deseen explotar el suelo argentino. Según el Código de Minería (Ley Nacional Nº 1919, año 1887), las minas pueden dividirse en 3 categorías. Las minas de cobre, según el Artículo 3º del Código, encuadran dentro de las minas de categoría 1. Esto implica que, según el Artículo 2º, las minas pertenecen exclusivamente al Estado y sólo pueden explotarse mediante una concesión legal otorgada por una autoridad competente.

En este caso, por localizarse el yacimiento en la provincia de San Juan, se deberá tratar con el Ministerio de Minería de la Provincia de San Juan. Para obtener la concesión del terreno, la persona física o jurídica deberá presentar una solicitud ante la autoridad minera (Ley Nº 7199 dictada por el Poder Legislativo Provincial de San Juan). La persona física o jurídica que obtenga la concesión para la exploración y explotación del yacimiento deberá abonar una regalía o canon al estado provincial en donde la mina se encuentre emplazada. Este canon se calcula como el 3% del valor del mineral extraído, previo a cualquier transformación y deberá ser abonado bimestralmente. El pago de este canon no exime a la persona del pago de impuestos, tasas y contribuciones. (Ley Nº 7281 dictada por el Poder Legislativo Provincial de

San Juan). Asimismo, el Código Minero, establece un canon que se deberá pagar al Estado Nacional, y que depende de las pertenencias[14] del solicitante. El valor de este canon nacional se calcula como $32.000 / pertenencia, y se paga en dos cuotas cada seis meses.

Es importante aclarar que el período de concesión del derecho de explotación minera es por tiempo indefinido, siempre y cuando el proyecto cumpla con las normas provinciales y nacionales, y con los requisitos en materia ambiental. Típicamente, los proyectos tienen una duración de entre 20 y 30 años, pudiéndose renovar el plazo de concesión. En el caso de El Pachón, y teniendo en cuenta que la vida útil del proyecto será de 51 años, el plazo de concesión deberá cubrir la vida útil total de la explotación de la mina.

El valor de los cánones, como así también el valor de los impuestos, tasas y contribuciones serán tenidos en cuenta en el posterior análisis de los costos de la operativa del proyecto.

1.3.2 Extracción y Refinación

Cada uno de los tipos de mineral de cobre especificados anteriormente, sulfurados y oxidados, recibe un tratamiento diferente para obtener el producto final. Dentro del proceso, las etapas comunes para ambos tipos son la exploración, extracción y chancado.

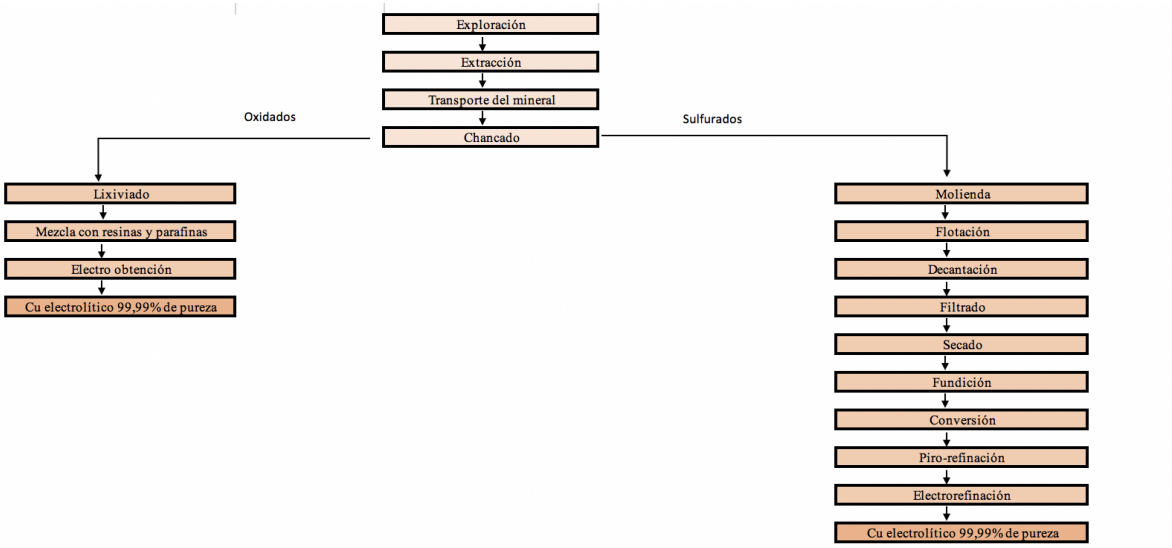


Figura 1.12. Proceso productivo del cobre metálico.

Exploración

En esta etapa se verifica qué tipo de roca existe en el subsuelo y se determina la existencia de minerales en ella. El cobre se encuentra repartido en ciertos lugares de la corteza terrestre, caracterizándose por estar presente donde han ocurrido diferentes procesos geológicos ocurridos en la historia del planeta. El origen de este mineral está ligado a la introducción de

[14] Una pertenencia es un terreno de 100 hectáreas de superficie, definido por el Código de Minería, en donde el solicitante tiene derecho a ejercer la explotación del suelo.

magma a gran temperatura y con gran presión en la corteza terrestre. En este caso, el cobre que se encuentra presenta en el yacimiento El Pachón, es cobre sulfurado.

Extracción

El objetivo de esta etapa es extraer las rocas, luego transportarlas para poder sustraer otros minerales y, así, obtener el cobre de 99,9% de pureza. Existen dos diferentes tipos de extracción en función de las características del yacimiento.



Figura 1.13. Extracción del cobre.[15]

Por un lado, la extracción subterránea se practica cuando el yacimiento tiene encima demasiado material estéril que dificulta la llegada al mineral. En estos casos, se vuelve muy costoso eliminar todas las capas de tierra antes de llegar a la roca mineralizada. Es necesario, entonces, realizar túneles, rampas, galerías, etc para poder acceder al mineral y extraerlo. Debajo de la tierra se construyen todas las zonas necesarias para realizar la extracción: producción, servicios, ventilación, transporte, etc.

La extracción a cielo abierto, en cambio, se realiza cuando la zona en la que se encuentra el yacimiento posee las condiciones adecuadas para extraer el mineral desde la superficie. En estos casos, sí es rentable remover la tierra y roca que cubre al mineral, debido a que el espesor es menor. Por lo general, debido a que la superficie de trabajo es extensa, suelen encontrarse camiones y máquinas de gran envergadura.

Para el proyecto en cuestión, y debido a que el cobre en la zona de El Pachón se encuentra cercano a superficie de la tierra, se empleará el método de minería a cielo abierto.

[15] Información obtenida de: https://www.rutas-turisticas.com/



Figura 1.14. Mina de cobre con extracción a cielo abierto.[16]

En esta etapa se emplea agua para refrigeración, lubricación y limpieza de la maquinaria, como así también para evitar que el polvo que se genera vuele[17].

Cabe aclarar que, además de cobre, se extraerán pequeñas cantidades de molibdeno (Mo) y plata (Ag), que se encuentran en la zona del yacimiento El Pachón, y que para este proyecto en particular son considerados como impurezas que deberán ser eliminadas para poder obtener un cobre de alta pureza. No se tratarán estos residuos en el plan de producción que desarrollara este proyecto.

Chancado

El objetivo del chancado es reducir el tamaño de la roca a un diámetro de aproximadamente 1,27 centímetros. Este procedimiento es necesario para que el material pueda ser tratado en las siguientes etapas del proceso productivo. Para lograrlo, los "chancadores" muelen las rocas progresivamente hasta lograr el tamaño deseado. Estos equipos funcionan con energía eléctrica, que será generada en la planta misma.

[16] Información obtenida de: Codelco Educa – Educación Básica

[17] Información obtenida de: https://www.senado.gov.ar/

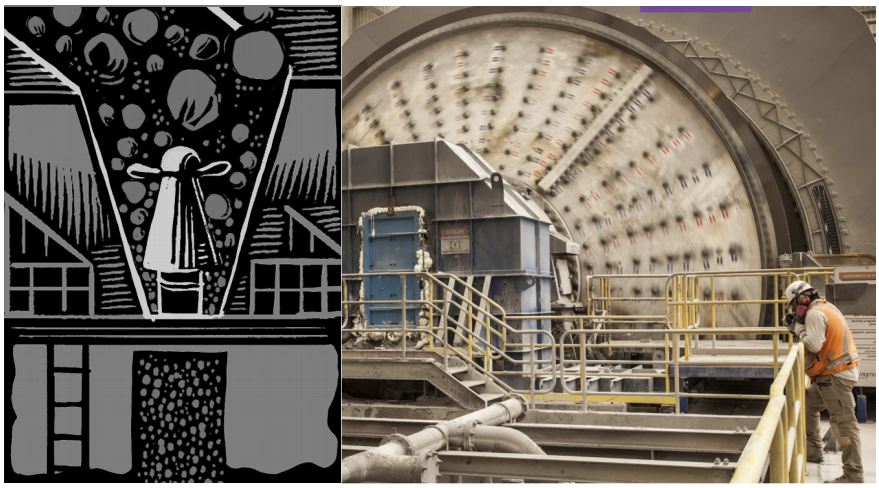


Figura 1.15. Proceso de chancado.[18]

En estas primeras etapas, el uso de agua es intensivo, como así también el uso de maquinaria para el movimiento de roca. En este punto lo que se tiene es roca con cobre en forma de mineral en fragmentos pequeños. Luego de estas tres etapas, la continuación del proceso es diferente dependiendo de si el material es óxido de cobre o cobre sulfurado.

Como hemos mencionado en la etapa de exploración, el cobre que se extraerá se encuentra en forma de sulfuros. Es por esto que, el proceso continúa mediante las etapas de molienda, flotación, fundición, conversión, piro refinación y electro refinación.

Molienda

En este proceso los fragmentos son triturados hasta conseguir un diámetro de 0,18 milímetros. Este trabajo se realiza para separar las partículas de cobre lo más posible de otras sustancias. En esta etapa se agregan agua y cal que preparan a la roca para el siguiente proceso. Existen tres tipos de molienda: molienda de barras, molienda de bolas y molienda SAG[19].

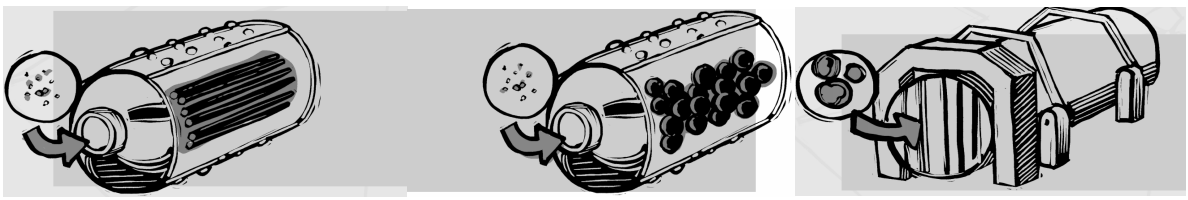


Figura 1.16. Proceso de molienda.[20]

[18] Información obtenida de: Codelco Educa – Educación Básica

[19] Molienda SAG: molienda semiautógena. Son equipos de mayor potencia que un molino de bolas convencional, y permiten una mayor reducción del tamaño del material.

[20] Información obtenida de: Codelco Educa – Educación Básica

Flotación

El material triturado es sumergido en piletas, llamadas celdas de flotación. Desde el fondo de estas piletas, se bombea aire para generar burbujas. Gracias a los reactivos agregados en la etapa anterior, el cobre y el molibdeno (Mo) se adhieren a las burbujas y suben a la superficie. Los reactivos que fueron agregados hacen que el Cu y el Mo tengan comportamientos hidrófobos, mientras que otros reactivos hacen que el resto de las partículas tengan comportamientos hidrófilos, es decir, tengan afinidad por el agua, se adhieran a ésta y caigan al fondo de la celda. Además, se agregan aditivos para estabilizar las burbujas y reguladores de pH. Esta capa superficial de cobre y molibdeno que se genera, que se denomina "concentrado de cobre", desborda por los costados de las celdas y se colecta.

Luego, para eliminar el Mo del concentrado, se procede a una nueva etapa de flotación, en donde aquí el Cu queda en el fondo y el Mo flota en la superficie. El cobre que queda en el fondo es recolectado y filtrado. Luego del filtrado, se procede a la fundición. Existen tres tipos de celdas de flotación: mecánicas, neumáticas y en columnas. En la planta refinadora del proyecto en cuestión se utilizarán celdas mecánicas.

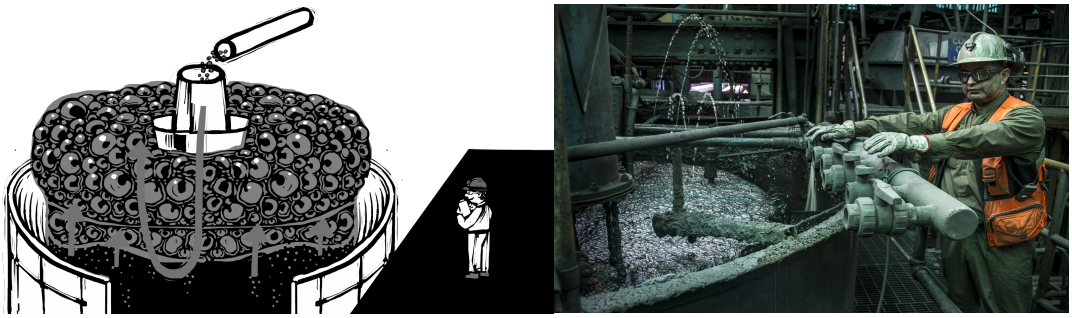


Figura 1.17. Proceso de flotación.[21] [22]

Fundición

En esta etapa, el concentrado de cobre obtenido se calienta hasta 1200 ºC en hornos para lograr separar el cobre de las impurezas. Cuando el concentrado pasa a estado líquido, los elementos que lo componen se separan naturalmente según su peso. De esta forma, los minerales más livianos se quedan en la parte superior, mientras que el cobre, que es más pesado, se va al fondo del horno.

[21] Información obtenida de: Codelco

[22] Información obtenida de: Codelco Educa – Educación Básica



Figura 1.18. Proceso de fundición. [23]

Conversión

Luego, el cobre pasa por un proceso llamado conversión, en donde se busca eliminar aún más las impurezas que éste contiene. En esta etapa se elimina la capa de escoria que se produce en la superficie del cobre fundido. Estas impurezas serán tratadas en un horno HELE que recuperara el cobre que presenten para que sea reinsertado en el proceso. Además, se inyecta aire para oxidar otras impurezas, que luego son eliminadas en forma de gas mediante venteo de estas. Luego de la conversión, se obtiene lo que se denomina "Cobre Blíster", que contiene una pureza del 96% de cobre.

El Cobre Blíster es un derivado de cobre que también se comercializa en el mercado mundial. De todas maneras, el producto definido en este proceso son los cátodos cobre 99,99% de pureza. Por lo tanto, el proceso continuara para obtener la refinación de cobre necesaria para que sea vendido en esta categoría.

Piro refinación

Por último, se realiza la piro refinación, en donde se busca eliminar el oxígeno que pueda haber quedado atrapado dentro del metal, aumentando así su pureza. El producto resultante de esta etapa es moldeado, típicamente, en planchas de cobre de 400 kg llamadas ánodos. La pureza en este punto es de 99,7%.

Una vez más, los ánodos obtenidas de la piro rrefinación son productos derivados del cobre que se venden directamente. De todas maneras, como no alcanza la pureza estimada para el mercado en el que se colocara el producto, se llevan las planchas a una última etapa de procesamiento, llamada electro refinación.

Electro refinación

En esta fase los ánodos[24] obtenidos en la etapa de piro refinación se transforman en cátodos de cobre de 99,99% de concentración mediante un proceso de electrólisis. La electrólisis disuelve el ánodo de cobre con impurezas liberando cationes Cu^{2+} que se depositarán en el cátodo. El medio que se emplea para el transporte de los cationes de cobre es ácido sulfúrico con agua. El

[23] Información obtenida de: Codelco Educa – Educación Básica

[24] Se habla de "ánodos" y "cátodos" por la función que cumplen en la cuba electrolítica. El ánodo es el electrodo con polaridad positiva, mientras que el cátodo es el electrodo con polaridad negativa.

proceso de electrólisis puede demorar entre 12 a 14 días en donde el ánodo de cobre se habrá disuelto en un 85%. El restante 15% se lava y se vuelve a introducir al proceso. Luego de esta etapa, se tiene el producto listo para comercializar en el mercado mundial: **cátodos de cobre electrolítico 99,99% de pureza.**

Al finalizar esta etapa, se obtienen barros anódicos que contienen impurezas, entre ellas trazas de plata (Ag), las cuales serán descartadas ya que no son consideradas de interés para este proyecto en particular.

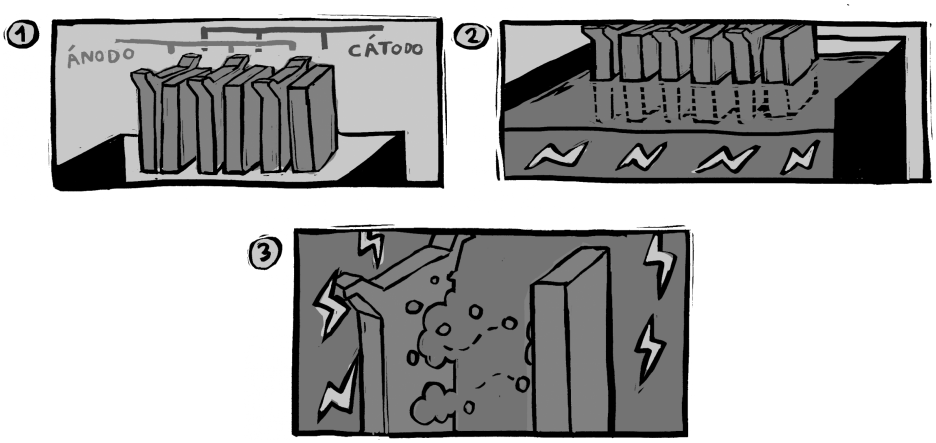


Figura 1.19. Proceso de electro refinación. [25]

En estos procesos, se emplea energía eléctrica, y agua en gran medida, como así también productos químicos.

1.4 Análisis Estratégico

1.4.1 Análisis del Mercado

1.4.1.1 5 Fuerzas de Porter

Con el objetivo de analizar la intensidad de la competencia y rivalidad que existe en la industria minera, a continuación, se muestra el análisis de las 5 fuerzas de Porter para entender esta industria.

[25] Información obtenida de: Codelco Educa – Educación Básica

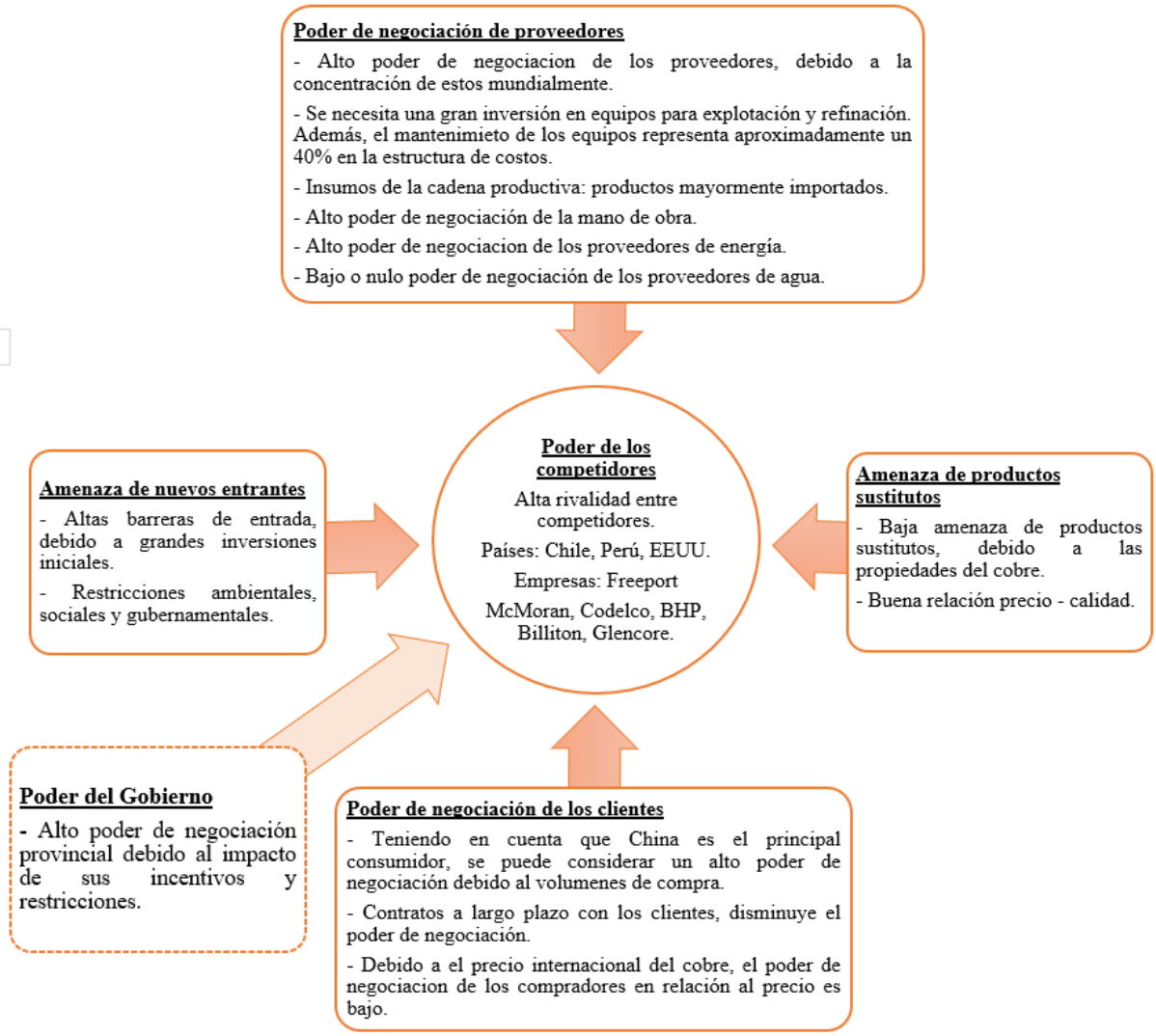


Figura 1.20. Fuerzas de Porter para la industria del cobre.

Antes de iniciar el análisis, es importante considerar que el mercado del cobre será mundial debido a la homogeneidad del producto, y la facilidad de transporte que éste tiene, al tratarse de grandes cátodos de cobre. A su vez, cabe mencionar que el sector minero es una industria que está marcada por las alzas y bajas del precio del commodity, ya que lo que se extrae del suelo, tras su refinación, es un metal que tiene un precio internacional. Esto influye en particular en algunas de las 5 fuerzas identificadas por Porter que se ven incrementadas o disminuidas dependiendo del período que esté afrontando la industria en ese momento, precios altos o bajos del metal rojo.

Rivalidad entre competidores

El primer factor importante para analizar es el número y tamaño de los principales competidores a nivel mundial del cobre. Estos son Chile y Perú, quienes concentran la mayoría de la producción de cobre mundial. Chile, alcanzando una producción de 5,6 millones de toneladas métricas en 2019, representa el 34% de la oferta mundial, mientras que Perú,

posicionado en un segundo lugar y habiendo alcanzado 2,4 millones de toneladas métricas en 2019, representa el 14%.

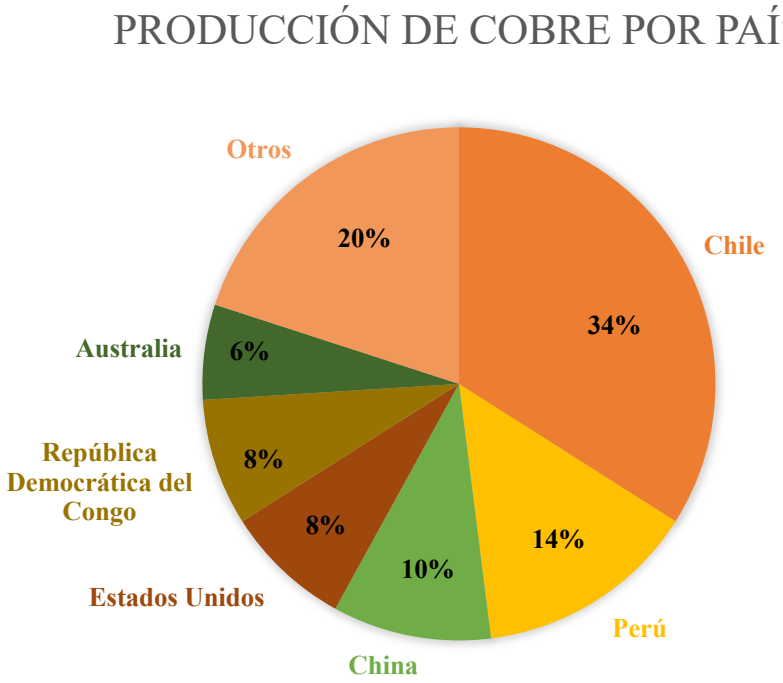


Figura 1.21. Porcentaje de producción de cobre por país.

Las empresas que lideran la competencia a nivel mundial son Freeport McMoran en primer lugar que produjo 1,9 millones de toneladas métricas en 2018, seguida por las compañías Codelco de Chile y BHP Billiton de Australia, que es quien más capitalización tiene del mercado[26]. Glencore y Southern Copper son las últimas dos grandes compañías productoras, completando de esta manera el top 5 de producción de cobre a nivel mundial.

[26] Información obtenida de: Statista- Market Capitalization Leading Copper Producers

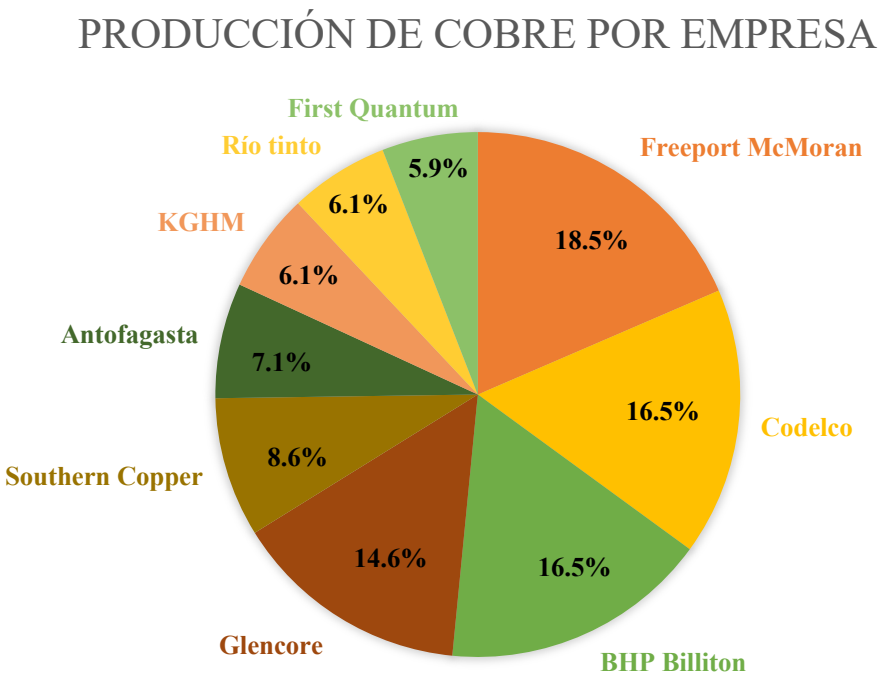


Figura 1.22. Porcentaje de producción de cobre por empresa. [27]

La homogeneidad de los cátodos de cobre clasifica al producto como un commodity, fijando un precio que se comercializa en las distintas bolsas del mundo. Por lo tanto, se puede considerar que el mercado del cobre apunta a una competencia perfecta en la que los agentes son precio aceptantes. La rivalidad entre los competidores va a estar afectada por la evolución que sufra el precio del cobre: en épocas de alza la rivalidad tiende a aumentar mientras que en períodos de baja esta tiende a disminuir considerablemente. El establecimiento del precio del cobre del día y las cotizaciones de las transacciones venideras para negociar contratos y adquirir lotes de cobre es llevado a cabo en la Bolsa de Metales de Londres. Algunos de los drivers que modifican este valor característico de los commodities, son la oferta y la demanda, así como también la actividad económica mundial. Considerando que China representa casi la mitad de la demanda mundial de cobre, se espera que la situación económica que atraviesa el país intervenga en el precio del cobre del momento. Por otro lado, y debido a uno de los principales usos del cobre es la construcción, los cambios que sufran las tendencias de construcción en países como Estados Unidos, o la urbanización e industrialización en India también tienen repercusión en el precio del commodity. Finalmente, la variación del valor del dólar y las especulaciones de los inversionistas también acompañan el precio del cobre. Todos estos factores hacen fluctuar el precio del commodity, lo cual determina el grado de rivalidad entre la competencia.

Como conclusión, debido a la concentración y tamaño de los competidores, la rivalidad del sector es alta.

[27] Información obtenida de: Statista- Market Share of Major Copper Producing Companies

Poder de negociación de los compradores o clientes

Para poder analizar la relación que existe entre los productores y sus clientes, resulta de gran utilidad presentar a la clientela más representativa en el mercado del cobre. Teniendo en cuenta que en su gran mayoría el consumo de cobre es para el uso en construcción y electrificación, se restringió el análisis a los clientes que compran cobre para este uso en particular, es decir, aquellos que se enfocan en la producción de cables de cobre los cuales serán posteriormente empleados en la industria de la construcción y la red eléctrica.

Por un lado, a nivel mundial, se hizo foco en China. La presencia de este en el mercado del cobre representa un 49% del consumo mundial. Además, se considera que los países que proyectan aumentar su consumo teniendo más relevancia en el mercado y compitiendo con China son Estados Unidos e India. La razón es que ambos países cuentan con proyectos para mejorar la infraestructura de la construcción, y urbanizar e industrializar respectivamente. Mientras tanto, se espera que el consumo en China se estabilice en porcentajes similares al actual. Todos estos usos mencionados anteriormente, requieren de cables hechos con filamentos de cobre.

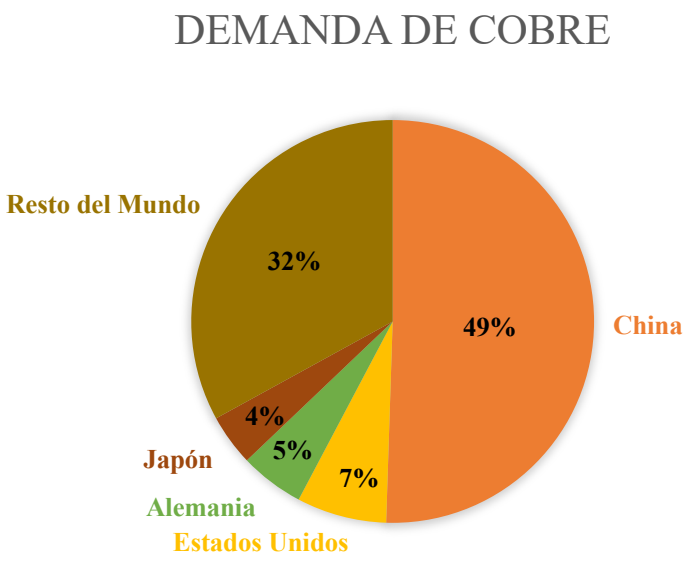


Figura 1.23. Porcentaje de consumo de cobre por país.

Una vez analizada la situación mundial, se prosiguió a contemplar el ecosistema empresarial que compra cobre para la realización de cables. Una vez más, el análisis se centra en las empresas chinas ya que es el foco del proyecto en cuestión. Se debe considerar que las empresas chinas se rigen bajo políticas comunistas por lo que todas corresponden al Estado.

Cuatro de las cinco productoras de cables de cobre más grandes del mundo se encuentran en China. En conjunto, estas cinco compañías demandan aproximadamente 3.25 millones de toneladas al año. A continuación, se muestra una lista de los compradores potenciales.

- Jiangxi Copper Corporation.
- Yunnan Copper Industry Group.
- China Minmetals Corp.
- Baiyin Non-Ferrous Metals.
- Shandong Fangyuan (Dongying)

Teniendo en cuenta que el mercado mundial del cobre está muy estandarizado, el precio del bien que se está comercializando está fijado internacionalmente por su característica de commodity, y los clientes poco pueden hacer para modificar este precio.

Los contratos con los clientes son considerados a largo plazo, de aproximadamente 2 años. En estos contratos se define el porcentaje del cobre extraído en el período que se le va a proveer al cliente, quedando el precio abierto a futuras modificaciones. Las ventas de cobre refinado son el 100% por este tipo de contratos a largo plazo.

De todas maneras, considerando que la demanda de cobre en el mundo también está muy concentrada, es posible que países como China, siendo el principal comprador mundial, puedan aumentar el poder de negociación de los clientes debido al volumen de compra que maneja este país. Esto lleva a que los productores de cobre en el mundo estén mirando el crecimiento económico de los principales demandantes ya que es el factor más importante en la demanda. Cabe señalar que, los clientes en cuestión se caracterizan por tener una historia reciente de fuertes crecimientos económicos, por lo que este punto resulta de suma importancia a analizar en la relación oferta-demanda.

Por otro lado, el cliente tampoco es capaz de exigir un producto diferenciado como a él le convenga debido a que debe ajustarse a lo que algunas pocas y gigantes empresas le ofrecen para comprar. El cliente puede elegir a quién comprarle, pero se encuentra bastante limitado debido a que la oferta mundial de cobre se encuentra también muy concentrada, principalmente en Perú y Chile, quienes representan el 50% de la oferta.

Una vez más, la característica de este mercado que lo posiciona como una posible competencia perfecta, influye en la intensidad de las fuerzas en la industria minera. Esta vez, permite afirmar que el poder de negociación de los compradores puede llegar a ser efectivo a corto plazo, pero no es sustentable en el tiempo. Se puede concluir que el poder de los clientes es bajo.

Poder de negociación de los proveedores

Teniendo en cuenta de que se trata de un mercado mundial, los productores, demandantes y también los proveedores están concentrados en unos pocos grandes. Se analizarán las relaciones que existen con los proveedores de todos los recursos necesarios a lo largo de la cadena de producción.

En cuanto a la inversión inicial, los proveedores son los que facilitan la infraestructura necesaria, es decir el equipamiento, para la exploración y explotación, por un lado, y para la refinación del cobre. Los grandes proveedores de equipos mineros son CAT, Komatsu,

Liebherr, Atlascopco, Bucyrus y Sandvic, mientras que el equipamiento de planta lo provee en su mayoría Outokumpu. Todos estos proveedores comercializan a nivel mundial y tienen gran poder de negociación sobre las mineras.

Fuera de los costos de inversión, se analizan los costos de operación a nivel anual. Los proveedores en estas instancias brindan los servicios e insumos necesarios para el desarrollo de la cadena de producción. Dentro de estos, el mantenimiento de los equipos representa entre un 40 y 45% de los costos totales operativos anuales. La relevancia del mantenimiento en la estructura de costos operacionales lleva a las mineras a contemplar las posibles fallas en los mismos contratos. Los proveedores de mantenimiento de los equipos en general coinciden con los proveedores de los equipos en sí nombrados anteriormente. Finalmente, el poder de negociación de los proveedores de mantenimiento a lo largo del proceso es alto.

Como ya se ha mencionado, los insumos son otros de los recursos que los proveedores brindan para el desarrollo de la cadena productiva. Estos se encuentran en la *Tabla 1.2* que se presenta a continuación.

Consumo de los Principales Insumos del Proceso Productivo del Cobre		
Insumos	**Procesos Asociados**	**Unidades**
Barras y Bolas de Acero	Molienda Mineral	Toneladas
Ácido Sulfúrico	Lixiviación Primaria	Toneladas
Cal	Procesos de Flotación en Plantas Concentradoras	Toneladas
	Tratamiento de Residuos Industriales	
	Líquidos en Plantas de Ácido	
Neumáticos	Extracción Mina y Transporte en General	Unidades
Explosivos	Explotación Mina	Toneladas
	Dinamita: Explotación Mina	Unidades
	Detonadores, Tubos y Conectores: Explotación Mina	Unidades
	Cables y Cordones Detonantes: Explotación Mina	Metros
Productos Químicos	Proceso de Concentración y Refinación	Toneladas

Tabla 1.2. Insumos de la Cadena Productiva del Cobre.

Los proveedores se pueden analizar en función de los insumos que aporten a la cadena productiva del cobre. En cuanto a la cal, las empresas Cefas, Compañía Minera del Pacífico y Sibelco son las empresas argentinas particularmente ubicadas en San Juan que se dedican al abastecimiento de cal produciendo 995 miles de toneladas cada año. Cefas vendió el 51% de

su empresa al grupo mexicano Calidra con la promesa de invertir 40 millones de dólares para aumentar la producción de cal.

En cuanto a las bolas de acero, China es el principal productor con una participación casi del 100%. En el caso de que se llegue a un déficit entre la producción local de bolas y lo que demande el proyecto, se importará el insumo de China. El valor CIF unitario de las importaciones muestra una tendencia positiva de crecimiento los últimos años.

Los principales proveedores de neumáticos son Bridgestone y Michellin. La importación de estos insumos se caracteriza por tener un precio CIF unitario creciente los últimos años.

El último insumo a analizar es todo insumo que se caracteriza como producto químico. Dentro de ellos, los floculantes son importados de las empresas SNF, Basf, Kenira y Orica. El precio CIF unitario se viene comportando con una tendencia decreciente los últimos años. En cuanto a los extractantes, también son importados de las empresas Basf, Solvay y Kopper Chem. El precio de importación también estuvo decreciendo los años anteriores.

Importaciones (Millones de U$ CIF)	2016	2017	2018
Cal	92	70	75
Bolas de Molienda	164	158	186
Neumáticos OTR	193	250	262
Floculantes	9	2	7
Extractantes	36	31	36

Tabla 1.3. Precio en millones de dólares para los insumos importados.

Por otro lado, la provisión de mano de obra calificada para el desarrollo de proyectos en la industria del cobre creció una tasa del 6,9% acumulativa entre 2010 y 2015, superior a la tasa de empleo registrado nacional de 1,9%. Los sueldos de minería metalífera también se encuentran por encima de la media nacional y del resto de la minería (cantera, arena y arcilla). De todas maneras, el trabajo en minería sigue siendo bajo gracias a la intensiva actividad del operario, el cual se expone a trabajos de alto riesgo para su seguridad y salud. Estas condiciones son consecuencia de las tecnologías utilizadas en la mina, de las geografías en las que trabajan y el medioambiente. La Organización Internacional del Trabajo (OIT) respalda a los mineros en cuestiones de condiciones de trabajo. A modo de conclusión, la minería en cobre genera numerosos puestos de trabajo con sueldos privilegiados, a costa de la exposición a riesgos propia del trabajo. Finalmente, las posibilidades de trabajo que genera la producción de cobre le dan poder de negociación a las mineras, con el necesario acuerdo con grupos sindicales. [28]

El transporte es una fuerza crítica en el ecosistema que rodea a los proyectos en Argentina, y en particular, se asume que será así para el proyecto en El Pachón. Esto se debe a que existe un respaldo sindical que protege a los camioneros y tiene grandes influencias en el trabajo. Las

[28] Información obtenida de: https://www.economia.gob.ar/

características de este sector del país le dan un poder de negociación alto a los proveedores de transporte.

Finalmente, se analizaron los proveedores de los principales servicios necesarios: la energía eléctrica y el agua.

En cuanto a la electricidad, las mineras a nivel mundial se ven cada vez más condicionadas por el aumento del precio de la energía eléctrica. Las empresas proveedoras de energía buscan penalizar el descuido del medioambiente aplicando multas y también limitando la transmisión. El ente que regula la transmisión de energía en Argentina es La Compañía Administradora del Mercado Mayorista Eléctrico (CAMMESA), por lo que podemos decir que el poder del proveedor de energía está muy centralizado y es grande. Es pertinente aclarar que, si bien CAMMESA controla la transmisión de energía en el país, los precios de la energía siguen siendo muy bajos en comparación a otros países del mundo, lo cual representa una ventaja en cuanto a costos.

El agua necesaria en el proceso se obtiene del caudal del Río Pachón. Por lo tanto, el proyecto en cuestión se independiza de la fuerza de los proveedores de agua. En la *Figura 1.24*. se puede ver el río el Pachón en celeste, y en rojo la ubicación de la mina.

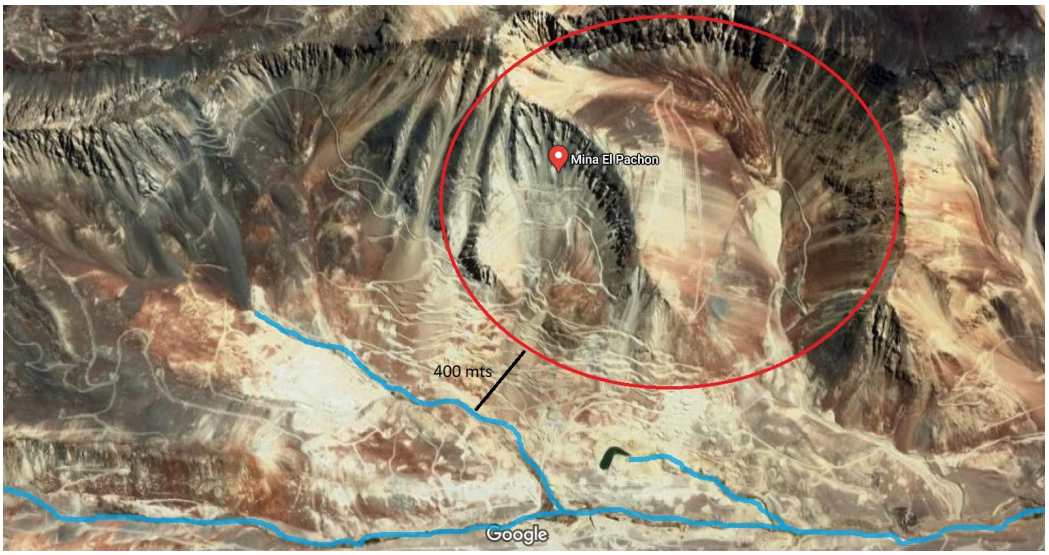


Figura 1.24. Imagen satelital del Río "El Pachón".

Finalmente, cabe destacar que el precio del commodity es un elemento que hace fluctuar la fuerza de los proveedores ya que esta depende sus alzas y bajas. Cuando aumenta el precio internacional del cobre, con el mayor ingreso aumentan la cantidad de proyectos. Debido a la escasez de la mano de obra calificada, la maquinaria y equipamiento específico para la explotación minera, los insumos y servicios necesarios, aumentará aún más el poder de negociación de los proveedores.

Amenaza de nuevos entrantes

La industria del cobre tiene altas barreras de entrada debido a que ingresar a la industria puede significar grandes inversiones de capital que son poco abordables para empresas incipientes en la industria. Existen claras economías de escala que dificultan las posibilidades de entrada a nuevos actores.

Además, el mercado de la minería exige a sus productores cumplir con una serie de especificaciones técnicas, como el grado de pureza del cobre, que también son muy costosas, sumado a las restricciones ambientales, sociales y gubernamentales que implican una barrera de entrada para empresas nuevas. Otra restricción importante es la complejidad que implica encontrar depósitos grandes de mineral y de calidad que compitan de igual a igual con los grandes yacimientos actuales. Finalmente, el tiempo que se demora entre la planificación y la ejecución efectiva del proyecto (2 a 3 años) es un plazo que no muchas empresas están dispuestas a esperar ni a aportar fondos para ver resultados recién a largo plazo.

Otro factor que influye en la amenaza de nuevos entrantes es la apertura de nuevas minas a producción en el mediano plazo. Esto generaría un aumento en la oferta de los principales productores, tanto países como firmas, incrementando la rivalidad entre ellos.

En conclusión, se puede asegurar que la amenaza real de nuevos entrantes en la industria del cobre es muy baja.

Amenaza de productos sustitutos

En general, la industria es bastante conservadora y no existe una clara propensión a sustituir productos o servicios tradicionales. Además, el cobre es un producto difícil de sustituir debido a su buena relación entre calidad y costo.

Los principales sustitutos actuales para el cobre cuando se trata de construcción y transporte son el aluminio, titanio y acero. En cuanto al cobre para equipos electrónicos, es el grafeno y para el cobre en electrificación, la fibra óptica es el principal sustituto. En todos los casos el poder que tengan estos productos respecto al cobre va a depender en parte de la relación que exista entre sus precios. El grafeno tiene una producción es mucho más cara que la del cobre y es un material aún muy incipiente en la industria. En el resto de los casos el precio del cobre es mayor al de los productos sustitutos. De todas maneras, las reservas mundiales de estos metales no son suficientes para reemplazar al cobre en el mediano plazo.

Como conclusión, se puede definir que la amenaza de los productos sustitutos para la industria del cobre es baja.

Existe una sexta fuerza que a menudo no es considerada pero que puede ejercer una gran influencia sobre un rubro industrial. La sexta fuerza está compuesta por el Gobierno y grupos ambientalistas, quienes, en este caso pueden tanto facilitar como interferir en la ejecución del proyecto. El Gobierno, mediante incentivos fiscales y políticas de financiación, puede impulsar el desarrollo de proyectos mineros. A su vez, los grupos ambientalistas pueden frenar el desarrollo de los proyectos al igual que el Gobierno si el proyecto no cumple con los requisitos ambientales necesarios ni con el estudio de impacto ambiental previo a la explotación del

terreno. La interferencia que tienen estos agentes en las cinco fuerzas de Porter fueron aclaradas en el detalle de cada una.

1.4.2 Análisis del Entorno y el Proyecto

1.4.2.1 FODA

A la hora de entender el entorno del proyecto, y con el objetivo de analizar tanto las características internas como las externas se realizó un análisis de fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas.

Fortalezas	**Oportunidades**
- El Pachón es la reserva de cobre más grande de la Argentina. - *Expertise* en proyectos mineros en San Juan. - Costos de energía eléctrica bajos. - Otorga puestos de trabajo a poblaciones cercanas	- Gran capacidad potencial de producción. - Prospección de demanda creciente de cobre refinado. - Conflictos mineros en Perú y Chile. - Régimen impositivo especial. - Retenciones mineras del gobierno de Alberto Fernández
Debilidades	**Amenazas**
- Hay una gran presión mundial y local desde la sociedad civil en contra de la explotación a cielo abierto. - Baja proporción de utilización de la capacidad instalada con respecto a Chile y Perú.	- Alta dependencia con el mercado chino. - Contexto económico-político-social de Argentina. Inestabilidad. - Grandes cargas impositivas. Sindicatos muy fuertes pueden jugar roles muy determinantes en la evolución del proyecto. - Poblaciones vecinas.

Tabla 1.4. Análisis FODA.

Análisis interno

En cuanto a las fortalezas, el yacimiento de El Pachón es la reserva de cobre más grande de la Argentina. Como se mencionó anteriormente, se espera obtener más de 15 millones de toneladas de cobre de alta pureza, y dependiendo de la velocidad de extracción puede llegar a tener vida útil mayor a 40 años (esto se explicará en el inciso *1.5 Dimensionamiento del Mercado Objetivo*). Además, la *expertise* con la que cuenta la provincia de San Juan y la magnitud de los proyectos con los que está acostumbrada a trabajar en el área de minería, son factores a tener en cuenta y los cuales se deberán aprovechar. Además, el precio de la energía eléctrica en Argentina está por debajo del promedio frente a otras regiones, lo cual representa una oportunidad a tomar para poder producir de una manera más rentable. Por otro lado, la construcción de la mina y de la planta otorgarán puestos de trabajo a individuos de poblaciones cercanas

Por otro lado, adentrándonos en las debilidades, existe una gran presión mundial y local desde la sociedad civil en contra de la explotación a cielo abierto. Como se mencionó anteriormente las explotaciones a cielo abierto son aquellas que tienen lugar en la superficie, a diferencia de las minas subterráneas. Esto es posible cuando el yacimiento brota en la superficie o a muy pequeña profundidad. Es entonces que este tipo de explotaciones tienen grandes implicaciones medioambientales a considerar. Por un lado, hay mucha contaminación estética y sonora, pero además se contaminan aguas subterráneas y el aire en forma de polvo tóxico, y todo esto es absorbido por animales y plantas si no se toman los recaudos adecuados.

Asimismo, hoy en día la proporción utilizada de la capacidad productiva de cobre en Argentina es muy baja en comparación a países vecinos como Chile y Perú, lo cual se puede ver en el gráfico a continuación. Esto implica que se deberán realizar grandes esfuerzos para competir contra estos dos grandes productores.

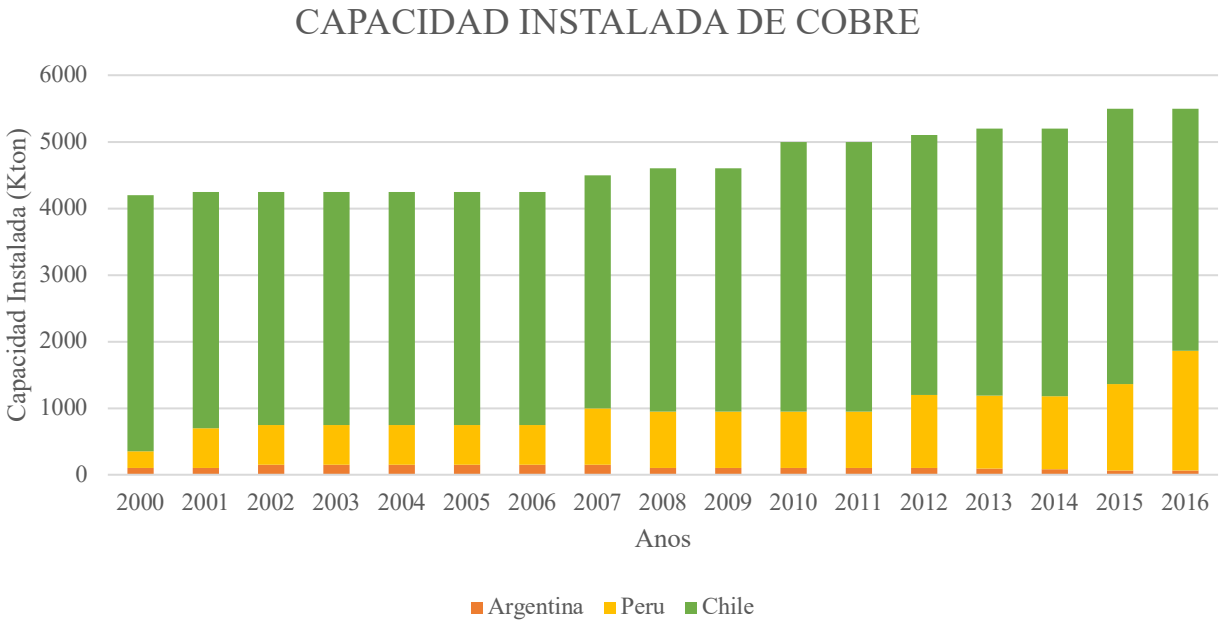


Figura 1.25. Capacidad instalada de producción de cobre en Chile, Perú y Argentina en Kton[29] del 2000 al 2016.

Análisis externo

En lo que respecta a las oportunidades, es importante entender que la capacidad potencial de la Argentina está justo por detrás de la capacidad instalada de Chile, lo cual significa que Argentina podría estar produciendo mucho más cobre del que produce hoy en día.

[29] Miles de toneladas

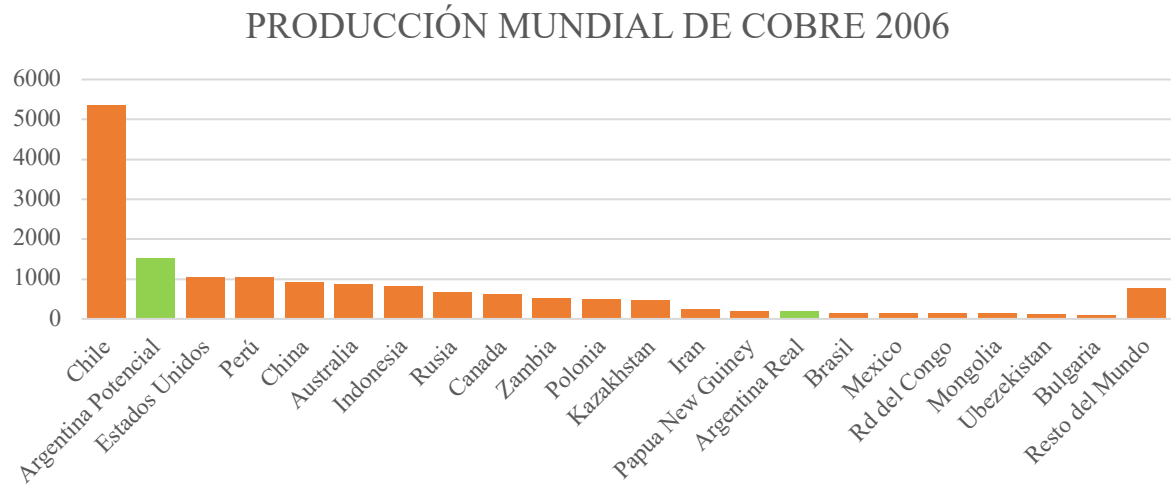


Figura 1.26. Producción de cobre en Kton por país en 2006.[30]

Por otro lado, la demanda de cobre refinado como hemos mencionado anteriormente tiene prospección de seguir creciendo en los años venideros gracias al desarrollo industrial de grandes potencias como China.

Las presiones con respecto a los trabajadores mineros en Chile y Perú, que reclaman mejores salarios y mejores condiciones laborales, organizando huelgas y frenando la producción minera, pueden ser un factor de apalancamiento que se podría aprovechar.

Además, en Argentina, en especial en la provincia de San Juan, existen incentivos a la producción minera mediante la exención de impuestos y estabilidad fiscal. El gobierno de Alberto Fernández estableció el porcentaje de las retenciones de los minerales (8% para el oro) muy por debajo de la soja y los cereales, una señal positiva porque las empresas esperaban una suba superior. Más allá de que el valor sigue estando por encima de países vecinos, es una buena oportunidad para el cobre[31].

Por otro lado, el impacto de proyectos existentes en la economía de San Juan es notable. El primero que inició en 2005, hoy representa el 45% de la economía provincial y el 78% de sus exportaciones.

Finalmente, las principales amenazas que se deben tener en cuenta son, por un lado, que existe una fuerte dependencia con China, ya que es el mayor consumidor de cobre mundial, y nuestro principal cliente. Esto implica que si, por cualquier motivo, se frena la economía china, entonces se frenará el consumo de cobre y los precios del commodity se desplomarán. Esta situación se puede evidenciar en la evolución del precio del cobre refinado en la LME (London Metal Exchange), el cual ha experimentado una caída sostenida debido a la aparición del

[30] Información obtenida de: Argentina Mining- El Cobre en Argentina la oportunidad dorada para la minería argentina

[31] Información obtenida de: Argentina Mining- El Cobre en Argentina la oportunidad dorada para la minería argentina

COVID-19 en el mundo. Entendemos que esta situación es excepcional y eventualmente el precio del cobre volverá a estabilizarse.

Por otro lado, también es importante tener en cuenta el contexto económico argentino que es muy inestable. Esto se debe a las variaciones que sufre el modelo económico del país tras el paso de gobierno, haciendo más difícil tener una proyección a largo plazo.

A su vez, las cargas impositivas argentinas son muy grandes comparadas con las de los principales competidores como Chile y Perú. Asimismo, el poder de los sindicatos y las condiciones de trabajo argentinas pueden impactar en el costo del proyecto.

1.4.2.2 Análisis de las 5C

El objetivo del siguiente análisis es profundizar en el mercado en que nuestra proyecto participará para, a partir de allí, poder encontrar puntos importantes de riesgos en el mercado.

Compañía

Como se analizó previamente, dentro de la misión y visión del proyecto, se destacan como puntos importantes la sustentabilidad, el compromiso con el medioambiente, y la importancia de cumplir con los objetivos de los *stakeholders*. Esto nos lleva a ser una empresa con buena aceptación para con la sociedad civil, así como también con el gobierno argentino, sin dejar de repartir ganancias con los inversores.

El proyecto busca explotar el suelo argentino, siempre asumiendo un compromiso con el medioambiente y con la sociedad que habita las cercanías del yacimiento.

Por otro lado, el proyecto tiene otra serie de ventajas importantes. Por un lado, el lugar en el que va a ser emplazado, el cual posee la reserva más grande de cobre de la Argentina, permite la explotación a cielo abierto, por lo que disminuye los costos en comparación con los proyectos subterráneos. Por otro lado, el mercado del cobre todavía no está saturado y tiene mucho para crecer. Por último, San Juan cuenta con un avance en el marco legal que hace que los permisos provinciales sean de fácil adquisición.

Colaboradores

Dentro del grupo de colaboradores, tenemos toda la cadena de *supply chain* desde el producto terminado hasta la entrega al cliente, siendo toda la cadena logística un valor muy importante en la rentabilidad final del producto. Allí, las empresas de distribución son un peso fuerte en la Argentina que hay que tener en cuenta. Vale la pena destacar al sindicato de camioneros, que son quienes tienen un poder de negociación e influencia más fuertes y que se tendrán en cuenta en el posterior análisis económico.

El Gobierno de San Juan y el Gobierno Nacional son otros dos colaboradores claves. De ellos dependen los impuestos y los beneficios fiscales y económicos que influyen directamente en los proyectos de minera. Los proveedores de electricidad son también colaboradores esenciales para la explotación del proyecto.

Otro colaborador es el proveedor de maquinaria para la explotación de la mina. El negocio está bastante acotado y son muy pocos los oferentes, por lo que hay que tener en cuenta que son un aliado importante a la hora de llevar a cabo el proyecto.

Clientes

Los clientes se pueden dividir en dos grandes grupos. Por un lado, se los puede discriminar como países consumidores de cobre, y por otro lado se los puede diferenciar por el uso que le dan a dicho cobre.

En el primer caso tenemos 4 grandes actores explicados anteriormente: China con un 49%, Estados Unidos con el 7%, Alemania con 5% y Japón con el 4%, sumando un total de 24M de toneladas de cobre refinado. De allí surge que nuestro principal cliente será China, quien compraría el 100% de nuestro producto. El detalle de la distribución de la demanda de cobre por países se puede observar en la *Figura 1.23. Porcentaje de consumo de cobre por país* en el análisis del poder de negociación de los proveedores, descrito para las cinco fuerzas de Porter en el inciso *1.4.1.1*.

La segunda discriminación de productos la encontramos en función del sector consumidor de cobre. Allí se puede ver que el mercado es más parejo, pero más acotado. Hay 5 grandes rubros en donde las cantidades de consumo de cobre son interesantes para analizar. Tenemos históricamente a la construcción como principal consumidora de cobre a lo largo de los últimos 20 años, con una estabilidad y una tendencia creciente pareja. Ocurre algo similar con el consumo general. Sin embargo, hay otros mercados que vienen creciendo con una tendencia muy superior y que son interesantes analizar, como el mercado de la electrificación.

Es importante aclarar que de las empresas que se dedican a la producción de productos de cobre a partir del producto final de las refinadoras, muchas están inmersas en más de un rubro. Esto se refiere a que, si una empresa fabrica cables, éstos serán empleados para la construcción, para consumo general y redes eléctricas.

Competencia

Analizando a la competencia, como hemos mencionado anteriormente, los principales oferentes mundiales de cátodos de cobre refinado en cuanto a cantidad ofrecida son Chile y Perú. La cantidad de mineral de cobre que poseen estos países en sus suelos permiten explotaciones de gran envergadura que posibilitan la aplicación de economías de escala. En otras palabras, la escala de extracción y producción de cobre les permite colocar mayor producto en el mercado internacional, con costos muy competitivos. Argentina posee una gran cantidad de mineral de cobre también, lo cual podría traducirse en un aumento de la oferta si se aprovecha la abundancia del recurso correctamente.

Contexto

Desde hace algunos años, en la Argentina, como así también en el mundo, el medioambiente pasó de ser algo secundario en los proyectos a ser un punto muy importante. Esto trae como resultado que cualquier explotación que se haga sobre el ecosistema, tiene que ir acompañado por un análisis de impacto ambiental muy detallado.

Como se explicó ya anteriormente, en la Argentina, existen grandes sindicatos y un estado muy fuerte que influyen directamente en los costos y producción del cobre. Desde energía eléctrica subsidiada y muy barata, hasta paros generales de transporte por huelgas salariales, o de condiciones de trabajo.

Además, en San Juan hay una serie de leyes que incentivan y favorecen al sector minero para su inversión en la provincia.

Los distintos sectores de consumo de cobre están creciendo en su gran mayoría. La construcción mantiene un crecimiento estable desde el 2000, y se prevé que seguirá creciendo, aunque el crecimiento más fuerte se puede ver en la red eléctrica, impulsado por el desarrollo industrial, la urbanización y la electrificación masiva de bienes de consumo. En China particularmente, sin embargo, el rubro de la construcción se estancará a partir del 2025, al igual que el de la electrificación, pero aun así siguen siendo mercados muy interesantes para abastecer debido al volumen que representan

1.4.3 Canales de Distribución

La idea inicial es transportar el producto terminado desde San Juan hasta el puerto de Buenos Aires, y desde allí distribuir el cobre hacia China. Para ello se deberá tener en consideración diferentes factores de costos que influirán en la estructura de costos del proyecto:

- Costo y distancia de transportar el mineral en camión desde la planta productiva hasta la estación de tren más cercana.
- Costo de transportar el mineral desde San Juan hasta Buenos Aires en tren.
- Costo de movilización de materiales una vez llegado al puerto.
- Definición de estrategia de costos (ya sea FOB, CIF, entre otras).
- Tasas del puerto de Buenos Aires.

1.5 Dimensionamiento del Mercado Objetivo

El mercado objetivo al que apunta el proyecto en cuestión fue definido considerando que el cobre es un commodity. Debido a esta característica, se sabe que, basándose en una calidad estándar, no se distingue el cobre obtenido en una mina o en otra, por lo cual es el mismo producto que se comercializa para diversos usos. Por esta razón se decidió que el mercado objetivo es el mercado completo del cobre, independientemente del uso y la región.

Para dimensionar el mercado, entonces, se tendrá en cuenta la totalidad de este. Para llegar a un número que represente al mercado objetivo, se tomó en consideración la demanda total mundial de cobre del 2019, que es alrededor de 24 Mton (valor obtenido del inciso *1.8.1 Análisis Histórico de la Demanda*).

De todas formas, es importante destacar que se planea vender la producción de El Pachón a China. Por un lado, por ser el principal cliente de cobre en el mundo con un 49% del mercado consumidor. Este porcentaje se alcanzó tras significativos aumentos en el consumo de cobre en China en la última década que se corresponden con el crecimiento tecnológico del país en

este período. Por otro lado, es un mercado que presenta signos de permanecer fuertemente involucrado en la industria. Según estudios realizados en el sector, se espera que el consumo chino se mantenga en los años venideros[32] alcanzando un 41% del mercado en 2035[33].

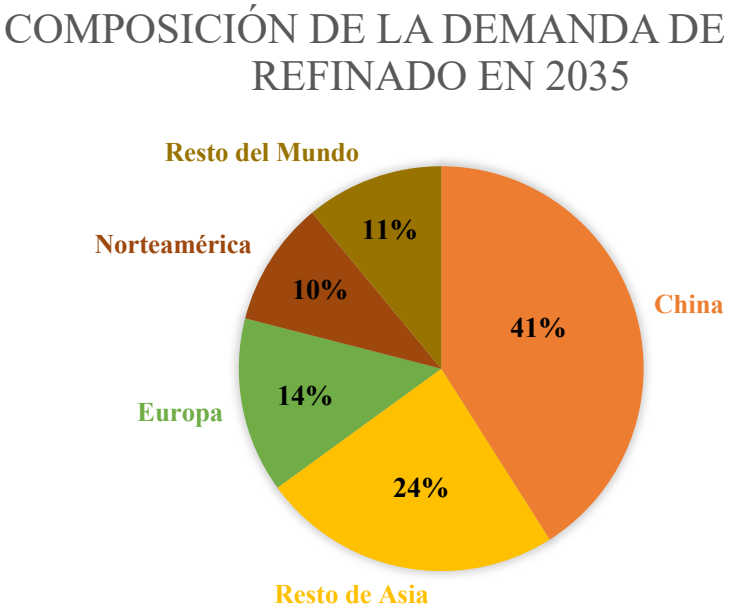


Figura 1.27. Proyección para el año 2035 de la composición de la demanda del cobre.

1.6 Segmentación

Esta sección del trabajo está dividida en dos etapas. Primero se buscará descubrir cuáles son los distintos segmentos importantes en el mercado y ver los tamaños de cada uno. Luego se evaluará cuáles de ellos son relevantes y atractivos para el proyecto, definiendo a partir de ese análisis, quiénes serán el target del producto que se producirá y comercializará.

1.6.1 Segmentación de Clientes

Para segmentar a los clientes, se empleó el modelo Shapiro y Bonoma, dado que no se venderá el producto directamente al consumidor final, sino que se comercializará con empresas que luego transformarán los cátodos de cobre para producir otros bienes.

Se implementará una **segmentación demográfica**, diferenciando a los clientes por su localización, tamaño y tipo de empresa. Principalmente, son de especial interés aquellas empresas que se encuentran produciendo en China, Estados Unidos y Alemania, debido a la proporción del mercado mundial de cobre refinado que representa cada uno (49%, 7% y 5%, respectivamente). Luego, si segmentamos por tipo de empresa, podemos seguir con aquellas que se dedican a la producción de cables de cobre ya que, como hemos analizado anteriormente,

[32] Información obtenida de: http://www1.upme.gov.co/simco/

[33] Información obtenida de: Panorama Minero- El Cobre, la gran apuesta de la minería argentina

los rubros de construcción y de electrificación son los que demandan mayor cantidad de cobre refinado. Por último, se tomarán las empresas más grandes de producción de cables, ya sea en volumen o en facturación, debido a que éstas podrán comprar la totalidad de la producción de cátodos de cobre.

1.6.2 Selección de Targets

Para definir la selección de los targets, se evaluó el atractivo de cada segmento. Mediante el análisis detallado de cada uno de ellos, se llegó a la decisión de que el segmento más atractivo es aquel que engloba a grandes empresas productoras de cables de cobre en China.

La elección de este segmento como el más atractivo se debe principalmente al gran tamaño del mercado consumidor de cobre refinado en China (49% de la demanda mundial). Asimismo, debido a que la demanda de cobre refinado depende, entre otros factores, del grado de urbanización y de desarrollo industrial, se determinó que China es un país que cumple con estos rasgos, los cuales harán que la demanda de cables de cobre y, por ende, de cobre refinado, aumente en los próximos años (actualidad hasta 2025 aproximadamente). Superado este período, la demanda de cobre refinado en China se estabilizará hasta llegar a ser un 41% de la demanda mundial en 2035 por un estancamiento en los rubros de construcción y electrificación. Si bien la demanda de China caerá (de 49% a 41%), sigue representando un volumen muy interesante de mercado para abastecer. Es por esto que, consideramos el mercado chino como un target de valor. Es importante destacar que la demanda de otras potencias seguirá subiendo, por lo cual lo que disminuye no es el consumo de cobre mundial, sino que el porcentaje del mercado que China ocupa.

A su vez, la elección de grandes empresas chinas se debe a que se buscará vender la totalidad de lo producido para poder aprovechar las economías de escala reduciendo costos. Si se eligiesen empresas más pequeñas, no podrían comprar la totalidad del cobre refinado producido, lo cual se quiere evitar. El objetivo es vender la totalidad de lo producido, y para ello se necesitan empresas grandes y con espalda para poder comprar gran cantidad de materia prima.

Otra factor que se tuvo en cuenta para la selección del target más atractivo es la relación comercial que tiene Argentina con China en otros mercados, como el de la soja o la carne bovina. La soja y la carne, al tratarse de un gran ingreso para Argentina por exportaciones, constituyen commodities de gran importancia para el país, mientras que Argentina importa una gran cantidad de productos tecnológicos chinos.[34] Las relaciones comerciales con China son sólidas y de gran importancia, por lo cual se podrá aprovechar esta relación estrecha entre los países para poder comercializar los cátodos de cobre.

[34] Información obtenida de: Diario La Nación

1.7 Posicionamiento

Se analizará la propuesta de valor para el segmento elegido, cuál es la manera que tiene el mercado de percibir al producto y cómo se ve el producto en comparación a la competencia. Una vez definida la propuesta de valor, se finalizará la etapa con el mix de las 4P. Por último, se realizará una cuantificación de los beneficios, en donde se apreciará rápidamente cuál es la ganancia esperada por la venta del producto en función de su precio, el tamaño del mercado y el share que tendrá el proyecto en cuestión.

1.7.1 Propuesta de Valor

El producto final que se comercializará con China, son los cátodos de cobre que, como fue mencionado anteriormente, son commodities. Si bien los commodities son bienes en los que la diferenciación en cuanto al producto ofrecido es más compleja, se buscará, principalmente, cumplir con las especificaciones técnicas que se mencionan en el *Anexo mercado* en la *Tabla 3.1. Estándares de calidad del cobre para China*. Además, se propondrá una diferenciación en cuanto al servicio ofrecido. Se ofrecerá a los clientes un servicio de alto nivel, tanto en tiempos de entrega, como en la calidad del producto aprovechando la estrecha relación comercial que Argentina tiene hoy con China. Por último, se buscará que el cobre producido a través de este proyecto destaque por su compromiso con el medioambiente y con las comunidades que viven alrededor del yacimiento, enfatizando la Responsabilidad Social Empresaria.

1.7.2 Point of Pertenence and Difference, Reason to Believe and to Win

Point of Pertenence

El *Point of Pertenence* o Punto de Paridad son todos aquellos aspectos del producto que son iguales que los de la competencia. En otras palabras, son las similitudes de la industria que se comparten entre las distintas empresas. En el caso del cobre, y al tratarse de un commodity, es necesario que cumpla con los estándares de calidad sobre la producción. Los cátodos de cobre deben tener una pureza del 99,99%, unas dimensiones aproximadas de 100 x 125 cm, un grosor de 5 cm y un peso de entre 400 a 500 kg.

Según estándares chinos, los cátodos de cobre electrolítico deben ajustarse a los parámetros detallados en la *Tabla 3.1* del *Anexo Mercado*, de manera recomendada. Las siglas “GB” representan los estándares nacionales chinos dictados por la Standardization Administration of China (SAC), el comité chino para ISO y IEC. “/T” implica que es de adopción opcional, son estándares recomendados.

Point of Difference

A diferencia del punto anterior, el *Point of Difference* o Punto de Diferenciación, son los aspectos o características del producto que se diferencian de la competencia. Es decir, son las ventajas del producto que son percibidos como superiores a los de la competencia.

La principal diferenciación que tiene el proyecto con respecto a los de la competencia, y dado que el producto final de serán cátodos de cobre de alta pureza para todos, está sumamente relacionada con el cuidado del medioambiente y la responsabilidad social empresaria.

Reason to Believe

La Razón para Creer está relacionada con el posicionamiento que tiene la marca o empresa en la mente de los consumidores. Establece la identidad de la empresa empleando conceptos de valor, personalidad, beneficios y atributos.

La Razón para Creer que acompaña al proyecto es el compromiso que se mantendrá con la sociedad, lo que lo posiciona como un proyecto generador de valor genuino, no solo por la producción de cátodos de cobre, sino también por el desarrollo social que se buscará desencadenar a través de la explotación del yacimiento. El proyecto en El Pachón tendrá un alto grado de Responsabilidad Social Empresaria, buscando que las comunidades locales se involucren en el mismo y se sientan partícipes.

Reason to Win

La Razón para Ganar son aquellos atributos o características que harán que el producto sea elegido en primer lugar frente a sus principales competidores. La calidad y excelencia del producto que se comercializará son las Razones para Ganar que tiene este proyecto, sumada a la *expertise* que tiene la provincia de San Juan en el rubro minería.

1.7.3 Marketing Mix

Producto

El producto que se fabricará y comercializará es el denominado "cátodo de cobre electrolítico de alta pureza". Como se mencionó en el punto *1.2. Definición del producto,* se trata de barras de cobre de 99,99% de pureza, que se comercializarán en bloques que típicamente miden 100 x 125 cm, con un grosor de 5 cm y un peso de entre 4000 a 500 kg.

Precio

Al tratarse de un commodity, el precio se modificará con la oferta y la demanda del cobre. En el punto *1.8.7 Proyección del precio* se muestra el pronóstico del precio hasta el año 2035.

Plaza

Con respecto a la plaza, y tal como fue analizado en el punto *1.5 Dimensionamiento del Mercado Objetivo*, se exportarán los cátodos de cobre y se comercializarán específicamente a China, quien es el principal demandante y consumidor, aunque el lugar específico en donde se realizará la compra de los cátodos es la LME (London Metal Exchange).

Promoción

La promoción incluye las formas en las que se dará a conocer el producto final. En este caso en particular, al tratarse el producto de un commodity, no habrá publicidad como tal, pero el producto se puede dar a conocer mediante referencias de grandes consumidores a otros, es

decir, “de boca en boca”. Para lograr este efecto, se deberá producir un cobre refinado de alta calidad, que cumpla con los estándares y proveer un servicio confiable.

Asimismo, cada país tiene su propia cámara de minería. En Argentina existe la Cámara Argentina de Empresarios Mineros. Estas cámaras tienen como misión contribuir al desarrollo de la actividad minera argentina a través de la articulación con los distintos actores de la industria, la sociedad y el Estado[35]. Aquí se discuten temas relacionados a la sustentabilidad, legalidad, representación, asesoramiento, entre otros. Mediante las cámaras se puede dar a conocer el producto final no solo en Argentina sino en el resto del mundo. Por otro lado existen también revistas: Mining Magazine, Global Mining Review y Mining Global en las cuales figuran las minas del mundo, sus prácticas, sus objetivos, características de sus productos, etc. Este sería un medio interesante para la promoción del producto en cuestión.

1.7.4 Estrategia Comercial

A partir de lo estudiado en la matriz FODA, y en el análisis de las 5 fuerzas de Porter, se definió que la estrategia comercial se basará en diversos puntos.

Por un lado, es importante lograr reducir el impacto ambiental del proyecto, realizando un buen tratamiento de residuos, así como también racionalizar el uso de energía eléctrica, y tomar los recaudos necesarios a la hora de realizar la explotación a cielo abierto, para reducir la contaminación de los polvos tóxicos.

Por otro lado, se buscará cerrar contratos con los clientes a largo plazo, para así poder apalancar la inestabilidad Argentina. Estos contratos, incluirán los volúmenes acordados, con el precio sujeto a modificaciones. Además, lograr una buena relación con los potenciales clientes, no sólo brindando un producto de calidad, sino también a través los servicios brindados.

Finalmente, aprovechar que contamos con la reserva más grande del país para poder competir contra los principales productores de cátodos de cobre, Chile y Perú, generando un producto de alta pureza, que cumpla con los estándares de calidad de la industria, obteniendo certificación de las normas ISO 9.001 e ISO 14.001. Es importante asegurarnos un respaldo internacional para generar confianza en los clientes.

Se empleará el concepto de Kaizen, mejora continua, a lo largo de todo el proyecto, el cual se basa en acciones concretas, simples y poco onerosas, e implica por sobre todas las cosas a todos los trabajadores de la empresa, desde los directivos hasta los trabajadores de la mina. Implicará un cambio de actitud en el trabajador y en la empresa, y se fomentará tener objetivos comunes para la compañía acompañados de los indicadores acorde.

[35]Información obtenida de: https://www.caem.com.ar/

1.8 Proyecciones

1.8.1 Análisis Histórico de la Demanda de Cobre

Los gráficos que se muestran a continuación explicitan la demanda histórica de cobre a nivel mundial, desde el año 2008 hasta el 2017.

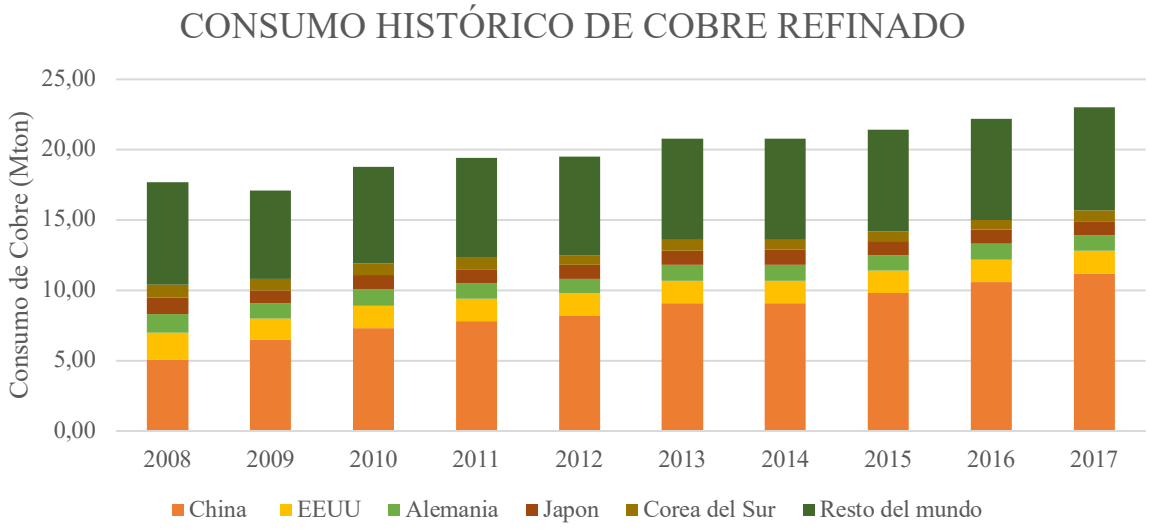


Figura 1.28. Consumo histórico de cobre refinado en Mton. [36]

Gracias a su gran conductividad eléctrica y térmica, el cobre es un material esencial en numerosos sectores industriales, incluyendo la construcción, las energías renovables, las redes eléctricas, y los sistemas de transporte. Como se puede observar en la *Figura 1.28*, el consumo mundial de cobre fue creciendo a lo largo de los últimos años.

La demanda de cobre se ha duplicado en los últimos 25 años y se espera que aumente aún más. Según un informe de McKinsey Global Institute, el consumo de cobre aumentará en un 43% para el año 2035, impulsado en parte por tecnologías verdes como las energías renovables y los vehículos eléctricos, pero también por el crecimiento en los sectores de construcción y redes eléctricas.

[36] Información obtenida de: CRU International Limited 2018.

País	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	TCAC 2008- 2017
China	5,10	6,50	7,30	7,80	8,20	9,10	9,10	9,80	10,60	11,20	9,2%
EEUU	1,90	1,50	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	-1,9%
Alemania	1,30	1,10	1,20	1,10	1,00	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	-2,1%
Japón	1,20	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00	1,10	1,00	1,00	1,00	-2,0%
Corea del Sur	0,90	0,80	0,80	0,80	0,70	0,80	0,70	0,70	0,70	0,80	-1,5%
Resto del mundo	7,30	6,30	6,90	7,10	7,00	7,20	7,20	7,20	7,20	7,30	-0,1%
Total mundial	**17,7**	**17,1**	**18,9**	**19,4**	**19,6**	**20,8**	**21,5**	**21,8**	**22,3**	**22,9**	**2,9%**
% cambio anual		-3%	10%	3%	1%	6%	4%	1%	3%	3%	

Tabla 1.5. Consumo histórico de cobre refinado en Mton.[37]

Como se puede observar en la *Tabla 1.5*, la demanda mundial de cobre ha tenido un crecimiento sostenido luego del 2008-2009. En el 2008 se produjo una baja histórica debido a la crisis financiera que ocurrió en dicho año. Se puede observar también que la demanda de China se incrementa año a año, y que este crecimiento contribuye al aumento de la demanda mundial ya que, como se puede ver, los demás países presentaron un descenso en el consumo de cobre refinado.

País	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	TCAC 2008- 2017
China	1,40	3,20	2,90	2,80	3,40	3,20	3,60	3,70	3,60	3,20	9,4%
EEUU	0,70	0,60	0,60	0,60	0,60	0,70	0,60	0,70	0,70	0,80	1,6%
Alemania	0,80	0,60	0,70	0,70	0,70	0,70	0,60	0,70	0,70	0,60	-2,6%
Italia	0,60	0,50	0,60	0,60	0,60	0,50	0,60	0,60	0,60	0,60	0,8%
Taiwan	0,60	0,50	0,50	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,50	0,60	-0,2%
Resto del mundo	2,80	2,50	2,40	2,40	2,30	2,60	2,60	2,30	3,10	3,20	1,6%
Total mundial	**6,9**	**7,9**	**7,7**	**7,6**	**8**	**8,1**	**8,1**	**8,2**	**9,2**	**0**	**3,1%**
% cambio anual		15,0%	-2,7%	-1,1%	4,8%	2,0%	2,0%	1,3%	7,1%	-1,8%	

Tabla 1.6. Importaciones de cobre refinado en Mton.[38]

A su vez, China ha sido el principal importador de cobre refinado a lo largo del período 2008-2017, teniendo un crecimiento del 9,4% durante este período, cifra muy superior al resto de los países. Este mayor nivel de importaciones se debe al gran boom de desarrollo industrial que vivió China en los últimos 10 años.

En la actualidad, China es la segunda economía más grande del mundo en términos de PBI, y el principal demandante de cobre, con el 49% del mercado consumidor. Este país, logró un crecimiento económico promedio de aproximadamente un 10% anual en los últimos 40 años.

[37] Información obtenida de: CRU International Limited 2018.
[38] Información obtenida de: CRU International Limited 2018.

Es por esto que, tanto el PBI de China como el índice de producción industrial de China, son variables a considerar para la proyección de la demanda del cobre.

Por otro lado, la demanda del cobre se verá afectada por la sustitución del metal por otros materiales. Según Metal + Research Consulting en un estudio realizado para la Asociación Internacional del Cobre (ICA) en 2017, este metal perdió 4,8 millones de toneladas de uso frente a sus sustitutos entre 2005 y 2016, lo que representa un 2% de la demanda total del periodo. El 37% de estas pérdidas se dieron en cables de potencia y en barras de aleaciones. El 54% de las pérdidas fueron debido al aluminio. Teniendo esto en cuenta, se analizará al consumo de aluminio como otra posible variable explicativa de la demanda del cobre.

1.8.2 Proyección de la Demanda

Para la proyección de la demanda se utilizó la técnica econométrica del análisis de regresión. Utilizaremos regresión múltiple ya que se estudiará la posible relación entre varias variables independientes y otra variable dependiente.

En una primera instancia se identificarán las variables que podrían explicar la demanda de cobre. Una vez definido el universo de variables con el que se analizará el comportamiento de la demanda, y encontrado la historia de cada una para el período de estudio definido, se procede a analizar cuál es el set de variables que mejor explica la variable respuesta en cuestión. Los resultados de este análisis permitirán remarcar las variables más significativas y descartar aquellas que no aporten información. También se realizará un estudio que analice la existencia de interacciones entre las variables independientes ya que esta característica también descarta la combinación planteada como explicación de la demanda.

La función de regresión poblacional tendrá el siguiente formato:

$$Y_t = \beta_0 + \sum n_{i=1} (\beta_i * X_{it}) + E_t \qquad (1.1)$$

Donde cada letra significa:

Y_t: Variable dependiente del año t

X_{it}: Variables independientes

i: Parámetro i

E_t: Error o perturbación aleatoria

Luego, y a partir de lo anterior, se obtiene la función de regresión muestral:

$$\hat{Y}_t = b_0 + \sum n_{i=1} (b_i * \hat{x}_{it}) \qquad (1.2)$$

Donde:

b_0: Estimación de la ordenada al origen, la cual es un valor constante.

b_i: Estimación de los parámetros

$\hat{Y}_t$: Variable dependiente del año t

$\hat{x}_{it}$: Variable independiente

Se llaman residuos o error a las diferencias entre los valores calculados por el modelo y los realmente observados en la variable dependiente. La validez de nuestro modelo dependerá de que los mismos estén distribuidos de manera normal y con la misma dispersión. El residuo tiene el siguiente formato:

$$e = Y_t - \hat{Y}_t \qquad (1.3)$$

A partir de lo estudiado en el inciso *1.8.1 Análisis histórico de la demanda del cobre,* se tendrán en cuenta las siguientes variables a la hora de estudiar el comportamiento futuro de la demanda:

- PBI Real de China.
- PBI Real Mundial.
- Índice de Producción Industrial de China.
- Consumo de Aluminio Mundial.
- Consumo de Cobre en años anteriores.

Tendremos en cuenta valores anuales de las variables en un período temporal del 2009 al 2018. Estos valores se muestran en la tabla a continuación.

Año	PBI Real China [mil millones de dólares]	PBI Mundial [mil millones de dólares]	índice de Producción Industrial	Consumo aluminio [ton]	Consumo cobre año anterior [ton]	Demanda de cobre [ton]
2009	5.101,7	60.334,1	0,1920	37,7	17,70	17,10
2010	6.087,2	66.051,2	0,1330	34,3	17,10	18,90
2011	7.551,5	73.393,2	0,1240	41	18,90	19,40
2012	8.532,2	75.085,1	0,1010	45	19,40	19,60
2013	9.570,4	77.236,3	0,1000	47,5	19,60	20,80
2014	10.438,5	79.332,6	0,0720	50,8	20,80	21,50
2015	11.015,5	75.049,4	0,0620	54,6	21,50	21,80
2016	11.137,9	76.163,8	0,0620	56,6	21,80	22,30
2017	12.143,5	80.950,6	0,0610	60,1	22,30	22,90
2018	13.608,15	82.709	0,0540	63,5	22,90	23,50

Tabla 1.7. Valores históricos para las variables explicativas consideradas.

Una vez definidas las variables a analizar en el modelo de proyección de la demanda, se continuó a evaluar con el set de variables que definen aquel más adecuado. Para esto, se realizó mediante la macro propuesta por la cátedra en Excel, una comparación de modelos, evaluando las principales métricas de los 31 distintos modelos. Cada uno de ellos, representa una combinación de variables independientes que buscan explicar mediante una regresión el comportamiento de la demanda de cobre. Las variables fueron identificadas de la siguiente manera.

- X1: PBI Real de China en mil millones de dólares.
- X2: PBI Real Mundial en mil millones de dólares.
- X3: Índice de Producción Industrial de China.
- X4: Consumo mundial del aluminio en toneladas.
- X5: Consumo del Cobre del año anterior en toneladas.

Este análisis se utiliza para descartar los modelos que no cumplan con los requisitos básicos de ajuste a la realidad y relación entre variables, para luego identificar cuáles son los mejores modelos sobre los que se debe accionar.

En la *Tabla 1.7* que se encuentra a continuación, se muestran los valores de R^2 ajustado, S^2, DET, PRESS, p y Cp, para cada modelo.

Se identifican y descartan todos aquellos modelos que presentan multicolinealidad con el DET mayor a 0,1. Además, se descartan aquellos modelos que contienen un Cp mayor a 5 veces el p, lo que implica que se tuvieron en cuenta variables innecesarias. Por otro lado, el R^2 Ajustado, el S^2 y el PRESS permiten jerarquizar los modelos siendo los mejores aquellos que presenten un R^2 Ajustado mayor y un S^2 y PRESS menor. Finalmente, en los casos en los que el modelo sea aceptado por la condición del CP, esta métrica servirá para identificar los mejores modelos que corresponden a los menores CP.

Modelo	R^2	S^2	DET	S $\|d_i\|$	PRESS	p	C_p
X2 X3 X4	0,990223	0,0588835	0,0051636	1,9837332	0,6589451	4	3,0239054
X2 X3 X5	0,9903729	0,0579808	0,0075221	2,0668834	0,6768777	4	2,9468849
X1 X2 X3 X5	0,9916223	0,0605471	0,0001073	2,2640868	0,8120761	5	4,3048654
X2 X3	0,9884958	0,0593882	0,1540143	2,2740519	0,8778127	3	1,9114575
X1 X2 X4	0,9893097	0,0643839	0,000884	2,7199188	1,0866577	4	3,493198
X2 X3 X4 X5	0,9903868	0,0694767	3,547E-05	2,6612716	1,1835141	5	4,9397614
X1 X2 X3	0,9886375	0,0684323	0,0027643	2,760239	1,2399242	4	3,8386035
X1 X2 X3 X4	0,9922155	0,05626	6,099E-05	2,7848669	1,3088212	5	4,0000598
X1 X3	0,9802643	0,1018815	0,1118556	2,9041773	1,4559583	3	6,141214
X1 X2 X4 X5	0,9905274	0,0684602	9,447E-06	3,3285715	1,4634794	5	4,8674827
X1 X2 X3 X4 X5	0,9922156	0,070324	3,827E-07	3,2623403	1,7621903	6	6
X1 X3 X5	0,9809107	0,1149682	0,0047516	3,36163	1,8221584	4	7,8090214
X1	0,9710357	0,1308319	1	3,4319058	1,9983038	2	8,8833347
X2	0,9683608	0,1429141	1	3,7046234	2,1665289	2	10,257791
X1 X2	0,9760783	0,1234907	0,0256899	3,6537257	2,2051015	3	8,2921739
X1 X3 X4	0,980359	0,1182915	0,0031694	3,737874	2,3268825	4	8,092559
X1 X3 X4 X5	0,9819618	0,1303654	2,305E-05	4,2138811	2,7030789	5	9,2689158
X2 X4 X5	0,9802319	0,1190565	0,0004384	4,1272886	2,7711165	4	8,1578296
X2 X5	0,9700508	0,1546065	0,0488523	4,326998	2,773669	3	11,389425
X1 X2 X5	0,9827099	0,1041328	0,0010672	4,2902783	2,8667954	4	6,8845454
X1 X5	0,9738622	0,1349307	0,046713	4,3028648	2,8788348	3	9,4309056
X2 X4	0,9756267	0,1258221	0,0374479	4,3336362	2,9912314	3	8,5242452
X1 X4	0,975414	0,1269198	0,0449861	4,3845234	3,234019	3	8,6335114
X3 X4 X5	0,97737	0,136293	0,0020246	4,6277683	3,735624	4	9,6284391
X1 X4 X5	0,9755002	0,1475541	0,0005031	4,9816996	4,1276674	4	10,589224
X3 X5	0,9627878	0,1920998	0,1929148	5,3831107	4,198005	3	15,121474
X3 X4	0,9716893	0,1461478	0,2294416	5,0122167	4,6053887	3	10,547446
X3	0,9231263	0,3472386	1	6,0106908	5,5870159	2	33,501586
X4	0,9005194	0,449354	1	5,3117724	6,8630215	2	45,118153
X5	0,9036967	0,435002	1	5,5601916	7,1072877	2	43,485479
X4 X5	0,9050013	0,4904103	0,0117066	5,6715047	8,3117911	3	44,815092

Tabla 1.8. Resumen de los modelos analizados.

Se puede identificar que todos los modelos resaltados en gris se descartan en primer medida porque el DET es mayor a 0,1 indicando multicolinealidad, o porque el Cp es mayor a 5 veces el p revelando la incapacidad del modelo.

De esta manera, los modelos que resultan aptos para un análisis más profundo de sus características son los que quedan sin marcar y que corresponden a regresiones con las variables independientes indicadas en la primer columna.

Los próximos pasos consisten analizar cada modelo por separado, estudiando la significancia de las variables y la coherencia con la que mueven a la demanda. Esto se llevará a cabo

utilizando la herramienta MiniTab. Ésta detalla las características relevantes de cada modelo, sobre las cuales se tomará la decisión del modelo con el que continuar.

Finalmente, se considerará el mejor modelo aquel que estadísticamente mejor ajuste a la realidad, con R^2 aceptable, es decir mayor a 0,8, una significancia de F menor a 0,05 y un valor de probabilidad menor a 0,05 para cada variables asegurando que éstas sean significativas. Por otro lado, se aportará criterio del negocio analizando que las variables muevan la demanda con sentido, puntualmente analizando el signo de los coeficientes, y considerando que las variables involucradas sean realmente explicativas de la demanda de cobre.

A partir de la realización del análisis de regresión de los 4 modelos que sobrevivieron a la primer etapa, se descartaron los modelos con las variables *X1 X3*, y *X2 X3*, debido a que los coeficientes de las variables del modelo no fueron significativos. En el *Anexo Mercado,* se pueden ver las tablas con los resultados de ambos modelos (*Figura 3.1* y *Figura 3.2*).

Por otro lado, en la *Figura 1.29* que se muestra a continuación se puede ver el análisis de regresión para las variables *Índice de Producción Industrial de China (X3)* y *Consumo mundial del aluminio en toneladas (X4)*. Donde la ecuación de regresión de la demanda en millones de toneladas queda determinada según:

$$Demanda = 18.57 - 25.46\, IPI\ China + 0.0948\, Consumo\ Aluminio \qquad (1.4)$$

Coeficientes

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	18.57	1.88	9.88	0.000	
X4	0.0948	0.0273	3.47	0.010	4.36
X3	-25.46	6.07	-4.19	0.004	4.36

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0.382293	97.17%	96.36%	87.26%

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	2	35.113	17.5565	120.13	0.000
X4	1	1.755	1.7549	12.01	0.010
X3	1	2.572	2.5718	17.60	0.004
Error	7	1.023	0.1461		
Total	9	36.136			

Figura 1.29. Resumen del modelo y Cuadro Anova.

En los resultados mostrados en la figura anterior *1.29 Resumen del modelo y cuadro Anova*, se puede visualizar el resumen resultante del modelo. A pesar de que los coeficientes del modelo son significativos, con un p-value menor a 0,05, se puede ver una incoherencia en los signos de los coeficientes tanto del índice de producción industrial como del consumo de aluminio. Teniendo en cuenta que el aluminio es un producto sustituto del cobre, el signo de este coeficiente debería ser negativo. Además, el signo del coeficiente del IPI debería ser positivo,

ya que la demanda del cobre debería aumentar con el aumento de la producción industrial de China.

Finalmente, se prosiguió con el estudio del modelo electo. Este modelo considera la variable *PBI real de China (X1)*. Donde la ecuación de regresión de la demanda en millones de toneladas queda determinada según:

$$Demanda = 13.811 + 0.000732\ PBI\ Real\ China \qquad (1.5)$$

Como se observa a continuación, el modelo presenta coherencia en los signos de los coeficientes, ya que la relación entre la demanda mundial de cobre y el PBI Real de China son directas. Además, los valores de significancia del modelo y los valores individuales son menores a 0,05. Es entonces que el modelo es aceptado. Es importante mencionar también que el modelo posee un R^2 ajustado de 96,74% lo que implica que representa adecuadamente la realidad. Los resultados obtenidos del estudio Anova son los siguientes.

Coeficientes

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	13.811	0.441	31.34	0.000	
X1	0.000732	0.000045	16.38	0.000	1.00

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0.361700	97.10%	96.74%	94.47%

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	1	35.089	35.0894	268.21	0.000
X1	1	35.089	35.0894	268.21	0.000
Error	8	1.047	0.1308		
Total	9	36.136			

Figura 1.30. Resumen del modelo y cuadro Anova.

A continuación, se realizó un análisis de los residuos, para comprobar que se cumplan los supuestos necesarios de mínimos cuadrados. Para esto, se analiza la gráfica de los residuos que se muestra en la siguiente figura:

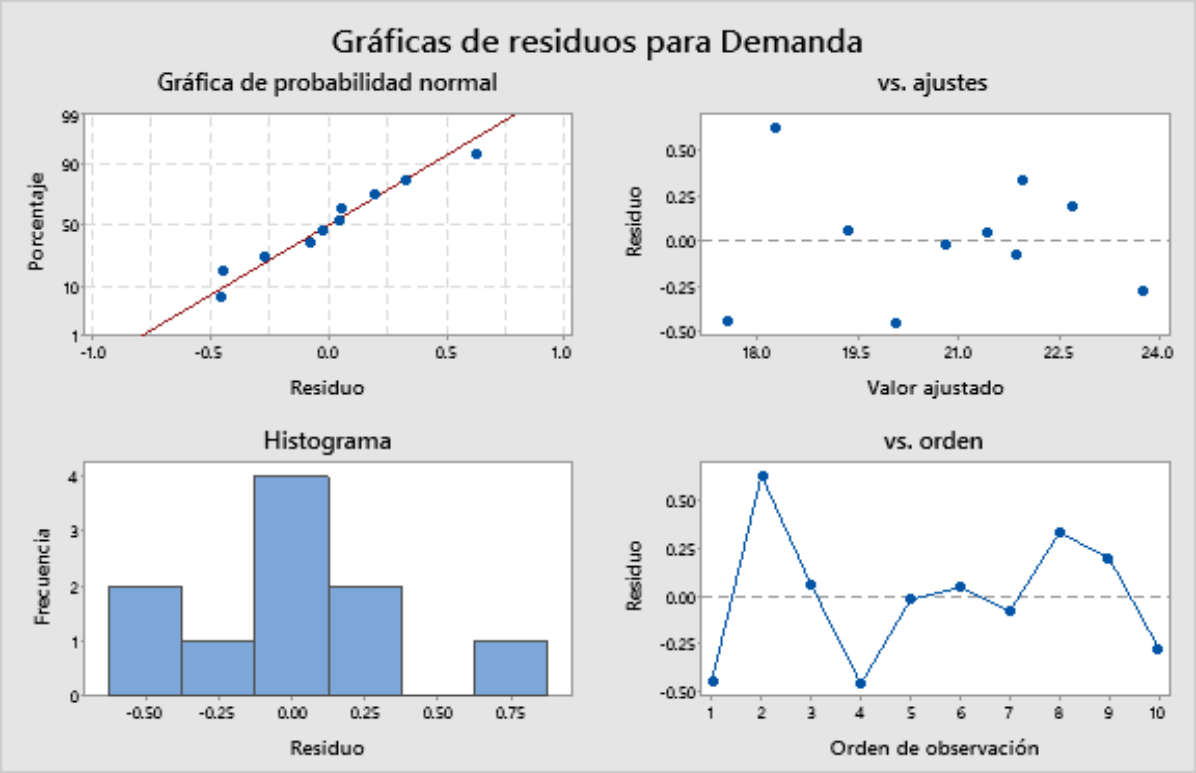


Figura 1.31. Gráficas de residuos para la demanda.

En el primer cuadrante, se ve la gráfica de probabilidad normal, en la que los residuos se ajustan a la línea de tendencia marcada, verificando el supuesto de normalidad. El supuesto de independencia de los datos también se cumple, ya que, como se observa en el gráfico de residuos vs orden, no se identifica la existencia de alguna clase de patrón o tendencia entre los mismos. Finalmente, tanto en el gráfico de residuos vs ajuste, como en el histograma, se puede ver que existe un equilibrio de los residuos alrededor del cero, verificando el supuesto de homocedasticidad.

A partir del análisis realizado anteriormente, se puede concluir que el modelo es correcto y ajusta a la evolución real de la demanda, estadística y conceptualmente, buscando confirmar la explicatividad de la variable independiente electa.

Remarcando este último punto, el modelo electo no sólo fue aceptado por ser aquel que mejor ajusta estadísticamente a la demanda mundial de cobre, sino que también valida el comportamiento particular del consumo de la industria en cuestión. China representa un 49% de la demanda mundial, por lo que tiene sentido que sus características influyan en el movimiento de la demanda en el tiempo. De todas maneras, es necesario aclarar que el PBI Real de China no explica al 100% la demanda mundial de cobre. Se utiliza este modelo por las razones explicadas anteriormente: es estadísticamente correcto y coherente en el contexto de la industria de cobre, pero teniendo en cuenta que se trata de explicar la demanda mundial del cobre fino, en la que China representa la mitad, y no puntualmente la china, caso en el que su demanda representa el 100% del alcance, hace falta hacer esta aclaración.

Una vez hecha esta aclaración, se puede concluir que el modelo es adecuado y por lo tanto se utilizará el mismo para realizar las proyecciones de la demanda. Para ello hay que primero proyectar la variable explicativa de la cual depende. Esto es necesario ya que van a hacer falta los valores futuros de esta para desarrollar la regresión de la demanda.

Proyección del PBI Real de China

Para hacer la proyección final de la demanda, primero se deberá proyectar el PBI Real de China, siendo esta la única variable significativa analizada en el inciso anterior. Para ello se utilizó la herramienta econométrica de serie de tiempos. Se usaron los datos históricos desde el año 2009 ya que a partir de ese valor la evolución de esta sigue una tendencia creciente estable, evitando los efectos de la crisis del 2008.

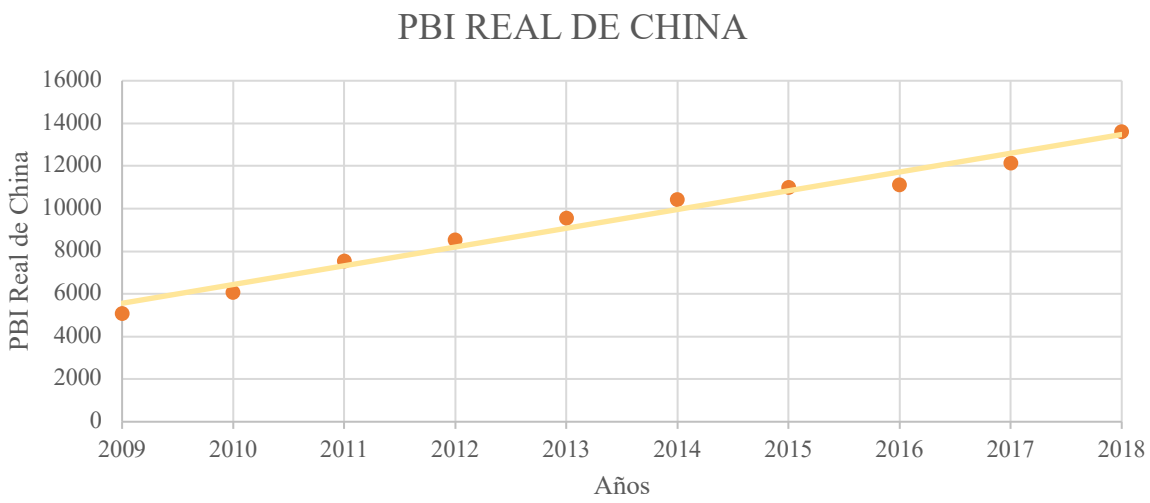


Figura 1.32. Evolución del PBI Real de China del 2009 al 2018.

Año	PBI Real China
2009	5.101
2010	6.087
2011	7.551
2012	8.532
2013	9.570
2014	10.438
2015	11.015
2016	11.137
2017	12.143
2018	13.608

Tabla 1.9. Evolución del PBI Real de China del 2009 al 2018.

Para proyectar el PBI real de China, primero se graficaron los datos en función del tiempo, y luego se trazó la línea de tendencia utilizando el método de mínimos cuadrados. La recta de tendencia se puede ver en la *fórmula 1.6*. Allí, para simplificar las cuentas, en los valores en el

eje horizontal, se renombraron los años 2009 a 2018 con una numeración que va desde el 1 hasta el 10, siendo el número 1, el equivalente al 2009. De este método se obtuvo la recta de tendencia:

$$Y = 880{,}01 * X + 4678{,}6 \quad (1.6)$$

Luego, se prosiguió a evaluar la media y el desvío del error con el objetivo de tener un mejor entendimiento de los datos. Este se calculó sobre los años utilizados para crear la recta de tendencia, ya que para su desarrollo hacen falta los datos reales del PIB Real de China en dichos años. El valor estimado corresponde al resultado obtenido de la recta de tendencia. Relacionando estos dos valores, se expresa el error de la siguiente manera con la *fórmula 1.3*:

$$e = Y_t - \hat{Y}_t$$

$Y =$ PBI Real China

$\hat{Y} =$ Recta de tendencia

Los valores obtenidos del error para cada uno de los años se encuentran plasmados en la tabla desarrollada a continuación:

Año	PBI Real China [mil millones de dólares]	Proyección PBI China [mil millones de dólares]	Error
2009	5.101	5.558	-456
2010	6.087	6.438	-351
2011	7.551	7.318	232
2012	8..532	8.198	333
2013	9570	9.078	491
2014	10.438	9.958	479
2015	11.015	10.838	176
2016	11.137	11.718	-580
2017	12.143	12.598	-455
2018	13.608	13.478	129
Suma de errores			0

Tabla 1.10. Tabla de errores.

Se buscó describir el comportamiento que tienen los datos del error extendidos en el tiempo. Conociendo que siguen una distribución normal, se continuó calculando los parámetros principales que la describen.

$$\bar{e} = \frac{\sum e_i}{n} \quad (1.7)$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum (e_i - \bar{e})^2}{n-1}} \quad (1.8)$$

Finalmente, la ecuación que se utilizará para la proyección es:

$$Y = 880{,}01 * X + 4678{,}6 + \mathcal{E} \qquad (1.9)$$

$$e = Normal\,(0, 417) \qquad (1.10)$$

Una vez definida la ecuación que rige el comportamiento del PBI Real de China se continuó realizando su proyección para la ventana temporal definida.

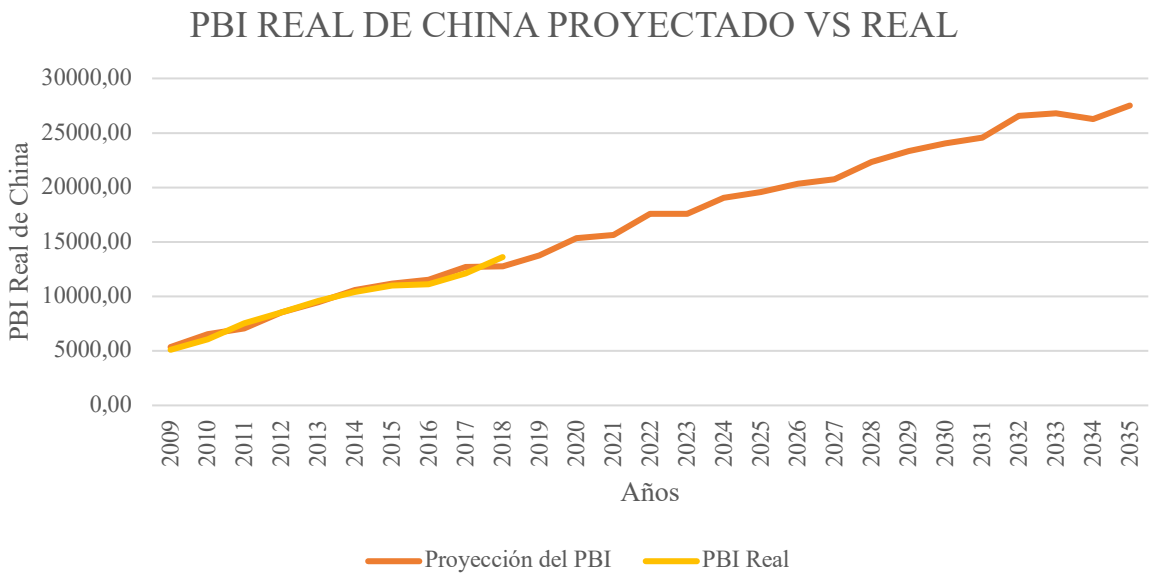


Figura 1.33. Proyección del PBI Real de China en miles de millones de dólares hasta el año 2035.

Año	Proyección PBI China [mil millones de dólares]
2018	12.731
2019	13.750
2020	15.324
2021	15.625
2022	17.593
2023	17.563
2024	19.032
2025	19.560
2026	20.314
2027	20.766
2028	22.340
2029	23.333
2030	24.036
2031	24.569
2032	26.572
2033	26.781
2034	26.266
2035	27.514

Tabla 1.11. Proyección del PBI Real de China en miles de millones de dólares hasta el año 2035.

Proyección de la demanda mundial de cobre

Finalmente se proyectó la demanda de cobre mundial con los datos obtenidos. Para ello se utilizó la *fórmula 1.5* obtenida para pronosticar la demanda, en conjunto con las proyecciones del PBI chino.

$$Demanda = 13.811 + 0.000732\ PBI\ Real\ China$$

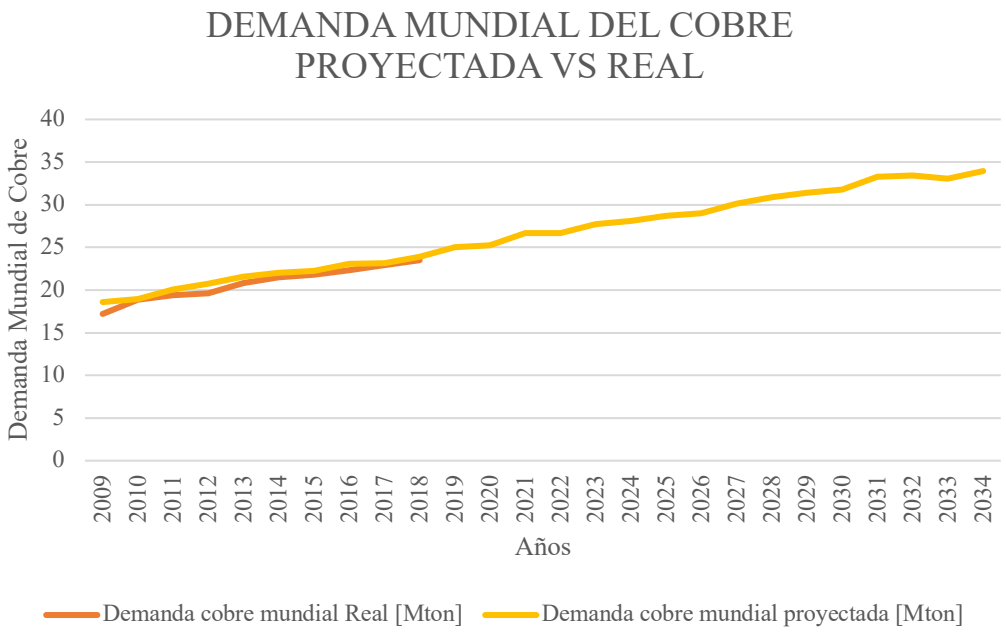


Figura 1.34. Proyección de la demanda de cobre hasta el año 2035.

Año	PBI Proyectado (billions)	Demanda cobre mundial proyectada [Mton]
2009	5.353	17,73
2010	6.526	18,59
2011	7.053	18,97
2012	8.549	20,07
2013	9.441	20,72
2014	10.581	21,56
2015	11.176	21,99
2016	11.510	22,24
2017	12.699	23,11
2018	12.731	23,13
2019	13.750	23,88
2020	15.324	25,03
2021	15.625	25,25
2022	17.593	26,69
2023	17.563	26,67
2024	19.033	27,74
2025	19.561	28,13
2026	20.314	28,68
2027	20.766	29,01
2028	22.340	30,16
2029	23.333,60	30,89
2030	24.036,80	31,41
2031	24.569,70	31,8
2032	26.572,60	33,26
2033	26.781,30	33,41
2034	26.266,50	33,04
2035	27.514,40	33,95

Tabla 1.12. Proyección de la demanda de cobre hasta el año 2035.

1.8.3 Análisis Histórico de la Oferta

A la hora de analizar el mercado oferente del cobre, el principal objeto de estudio son las cantidades de reservas del cobre en el mundo. En el inciso *1.1.3 Cobre en el Mundo*, en el estudio de las reservas de cobre, se encuentra detallada la distribución de ellas a lo largo del planisferio. Se puede observar que para 2019, las principales fuentes de reservas descubiertas a nivel mundial se encuentran en Chile, seguido por Australia y Perú.

En lo que respecta a la oferta histórica, se puede apreciar que el principal productor de cobre mina[39] es Chile, al igual que el principal exportador de cobre refinado, aunque su porcentaje de exportaciones a lo largo del período haya caído en promedio.

[39] Cobre Mina: representa la totalidad de la producción de cobre, ya sea en forma de concentrado de cobre o como cobre refinado.

País	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	TCAC 2008-17
Chile	5,30	5,40	5,40	5,30	5,50	5,80	5,70	5,80	5,60	5,50	0,4%
Perú	1,30	1,20	1,30	1,30	1,30	1,40	1,40	1,70	2,30	2,50	7,7%
China	1,00	1,10	1,20	1,30	1,50	1,60	1,70	1,50	1,70	1,80	6,6%
EEUU	1,30	1,20	1,10	1,10	1,20	1,30	1,40	1,40	1,50	1,30	0,0%
RD del Congo	0,20	0,30	0,40	0,50	0,70	0,70	1,00	1,10	1,00	1,10	19,0%
Resto del mundo	6,30	6,70	6,70	6,60	6,60	7,10	7,20	7,70	8,20	8,20	3,1%
Total Mundial	**15,4**	**15,8**	**16,1**	**16,1**	**16,8**	**18,1**	**18,4**	**19,2**	**20,4**	**20,4**	**3,2%**
% de cambio anual		3,00%	2,0%	0,0%	4,0%	8,0%	2,0%	4,0%	6,05	0,0%	

Tabla 1.13. Producción de cobre mina en Mton. Recuperado de CRU International Limited 2018.

País	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	TCAC 2008-17
Chile	2,9	3,1	3,1	2,9	2,8	2,7	2,6	2,6	2,6	2,3	-2,3%
Rusia	0,2	0,5	0,4	0,2	0,2	0,2	0,3	0,6	0,5	0,6	12,5%
Japón	0,4	0,6	0,5	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,5	2,3%
India	0,2	0,2	0,7	0,3	0,3	0,3	0,4	0,3	0,3	0,4	9,9%
Australia	0,4	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,5	0,4	0,5	0,4	-0,2%
Resto del mundo	2,9	3,1	2,7	3	3,3	3,6	3,6	3,1	3,8	3,7	2,5%
Total Mundial	**7,9**	**7,8**	**7,8**	**7,3**	**7,5**	**7,7**	**7,8**	**7,6**	**8,2**	**7,8**	**1,3%**
% de cambio anual		12,0%	-0,3%	-6,4%	3,1%	2,3%	1,5%	-2,2%	8,1%	-5,2%	

Tabla 1.14. Exportaciones de cobre refinado en Mton. Recuperado de CRU International Limited 2018.

1.8.4 Proyección de la Oferta

Teniendo en cuenta que el producto final que se comercializará es un commodity cuyo precio es fijado internacionalmente, se analizó el comportamiento mundial de la oferta.

Las proyecciones de la oferta de cobre se tomaron del análisis hecho por la Unidad de Planeación Minera Energética UPME. Ésta considera, por un lado, la producción potencial de cobre mina a largo plazo que asume que todos los proyectos se llevarán a cabo en tiempo y forma, es decir cumpliendo con la fecha de inicio estipulada y la cantidad de toneladas de extracción definidas. Por otro lado, la proyección marca la producción real de cobre, es decir aquella que considera todas las contingencias del proyecto: incumplimiento de fecha de inicio o tonelaje definido, o falta de permisos, financiamiento o licencias sociales. Finalmente, se llama Total Estimado a la producción futura de cobre ajustada a la realidad en cada etapa del proyecto.

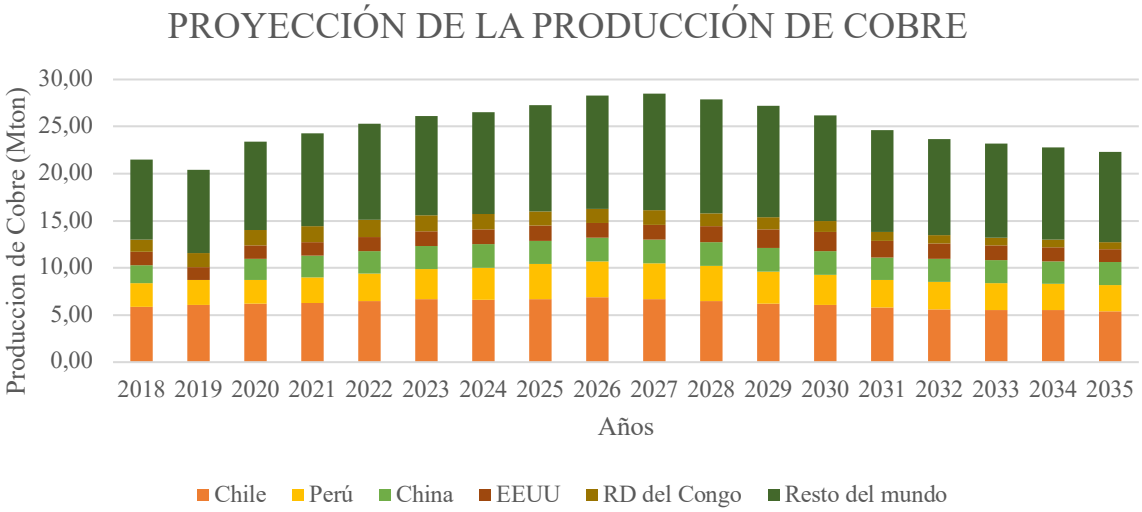


Figura 1.35. Proyección de la oferta mundial de cobre refinado en millones de toneladas hasta 2035.

País	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Chile	5,90	6,10	6,20	6,30	6,50	6,70	6,60	6,70	6,90	6,70
Perú	2,50	2,60	2,50	2,70	2,90	3,20	3,40	3,70	3,80	3,80
China	1,90	2,0	2,30	2,30	2,40	2,40	2,50	2,50	2,50	2,50
EEUU	1,40	1,40	1,40	1,40	1,50	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60
RD del Congo	1,30	1,50	1,60	1,70	1,80	1,70	1,60	1,50	1,50	1,50
Resto del mundo	8,50	8,80	9,40	9,90	10,20	10,50	10,80	11,30	12,00	12,40
Total Mundial	**21,4**	**22,4**	**23,4**	**24,4**	**25,2**	**26,2**	**26,6**	**27,3**	**28,3**	**28,5**
% de cambio anual		4,4%	4,5%	4,2%	3,5%	3,9%	1,5%	2,8%	3,5%	0,9%
Total estimado	**20,6**	**20,8**	**21,3**	**21,9**	**22,3**	**22,7**	**22,7**	**22,5**	**22,6**	**22,3**

País	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	TCAC 2018-2035
Chile	6,50	6,20	6,10	5,80	5,60	5,50	5,50	5,40	-0,5%
Perú	3,70	3,40	3,20	2,90	2,90	2,90	2,80	2,80	0,7%
China	2,50	2,50	2,50	2,40	2,50	2,40	2,40	2,40	1,5%
EEUU	1,70	2,00	2,00	1,80	1,60	1,60	1,50	1,40	0,3%
RD del Congo	1,40	1,30	1,20	0,90	0,90	0,80	0,80	0,70	-3,4%
Resto del mundo	12,10	11,80	11,20	10,80	10,20	10,00	9,80	9,60	0,7%
Total Mundial	**27,8**	**27,2**	**26,1**	**24,6**	**23,7**	**23,2**	**22,8**	**22,3**	**0,2%**
% de cambio anual	-2,4%	-2,2%	-4,2%	-5,9%	-3,5%	-2,2%	-1,6%	-2,1%	
Total estimado	**21,6**	**21,1**	**20,3**	**19,1**	**18,4**	**18,0**	**17,7**	**17,4**	**-1,0%**

Tabla 1.15. Proyección de la oferta mundial de cobre hasta 2035.

Se observa que la mayor producción de cobre se obtendrá en 2027 con 22,3 millones de toneladas si es que permanecen los proyectos en cuestión sin incorporar nuevos los años próximos. En este caso, se obtendrán para 2035 unas 17,4 millones de toneladas. Discriminando por países, Chile liderará la producción de cobre los años venideros alcanzando

su máximo en 2026 con 6,9 millones de toneladas ese año. En segundo lugar, Perú mantiene 3,8 millones de toneladas anuales en el 2026 y 2027, siendo China el tercer productor de cobre hasta 2035 alcanzando un máximo de 2,5 millones de toneladas en 2026, valor que se estabilizará en el tiempo.

Una vez analizada el comportamiento de la oferta mundial en el futuro fue necesario hacer algunas aclaraciones que contribuyen a explicar la realidad de la producción futura. El principal componente a tener en cuenta fueron los eventos de apertura y cierre de proyectos que mueven la oferta, ya que estos no son contemplados para el análisis realizado anteriormente.

Teniendo en cuenta que el comportamiento de la oferta en el tiempo es escalonado, y que los saltos de producción se deben a la apertura de nuevos proyectos y el cese de aquellos que llegan a consumir el recurso, fue necesario remarcar los principales eventos de este tipo que ocurrirán en la ventana de análisis definida y que mueven el valor de la producción futura. La evolución de la oferta del cobre sufre cambios abruptos marcando saltos escalonados gracias a las inversiones que se realizan para comenzar la producción del recurso en cuestión. Es de suma importancia tener en cuenta los proyectos de estas características ya que influyen en gran medida sobre la oferta proyectada. En otras palabras, las proyecciones de la oferta obtenidas de la Unidad de Planeación Minera Energética se verán afectadas en el futuro por las consecuencias que traiga la apertura de nuevos proyectos y el cierre de yacimientos actualmente en producción. A continuación, se muestran los proyectos que se espera que se incorporen en los próximos años, y aquellos que cesarán durante el período analizado.

Proyecto Incorporado	País	Año
Cobre Panamá	Panamá	2019
Qulong	China	2019
Kamoa Fase 1	República Democrática del Congo	2021

Tabla 1.16. Proyectos con posibilidad de incorporación.

Proyecto Cerrado	País	Año
Spence	Chile	2025
Tenke Fungurume	República Democrática del Congo	2026
Radomiro Tomic	Chile	2028
Antamina	Perú	2029
Las Bambas	Perú	2030

Tabla 1.17. Proyectos que cerrarán.

Puntualmente, para los proyectos argentinos, se analizaron las características de la oferta haciendo base en las extracciones actuales de los proyectos vecinos y contemplando la durabilidad esperada de cada uno de ellos. Los proyectos analizados consideran una producción anual de entre 200 y 250 miles de toneladas. Además de los márgenes que maneja la producción actual del cobre, se consideró un tercer escenario en el que se llegue a producir 300 miles de toneladas anuales, esta distinción se debe a que El Pachón es el mayor yacimiento del sector. En la *Figura 1.6* se detalla cuáles son los proyectos activos en Argentina actualmente. Una vez

más, es importante tener en cuenta aquellos proyectos que cesarán en la ventana de análisis definida, y cuales se activarán en la misma. Estos eventos futuros pueden significar cambios en la oferta.

1.8.5 Relación entre la Oferta y la Demanda

Una vez definido el comportamiento de la demanda y la oferta para los años venideros, hace falta analizar si existe una brecha entre estos valores que permite colocar el producto en cuestión en el mercado futuro. Resulta fundamental para la ejecución del proyecto confirmar que la industria realmente se comporta según las características de un commodity, ya que de esta manera se confirmará el destino de la oferta generada. La *Figura 1.36* que se encuentra a continuación visualiza las proyecciones de la oferta y la demanda en conjunto permitiendo ver la diferencia entre sus trayectorias en el futuro.

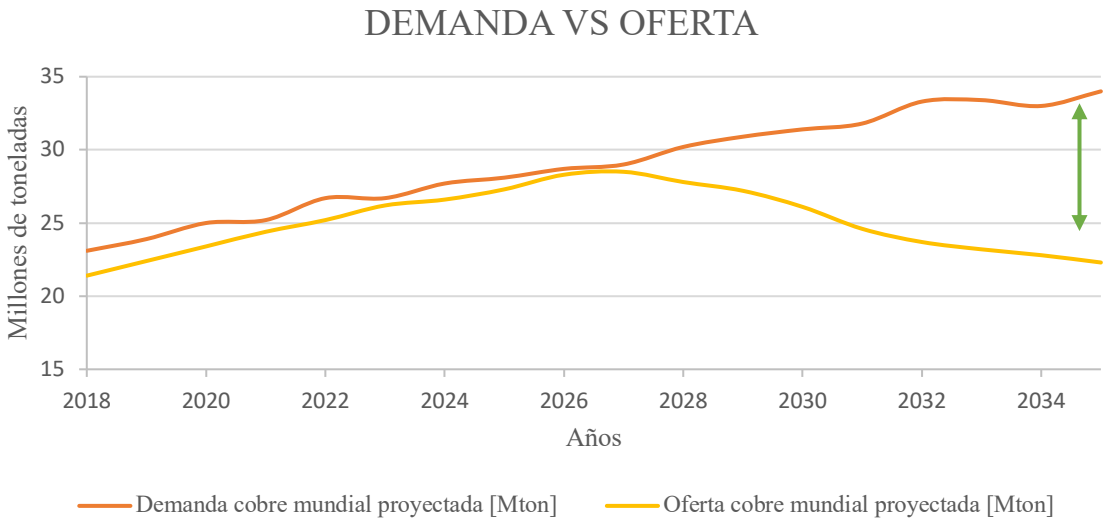


Figura 1.36. Proyecciones de demanda y oferta hasta 2035.

Año	Demanda cobre mundial proyectada [Mton]	Oferta cobre mundial proyectada [Mton]
2018	23,1	21,4
2019	23,9	22,4
2020	25,0	23,4
2021	25,2	24,4
2022	26,7	25,2
2023	26,7	26,2
2024	27,7	26,6
2025	28,1	27,3
2026	28,7	28,3
2027	29,0	28,5
2028	30,2	27,8
2029	30,9	27,2
2030	31,4	26,1
2031	31,8	24,6
2032	33,3	23,7
2033	33,4	23,2
2034	33,0	22,8
2035	34,0	22,3

Tabla 1.18. Proyecciones de demanda y oferta hasta 2035.

La diferencia observada entre la cantidad de cobre refinado que se demandará en el futuro respecto al ofrecido permite fundamentar la demanda *infinita* que existe en la comercialización de los productos commodity. En otras palabras, existirá siempre una brecha entre la oferta y la demanda que demuestra que se puede colocar en el mercado la totalidad de lo producido. Este comportamiento define una demanda insatisfecha que permitirá la introducción del producto final del proyecto a su debido tiempo.

Es necesario aclarar que la dimensión de la brecha que existe entre la demanda y la oferta futura no es totalmente representativa a largo plazo. Esta particularidad se explica por dos diferentes razones. Por un lado, como ya se ha observado en el análisis de la demanda, la proyección obtenida a través de una regresión que considera únicamente al PBI Real de China como variable independiente no es 100% explicativa de la demanda mundial real del cobre. Las razones por las que se optó proseguir con este modelo para el análisis del mercado fueron nombradas anteriormente. De todas maneras, a la hora de relacionarla con la oferta para observar el posible *gap* que representa una oportunidad para el proyecto en cuestión, hace falta volver a remarcar este punto ya que afecta la dimensión que cobra la brecha.

Por otro lado, y como ya fue evaluado en la proyección de la oferta de cobre, se debería considerar que los valores futuros se ven afectados por la apertura de nuevos proyectos y el cierre de aquellos que cumplen con su vida útil. De esta manera, no se puede asegurar que el comportamiento de la oferta proyectado sea 100% representativo. Esta cuestión, una vez más, contribuye con la aclaración de que la dimensión de la brecha futura no se ajusta del todo con la realidad. Se debería prestar especial atención a la evolución de la oferta a partir del del 2027 donde se alcanza el pico, por lo que, de no observarse un impacto en la oferta por la apertura de nuevos pozos, esta empezará a caer agravando la brecha con la demanda.

Finalmente, a pesar de que la vida útil del proyecto es de 51 años, el análisis de la oferta y demanda futura se realizo hasta el 2035. La razón es que la proyección de la oferta se obtuvo de fuentes de información que cuentan con los recursos para realizar un mejor análisis futuro de la oferta. Teniendo en cuenta que el dimensionamiento del mercado de un producto commodity se centra principalmente en el análisis del precio y que los resultados obtenidos de las proyecciones de oferta y demanda no son representativos a largo plazo, se considero que tomar hasta el 2035 es suficiente.

Conclusión

La brecha proyectada en el *Figura 1.36* fue construida mediante las proyecciones de oferta y demanda realizadas, las cuales, como se mencionó anteriormente, si bien son correctas estadísticamente, puede que las variables elegidas no expliquen de manera completa el comportamiento del mercado. Es por esto que la brecha puede ser más pequeña de lo que se proyecta si se tienen en cuenta los factores que modifican a la oferta y a la demanda, como el cierre y apertura de proyectos mineros, o cambios en los patrones de consumo en los demandantes de cobre del mundo.

1.8.6 Análisis Histórico del Precio

En lo que respecta a la evolución histórica del precio, se puede apreciar que el commodity mantuvo un valor relativamente constante a lo largo de los años hasta aproximadamente el año 2001.



Figura 1.37. Serie del precio histórico del cobre en U$S/ton desde 1959 hasta abril 2020.

A partir del año 2001, el precio del cobre experimenta un crecimiento abrupto debido a la industrialización y tecnificación masiva de grandes potencias como China. Hemos mencionado anteriormente que uno de los principales drivers que afecta el precio del cobre en el mundo es el grado de industrialización de una nación: a mayor industrialización, se demandará más cobre.

Por ende, el precio subió a principios del milenio. Además, se considera que el tamaño de la demanda de China es un factor con suficiente peso como para afectar el precio internacional del commodity. Es importante destacar que el valor promedio que se venía manteniendo a lo largo de los años, cambia luego del 2001 para estabilizarse alrededor de otro valor superior. Se puede apreciar también una fuerte caída del precio en el año 2008. Esto se debió a la crisis financiera que afectó a las economías del todo el mundo, causando una recesión en todos los mercados y contrayendo la demanda de cobre. Superado este período de baja en el precio en el 2008, se puede observar un período con cierta estabilidad en torno a un valor.

1.8.7 Proyección del Precio

Para proyectar el precio de los cátodos de cobre, dado que se trata de un commodity, se realizó un análisis con la herramienta estadística Mean Reversion. Siguiendo la metodología propuesta por la cátedra, se realizaron los siguientes pasos tomando como punto de partida la serie de tiempo del valor histórico del cobre que se muestra en el inciso anterior (*1.8.5*), pero tomando únicamente los valores del año 2003 en adelante debido a que el valor medio del precio se estabiliza a partir de ese año. Los pasos realizados fueron los siguientes:

Paso 1: Validar la regla Random Walk: El valor de la variable en el período t es función del valor de la variable en t-1 más un error.

$$Y_t = Y_{t-1} + E_t \qquad (1.11)$$

Con:

Y_t*:* valor en el período t

E_t*:* error aleatorio en t

Para validar la regla, la correlación entre el E_t y el E_{t-k} debe tender a 0 y debe existir una alta correlación entre Y_t e Y_{t-1}.

A continuación, se muestran los resultados que demuestran que el precio de los cátodos de cobre valida la regla Random Walk:

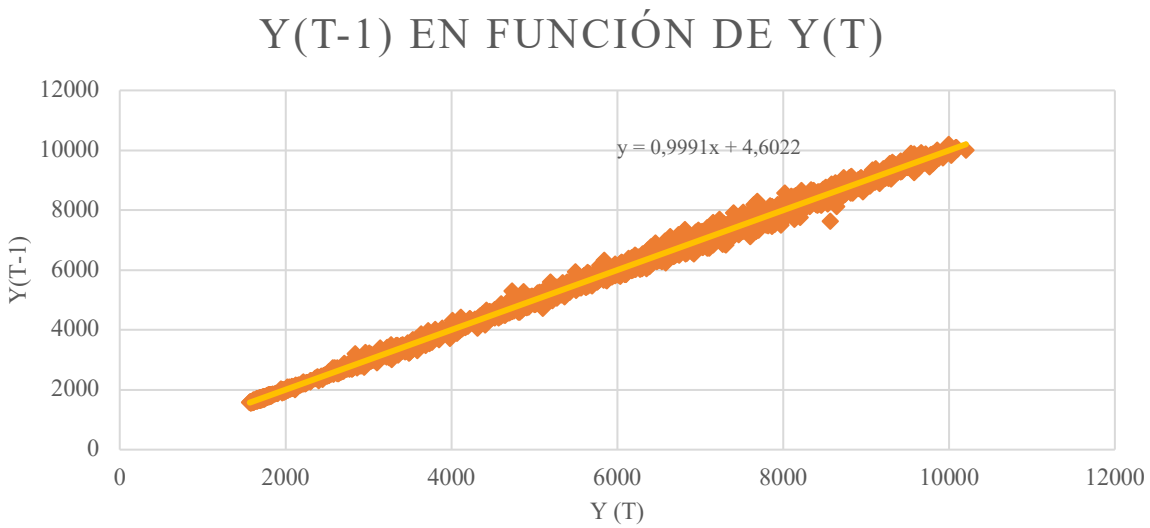


Figura 1.38. Y(t-1) en función de Y(t) para explicar su correlación.

Como se puede observar en la *Figura 1.38*, existe una alta correlación entre los datos en el tiempo t y los mismos datos en el tiempo t-1. Además, se puede observar que el coeficiente de correlación entre estos datos es de 0,9985, el cual es mayor a 0,85.

Asimismo, se puede verificar que los errores entre un período y el anterior no tienen ningún tipo de correlación y son independientes entre sí. Esto se observa en la forma de "nube aleatoria" que tienen los puntos y en los bajos coeficientes de correlación. Los gráficos correspondientes se adjuntan en el *Anexo Mercado* en las *Figuras 3.3*, *3.4* y *3.5*.

CORRELACIÓN	**-0,0589945**	**-0,0590505**	**-0,0591927**

Tabla 1.19. Coeficientes de correlación entre los datos.

Los coeficientes de correlación entre Y(t-1) e Y(t-2); Y(t-2) e Y(t-3) y Y(t-3) e Y(t-4) se encuentran todos entre 0,25 y -0,25, por lo cual se puede concluir que los datos validan la regla Random Walk.

Paso 2: Identificar la Distribución Probabilística del error: el error debe seguir una distribución Normal con media igual a 0.

Para probar este punto, se tomó el error entre Y(t) e Y(t-1) y se graficó el histograma correspondiente para poder observar la forma que siguen dichos errores. A continuación, se presenta el histograma obtenido:

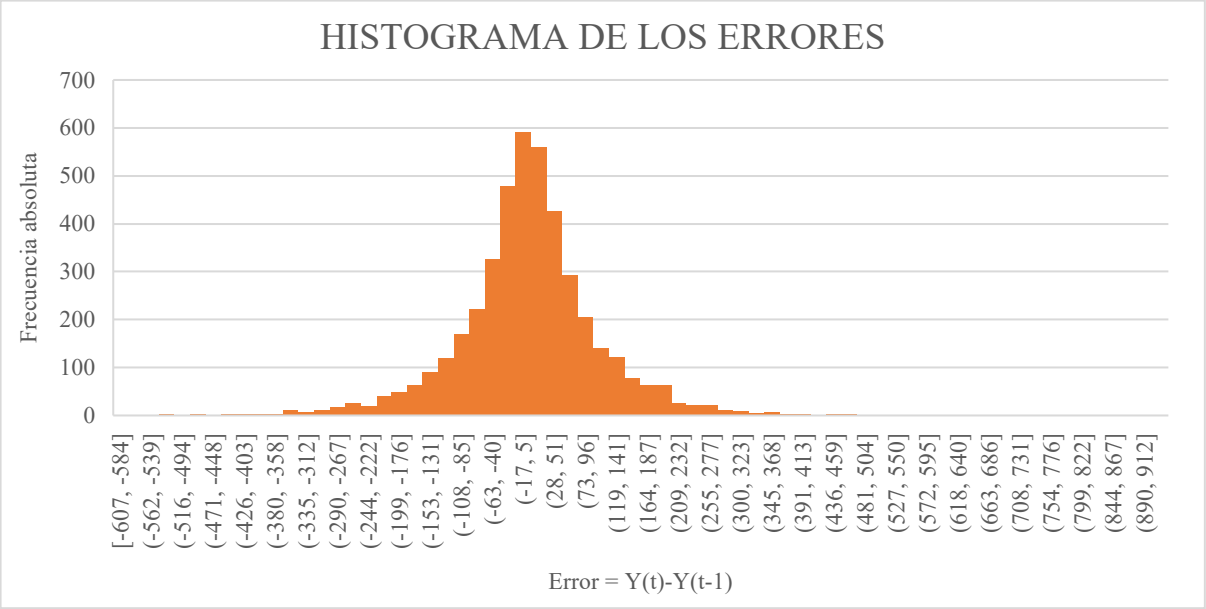


Figura 1.39. Histograma de los errores.

Según se puede apreciar en la *Figura 1.41*, el histograma de los errores entre Y(t) e Y(t-1) presenta una forma que se asemeja a una distribución Normal, con una media centrada en 0,83.

Luego de haber validado todas estas reglas, se procedió graficar el precio del cobre hasta el año 2035 empleando el método Random Walk, obteniendo resultados que divergen en el tiempo, por lo cual se procedió a trabajar con el modelo Mean Reversion.

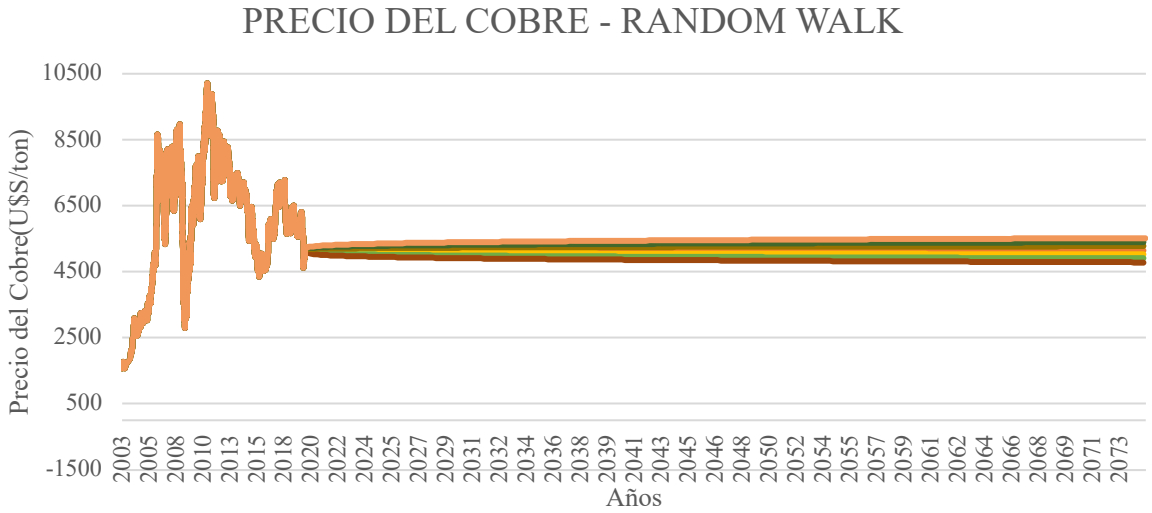


Figura 1.40. Gráfico del precio en U$S/ton hasta 2074 aplicando el modelo Random Walk.

Paso 3: Aplicación del modelo Mean Reversion

El modelo Mean Reversion se ajusta más al comportamiento natural del precio de commodities. La teoría básica de microeconomía apunta a que, en el largo plazo, el precio de un commodity

debería estar vinculado al costo marginal de producción a largo plazo. Para aplicar el modelo Mean Reversion, se empleó la misma serie de tiempo que para el modelo Random Walk, es decir desde el 2003 en adelante, habiendo validado todos los supuestos previamente.

Para calcular los coeficientes y parámetros necesarios para la aplicación de este modelo, se debe resolver la siguiente ecuación diferencial y calcular la siguiente regresión lineal:

$$dY(t) = \eta\,(M - Y(t))\,dt + \sigma\,dB(t) \qquad (1.12)$$

$$Y(t) - Y(t-1) = a + b\,Y(t-1) + \varepsilon t \qquad (1.13)$$

Para luego poder calcular η mediante la fórmula η = - ln (1+b).

Es importante aclarar que el modelo Mean Reversion se construyó con los datos de 2003 en adelante debido a un cambio en el valor medio del precio del cobre, como se ha mencionado previamente.

Como resultado de la regresión, se obtuvieron los siguientes coeficientes: a = 13,1379 y b = -0,0020593; por lo tanto, η = 0,00206147. A partir de estos resultados, se reemplazaron los valores en la solución de la ecuación diferencial mencionada previamente y se pronosticaron los valores para el precio del cobre hasta 2074 mediante el uso de Mean Reversion.

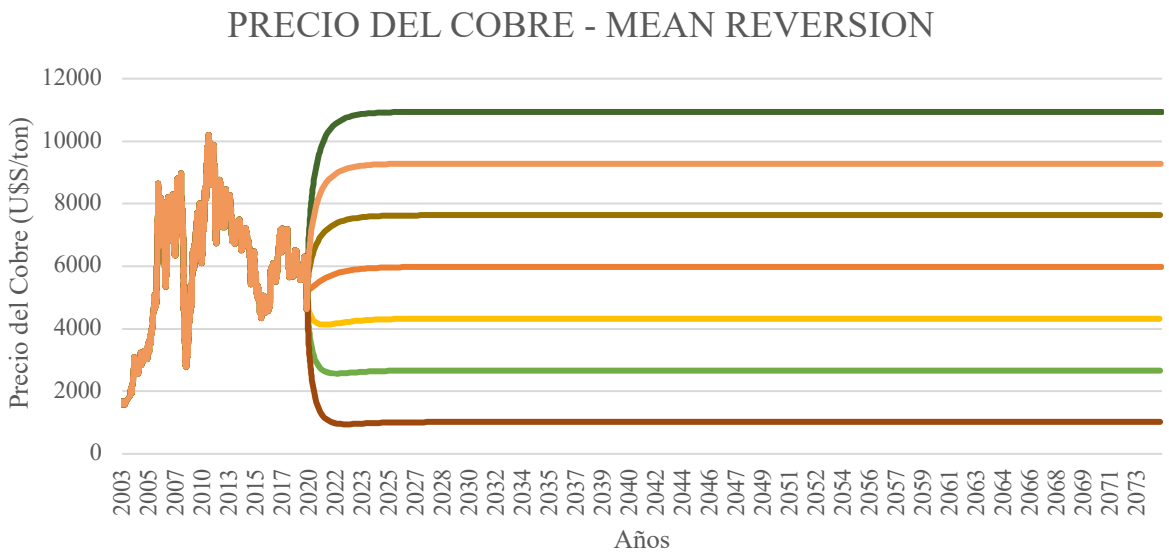


Figura 1.41. Gráfico del precio del cobre hasta 2074 aplicando el modelo Mean Reversion.

Como se puede apreciar, en este caso las proyecciones para el precio del cobre no divergen en el tiempo como en el modelo Random Walk, sino que tienden a un valor y se estabilizan en él. El valor medio que es de esperarse para el precio ronda los 6000 U$S/ton.

Es pertinente aclarar que, si bien el modelo Mean Reversion pronostica valores estables en el tiempo basándose en una media histórica, se entiende que el precio del cobre puede variar en el futuro dependiendo de cambios en las tendencias y en los mercados.

El modelo predice un valor estable tanto para la media del precio como para sus posibles variaciones (sigmas) y no permite la introducción de otras variables explicativas dentro del modelo más que el valor del precio de manera histórica. Es posible que el pronóstico del valor medio no se mantenga constante debido al cierre y apertura de yacimientos cupríferos en los próximos años. Por ejemplo, el yacimiento Bajo de la Alumbrera, en la provincia de Catamarca, seguirá operando hasta 2029[40] cambiando de modalidad *open pit* a subterráneo, reduciendo la cantidad de cobre que extraerá debido al agotamiento del suelo. Resulta inevitable, como en el caso de Catamarca, que las minas disminuyan o cierren su producción debido al agotamiento de los yacimientos, y es allí cuando surge una oportunidad para que ingresen nuevos oferentes al mercado. La reducción o aumento en la oferta hará que el precio fluctúe, al igual que los cambios que se puedan producir en la demanda, como la introducción masiva al mercado de productos sustitutos innovadores como los semiconductores, que harán que ésta se contraiga; o por un crecimiento acelerado de la electrificación masiva de productos de consumo doméstico, aumentando la demanda de cobre y, por ende, aumentando su precio.

1.8.8 Proyección de Ventas

Según el análisis de sostenibilidad y evaluación del suelo se sabe que El Pachón tiene alrededor de 15 millones de toneladas de Cu (ver *Figura 1.6 Yacimientos de cobre en Argentina)*.

Para proyectar la capacidad de producción anual de la mina y por consiguiente las ventas, se analizaron proyectos en el país de una envergadura similar. Como se puede observar en la *Tabla 1.15* la producción anual estimada de cobre ronda entre las 180 y 250 miles de toneladas. Por otro lado, se puede observar en la *Figura 1.6 Yacimientos de cobre en Argentina* que las toneladas de Cobre presentes en El Pachón son mayores que en el resto de los yacimientos.

Yacimiento	Provincia	Vida Útil Mínima (años)	Producción Anual Estimada (Kton Cobre Fino)
Agua Rica	Catamarca	40	250
Alumbrera	Catamarca	15	180
Taca Taca	Salta	40	200
Los Azules	San Juan	35	200
Famatina	La Rioja	40	250

Tabla 1.20. Producción estimada de diferentes yacimientos de la República Argentina.[41]

[40] Información obtenida de: Diario Mining Press

[41] Información obtenida de: Argentina Mining

Teniendo en cuenta la incertidumbre de la Argentina, la volatilidad de las medidas económicas, políticas, ambientales, y el factor mano de obra, se tendrán en consideración tres valores diferentes de toneladas de producción anual de cobre en El Pachón: 200, 250 y 300, en miles. Estos tres escenarios simbolizan, respectivamente, un horizonte pesimista, neutral y optimista. Es importante destacar que, dependiendo de la producción anual, la vida útil de la mina cambiará.

También se tuvieron en consideración otros elementos a la hora de proyectar las ventas. Por un lado, la construcción de la mina y la planta de refinación tardan entre 2 y 3 años, por lo cual se inició la proyección recién en 2023. Luego, una vez puesta en marcha la planta, tarda aproximadamente 4 años en lograr una capacidad casi máxima del 95%[42]. Los porcentajes de los años previos a la capacidad semi-máxima fueron basados en datos de un proyecto de minería de cobre realizado en Perú. En este proyecto el tiempo hasta el 95% de capacidad fueron 3 años, pero en el caso de Argentina se decidió tener en consideración posibles retrasos y extenderlo a 4. Es importante aclarar que la capacidad nunca es máxima en ningún proyecto ya que siempre surgen imprevistos. Asimismo, el ciclo de vida de una mina no sostiene la capacidad del 95% indefinidamente. Una vez que se llega a esta máxima capacidad, comienza a descender a lo largo de los años debido a que cada vez es más difícil sacar el mineral a medida que la cantidad va disminuyendo.

El detalle de la evolución año a año de cada uno de los tres escenarios se encuentra disponible en el *Anexo Mercado*, en las *Tablas 3.2*, *3.3* y *3.4*.

Finalmente, se empleó la proyección del precio del Cu realizada mediante el modelo Mean Reversion y se analizaron las ventas hasta el 2035.

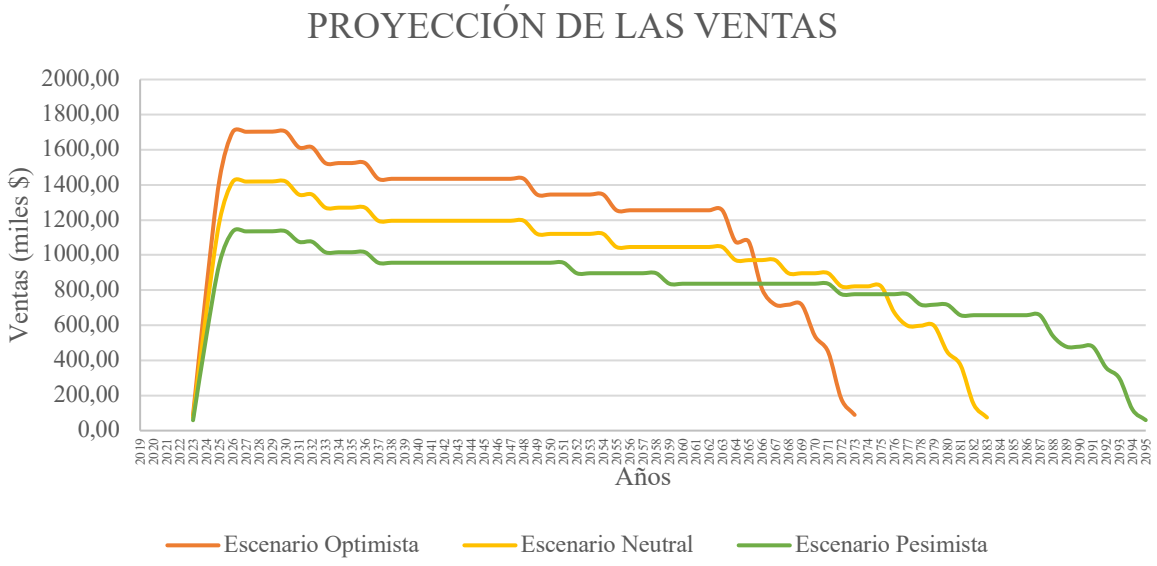


Figura 1.42. Gráfico con la proyección de las ventas para los tres escenarios planteados.

[42] Información obtenida mediante entrevista a Ceresetto, Diego.

2. ESTUDIO DE INGENIERÍA

2.1 Introducción Ingeniería

En la siguiente sección se analizaron los factores más importantes para la extracción y refinación del cobre. Primeramente, se realizó un diagrama del proceso completo, desde la extracción del mineral hasta su colocación en el puerto para ser comercializado como cátodos de cobre. Se han tenido en cuenta los factores principales e imprescindibles para que el proyecto pueda llevarse a cabo.

Para la realización del estudio de Ingeniería fue necesario realizar un análisis sobre la macrolocalización del proyecto, así como la microlocalización de la mina, y la planta refinadora.

Seguido a la localización, se mostrará el proceso productivo con todas sus etapas, las maquinarias necesarias para el funcionamiento y la evaluación de las tecnologías disponibles según un estudio objetivo de los determinantes deseables de cada una de ellas.

Con las maquinarias elegidas, se mostrará el balance de línea para la obtención estimada de cátodos de cobre, la cantidad de equipamiento necesaria y demás cálculos relevantes para el entendimiento del proceso. Se mostrarán las consideraciones legales y ambientales relevantes al proyecto en su conjunto.

2.2 Localización

En esta sección se estudió el emplazamiento, tanto a nivel macro como a nivel micro, de las instalaciones necesarias para el desarrollo del proyecto: la mina a cielo abierto, la planta refinadora de cobre y el campamento minero para los trabajadores de la mina, como así también las escombreras, los reservorios de agua dulce, la planta de tratamiento de efluentes y los diques de cola. Será de vital importancia la cercanía de las instalaciones para evitar costos de traslado elevados.

2.2.1 Macro Localización de la Mina a Cielo Abierto

En la Argentina hay una gran cantidad de yacimientos cupríferos disponibles para explotar, dejando al país con una capacidad de producción similar a la de Perú en caso de que se explotaran todos los yacimientos al máximo. Las opciones de localización del proyecto, por lo tanto, son varias.

Las mayores reservas de cobre de la Argentina se encuentran en el norte y oeste del país, e incluye las provincias de San Juan, Salta, Catamarca, La Rioja, Mendoza y Neuquén. Dentro de cada provincia, hay distintos depósitos disponibles para explotar, cada uno de los cuales cuenta con reservas de diferente dimensión. A continuación, se encuentran los yacimientos con sus respectivas provincias y el tamaño de sus depósitos.

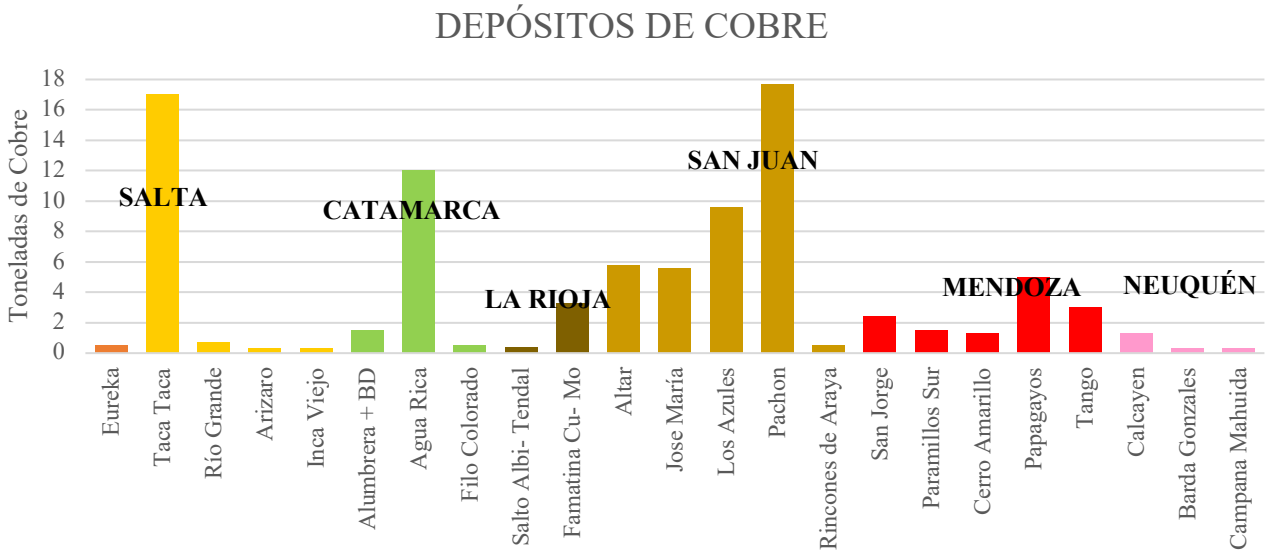


Figura 2.1. Depósitos de cobre en Argentina.

La decisión de cuál yacimiento es el más atractivo para el proyecto requirió el análisis de varios puntos. Estos se encuentran detallados a continuación.

2.2.1.1 Factores para Decisión de la Macro Localización

En la siguiente sección se analizaron los puntos más importantes para la decisión de la macro localización del proyecto. Cada uno de los factores a analizar se caracterizaron como obligatorios, eliminando las opciones que no cuenten con dicha característica, y deseables, aquellas que son importantes pero que no son excluyentes para la decisión final.

Factores obligatorios:

- Propiedades disponibles.
- Disponibilidad de agua.
- Accesibilidad de los caminos.

Factores deseables:

- Rendimiento del recurso: Ley de cobre.
- Cantidad de cobre.
- Accesibilidad del recurso.
- Costo aproximado de inversión.
- Incentivos fiscales.
- Disponibilidad de electricidad.

A continuación, se procedió a hacer una descripción de cada uno de los factores, así como también un análisis de cada uno de los yacimientos.

Obligatorios

Propiedades disponibles

Dentro de los yacimientos en análisis, resulta indispensable analizar si estos mismos se encuentran disponibles para la explotación del cobre. En primer lugar, todo el territorio argentino que no presente cobre en sus subsuelos fue descartado del análisis. Además, en el caso de que las características de su relieve, o el terreno ya se encuentre en manos de otra empresa productora que impida el posicionamiento de este proyecto, el yacimiento se descarta de las posibilidades. Además, la extensión de tierra debe ser lo suficientemente grande como para poder justificar un proyecto minero.

Todos los yacimientos en análisis se encuentran en condiciones adecuadas respecto a la disponibilidad del terreno para desarrollar el proyecto, por lo que no se elimina ninguno de los proyectos respecto a su viabilidad.

Disponibilidad de agua

El agua es un recurso indispensable para la explotación del cobre. Cumple la función de evitar la contaminación de polvos luego de la explosión, como así la de separar minerales durante la extracción. Se utiliza también para separar y recuperar metales en el método de flotación y separación gravitacional, así como para la lubricación, refrigeración y limpieza en la perforación de los pozos. Se emplea también en la molienda y en la electro refinación. Es excluyente contar con grandes reservas de agua para poder avanzar con el proyecto. [43]

Respecto a la disponibilidad de agua que presentan los diferentes yacimientos, la característica de que su ubicación es montañosa aumenta las posibilidades de contar con ríos cercanos de los cuales pueden alimentar un posible proyecto de extracción de cobre. En todos los casos, se busca proveer el recurso necesario a partir de los acuíferos del sector y los caudales superficiales disponibles. A medida de que estos no resulten suficientes se acude a proveedores industriales de agua. Finalmente, todos los proyectos presentan acceso al agua de una u otra manera.

Accesibilidad de los caminos

La importancia de la accesibilidad a la ubicación del proyecto es fundamental ya que es la vía de comunicación con los insumos necesarios para el desarrollo del producto final, con la mano de obra involucrada en el proyecto que se instalará en los campamentos con una frecuencia determinada de días de trabajo y días de descanso, con los servicios esenciales a proveer, como combustibles y alimentos, constituyen el nexo entre las redes nacionales de energía, y con el canal de comercialización a través del cual se entrega el producto.

[43] Información obtenida de: Panorama Minero Noticias

Por lo tanto, se analizará el acceso con el que cuente cada uno de los yacimientos a considerar, a modo de descartar aquellos que no cuenten con un acceso directo y caminos ya construidos o trazados.

Yacimientos	Acceso al Yacimiento
Taca Taca	Se ubica en la Puna de Salta, en el extremo centro-occidental del Salar de Arizaro, departamento de Los Andes, a 240 km al oeste de la ciudad de Salta y 55 km al este de la frontera con Chile, a 3600 m.s.n.m. El pueblo más cercano es Tolar Grande, a 34 km de distancia. El acceso al proyecto es por la RN 51 hasta Caucharí y desde allí por la RN 27.
Rio Grande	La propiedad se encuentra a 113 kilómetros al suroeste de la capital provincial de San Juan y a 42 kilómetros al suroeste de la ciudad de Barreal. Se puede acceder a la propiedad por un camino de ripio que se conecta a una carretera principal a 32 kilómetros de distancia.
Agua Rica	Se accede desde Andalgalá, pasando por la ciudad de Piscoyuyo, por un camino de tierra adecuado para vehículos de doble tracción. Es un área de difícil acceso, con alturas de hasta 3300 m.s.n.m.
Josemaría	La localidad más cercana es Guandacol, en la provincia de La Rioja, ubicada a 200 km al SE por camino de ripio.
Filo del Sol	El Proyecto binacional Filo del Sol está ubicado en la Región de Atacama, en el norte de Chile y en la provincia adyacente de San Juan, Argentina, a 140 kilómetros al sureste de la ciudad de Copiapó, Chile, y se extiende a ambos lados de la frontera entre Argentina y Chile.
Altar	El proyecto está ubicado a 10 km al este de la frontera con Chile, y 180 km al oeste de la ciudad de San Juan, en el departamento de Calingasta, provincia de San Juan.
Los Azules	Se ubica en el Centro Oeste de la Provincia de San Juan, Departamento Calingasta a 129 km del poblado homónimo. Esta aproximadamente a 250 km al oeste de la ciudad de San Juan y a 3 km del límite con Chile.
Pachón	Se ubica en la provincia de San Juan, en el departamento de Calingasta; aproximadamente 300 km al oeste de la ciudad de San Juan, Argentina, y 5 km de la frontera con Chile. La comunidad más cercana al área del proyecto en el lado argentino es Barreal, que se encuentra aproximadamente a 150 km de distancia.
Campana Mahuida	Está ubicado en la provincia de Neuquén, en cercanías de la localidad de Loncopué, al noreste del Cerro Tres Puntas.
San Jorge	Se encuentra ubicado en el departamento de Las Heras, provincia de Mendoza, a 110 km. Al noroeste de la ciudad de Mendoza, por la Ruta Nacional No. 7, y cuya puerta de acceso está a 37 km del distrito de Uspallata, por la Ruta Nacional No. 149.

Tabla 2.1.Accesos a los distintos yacimientos de cobre argentinos.

Finalmente, todos los yacimientos cuentan con caminos de acceso desarrollados por lo que serán considerados como parte del análisis.

Deseables

Rendimiento del recurso: Ley de cobre

La Ley de Cobre indica los kilogramos de Cu puro, en porcentaje, en kilogramos de roca mineralizada. Cuanto más alta sea la Ley de Cobre, más cantidad de cobre se obtendrá por kilogramo de roca, y por lo tanto más rentable será la explotación de dicha mina.

En la Argentina se asume que la mínima Ley de Cobre para poder analizar un proyecto de inversión es de 0,2%. Sin embargo, en términos prácticos, generalmente con una Ley de Cobre menor al 0,4% se convierte en desfavorable la inversión. A continuación, se detalla el porcentaje de cobre puro del recurso de cada uno de los yacimientos.

Yacimientos	Ley del Cobre %
Taca Taca	0,53
Rio Grande	0,62
Agua Rica	0,66
Josemaría	0,46
Filo del Sol	0,64
Altar	0,39
Los Azules	0,52
Pachón	0,47
Campana Mahuída	0,52
San Jorge	0,58

Tabla 2.2. Porcentaje Ley de Cobre de los distintos yacimientos en Argentina. [44]

Se puede observar que todos los yacimientos bajo análisis cumplen con los requisitos básicos según la Ley del Cobre, es decir, superan el 0,2% que se espera como mínimo de un yacimiento minero. De todas maneras, a modo de jerarquizar las diferentes opciones se definió el ranking de la siguiente manera.

[44] Información obtenida de: Argentina.gob.ar

	Yacimientos	Ley del Cobre %	Jerarquía	Puntaje
1	Agua Rica	0,66	1	10
2	Filo del Sol	0,64	2	9
3	Rio Grande	0,62	3	8
4	San Jorge	0,58	4	7
5	Taca Taca	0,53	5	6
6	Los Azules	0,52	7	5
6	Campana Mahuída	0,52	8	5
7	Pachón	0,47	6	4
8	Josemaría	0,46	9	3
9	Altar	0,39	10	2

Tabla 2.3. Ranking de los yacimientos argentinos con mayor porcentaje de Ley de Cobre.

Cantidad de cobre

El atractivo inicial de los distintos proyectos de minería son las reservas totales que tiene una mina para ser explotada. Este parámetro indica la magnitud del proyecto en el que se está queriendo invertir. En otras palabras, de nada sirve tener una Ley de Cobre alta si la cantidad total de recurso a extraer es muy pequeña. A continuación, se encuentra la dimensión de los yacimientos de cobre bajo análisis.

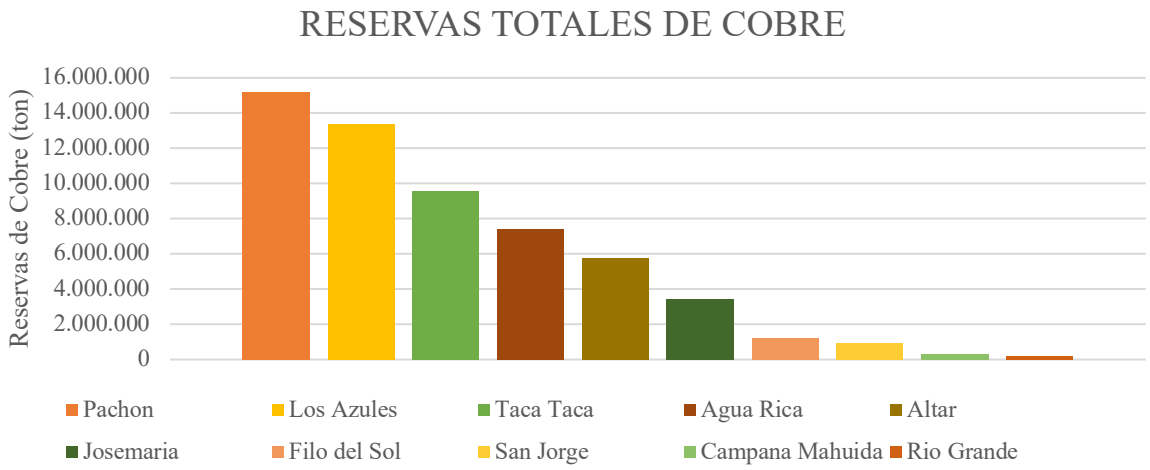


Figura 2.2. Reservas totales de cobre de los distintos yacimientos argentinos.

Como se puede ver en la *Figura 2.2*, todas las alternativas cuentan con una cantidad de cobre significativa y disponible para explotar. Sin embargo, se encuentran grandes diferencias de magnitud entre las 3 primeras opciones y las subsiguientes. La tabla con el orden del atractivo de los yacimientos para el proyecto según la cantidad de cobre que presentan se encuentra a continuación.

	Yacimientos	Cantidad de Cobre (Ton)	Jerarquía	Puntaje
1	Pachón	15.175.900	1	10
2	Los Azules	13.380.975	2	9
3	Taca Taca	9.581.000	3	8
4	Agua Rica	7.373.000	4	7
5	Altar	5.779.700	5	6
6	Josemaría	3.416.700	6	5
7	Filo del Sol	1.258.200	7	4
8	San Jorge	929.900	8	3
9	Campana Mahuída	334.298	9	2
10	Rio Grande	188.900	10	1

Tabla 2.4. Yacimientos argentinos ordenados según la cantidad de cobre que presentan.[45]

Accesibilidad al recurso

Se considera, además, un factor deseable a la accesibilidad al recurso, y como resultado la cantidad de cobre que se espera extraer. Se espera que la mejor alternativa permita explotar la mina la mayor cantidad de tiempo posible junto con la mayor cantidad de cobre por mes posible, es decir, en función de la producción anual de cobre y de la vida útil de la mina se puede obtener la cantidad de recurso a explotar. Entonces se necesita comparar la vida útil de cada uno de los yacimientos y la capacidad operativa que estos tienen.

Yacimientos	Vida Útil (años)	Producción Anual (Kton/año)	Accesibilidad
Taca Taca	28	244	6.832
Rio Grande	s/d	s/d	-
Agua Rica	28	155	4.340
Josemaría	20	123	2.460
Filo del Sol	14	67	938
Altar	36	127	4.572
Los Azules	36	153	5.508
Pachón	51	280	14.280
Campana Mahuída	15	s/d	-
San Jorge	16	40	640

Tabla 2.5. Vida útil y producción anual de yacimientos argentinos de cobre.[46]

[45] Información obtenida de: Argentina.gob.ar

[46] Información obtenida de: Informaciónminera.producción.gob.ar

El yacimiento que sobresalga por su accesibilidad va a ser aquel que presente la mejor relación entre su vida útil y la producción anual estimada. Para visualizar esta relación, se decidió plasmar dicha información gráficamente.

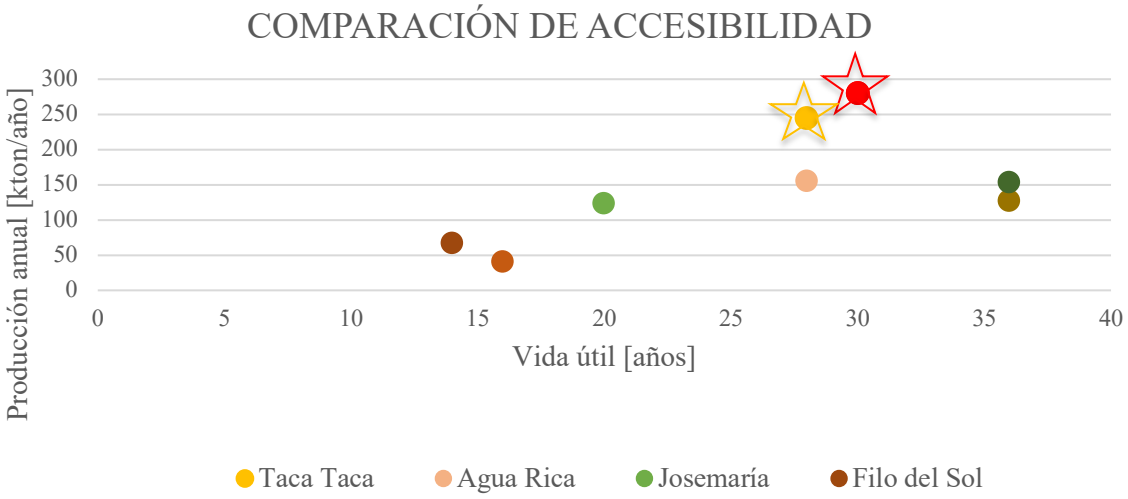


Figura 2.3. Comparación de accesibilidad de los distintos yacimientos estudiados.

Se puede ver una clara diferencia entre El Pachón y Taca Taca en comparación con el resto de los yacimientos, respecto a la producción anual esperada. Los yacimientos Los Azules, Altar y Agua Rica se posicionan en una segunda categoría, quedando en último lugar los proyectos Josemaría, Filo del Sol y San Jorge. A modo de ranking, se plasma este mismo análisis en la siguiente tabla.

	Yacimientos	Accesibilidad	Jerarquía	Puntaje
1	Pachón	14.280	1	10
2	Taca Taca	6.832	2	9
3	Los Azules	5.508	3	8
4	Altar	4.572	4	7
5	Agua Rica	4.340	5	6
6	Josemaría	2.460	6	5
7	Filo del Sol	938	7	4
7	San Jorge	640	8	4
	Rio Grande			
	Campana Mahuida			

Tabla 2.6. Yacimientos de cobre ordenados según su accesibilidad.

Cabe destacar que el estadío del estudio de prefactibilidad de los yacimientos Río Grande y Campana Mahuída elimina a ambas alternativas de su posicionamiento respecto a la

accesibilidad del recurso, ya que esta información todavía no fue relevada. Esta consideración será especialmente tenida en cuenta a la hora de tomar una decisión.

Costo aproximado de inversión

Los costos de la inversión a realizar para que el proyecto siga adelante significan un factor a tener en cuenta en la decisión de qué yacimiento es conveniente para explotar. Para seguir adelante con esta alternativa se recurrió a fuentes de información que confirmen estos datos. Estos costos fueron calculados de manera estimativa por la Subsecretaría Argentina de Desarrollo Minero.

Yacimientos	Costo de Inversion (M USD)
Taca Taca	3.005
Rio Grande	100
Agua Rica	2.216
Josemaría	1.540
Filo del Sol	900
Altar	1.500
Los Azules	2.363
Pachón	3.000
Campana Mahuída	150
San Jorge	370

Tabla 2.7. Yacimientos de cobre según su costo aproximado de inversión.[47]

Finalmente, para analizar qué tan atractivas resultan las diferentes localizaciones para desarrollar un proyecto minero, se ordenaron las opciones por dimensión de los costos de inversión, siendo los primeros puestos para los proyectos que menos comprometan económicamente la realización del mismo.

	Yacimientos	Costo de Inversión	Jerarquía	Puntaje
1	Rio Grande	100	1	10
2	Campana Mahuída	150	2	9
3	San Jorge	370	3	8
4	Filo del Sol	900	4	7
5	Altar	1.500	5	6
6	Josemaría	1.540	6	5
7	Agua Rica	2.216	7	4
8	Los Azules	2.363	8	3
9	Pachón	3.000	9	2
10	Taca Taca	3.005	10	1

Tabla 2.8. Yacimientos de cobre ordenados según su costo aproximado de inversión.

[47] Información obtenida de: Argentina.gob.ar

Incentivos fiscales

En una primera instancia, se consideraron cuáles son las características de los proyectos mineros a nivel nacional respecto al marco regulatorio que en el que se sumergen. Las mineras presentan ciertos beneficios a nivel nacional para el desarrollo de su industria que se encuentran regulados por la Ley de Inversiones Mineras 24.196/93. Los incentivos que define son los siguientes.

- Estabilidad fiscal durante 30 años luego de presentar el estudio de prefactibilidad, para impuestos nacionales y provinciales.
- 0% de impuestos en las importaciones de bienes de capital destinados a la operación de la mina.
- Doble deducción de Impuestos a las Ganancias en gastos de explotación.
- Reintegro del IVA.
- Amortización acelerada en 3 años.
- 3% de Regalías Provinciales máximo.

Los beneficios que determina la Nación aplican para todos los posibles proyectos de inversión.

De todas maneras, muchos aspectos de la reglamentación de la presente Ley corresponden a la jurisdicción provincial, por lo que tienen un impacto directo en el costo final del proyecto de inversión. Cada yacimiento será evaluado en función de las políticas legislativas que rigen la provincia en la que se encuentra.

Yacimientos	Provincia
Taca Taca	Salta
Rio Grande	
Agua Rica	Catamarca
Josemaría	San Juan
Filo del Sol	
Altar	
Los Azules	
Pachón	
Campana Mahuída	Neuquén
San Jorge	Mendoza

Tabla 2.9. Provincias en la que se encuentra cada yacimiento de cobre.

San Juan

En cuanto a los matices provinciales de cada una de las provincias, San Juan se sitúa en el lugar más atractivo de la Argentina para realizar inversiones en proyectos de minería por el énfasis de la provincia en los incentivos fiscales.

- Particular incentivo en las etapas iniciales y la de explotación.

- La creación de un fondo público para el desarrollo de comunidades.
- La disponibilidad de energía por su red eléctrica y desarrollo de fuentes renovables.
- La red de camiones en torno al Túnel Agua Negra que mejora la accesibilidad.[48]

Salta

En Salta, en 2.019 se firmó la Ley de Promoción Minera (Ley 8.164) cuyo primer artículo aclara su finalidad de la siguiente manera.

"(...) Estimular el desarrollo minero provincial en todas sus etapas; prospección, exploración, producción, concentración y beneficio de minerales, procurando la industrialización de los minerales en su lugar de origen. (...) Promover a los proveedores de empresas mineras locales y a la contratación de personal salteño, por parte de las mismas."[49]

Además, ofrece beneficios de créditos fiscales que podrán ser utilizados para el pago de regalías mineras. Sin embargo, el tiempo máximo de los beneficios ofrecidos por la provincia no podrán superar los 10 ejercicios fiscales.

Catamarca

Catamarca cuenta con el Decreto Ley 4.007 el cual permite la exención de hasta 15 ejercicios fiscales, que disminuyen a medida que pasan los meses. Estos incluyen impuestos sobre ingresos brutos, automotores, inmobiliarios y cualquier otro impuesto provincial creado, con exclusión del cánon minero.[50] Además, ofrecen la utilización de sus maquinarias, análisis químico con pago de aranceles mínimos, consulta de cartografía, geología, etc. Asimismo, la provincia de Catamarca podrá destinar aportes de hasta el 80% del presupuesto en estudios geológicos y construcción de huellas de acceso a los yacimientos.

Mendoza

Mendoza concentra sus incentivos fiscales en las siguientes leyes.

- Ley 4.967: Deducción de los impuestos sobre ingresos brutos.
- Ley 4.968: Creación del Fondo Provincial de Minería como promoción de la industria en cuestión.
- Ley 6.913: Código de Procedimientos Mineros.
- Ley 7.024: Adhesión a Leyes Nacionales 25.161 y 24.196. [51]

Neuquén

Neuquén no cuenta con incentivos fiscales de ningún tipo en el marco de las leyes nombradas a continuación. Por el contrario, hace una serie de exigencias que tienen como fin regular la

[48] Información obtenida de: Gobierno de San Juan

[49] Información obtenida de: Boletín Oficial de Salta

[50] Información obtenida de: Gobierno de Catamarca

[51] Información obtenida de: Invest.Mendoza.gov.ar

actividad, aplicando medidas de seguridad y de fiscalización, así como también informar que se deben acatar una serie de protocolos en distintos ámbitos, como por ejemplo en los explosivos. Además, exige que se haga pública mucha información además de la información convencional.

- Ley 1.995: Reglamentación de Policía Minera de la Provincia de Neuquén.
- Ley 260: Producción y Control de Minerales.
- Ley 664: Marco legal para la Dirección General Minera de Neuquén.
- Ley 902 del Código de Procedimientos Mineros [52].

En conclusión, es claro que todas las provincias protegen la industria minera, cada cual con diferentes incentivos fiscales. A modo de definir cuáles son las provincias más atractivas para desarrollar un proyecto de minería respecto al marco regulatorio, se definió que San Juan es la provincia mejor preparada para acaparar estos proyectos, seguida por Catamarca y Salta. En el otro extremo se encuentra Mendoza que es la más resistente a este tipo de desarrollo económico en conjunto con Neuquén, quien no cuenta con incentivos comparado con las otras provincias, y por lo tanto está en una clara situación desfavorable.

	Yacimientos	Provincia	Jerarquía	Puntaje
1	Josemaría	San Juan	1	10
1	Filo del Sol			
1	Altar			
1	Los Azules			
1	Pachón			
2	Agua Rica	Catamarca	2	9
3	Taca Taca	Salta	3	8
3	Rio Grande			
4	Campana Mahuída	Neuquén	4	7
5	San Jorge	Mendoza	5	4

Tabla 2.10. Yacimientos de cobre ordenados según los beneficios fiscales de la provincia en la que se encuentran.

Disponibilidad de electricidad

La disponibilidad de electricidad permite evitar el compromiso de desarrollar una propia fuente de energía. Se analizó el acceso a este recurso en cada uno de los proyectos para jerarquizar cuál es más conveniente respecto al factor en cuestión.

Luego de conocer las localizaciones de cada uno de los yacimientos fue posible determinar que en todos los casos va a ser necesario contar con equipos energéticos independientes para

[52]Información obtenida de: Hidrocarburos.energíaneuquen.gov.ar

proveer de este recurso a las instalaciones mineras. Esto es así, ya que el tendido nacional no llega a estas ubicaciones remotas, y la conexión vía cables a dichas instalaciones deja de ser rentable cuando se trata de más de 15 km.

Finalmente, la provisión de energía para el proyecto va a requerir en todos los posibles casos de la adquisición de los equipos correspondientes. No se obtendrán proyectos que se destaquen por esta característica.

2.2.1.2 Matriz de Ponderación

Una vez definidos los principales aspectos que dan forma a la decisión en cuestión, se continuó con la realización de una matriz de ponderación. Esta técnica permite analizar los principales factores que afectan la decisión de la localización del proyecto.

En una primera instancia, se eliminan de las opciones todos los yacimientos que no cumplan con las condiciones obligatorias definidas.

Yacimientos	Disponibilidad de Tierras	Disponibilidad de Agua	Caminos de Acceso
Taca Taca	X	X	X
Rio Grande	X	X	X
Agua Rica	X	X	X
Josemaría	X	X	X
Filo del Sol	X	X	X
Altar	X	X	X
Los Azules	X	X	X
Pachón	X	X	X
Campana Mahuída	X	X	X
San Jorge	X	X	X

Tabla 2.11. Yacimientos de cobre según cuentan o no la disponibilidad de propiedades, accesos y agua.

La *Tabla 2.11* permite diferenciar los yacimientos entre aquellos viables y los que se descartan por insuficientes. Se puede concluir que todos los proyectos considerados cumplen con los requisitos básicos por lo que ninguno se elimina del repertorio de posibilidades.

A continuación, se afectan las opciones saludables con los factores deseables. En primera instancia se asigna una importancia a cada uno de los puntos de análisis, siendo la suma de estos 100%.

La ponderación de los factores deseables fue realizada considerando la accesibilidad con un 35% como el punto más atractivo para la definición de la localización del proyecto. Fue considerado así ya que este parámetro indica no solo la materia prima a la que se podrá acceder anualmente para definir la producción, sino el tiempo en el que se prolongará la oferta. El yacimiento que estime el futuro más abundante y sostenido en el tiempo pesará en mayor medida sobre la decisión final.

En segundo lugar, con un 25% en cada caso, se tuvo en cuenta el rendimiento del recurso expresado en la Ley del Cobre que indica el porcentaje de cobre fino que se obtendrá por tonelada de roca, y la cantidad de cobre que presenta la mina para su explotación.

Finalmente, se tuvieron en cuenta los costos de la inversión que marcan una barrera de entrada distintiva para cada localización con un 10% y en último lugar los incentivos fiscales que diferencian los beneficios de la industria en el marco regulatorio por provincia.

Cabe destacar que las iguales condiciones a las que están sometidas las localizaciones en cuanto a la disponibilidad de electricidad llevó a considerarlo un factor no relevante de análisis. No porque no sea importante contar con estas instalaciones, ya que es fundamental el recurso para el desarrollo del proyecto, sino porque no hay diferencias entre las diferentes opciones en cuanto a esta circunstancia. Para contrarrestar esta situación se consideró como factor determinante la accesibilidad a la mina por los caminos.

Luego, se califican todas las localizaciones sobrevivientes en cada uno de los aspectos considerados. El criterio de calificación fue coherente con el ranking que se realizó para todas las alternativas de localizaciones en cada uno de los factores deseables. Se colocaron notas del 1 al 10, siendo la mayor nota correspondiente al mejor yacimiento en cada rubro. En el caso de que exista mucha diferencia entre las características de los diferentes lugares, se aumentó la distancia entre las notas, y en los casos opuestos, en los que más de un yacimiento presenta características indistintas se los calificó con la misma nota.

Finalmente, se afecta la calificación con la importancia del factor al que se refiere y se suma el total de puntos que corresponde a cada yacimiento. Aquel que obtenga un mayor resultado es considerado como la mejor opción para desarrollar el proyecto.

Yacimientos	%	Taca Taca	Rio Grande	Agua Rica	Jose maría	Filo del Sol	Altar	Los Azules	Pachón	Campana Mahuída	San Jorge
Rendimiento del recurso	20	6	8	10	3	9	2	5	4	5	7
Cantidad de cobre	20	8	1	7	5	4	6	9	10	2	3
Accesibilidad	35	9		6	5	4	7	8	10		4
Costo de inversion	15	1	10	4	5	7	6	3	2	9	8
Incentivos fiscales	10	8	8	9	10	10	10	10	10	7	4
Disponibilidad de electricidad	0										
TOTAL	100	6,9	4,1	7	5,1	6,05	5,95	7,05	7,6	3,45	5

Tabla 2.12. Matriz de ponderación de los distintos yacimientos de cobre.

Es importante destacar que los yacimientos Río Grande y Campana Mahuida fueron penalizados por sus características de accesibilidad al recurso siendo las alternativas con menor puntuación en la matriz de ponderación.

2.2.1.3 Decisión de la Macro Ubicación

Finalmente, tras haber analizado los principales puntos que modelan la decisión y concluido con el estudio de la matriz de ponderación, se llegó a la conclusión de que el yacimiento más conveniente para desarrollar este proyecto es El Pachón.

Este yacimiento es el que mejor se alinea con el objetivo y alcance del proyecto ya que se mostró fuerte principalmente en la accesibilidad al recurso a lo largo del tiempo y la cantidad de cobre presente en la mina, siendo sus puntos débiles no prioritarios en la decisión ya que, en cuanto a los costos de inversión, un proyecto tan prometedor da seguridad a las entidades financieras que respondan a estos gastos.

2.2.2 Micro Localización de la Mina a Cielo Abierto

Como se ha podido concluir en la sección anterior *2.2.1 Macro localización de la mina a cielo abierto*, la mina estará emplazada en el depósito El Pachón debido a la ponderación de todos los factores antes expuestos. En esta etapa, se prosiguió con la micro localización de la mina, describiendo exactamente dónde se ubicará.

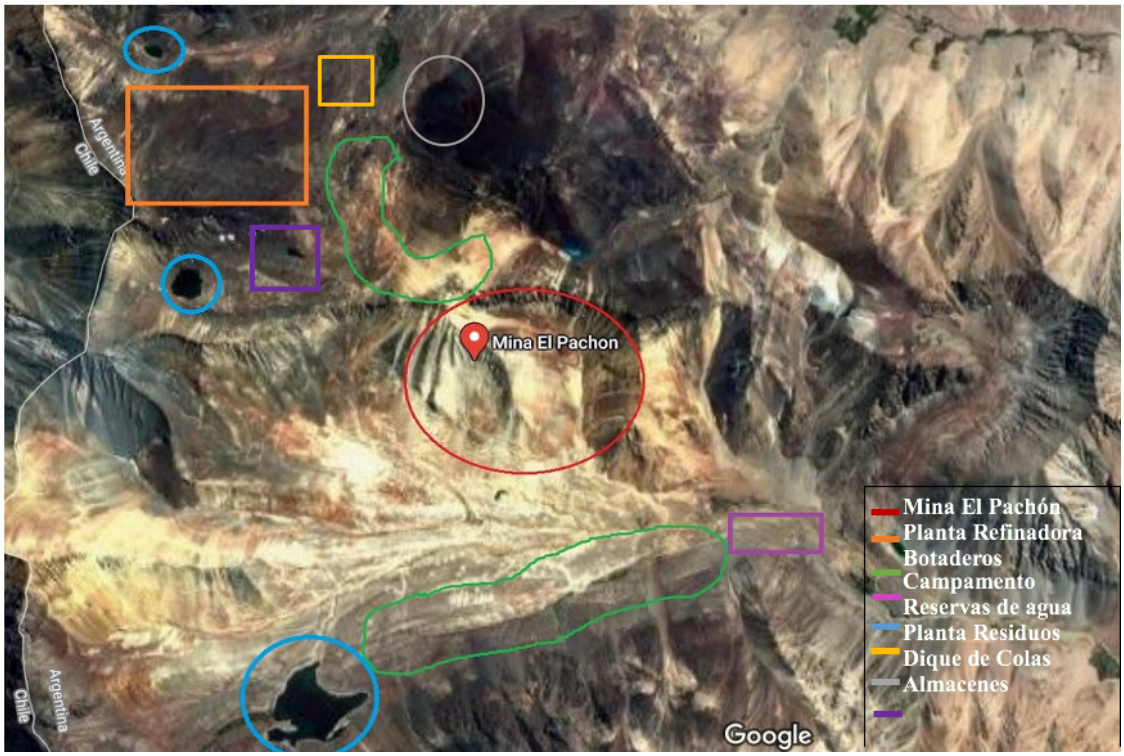


Figura 2.4. Yacimiento el Pachón.

En la *Figura 2.4* se puede observar una vista de satélite de todo el depósito de cobre llamado El Pachón. La mina propiamente dicha se ubicará aproximadamente donde lo indica el círculo rojo. La localización elegida se debe a que es el área del terreno donde se encuentra concentrada la mayor cantidad de cobre fino según estudios geológicos realizados. La mina estará localizada a una altura de entre 3.600 y 4.000 metros, y tendrá un diámetro de aproximadamente 2 kilómetros.

Asimismo, está cerca del Río Pachón, que es de vital importancia para el desarrollo de la operación, pero no lo suficientemente cerca como para interferir con el normal cauce del mismo o incluso contaminarlo con polvos. La distancia mínima que existirá entre el río y la mina será de 400 metros. A continuación, se presenta una vista más detallada de la ubicación de los afluentes del Río Pachón y la micro localización de la mina.



Figura 2.5. Yacimiento El Pachón y distancia al Río Pachón.

Una vez definida la micro localización de la mina, es decir, donde se realizarán las perforaciones y tronaduras, es de vital importancia definir la micro localización de una parte esencial para el funcionamiento de la mina: los botaderos. Los botaderos, también llamados escombreras, son los lugares en donde se colocará la roca con una Ley de Cobre insuficiente para ser explotada y el material estéril, entendiéndose como material estéril a aquel removido de la capa superficial del suelo, el cual no posee valor económico, y que se extrae para permitir la explotación del mineral útil. Estos botaderos se ubicarán en las zonas delimitadas con verde señaladas en la *Figura 2.4*, lo cual garantiza que no habrá interferencias con los afluentes del Río Pachón ni interferirá con la normal operatoria de la planta de refinación o la mina.

Se decidió colocar los botaderos en esas ubicaciones debido a la cercanía con la mina y la no interferencia con los cursos de agua cercanos, además de tener un vasto territorio para colocar la roca y material estéril. Considerando que la mina tendrá una extensión de alrededor de 4

kilómetros cuadrados, y que la distancia desde el nivel del suelo hasta encontrar roca maciza es de aproximadamente 50 metros, se deberán remover en total 200 millones de metros cúbicos de tierra, sin considerar la roca estéril que se deba hacer explotar con explosivos. En primer lugar se empleará el botadero del norte, el cual está más cerca de la mina y estimamos que por su tamaño de 2 km x 1 km, con 3 taludes de 10 metros cada uno, tendrá una capacidad de alojar 60 millones de metros cúbicos de tierra. En caso de llenarse, se empleará el del sur, el cual estimamos que por su mayor extensión (2 km x 4 km) con 3 taludes de 10 metros cada uno, podrá alojar más de 200 millones de metros cúbicos de material.

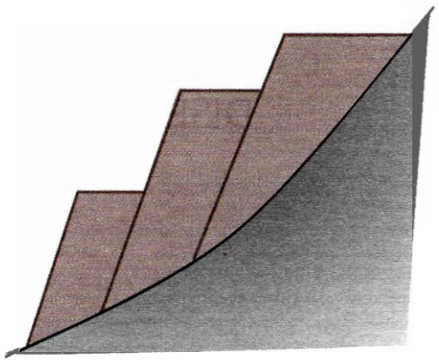


Figura 2.6. Escombrera por vertido por fases adosadas.[53]

Se decidió emplear este tipo de escombrera frente a las escombreras de vertido libre, de dique de retención de pie o de fases ascendentes superpuestas ya que este tipo de formato proporciona una mayor seguridad frente a las escombreras de vertido libre, y el material que se extraerá del suelo no es arcilloso ni limoso, por lo cual una escombrera de dique de pie no sería adecuada.

Asimismo, se priorizó la localización de los botaderos para que resulten de fácil acceso. Se puede observar en el mapa satelital que no existen laderas escarpadas en donde se decidió ubicarlos.

2.2.3 Localización de la Planta Refinadora de Cobre

Se tomó la decisión de emplazar la planta refinadora de cobre en las cercanías de la mina ya que se determinó que es más costoso transportar roca impura cuesta abajo que transportar, luego, los cátodos de cobre cuesta abajo debido a la concentración de cobre fino que existe en la roca impura, debiendo movilizar material que tiene muy poco valor.

Para el normal funcionamiento de la planta refinadora de cobre, se necesitan dos insumos básicos: agua y electricidad. El agua puede ser provista por el Río Pachón, pero el abastecimiento de electricidad de red no es posible en el lugar donde se encontrará emplazada la mina debido a que no existe tal tendido eléctrico en esa zona.

[53] Información obtenida de: Repositorio.segemar.gob.ar

Considerando que es más complejo y costoso el transporte del producto extraído hasta una zona más baja de la cordillera en donde construir una planta que la instalación de los servicios energéticos en la localización de la mina, se optó por accionar según el segundo plan colocando equipos proveedores de energía independientes para proveer de este recurso fundamental. Se decidió la instalación de equipos independientes en vez de tendidos que se conecten a la red de energía nacional ya que, la distancia desde la mina hasta el tendido eléctrico existente es mayor a 15 kilómetros, distancia a partir de la cual el tendido de cables se vuelve muy costoso y ya no resulta rentable al proyecto.

Finalmente, la planta se colocará próxima al yacimiento, ubicado a aproximadamente 3 km del yacimiento en un área plana tal como lo muestra el rectángulo naranja en la *Figura 2.7* a continuación. Se tomó esta decisión para minimizar el transporte del producto extraído de la mina, considerando la expansión del pit de explotación que crecerá con el paso de los años.



Figura 2.7. Localización de la planta refinadora.

Como se mencionó previamente, se tuvo en cuenta que el área fuese lo suficientemente extensa como para poder emplazar la planta refinadora, que ésta fuese lo más plana posible, y su cercanía tanto con la mina como con reservorios de agua. La superficie de la planta será de aproximadamente 1 km^2, mientras que los reservorios de agua que se encuentran alrededor de ésta tienen alrededor de 20.000 m^2 el del norte y 40.000 m^2 el del sur.

Por otro lado, en el inciso *2.9.1 Impacto Ambiental*, se detalla la necesidad del desarrollo de una planta de tratamiento de residuos sólidos, así como una planta de tratamiento de efluentes. Es importante que la localización de esta planta sea cercana a la planta refinadora, en la *Figura 2.4*, está representada con el cuadro amarillo.

También se ha considerado la ubicación de los generadores, quienes proveerán de energía eléctrica a la planta refinadora, pero también al campamento minero en caso de ser necesario. Para ello, la planta recibirá a diario camiones transportadores de combustible para poder alimentar dichos generadores. La cantidad de generadores necesarios se ha calculado en el inciso *2.4.5.2 Maquinaria de la Planta*.

Finalmente, también se destaca la necesidad de un dique de colas, una infraestructura de la mina cuyo principal objetivo es almacenar los residuos sólidos remanentes del tratamiento del mineral. Como se muestra en gris, en la *Figura 2.4*, se ubicó el dique de colas a continuación de la planta de tratamiento de residuos, ya que desde esta planta es que se vierten los residuos sólidos por la barranca del dique de colas.

2.2.4 Servicios

2.2.4.1 Campamento

Debido a que el yacimiento de El Pachón se encuentra lejos de cualquier pueblo, y que la mina y planta refinadora necesitan un trabajo constante las 24 horas del día, se optó por hacer un campamento en la base de la mina. Dicho campamento contará con los insumos necesarios para la vida de los empleados del proyecto y se ubicará donde está señalado con un recuadro fucsia en el *Figura 2.8* a continuación. La superficie destinada al campamento es de aproximadamente 140.000 m^2 y la distancia entre la mina y éste es de alrededor de 3 kilómetros. Se decidió ubicar el campamento a 3 km de la mina debido a que, como la mina opera las 24 horas del día, se buscó encontrar un lugar alejado de la generación de ruidos para que los trabajadores pudiesen descansar.

Se determinó que el área necesaria para albergar a las 322 personas que trabajarán en el yacimiento por 14 días es de 2.604 m^2, considerando las habitaciones, los baños y el comedor. En las habitaciones, dormirán 4 personas en un espacio de 4m x 4m, con camas tipo marinera. Los baños, también serán compartidos por 4 personas, con dimensiones de 2m x 2m, y el comedor tendrá unas dimensiones de 984 m^2 para poder alojar a los 164 operarios de cada turno que no estén ni en la planta ni en el pit.

Dentro de los servicios con los que se proveerá a los empleados, se incluirá una enfermería, un mercado o almacén, un comedor y los dormitorios. Además, se contará con una oficina y un centro de telecomunicaciones para el control constante del funcionamiento desde el campamento con la mina y con la planta de refinería. También se incluirá un depósito de combustible para abastecer a los camiones y zonas especializadas para el almacenaje de residuos.

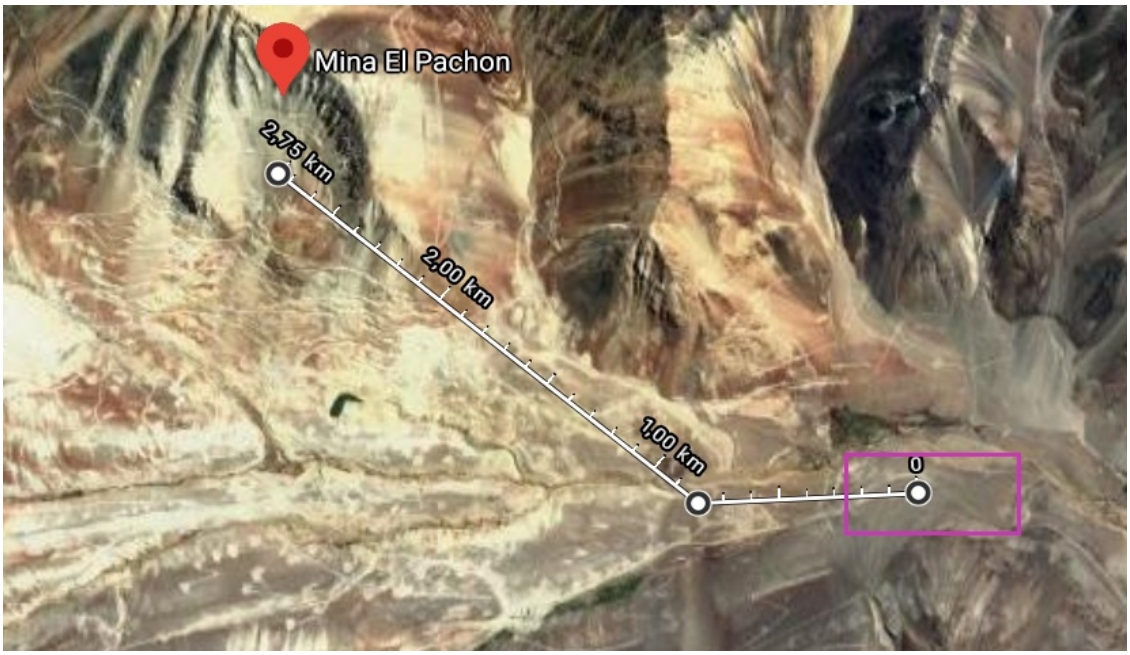


Figura 2.8. Localización del campamento.

Asimismo, se ha calculado el área necesaria para emplazar paneles solares para abastecer de energía eléctrica a dicho campamento. El área calculada para abastecer de energía a las 164 personas que se encuentren en el campamento mediante paneles solares es de 2.361 m^2, considerando paneles que aportan 300 kWh (en condiciones de sol pico).

En conclusión, el área total destinada a la construcción edilicia del campamento en sí y a los paneles solares, totaliza los 4.965,6 m^2, por lo que contar con 140.000 m^2 es adecuado ya que allí se deberá realizar el mantenimiento de los camiones, el cambio de neumáticos y partes necesarias. Asimismo, se deberá acopiar el combustible, repuestos, materiales químicos, lubricantes, grasas, etc, y también se deberán acopiar los residuos generados.

2.2.4.2 Mano de Obra

La mano de obra necesaria para el desarrollo del proyecto es toda aquella involucrada en la cadena de valor de la producción de cobre. Es decir, se deberá disponer de operarios de mina y de planta, servicio de mantenimiento, de logística, de gerencia, entre otros. La dimensión de una dotación de trabajo se realizó a partir de la definición de las diferentes etapas del proceso. En el inciso *2.4.9 Ritmo de Trabajo* y *2.5 Organización del Personal*, se describe con mayor detalle la estructura de la mano de obra necesaria. Se requerirán de 638 empleados, quienes trabajarán al ritmo definido por el "roster"[54].

[54] Se denomina "Roster" al esquema de rotaciones del personal que se sigue en la operatoria de una mina.

2.2.4.3 Suministro de Agua

El suministro de agua necesario para la mina será a partir del Río El Pachón. El caudal principal del río se encuentra a aproximadamente 13 km de la mina, sin embargo, hay una rama secundaria del río que se encuentra a menos de 3 kilómetros, que hará posible adquirir el insumo desde ahí. En la *Figura 2.4* se encuentran señalados con círculos celestes los reservorios de agua que se emplearán tanto para el funcionamiento de la mina como para el funcionamiento de la planta refinadora. Para este consumo, se deben conseguir concesiones de agua en los distintos arroyos y ramas del Río autorizadas por el Departamento de Hidráulica.

En lo que respecta al consumo de agua para el campamento minero, se ha podido determinar a través de estudios de impacto ambiental que el agua procedente del Río Pachón en la zona donde se emplazará el campamento posee un pH de alrededor de 4, por lo que no es apta para el consumo directo ni para cocinar. Sin embargo, sí es apta para el aseo personal y limpieza del campamento, por lo que para estas tareas se podrá emplear el agua del Río Pachón. Se estima un consumo de 150 litros de agua por persona por día. En lo que respecta al consumo de agua para cocción y bebida, se aprovisionará desde la Ciudad de San Juan en envases individuales de 500 cm^3, 1 litro y 20 litros.

2.2.4.4 Energía Eléctrica

Frente a las dos alternativas de generar la energía *in-situ* o traerla desde el poblado más cercano, se decidió la primera opción. Esto se debió a que la distancia en la que se encontrará el campamento con la red eléctrica necesaria es muy grande, y por lo tanto hace que sea más viable económicamente hacerlo de esa manera.

La energía eléctrica requerida para el buen funcionamiento del campamento es muy baja en comparación con la requerida por la planta refinadora, por lo que se decidió que toda la energía se producirá en las inmediaciones de la planta refinadora. Desde allí será transportada hacia el campamento a través de un tendido de red eléctrica. Esto conlleva una serie de beneficios, tanto económicos como para el personal. Económicos porque todo el transporte del combustible necesario para el funcionamiento de los generadores se hace siempre a un mismo lugar, así como también la producción de la energía está centralizada. Por otro lado, también para los empleados es un factor de bienestar al evitar tener el ruido de la generación de energía eléctrica cerca del campamento. Por último, y siguiendo la visión del proyecto que se compromete con el cuidado del medioambiente y la sustentabilidad, se decidió poner en el tejado de las instalaciones paneles solares, reduciendo la cantidad de energía necesaria para el campamento. Es necesario tener conectado al campamento con la red eléctrica debido a que los paneles no son capaces de generar la suficiente energía un día nublado o incluso de noche.

El consumo eléctrico que se calcula para la planta es de 65 MW mientras que el del campamento es 4.920 kW, por lo que en términos relativos es muy bajo. Posteriormente en el inciso *2.4.5.3 Necesidad de energía y maquinaria implicada* se hará un análisis más profundo sobre la cantidad de energía necesaria para el correcto funcionamiento tanto de la planta como del campamento.

2.2.4.5 Gas Natural

El gas natural necesario para el funcionamiento de la planta, se proveerá en camiones diseñados para tal propósito, a fin de alimentar la demanda de gas natural del proceso de refinación del cobre. El consumo de gas en el campamento será nulo ya que todas las instalaciones de calefacción y de cocina estarán diseñadas para funcionar con energía eléctrica.[55]

El aprovisionamiento de gas natural se deberá realizar de manera diaria, necesitándose 3 camiones de 49.200 litros para poder suplir la demanda de dicho hidrocarburo por parte de la planta. En el inciso *2.4.5.3 Necesidad de energía y maquinaria implicada* se detalla más en profundidad dicho requerimiento. El abastecimiento del gas natural se realizará desde la refinería de YPF en Luján de Cuyo, en la provincia de Mendoza. La refinería se encuentra a aproximadamente 300 km.

2.2.4.6 Caminos

El camino de acceso al yacimiento El Pachón se emplaza a través de la Cordillera Principal y Frontal, la Precordillera y la Depresión Barreal-Rodeo en San Juan, Argentina. Los caminos que unen la ciudad de San Juan con la localidad de Barreal en el departamento de Calingasta son dos: la Quebrada de las Burras y la Quebrada de Santa Clara.

Al sitio se accede por la ruta provincial Nº 400 desde Barreal hasta la confluencia del río Los Patos y el río Blanco, llamado La Junta o Las Hornillas. Desde ahí, una vez pasado el puente General San Martín, se deberá continuar por un camino de propiedad privada brindado por este mismo proyecto hasta Casas Amarillas, que se encuentra 27 kilómetros antes del cruce del río Colorado. Desde allí, el camino continúa remontando el río Blanco por su margen derecho hasta 3 kilómetros antes de la estancia del río Blanco y de ahí se sigue hasta un campamento denominado El Molle.

Desde este campamento parten dos caminos. El camino Antiguo remonta el arroyo laguna Blanca hasta el Portezuelo de las Pichireguas, y el camino Viejo remonta el río Blanco hasta tres kilómetros después del río Bramadero. En este último punto nace la conexión llamada Nueva que cruza el portezuelo de las mulas, baja al río Bramadero llegando hasta el Portezuelo de las Pichireguas. Ahí se conectan en Camino Antiguo y el Viejo.

Desde este punto de encuentro se remonta el río Bramadero nuevamente hasta Paso de la Guardia y luego el río Santa Cruz hasta la confluencia con el río Pachón. Desde este punto se puede acceder al campamento, a la mina y la planta del proyecto. [56]

Es importante destacar que más allá de que la mayoría de los caminos que necesitan la planta y la mina ya están trazados, se deberán restaurar y mantener. Se deberá cuidar que no haya

[55] Información obtenida de: Gobierno de San Juan- Pachón

[56] Información obtenida de: Gobierno de San Juan – Exploración Pachón

derrumbes sobre las calles para evitar accidentes y retrasos en los traslados y se deberán señalizar los caminos para optimizar las rutas.

De todas maneras, cabe destacar que el punto de acceso más cercano al yacimiento El Pachón se encuentra en Chile. Existe un camino de 52 kilómetros que se conecta con la ruta que lleva desde la mina Los Pelambres en Chile hasta el puerto de Los Vilos. Este camino se utilizara para el tránsito de los vehículos que permiten el flujo de material y mano de obra. Se encuentra trazado aproximadamente coincidente con el mineroducto que conecta con la mina Los Pelambres en Chile. [57] En caso de ser necesario se empleará el ingreso a Argentina desde el lado chileno para poder abastecer los insumos energéticos como ser el fuel oil para los generadores, el gasoil para la maquinaria de la mina, y el gas natural para el proceso productivo.



Figura 2.9. Imagen satelital de la distancia entre la mina El Pachón y Los Pelambres en Chile.

2.2.4.7 Otros

Suministro de combustible para la generación de energía eléctrica y para la maquinaria

Será necesario contar principalmente con gasoil para suministrar el combustible que requiere la maquinaria pesada, camionetas, perforadoras y, para la generación de energía eléctrica para los grupos electrógenos, se deberá contar con fuel oil.

El combustible necesario para la generación de energía eléctrica deberá ser provisto diariamente. El aprovisionamiento se realizará desde la refinería de YPF en Luján de Cuyo, Pcia. de Mendoza, suministrando una cantidad de 543.862 litros de fuel oil para garantizar el funcionamiento continuo de la planta, lo que implica que se necesitará el abastecimiento de 12 camiones al día. En el inciso *2.4.5.3 Necesidad de energía y maquinaria implicada* se detalla

[57] Información obtenida de: Wikipedia – El Pachón

el consumo de fuel oil diario para poder abastecer la energía eléctrica que necesita la planta refinadora para poder operar.

En el inciso *2.4.5.1 Maquinaria de la mina* se realiza un análisis más profundo de la necesidad de gasoil para el funcionamiento de las máquinas implicadas en la operatoria del pit.

Manejo de residuos sólidos no peligrosos generados en el campamento

Los residuos sólidos generados en el campamento, como desechos de comida, envases de plástico o vidrio, cartón, etc, serán acopiados y enviados para disponer por organización destinada a tal fin. Se detalla en mayor profundidad este aspecto en la sección *2.9.1 Impacto Ambiental*.

Manejo de residuos sólidos peligrosos generados en el campamento

Los residuos peligrosos generados en el campamento, como pilas, baterías, grasas, lubricantes, etc, serán acopiados y enviados a un operador habilitado. Se detalla en mayor profundidad este aspecto en la sección *2.9.1 Impacto Ambiental*.

Manejo de residuos cloacales generados en el campamento

Los residuos cloacales generados en el campamento, como así también las aguas de aseo y cocción, también tendrán un tratamiento especial, el cual se detalla en la sección *2.9.1 Impacto Ambiental*.

Abastecimiento de insumos químicos

El abastecimiento de insumos químicos, como líquidos de perforación, aceites lubricantes, grasas para las máquinas, artículos de limpieza o detergentes de uso doméstico, entre otros, se realizará de manera periódica, cada dos semanas.

2.3 Procesos

El proceso productivo del cobre tiene lugar en dos etapas principales, por un lado, la explotación del material en la mina, y por otro la refinación del cobre en la planta. En la *Figura 2.10* se muestra un gráfico de bloques con las principales actividades que ocurren en cada una de estas etapas.

Para un mejor entendimiento de los procesos, se estudiarán y detallarán las etapas mencionadas por separado en los incisos *2.3.1 Proceso de Extracción del Cobre de la Mina* y *2.3.2 Proceso de Refinación del Cobre*.

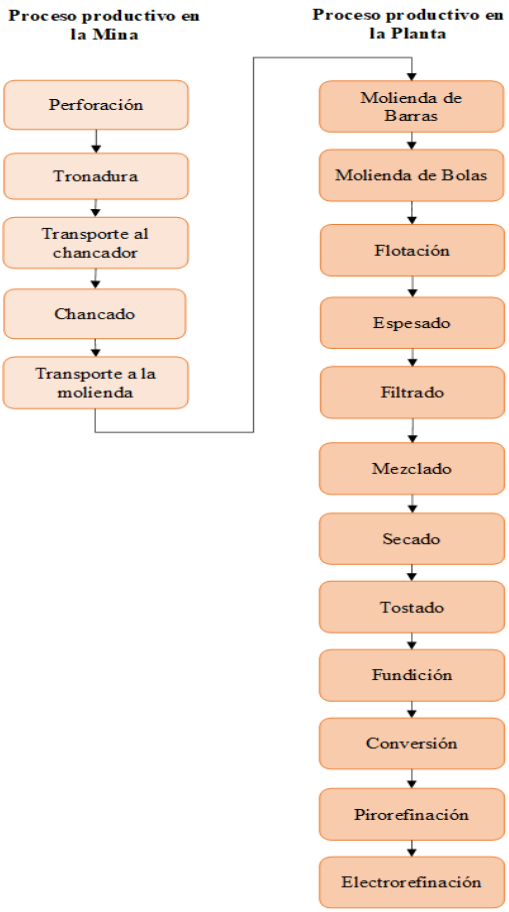


Figura 2.10. Diagrama de bloques de la extracción y refinación del cobre.

2.3.1 Proceso de Extracción del Cobre de la Mina

El proceso de extracción de cobre es aquel en el cual a partir de una localización y, a través del proceso de exploración y explotación, se extrae roca con mineral de cobre. De todo el material obtenido de dichos procesos, se separa aquel que presenta el mineral según una Ley de Cobre aceptable para poder ser refinado luego en la planta.

Este proceso va desde el planeamiento de todo el complejo minero, incluyendo todas las instalaciones necesarias para su desarrollo, hasta la acción sobre el terreno para obtener un cobre adecuado para ser refinado.

2.3.1.1 Diagrama de Procesos para la Etapa en la Mina

A continuación, se puede observar el diagrama de procesos para toda la operatoria de la mina, previo a la refinación del mineral en la planta refinadora de cobre. Este diagrama de procesos simboliza las tareas que se realizan frecuentemente en la mina, es decir, obvia las etapas de exploración, construcción y "stripping"[58] que se realizan al comienzo de la vida del proyecto.

[58] Se denomina "Stripping" a la remoción de material estéril que se encuentra encima de la roca mineral.

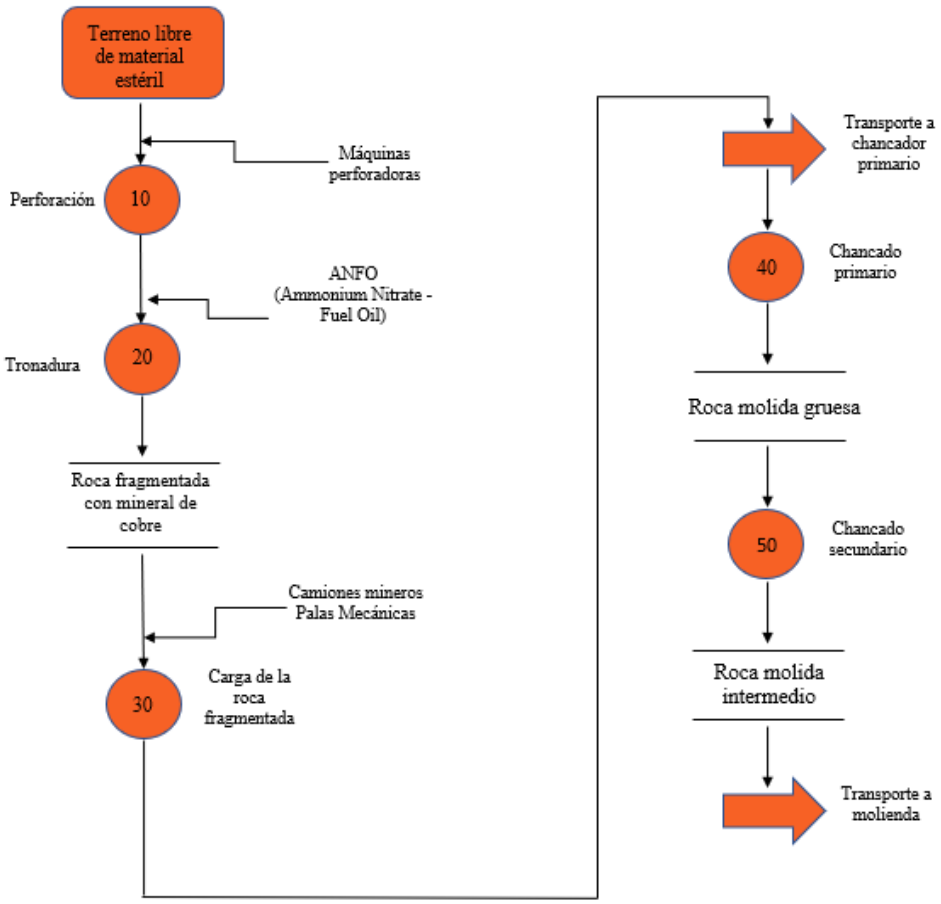


Figura 2.11. Diagrama de procesos de la mina.

2.3.1.2 Exploración

Esta etapa comienza con la exploración básica del terreno, en donde se analiza junto con la ayuda de imágenes satelitales y geólogos la existencia de zonas con mayor o menor potencialidad de explotación.

Una vez identificada dicha zona, se procede a la exploración intermedia en donde se realizan pruebas biológicas y físicas para confirmar que el suelo es apto para su explotación. En esta fase de la exploración, se determina la Ley de Cobre. Si los resultados son satisfactorios, se procede a delimitar la zona donde existen rastros minerales y se crea un plan de sondeo.

Finalmente, se procede con los sondeos, que son perforaciones en la roca de poco diámetro, pero de gran longitud, para determinar la extensión final del yacimiento. Se emplea un equipo especial de perforación liviano, el cual extrae barras de roca de aproximadamente 10 cm de diámetro.

Una vez culminadas todas las fases de la exploración, se genera un modelo 3D de la ubicación del mineral debajo de la tierra a partir del cual se va a diseñar el “Plan de Mina”.

2.3.1.3 Construcción y Explotación

La etapa de explotación se da por comenzada cuando culmina la etapa de exploración y se han finalizado los análisis de mercado y económico-financieros que indican que el proyecto minero es rentable en cuanto a la cantidad de mineral que se halla debajo de la tierra y en cuanto a la concentración del mismo.

Preparación del complejo minero

Se diseña el Plan de Mina a partir del cual se detallan la cantidad de instalaciones (dormitorios, clínicas, talleres de mantenimiento, almacenes), tendidos eléctricos y sanitarios, caminos, la localización de la planta y las zonas a explotar.

Para poder comenzar la operatoria en la mina, primero es necesaria la construcción de todas las instalaciones detalladas en el Plan de Mina como así también el comienzo de la remoción de material estéril en la zona de la mina propiamente dicha (denominado "stripping").

Todas estas operaciones de preparación del complejo se dan en paralelo para ahorrar tiempo y eficientizar recursos. El material estéril removido debe ser colocado en pilas en donde no interfieran con la operatoria de la mina. La ubicación de dichas pilas, denominadas escombreras, se ha calculado y tenido en cuenta en el inciso *2.2.2 Micro Localización de la Mina a Cielo Abierto*.



Figura 2.12. Botadero o escombrera de la mina Los Pelambres.[59]

Luego de haber removido la capa de material estéril y finalizada la construcción de todas las instalaciones necesarias, se puede comenzar a extraer el mineral del suelo. La demora de esta etapa suele ser de dos a tres años.

[59] Información obtenida de: Huellaminera.com

Perforación

La operación de explotación comienza con la perforación del suelo para luego colocar dentro los explosivos que son quienes, finalmente, destruirán el suelo para poder obtener las rocas con mineral de cobre. La perforación del suelo se debe realizar teniendo en cuenta los siguientes aspectos de las rocas presentes en el suelo.

- Dureza: oposición de la capa superficial de la roca a la penetración de otro cuerpo más duro.
- Resistencia: la resistencia a la compresión suele ser mucho mayor que la resistencia a la tracción. Las rocas con presencia de cuarzo tienen una mayor resistencia a la compresión que supera los 500 MPa, mientras que las rocas con presencia de calcita tienen una resistencia a la compresión de entre 10 y 20 MPa.
- Elasticidad: Las rocas suelen tener comportamiento elástico-frágil.
- Plasticidad: La plasticidad depende de la composición de las rocas. Cuando se supera el límite de elasticidad, la roca se deforma irreversiblemente. La plasticidad disminuye con el aumento de cuarzo, fedespalto y otros minerales duros.
- Abracidad: es la capacidad de las rocas de desgastar la superficie de otro cuerpo más duro durante el rozamiento. Los factores que determinan la abracidad son la dureza de los granos constituyentes de la roca, cuanta más presencia de cuarzo, mayor dureza, el tamaño de los granos constituyentes de la roca, la forma de los granos siendo los más angulosos más abrasivos, y la porosidad de la roca, cuanto más porosa, más abrasiva.
- Textura: se manifiesta a través del tamaño de los granos, de la forma de éstos, la porosidad de la roca, etc.
- Estructuras geológicas: se pueden aprovechar las estructuras geológicas (fallas, pliegues, etc) para favorecer la fragmentación por fractura preexistente.

Para la realización de esta etapa, se emplean perforadoras de explotación, que son diferentes a las perforadoras de exploración. Las perforadoras de explotación son de mayor porte y usan trepanos tricono[60] de acero duro. Estos trépanos son los dispositivos que se colocan al final de una perforadora para que rompa y corte las formaciones rocosas mientras se realiza la perforación.

Asimismo, se debe incorporar un fluido de perforación, el cual lubrica y enfría las partes, y remueve la roca molida para que la broca pueda seguir avanzando. El fluido barredor puede ser agua o aire comprimido, según las circunstancias de perforación y la disponibilidad de agua en la mina. En este caso, ya que disponemos de agua suficiente gracias al Río Pachón, podremos usarla como fluido de perforación. El agua presenta ciertas ventajas sobre el aire, como un

[60] Un trépano es un dispositivo que se coloca en el final de una sarta de perforación para que rompa, corte y muela las formaciones rocosas mientras se perfora un pozo. Información obtenida de Wikipedia – Trépano

mejor control de los polvos generados y un mayor poder refrigerante de barras y brocas. La desventaja es que puede sufrir congelamiento.

Voladura o tronadura

Luego de la perforación, se deben ubicar los explosivos dentro. El diseño del proceso de tronadura debe tener en consideración aspectos fundamentales que permitan una operación segura y eficiente. La función principal de la etapa de tronadura es lograr la fragmentación de la roca en trozos más pequeños para que puedan ser transportados por los camiones posteriormente.

Para la minería a gran escala, tanto la carga de los explosivos como la administración de los mismos, son realizadas por empresas externas. Estas empresas emplean un explosivo conocido como ANFO (Ammonium Nitrate - Fuel Oil), el cual se caracteriza por generar explosiones que remueven mucha cantidad de tierra. La selección de este explosivo se debe a que, justamente, se desea "empujar" la tierra desde abajo. Una vez que el orificio es llenado con el explosivo, se procede a taparlo y colocarle el detonador. La compañía especializada en explosivos decidirá, en función del requerimiento de la granulometría deseada, la secuencia de explosión, pudiendo ser detonado todo a la vez o de manera secuencial.

Es de vital importancia definir la granulometría deseada ya que, a menor granulometría se podrán cargar más eficientemente los camiones que transportarán el mineral al chancador primario, pero se deberá emplear más cantidad de explosivo para tal fin. A medida que aumente el tamaño de la roca obtenida, disminuirá el costo en explosivos, pero aumentará el costo de transporte.

Carga y Transporte

La carga del material fragmentado gracias a la etapa de explosión se realiza para transportarlo a los posibles destinos, ya sea el chancador o hacia los desechos de material estéril (botaderos). Los botaderos han sido considerados en el layout del complejo minero en el inciso *2.2.2 Micro localización de la mina a cielo abierto.*

En esta etapa se emplea, primeramente, una pala mecánica que recoge la roca fragmentada y la deposita sobre un camión que transportará la roca a la zona de chancado. Estos camiones transportan el material a la zona de chancado, y depositan la roca dentro de la tolva que alimenta el chancador. A continuación, se presenta una imagen que compara el tamaño de un camión minero con un auto tipo sedán 4 puertas.



Figura 2.13. Camiones utilizados para el transporte de la roca.

Es importante considerar que los costos de transporte de mineral representan más del 50% del costo total de la extracción, por lo que cualquier optimización en los costos de esta etapa representa ahorros significativos.

2.3.1.4 Chancado

La ubicación del chancador varía dependiendo de la mina. En este caso, la planta de chancado se localizará dentro del complejo minero, es decir, lo más cerca posible del yacimiento. De esta forma, se reduce la distancia de transporte de roca que contiene 0,47% de cobre fino dentro, es decir, mucho volumen con poca concentración de cobre.

La función principal del proceso de chancado es la de homogeneizar el tamaño de las rocas fragmentadas. Al inicio del proceso, las rocas pueden tener diámetros variables entre 1 metro a 1 milímetro, por lo que se requiere uniformizar el tamaño de las mismas para que puedan ser procesadas más fácilmente en las etapas subsiguientes.

El chancado se realiza en dos grandes etapas, en donde primero se realiza el chancado grueso o primario, y luego el chancado fino, que comprende las etapas de chancado secundario, terciario y cuaternario, de ser necesario.



Figura 2.14. Esquema ilustrativo de un chancador primario.[61]

2.3.2 Proceso de Refinación del Cobre

En esta segunda etapa del proceso de obtención de cátodos de cobre, el mineral es transportado desde el chancador hacia la planta refinadora a través de una cinta transportadora industrial como se puede ver en la *Figura 3.6* a continuación.



Figura 2.15. Cinta transportadora utilizada para llevar el material hasta la planta refinadora.[62]

[61] Información obtenida de: Opac.pucv.cl

[62] Información obtenida de: 123RF Base de Imágenes

Aquí se dan transformaciones físicas y químicas en donde el mineral de cobre es separado de la roca estéril y luego es transformado químicamente en cobre metálico.

2.3.2.1 Diagrama de Procesos

A continuación, se puede observar el diagrama de procesos realizado para toda la operatoria de la planta de refinación de cobre, comenzando con el producto que sale de la etapa de chancado.

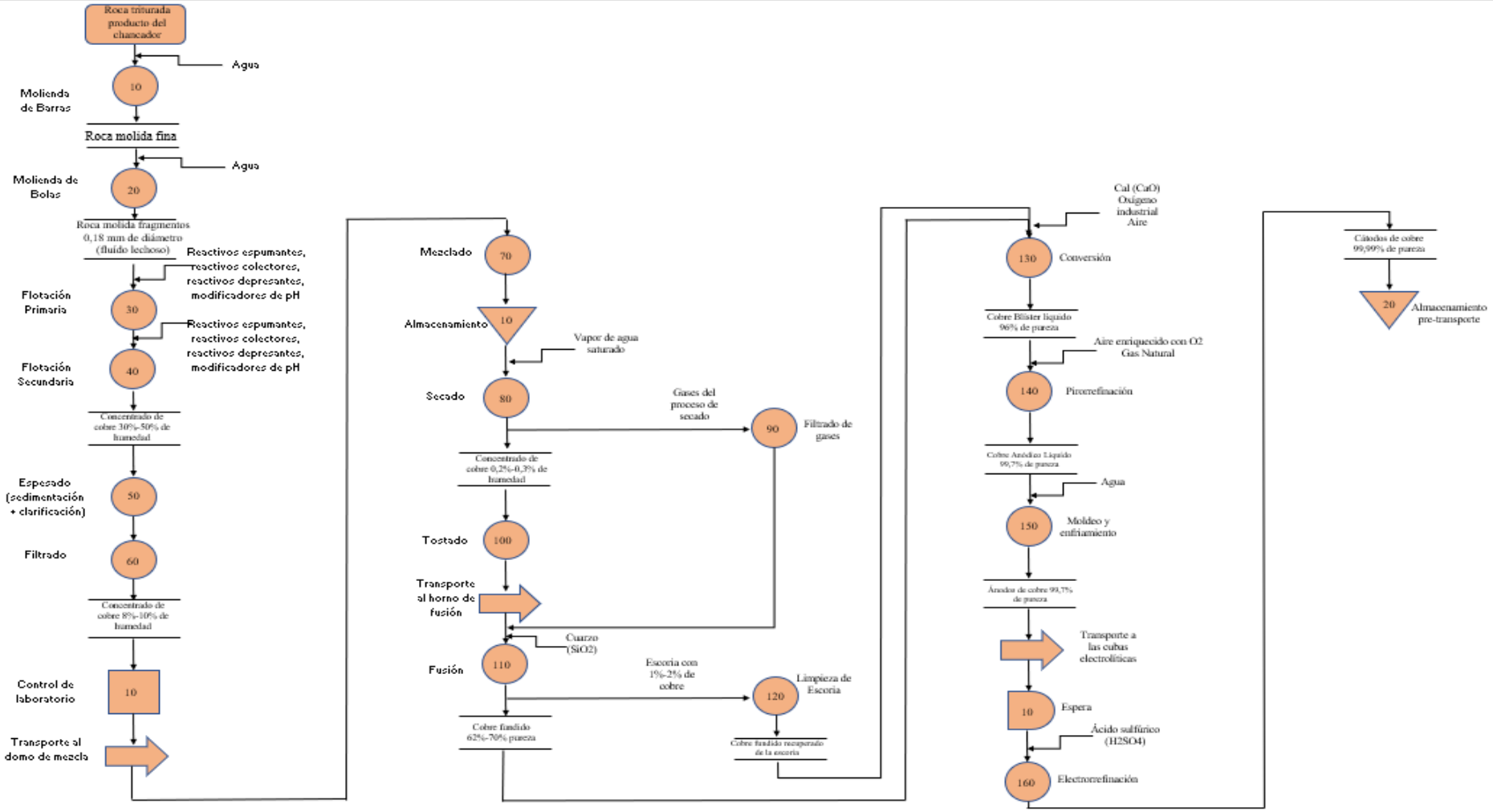


Figura 2.16. Diagrama de procesos de la operatoria de la planta refinadora de cobre.

2.3.2.2 Molienda

Debido a que en el yacimiento El Pachón el mineral de cobre que se encuentra es cobre sulfurado, la etapa de molienda es necesaria para reducir aún más el tamaño de las rocas provenientes de la etapa de chancado. La molienda tiene dos etapas en donde se usan dos equipos diferentes. Primero se empleará un molino SAG para triturar el material y luego un molino de bolas para obtener la granulometría deseada. A la salida de esta etapa, el diámetro de las partículas es de 0,18 mm, tamaño que es necesario para una correcta adhesión de las mismas a las burbujas de aire generadas en la flotación. La semiautógena (SAG), utiliza material de alimentación más bolas de molienda de acero[63].

En el proceso de molienda también se agrega agua para facilitar la trituración de la roca. El producto que se obtiene a la salida del molino de bolas es un fluido lechoso, el cual pasará a la etapa de flotación.

2.3.2.3 Flotación

En esta etapa del proceso de refinación, el material triturado es sumergido en piletas llamadas celdas de flotación. La flotación tiene dos etapas: una en donde se separan el cobre y el molibdeno de la ganga (barros) y una segunda etapa de flotación en donde se recupera el cobre y se lo separa del molibdeno.

En la primera flotación, desde el fondo de las celdas, se bombea aire para generar burbujas, las cuales hacen que el Cu y el Mo presente en las rocas se adhieran a éstas subiendo a la superficie. Para lograr dicho efecto, es necesario agregar los siguientes reactivos:

- Reactivos espumantes, los cuales hacen que las burbujas de aire sean más resistentes y puedan soportar la adhesión del mineral de interés en la superficie de éstas.
- Reactivos colectores, los cuales convierten a los sulfuros en hidrofóbicos y aerofílicos, es decir, rechazan el agua y tienen afinidad por el aire. Esto hará que se separen del agua y se adhieran a las burbujas.
- Reactivos depresantes, los cuales se utilizan para provocar el efecto inverso en las partículas que se desean separar del sulfuro de cobre. Las partículas tendrán comportamientos hidrofílicos, es decir, tendrán afinidad por el agua.
- Modificadores de pH, los cuales sirven para estabilizar la acidez para que el proceso de flotación se desarrolle con eficiencia, como la cal.

Las burbujas generadas con el cobre y el molibdeno adheridos a ellas flotan en la superficie y rebalsan las piletas por los bordes de las mismas. Este proceso de flotación es reiterado en varios ciclos a fin de obtener cada vez un producto más concentrado. Este tipo de flotación se denomina “flotación colectiva” ya que el concentrado que se obtiene contiene dos o más minerales de interés.

[63]Información obtenida de: Direct Industry – Metso

El segundo proceso de flotación consiste en separar al molibdeno del cobre, el cual se realiza de la misma manera, pero con diferentes reactivos, los cuales logran que el cobre se quede en el fondo y el molibdeno flote sobre la superficie. Aquí se obtiene el "concentrado de cobre". Este tipo de flotación se denomina "flotación selectiva" ya que se obtienen concentrados con sólo una especie individual de mineral. La proporción de cobre metálico a esta altura del proceso es de alrededor de 31%.

Los productos de la etapa de flotación contienen entre un 30%-50% de agua, la cual debe ser eliminada. Para ello, el concentrado de cobre es depositado en espesadores, los cuales realizan a su vez las operaciones de sedimentación y clarificación. El sedimento obtenido es luego filtrado, obteniendo un producto que contiene entre 8 y 10% de humedad.

2.3.2.4 Fundición

En la etapa de fundición, el concentrado obtenido en la etapa de flotación es sometido a altas temperaturas para obtener un producto de mayor pureza. Luego de las diferentes etapas de fundición, se podrá obtener un cobre de 99,7% de pureza, denominado "cobre anódico".

Análisis de laboratorio

Al comienzo de la etapa, se realiza un análisis de laboratorio para determinar qué concentraciones de cobre, hierro, azufre y sílice existen en el concentrado, aparte de determinar exactamente el porcentaje de humedad del mismo.

Mezclado

Luego de ser analizado, el concentrado es transportado hacia el domo de mezcla mediante correas tubulares para evitar derrames. El domo de mezcla asegura una homogeneización del concentrado. Una vez homogeneizado, el concentrado será depositado en silos o tolvas, los cuales luego alimentarán los hornos de fundición.

Secado

El concentrado húmedo, previo a ser ingresado al horno, debe pasar por un proceso de secado. Este proceso de secado reduce el porcentaje de humedad de un 8% a un 0,2-0,3% a medida que avanza a través de un secador de tipo tornillo, el cual está calefaccionado por vapor de agua dentro de un serpentín. La temperatura del secador es de 180ºC. El calor requerido para el secado es suministrado por vapor saturado proveniente de calderas de recuperación de gases generados en el proceso de fundición.

Los gases producidos en la etapa de secado, que es vapor de agua con partículas de polvo arrastrado, pasan a través de un filtro de mangas, en donde el material sólido es almacenado en tolvas de concentrado en seco. El vapor de agua limpio, sin partículas sólidas, es liberado a la atmósfera. El vapor de agua condensado, es recirculado y colectado para ser reutilizado.



Figura 2.17. Filtro de mangas para la remoción de material particulado.[64]

Es muy importante destacar que en esta etapa del proceso no se genera dióxido de azufre (SO2) ya que el azufre solo reacciona con el oxígeno a una temperatura superior a los 300ºC, y en el secador se tienen apenas 180ºC.

Tostado

Una vez secado el concentrado, se procede a la tostación del mismo. Esta etapa consiste en oxidar parcialmente los sulfuros presentes en el concentrado y en la eliminación parcial de este azufre como dióxido de azufre o trióxido de azufre.

$$S_2 + 2O_2 \rightarrow 2SO_2 \qquad (2.1)$$

$$2Cu_2S + 3O_2 \rightarrow 2Cu_2O + 2SO_2 \qquad (2.2)$$

$$2SO_2 + O_2 \rightarrow 2SO_3 \qquad (2.3)$$

Una vez alcanzado el nivel de humedad requerido y eliminado parcialmente el azufre del concentrado, éste es transportado de manera neumática a tolvas intermedias en donde se encuentran con los sólidos recuperados del proceso de secado.

El concentrado prácticamente seco es transportado luego al horno de fundición junto con cuarzo que actúa como fundente y facilita la formación de escoria.

Fusión

Dentro del horno de fusión, la temperatura alcanza los 1200ºC. La escoria está conformada por silicatos de hierro y fundentes, mientras que la mata de cobre (la parte que se quiere obtener) contiene sulfuros de cobre y hierro, algunos metales preciosos y otros elementos en muy

[64] Información obtenida de: Enercom

pequeñas cantidades. La escoria es descartada o sometida a una etapa adicional de recuperación del metal si su contenido es alto. La mata pasa a una etapa conocida como la conversión.



Figura 2.18. Horno convertidor Teniente. [65]

Las reacciones químicas que se dan en el proceso de fusión de manera simultánea son las siguientes:

$$Cu_2S + 2\,CuO \rightarrow 4\,Cu\ +\ SO_2 \qquad (2.4)$$

$$Cu_2S + 2\,Cu_2O \rightarrow 6\,Cu\ +\ SO_2 \qquad (2.5)$$

$$Cu_2O + FeS \rightarrow Cu_2S + Fe \qquad (2.6)$$

$$2Cu + FeS \rightarrow Cu_2S + Fe \qquad (2.7)$$

La escoria obtenida contiene entre un 1-2% de cobre y un 8-12% de óxidos de hierro, mientras que la mata contiene entre un 62-70% de cobre y la corriente de gases que salen del horno contienen un 30-35% de dióxido de azufre.

La escoria y el cobre, ambos líquidos, son extraídos del horno por extremos opuestos para evitar que se mezclen. Son transportados por canaletas de material refractario, uno al horno de conversión (el cobre) y otro al Horno Eléctrico de Limpieza de Escoria (HELE). Los gases captados por el sangrado de los productos son conducidos mediante ventilación a un filtro de mangas para recuperar las partículas en suspensión. Luego, los gases y vahos son neutralizados y liberados a la atmósfera.

El HELE logra separar el cobre presente en las escoria, dejando únicamente un porcentaje de cobre en ésta del 0,7%. Los gases generados en el HELE son captados y conducidos a un

[65] Información obtenida de: Youtube

incinerador para asegurar que se queme la totalidad del carbón remanente no utilizado. El carbón proviene del quemador, el cual introduce aire y combustible.

Los gases de SO2 que salen del horno de fusión, son refrigerados hasta alcanzar 350ºC, los cuales se emplean para calentar agua y producir vapor saturado que será usado en aplicaciones donde se necesite calefaccionar o intercambiar calor, como en el caso del secado. Luego, el SO2 pasa a través de un filtro de mangas y una vez liberado de partículas sólidas, es utilizado para la producción de ácido sulfúrico.

Conversión

Una vez obtenido el cobre de la etapa de fundición, se procede a la conversión, en donde se busca eliminar aún más las impurezas que contiene el cobre. Al horno de conversión se le agrega cal para la formación y licuación de la escoria producida en éste proceso. Al cobre obtenido a la salida de éste proceso se lo conoce como "cobre blíster", el cual contiene una pureza del 96% de cobre.

La reacción que se lleva a cabo en el horno de conversión es la siguiente:

$$Cu_2S + 2\,CuO \rightarrow 4\,Cu\ +\ SO_2 \qquad (2.8)$$

$$Cu_2S + 2\,Cu_2O \rightarrow 6\,Cu\ +\ SO_2 \qquad (2.9)$$

Los insumos requeridos para el correcto funcionamiento del horno de conversión son cal fina (95% CaO promedio) o la sílice (SiO_2), oxígeno técnico o industrial (95% O_2, en promedio) y aire. El material se funde de manera instantánea produciendo cobre blíster, escoria y gases metalúrgicos con altos contenidos de SO_2. La temperatura de la reacción alcanza los 1450ºC. La separación de las fases, escoria y cobre blíster, se da por la diferencia de densidades.

Las impurezas que se obtienen en la escoria son arsénico, antimonio, plomo, zinc, mientras que impurezas como el oro y la plata permanecen en el cobre blíster.

Piro refinación

Finalmente, el cobre blíster atraviesa la etapa de piro refinación, en donde se busca eliminar restos de oxígeno o azufre que hayan quedado en el cobre.

Para ello, se carga el cobre blíster en hornos y se inyecta aire enriquecido con oxígeno para remover los sulfuros que hayan quedado. Una vez limpio el cobre de sulfuros, se inicia la fase de eliminación del oxígeno, para lo cual se inyecta gas natural fraccionado con vapor de aire. Se obtiene así un cobre 99,7% de pureza. Este cobre "anódico", es retirado del horno mediante canaletas nuevamente y se lo moldea en planchas de 400 kg. Se los deja solidificar a temperatura ambiente y luego un brazo robótico las toma y las deposita dentro de una pileta con agua para enfriarlos.



Figura 2.19. Moldeo de ánodos.[66]

2.3.2.5 Electro refinación

En esta etapa final del proceso, los ánodos que llegan con un 99,7% de pureza, se convierten en cátodos de 99,99% de pureza. El 0,3% de impurezas que se le logra quitar al cobre se denominan "barros anódicos" y contienen impurezas como oro, plata, selenio, paladio y platino. Al eliminar estas impurezas se mejoran las propiedades eléctricas y mecánicas del cobre.

La electro refinación se lleva a cabo en cubas electrolíticas en donde se colocan cátodos y ánodos todos en una misma celda en paralelo, intercalados, es decir, se coloca primero un cátodo, luego un ánodo, luego otro cátodo, y así sucesivamente. Esto garantiza que todos los cátodos y todos los ánodos están a un mismo potencial entre ellos y que la velocidad de disolución de los ánodos sea similar para todos. La distancia entre cátodos y ánodos está determinada por el posicionamiento de grúas fijas, lo cual disminuye considerablemente la ocurrencia de cortocircuitos accidentales. El medio en el que se lleva a cabo la electrólisis es ácido sulfúrico con agua.



Figura 2.20. Electro refinación de los ánodos de cobre.[67]

[66] Información obtenida de: JRI Ingeniería de Alto Nivel

[67] Información obtenida de: GAB Neumann, vendedores de Componentes de Grafito y Carburo de Calcio

La reacción electroquímica que se lleva a cabo en las cubas es la siguiente:

$$Cu_{(impuro)} + H_2SO_4 \rightarrow Cu^{2+} + SO_4^{2-} + 2H^+ + 2e^- \qquad (2.10)$$

$$Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu_{(puro)} \qquad (2.11)$$

Las secciones están conectadas para que la tensión total sea del orden de entre 100 y 250 V, dependiendo del rectificador que convierte la CA (corriente alterna) en CC (corriente continua).

Al final del ciclo, que dura entre 12 a 14 días, los ánodos se han disuelto en un 85%. El 15% restante sin disolver es retirado, lavado, fundido e introducido nuevamente al proceso como "cobre anódico" (el que sale de la etapa de pirorefinación). Se retiran los barros de la celda y son enviados a una planta de recuperación de metales preciosos, la cual queda fuera del alcance de este proyecto y no se analizó. Los cátodos finales pesan entre 400 y 500 kg.

2.3.3 Proceso de Traslado de Producto Final

El producto final, es decir los cátodos de cobre de 99,99% de pureza, serán comercializados en packs de 10 cátodos, en donde cada cátodo pesa entre 400 y 500 kg, por lo que un pack pesará alrededor de 4.000 kg.

Se comercializarán de acuerdo con el término FOB "Free On Board" de los INCOTERMS (normas de compraventa internacional de mercaderías). Este término indica que el vendedor entrega la mercancía sobre el buque, mientras que el comprador se hace cargo de designar y reservar el transporte principal. Es una de las reglas más usadas en el comercio internacional y se utiliza para transporte en barco.

Los packs saldrán de la planta en camiones hasta el puerto de Buenos Aires. La decisión de utilizar camiones y no el tren es debido a que la línea de larga distancia más cercana que se podría utilizar, la cual une San Juan con Buenos Aires, no cumple con las medidas de seguridad que se esperan para este proceso. Es conocido el hurto de material en el trayecto que realiza el tren en su recorrido desde el interior al puerto de Buenos Aires.[68]

[68] Información obtenida de: Entrevista a Emilio de Pedro

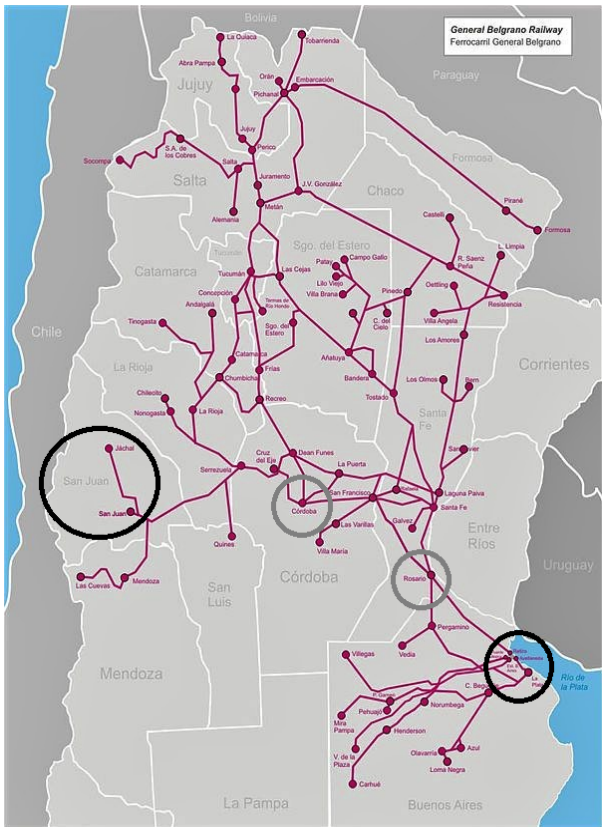


Figura 2.21. Mapa de líneas ferroviarias de la Argentina.

Como los cátodos son productos costosos, es preferible una inversión más alta en traslado con camiones que aseguran una mayor seguridad de que los cátodos llegarán a destino en su totalidad. También es cierto que, al ser trasladados en camiones, el transporte de los cátodos es más susceptible a demoras por accidentes o paros. De todas maneras, como la producción de los mismos involucra costos e inversiones importantes será preferible asegurar la llegada de los cátodos completos. Estas tardanzas serán tenidas en cuenta como ineficiencias debido a inconvenientes en el país.

Más allá de que el puerto más cercano es el de Antofagasta se decidió no utilizar caminos ni puertos chilenos para la exportación de los cátodos para evitar involucrarse con la legislación chilena que rige cuestiones de inventario, transporte y exportación. Se buscará que la totalidad del proceso minero sea en suelo argentino, desde el suministro de materia prima y servicios, hasta las entregas de producto terminado. Finalmente, se utilizará mano de obra local para dar oportunidades de trabajo y de expansión de las zonas rurales.

Se tercerizará el traslado hacia el puerto, de esta forma se podrán focalizar los esfuerzos en la extracción y refinación del mineral. El dimensionamiento del monto destinado a esta tercerización se podrá ver en la sección *3.5.1.6.2 Transportista al puerto de Buenos Aires*

2.4 Balance de Producción

A partir del estudio del proceso, y para poder cumplir con las proyecciones de ventas y el ciclo de vida de la mina, analizados en la sección *1. Estudio de Mercado*, se dimensionan los recursos que serán necesarios.

2.4.1 Plan de Producción

Para poder dimensionar los recursos que se utilizarán, se comenzó por estudiar el balance de producción. En la sección *1.8.8 Proyección de ventas* se mencionan tres posibles escenarios, que simbolizan un horizonte pesimista, neutral y optimista. Para llevar a cabo el estudio del plan de producción se decidió utilizar el escenario optimista, el cual contempla un promedio de producción anual de cobre de 280 miles de toneladas llegando a un máximo de 300 miles de toneladas anuales.

Teniendo en cuenta el comportamiento usual de la explotación y producción de las minas de cobre, en donde la construcción de la mina y la planta de refinación tardan entre 2 y 3 años, se inició la proyección de cantidad de cobre a producir para el año 2.023.

Además, una vez puesta en marcha la planta, se tarda aproximadamente 4 años en lograr una capacidad máxima de aproximadamente el 95%. Luego, esta capacidad de producción se mantiene cuasi-constante durante el ciclo de vida de la mina hasta que, finalmente, la cantidad de cobre que queda por extraer vuelve poco rentable la operación, y se cierra la mina. Finalmente, es importante tener en cuenta que la planta refinadora de cobre funciona durante todo el año de forma continua.

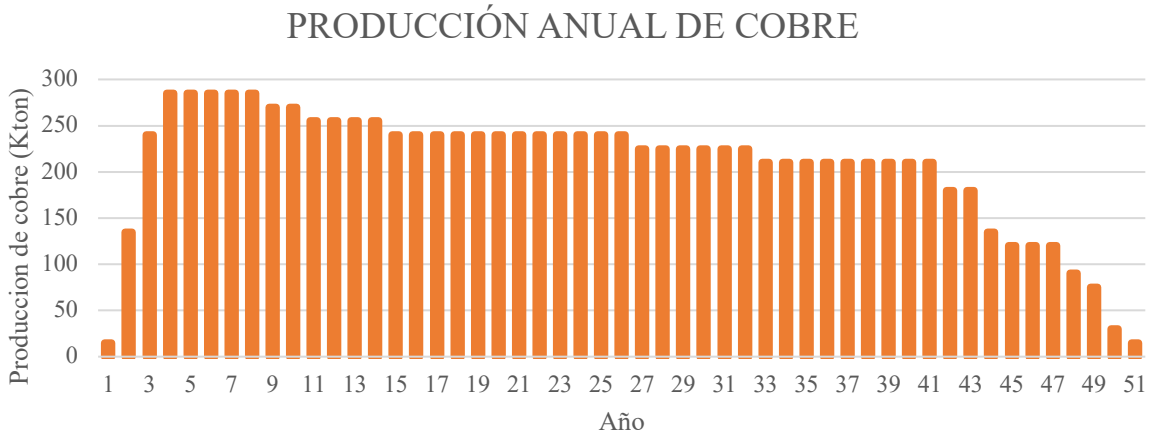


Figura 2.22. Producción anual de cobre en kilotoneladas tomando el escenario optimista de 300 Kton de ventas anuales.

2.4.2 Balance de Necesidades

Para la definición del balance de necesidades se debió considerar el proceso de producción de cobre en todas sus etapas con sus respectivos insumos y productos derivados. A continuación, se visualiza el diagrama que representa el flujo del proceso con los recursos necesarios.

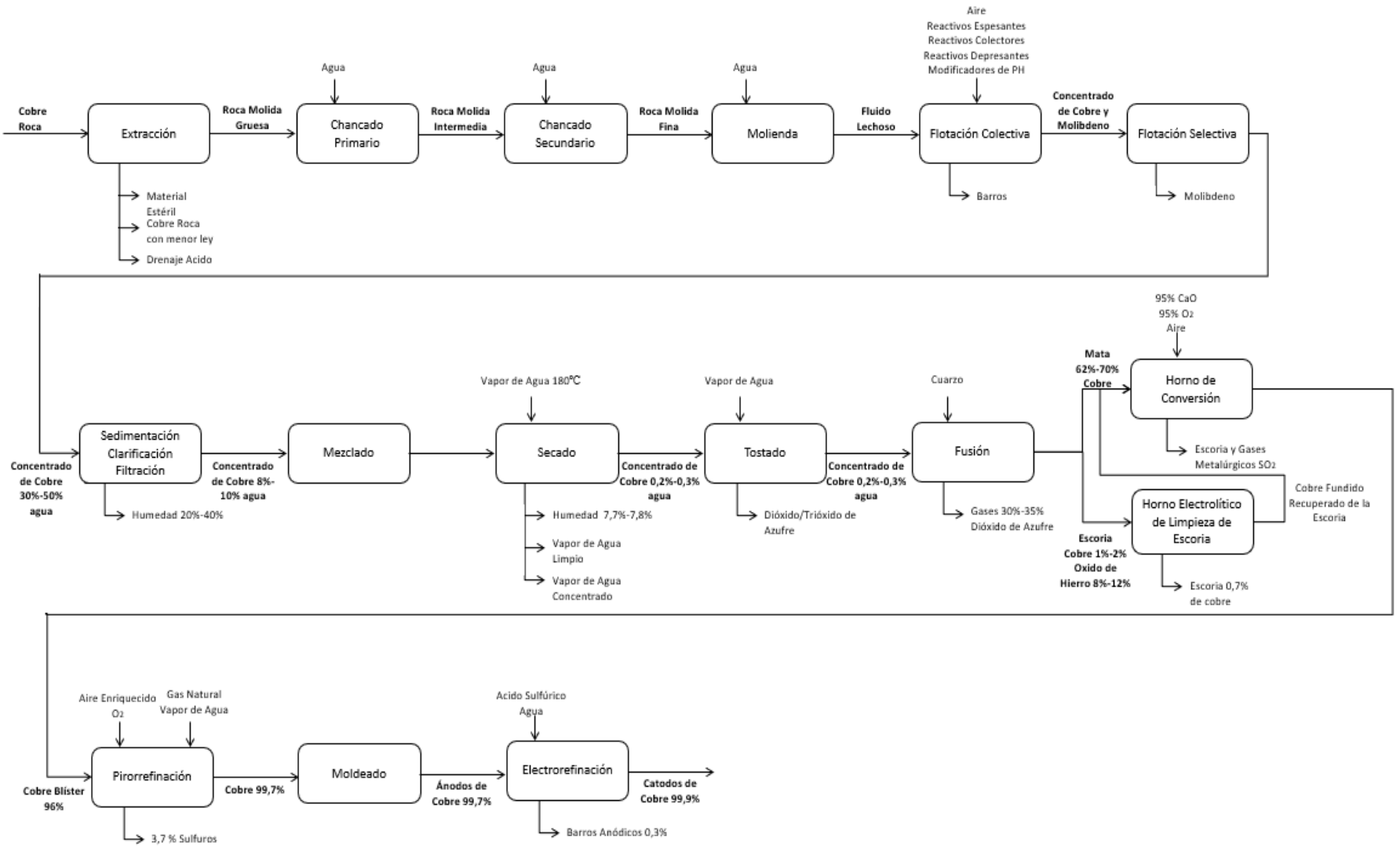


Figura 2.23. Diagrama de flujo productivo de la operatoria minera y de la planta de refinación.

Considerando todos los materiales que intervienen en cada una de las etapas del proceso y con un plan de producción definido, se desarrolló el plan de necesidades. Este consiste en calcular los requerimientos en cada una de las fases de producción del cobre conociendo el compromiso de oferta que caracteriza al proyecto.

Como ya se ha detallado en el inciso *1.8.8 Proyección de ventas*, se decidió dimensionar las instalaciones de la mina y de la planta de manera que sea posible el desarrollo de un escenario optimista. Por lo tanto, se consideró una producción teórica de 300 miles de toneladas anuales a pesar de que el máximo al que se llegue en la vida útil del proyecto sea del 95%. Sobredimensionar las necesidades en un 5% es una medida que se tomó a modo de prever el desarrollo de un escenario que permita una producción aún mayor.

El dimensionamiento de las instalaciones y maquinaria necesarios comienza en la etapa de explotación. La cantidad de roca que se debe extraer para poder cumplir con la salida necesaria al final de la línea de producción se calculó considerando todas las pérdidas como mermas o desperdicios, ineficiencias e impurezas. Cabe destacar que se ha considerado que un 10% de la roca que se extrae del suelo, deberá ir a la escombrera debido a un bajo porcentaje de mineral de cobre. Es por esto por lo que la necesidad de extracción se ha afectado por un factor de 1,11 para que cuando luego se utilice efectivamente el 90% de la roca extraída, ésta pueda ser la cantidad necesaria que solicita la planta de producción.

Una vez extraída la roca del suelo, ésta se debe transportar al chancador o a las escombreras. Aquí se ha considerado un 1% de pérdida en transporte debido a la pérdida de material en el camino y a las ineficiencias propias del proceso de transporte.

Cuando el material llega al chancador primario, éste se muele en fragmentos más pequeños. En esta etapa se ha considerado un 5% de mermas en molienda, valor el cual se pudo estimar mediante la consulta con un especialista en minería. Asimismo, luego de pasar por el chancador primario, la roca pasa al chancador secundario en donde, nuevamente, existe un 5% de mermas. Luego de atravesar por los proceso de chancado, el mineral debe ser transportado hacia la etapa de molienda mediante cintas transportadoras. Se ha considerado, nuevamente una merma del 1% en transporte.

Una vez que la roca llega a la planta de refinación, ésta pasa primero por la molienda. Nuevamente consideramos un 5% de pérdidas de material como estándar de este tipo de procesos. Luego de ser molida, la roca debe ser transportada hacia las celdas de flotación en donde se mezclará con el agua.

Debido a que el transporte interno de la roca desde aquí en adelante se realiza mediante cintas transportadoras de corta distancia (la más chica de 4 metros, algunas de 10 y una de 20, sumando una totalidad de 100 metros de cinta transportadora), se han considerado como despreciables las pérdidas en transporte. Cabe resaltar que, hasta este punto, el cobre siempre ha tenido una concentración del 0,47% dentro de la roca que lo contiene.

Una vez molida, la roca debe ingresar a las celdas de flotación en donde se eliminarán impurezas y se separará al cobre y molibdeno en una primera etapa, y luego se separarán ambos

en una segunda etapa de flotación. El molibdeno contenido representa entre un 0,25% a un 1% del peso total de las impurezas eliminadas al final de la etapa de flotación. El cobre, al finalizar este proceso se encuentra en una concentración del 31%, indicando que se han eliminado impurezas y el cobre ha aumentado su proporción dentro del total. El concentrado de cobre que sale de la etapa de flotación contiene entre un 30-50% de agua, la cual debe ser eliminada.

Para lograr eliminar la humedad del concentrado de cobre, primero es sometido a una sedimentación y filtrado en piletones, y luego es homogeneizado en un domo de mezcla. No se han considerado pérdidas en estas dos etapas, ya que el porcentaje de desperdicios es insignificante. Luego, el concentrado debe ingresar al secador de tornillo y al horno de tostación en donde, nuevamente, no se han considerado mermas significativas. Una vez secado y tostado, el concentrado posee un contenido de humedad de entre el 0,2-0,3%, y se encuentra listo para la siguiente etapa: la fusión.

Al ingresar al horno de fusión el cobre pasa de estar presente en una concentración del 31% al 62%, lo cual indica, nuevamente, que su proporción dentro del material ha aumentado debido a la eliminación de material inerte dentro de la composición del mismo. La escoria generada en el horno de fusión sufre un proceso adicional en el cual se recupera parte del cobre que ésta contiene, el cual se inserta al proceso en la etapa de conversión. La escoria generada está considerada dentro de la remoción de impurezas, al igual que los gases de combustión que se generan en este proceso.

Luego de la fusión, el cobre debe ingresar al horno de conversión, cuyo propósito es eliminar impurezas contenidas de arsénico, antimonio, plomo y zinc. En esta etapa, el cobre pasa de una concentración del 62% al 96%, eliminándose nuevamente impurezas en forma de escoria y gases con altos contenidos de SO_2. El producto obtenido a la salida de esta etapa se denomina cobre blíster 96%.

La siguiente etapa es la pirorefinación, en donde el cobre es sometido a una etapa más de purificación, alcanzando una proporción del 99,7%. Aquí, las impurezas eliminadas están constituidas mayoritariamente por oxígeno y azufre.

Luego de la pirorefinación, el cobre es moldeado en planchas de entre 400 a 500 kg cada una, lo que se denominan ánodos. En esta etapa no se consideran pérdidas por lo que su entrada es igual a su salida.

Finalmente, los ánodos deben someterse a la electro refinación, en donde el cobre alcanza una pureza del 99,99%, generándose las impurezas como barros anódicos que caen al fondo de las celdas de electrólisis. Al finalizar esta etapa, el producto obtenido se denomina cátodo de cobre electrolítico 99,99% de pureza.

El embalaje para comercializar los cátodos, que pesan entre 400 y 500 kg cada uno, se define como packs de 10 cátodos de cobre, por lo que se obtendrá la producción estimada en packs de 4.000 kilogramos totales.

El balance de necesidades se realizó para la totalidad de duración estimada del proyecto, es decir, 51 años, considerando variaciones de stock año a año. Mediante el consumo o la

generación de stocks, teniendo en cuenta la necesidad de ventas anuales proyectadas (300 Kton) y el porcentaje de operación de la mina, se logró dimensionar la planta para una capacidad promedio que minimiza la tenencia de stocks al final del proyecto en cuestión y que pudiese cumplir, en la mayor medida posible, con la proyección de ventas de 300 Kton. Asimismo, se consideró que tanto la mina como la planta trabajan las 24 horas del día, los 365 días del año. Por último, el valor de equilibrio encontrado fue afectado por las pérdidas del proceso en ineficiencias, ya sea por mantenimiento, desperdicios, entre otras, para obtener la capacidad bruta de la planta.

Todos los años en los que la producción tenga una capacidad productiva diferente a la media, se trabajará con almacenes, tanto para almacenar mineral en caso de extraer más roca de la que puede procesar la planta, como para retirarlo y poder operar en períodos donde la extracción de mineral esté por debajo de la capacidad de operación de la planta refinadora. Se parte del Escenario Optimista de ventas en el cual se asumen 300 Kton de Cu por año, todos los años, iniciando desde el 2023 (Año 1) y finalizando en el 2073 (Año 51).

Año	% de operación de la mina	Necesidad salida de Roca (Kton)	Kton extraidos de Cu	Capacidad neta de la planta (Kton)	Diferencia entre las capacidades (Kton)	Stock acum, año a año (Kton)	Kton Reales Cu producido	Capacidad de la planta sin pérdidas (Kton)
1	5%	3.191	15	45.202	42.011	0	15	53.812
2	45%	28.723	135	45.202	16.479	0	135	53.812
3	80%	51.063	240	45.202	-5.862	5.862	212	53.812
4	95%	60.638	285	45.202	-15.436	21.298	212	53.812
5	95%	60.638	285	45.202	-15.436	36.734	212	53.812
6	95%	60.638	285	45.202	-15.436	52.171	212	53.812
7	95%	60.638	285	45.202	-15.436	67.607	212	53.812
8	95%	60.638	285	45.202	-15.436	83.043	212	53.812
9	90%	57.446	270	45.202	-12.245	95.288	212	53.812
10	90%	57.446	270	45.202	-12.245	107.533	212	53.812
…	…	…	…	…	…	…	…	…
41	70%	44.680	210	45.202	521	225.420	212	53.812
42	60%	38.297	180	45.202	6.904	218.516	212	53.812
43	60%	38.297	180	45.202	6.904	211.612	212	53.812
44	45%	28.723	135	45.202	16.479	195.133	212	53.812
45	40%	25.531	120	45.202	19.670	175.463	212	53.812
46	40%	25.531	120	45.202	19.670	155.793	212	53.812
47	40%	25.531	120	45.202	19.670	136.123	212	53.812
48	30%	19.148	90	45.202	26.053	110.070	212	53.812
49	25%	15.957	75	45.202	29.245	80.825	212	53.812
50	10%	6.382	30	45.202	38.819	42.006	212	53.812
51	5%	3.191	15	45.202	42.011	-4	212	53.812
Total Kton		**2.246.808**	**10560**	**2.305.302**	**58.493**	**-4**	**10560**	**2.744.407**

Tabla 2.13. Análisis de operación de la Mina y de la Planta.

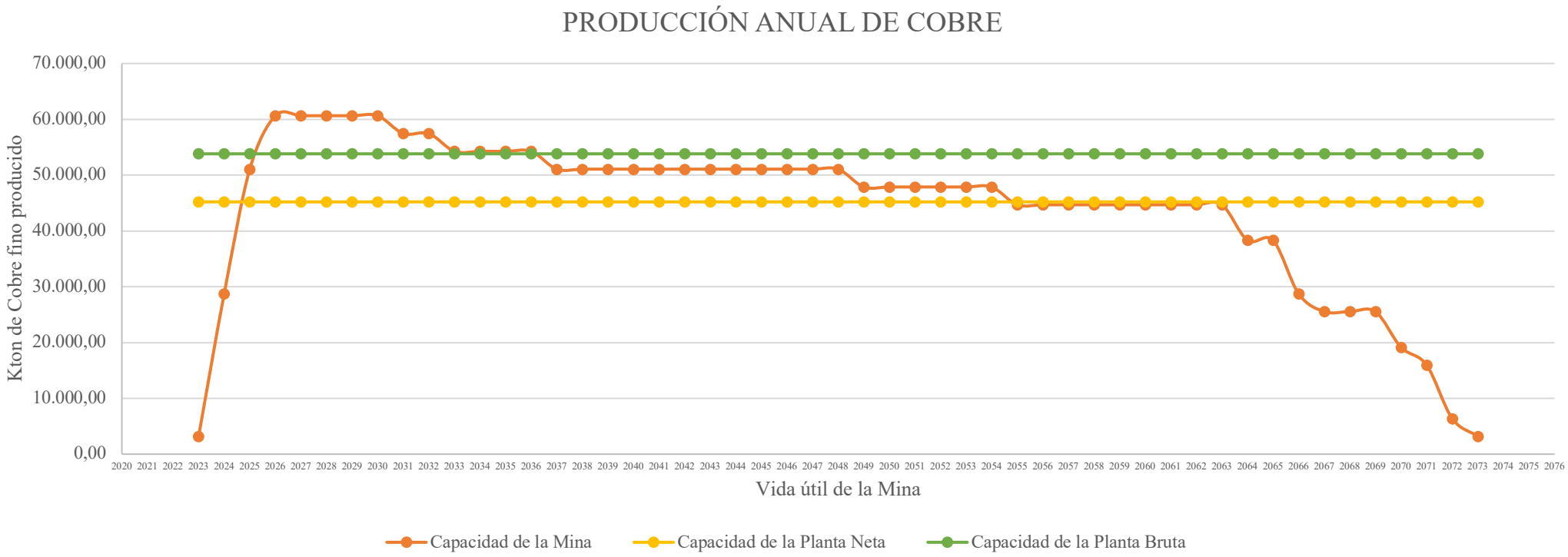


Figura 2.24. Producciones anuales de la mina y de la planta de refinación.

A modo de conclusión, se puede observar que para un escenario optimista que considera una producción máxima de 300 miles de toneladas anuales de cátodos de cobre electrolítico 99,99%, la capacidad promedio a la que debe operar la mina en pos de minimizar la diferencia de capacidad de producción a través de los años es de 53.812 miles de toneladas anuales de roca, teniendo en cuenta un 16% de ineficiencias propias del proceso (15% de pérdidas en molienda y 1% de pérdidas en transporte). Las ineficiencias mencionadas consideran las mermas en el proceso productivo por pérdidas en las etapas de chancado y molienda. Finalmente, este volumen es el necesario para llegar a la capacidad de procesamiento real neto de la planta de 45.202 miles de toneladas anuales de roca.

Producción Total Real (bruta)		**Producción Total Teórica (neto de perdidas)**	
53.811,90	Kton/año	45.202,00	Kton/año
4.484,33	Kton/mes	3.766,83	Kton/mes
6,23	Kton/hora	5,23	Kton/hora

Tabla 2.14. Resumen de capacidad de producción de la planta (Real y Bruta).

Finalmente, se realizó el plan de necesidades para el valor promedio de producción en correspondencia con la capacidad productiva media de la planta en la que se trabajará constantemente. De este modo se definirán los volúmenes que intervienen en cada etapa del proceso, a partir de los cuales se dimensionan los recursos necesarios.

Presentación						**Producción Cu fino**	**Valor Promedio Roca procesada**	**Valor Promedio Cu fino**	**Unidad**
10	Cátodos/ pack	400	Kg/ cátodo	4.000	Kg/ pack	300 25	**45.202** **3.766**	**212,5** **17,7**	Kton/ año Kton/ mes

Tabla 2.15. Resumen de la capacidad promedio anual de la planta.

En conclusión, y como explica la tabla anterior, la producción anual que se obtendrá si se trabaja constantemente a una capacidad de procesamiento de planta de 45.202 Kton/año de roca, es de 212,45 Kton anuales de cobre electrolítico 99,99%, es decir, se producirá un 70% del máximo definido en el escenario en cuestión (300 Kton). Los años en los que la operación en la mina extraiga más roca de la que puede procesar la planta, es decir, 45.202 Kton anuales, se guardará dicho mineral en pilas en el predio de la planta. Los años en los que la mina extraiga menos mineral del que puede procesar la planta refinadora, se completará el faltante con el material almacenado en estas pilas.

Proceso	% de Cu a la Entrada	Cantidad de Cu Entrada	Cantidad de Cu Salida		Entrada de Impurezas	Salida de Impurezas		Desperdicio	
Extracción	0,47	23,43	23,20	Kton/mes	4.985,82	4.437,38	Kton/mes	548,44	Kton/mes
Chancado Primario	0,47	20,86	19,81	Kton/mes	4.437,38	4.215,51	Kton/mes	221,87	Kton/mes
Chancado Secundario	0,47	19,81	18,82	Kton/mes	4.215,51	4.004,74	Kton/mes	210,78	Kton/mes
Transporte a molienda	0,47	18,82	18,63	Kton/mes	4.004,74	3.964,69	Kton/mes	40,05	Kton/mes
Molienda	0,47	18,63	17,70	Kton/mes	3.964,69	3.766,46	Kton/mes	198,23	Kton/mes
Flotación	0,47	17,70	17,70	Kton/mes	3.766,46	57,10	Kton/mes	3.709,35	Kton/mes
Fusión	31,00	17,70	17,70	Kton/mes	57,10	28,55	Kton/mes	28,55	Kton/mes
Horno de Conversión	62,00	17,70	17,70	Kton/mes	28,55	18,44	Kton/mes	10,11	Kton/mes
Piro refinación	96,00	17,70	17,70	Kton/mes	18,44	17,76	Kton/mes	0,68	Kton/mes
Moldeado	99,70	17,70	17,70	Kton/mes	17,76	44.389,03	Cátodos/mes	0	
Electro Refinación	99,70	17,70	17,70	Kton/mes	44.389,03	44.260,29	Cátodos/mes	128,74	Cátodos/mes
PRODUCTO FINAL	**99,99**	**4.425,59**	**5.936,91**	**Packs/mes**	**4.426,03**				
PRODUCTO FINAL	**99,99**	**17,70**	**17,70**	**Kton/mes**	**17,70**				

Tabla 2.16. Balance de necesidades para la capacidad de procesamiento de 45.202 Kton/año de roca.

2.4.3 Balance de Masa

Un balance de masa o balance de materia indica todas las corrientes de flujos entrantes y flujos salientes del sistema, en donde se aplica la Ley de la Conservación de la Materia, es decir, la suma de todas las corrientes de entrada debe ser igual a la suma de todas las corrientes de salida, considerando los desperdicios.

Para realizar el balance de masa, se tomó como punto de partida el balance de necesidades para la producción promedio anual a la que trabajará la línea de 17,704 miles de toneladas de cobre electrolítico 99,99%.

Se consideraron, también, los insumos necesarios para cada etapa del proceso de refinación, en donde intervienen diferentes productos químicos como así también gran cantidad de agua. Para el cálculo de la cantidad de agua en las etapas de molienda y chancado, se consideró que se necesitarán $3m^3$/ton de cátodos de cobre[69].

Agua incorporada a chancado/molienda
3 m3/ton de cátodo de cobre

Mientras que el gramaje necesario de reactivos para la etapa de flotación se consideró como se muestra en la tabla a continuación.

Espumante
10 g/ton de mineral

Modificador de pH
600 g/ton de mineral

Floculantes
15 g/ton de mineral

Developer
100 g/ton de mineral

[69] Información obtenida de: Repositorio de la Universidad de Chile

La etapa de flotación cuenta con dos fases: la flotación colectiva y la selectiva. En esta segunda se elimina el molibdeno presente en el concentrado de cobre que representa un 0,25% del mismo. [70]

Molibdeno
0,25 % de roca de cobre

En la fundición, el horno de fusión se alimenta, además de con concentrado de cobre, con cuarzo[71] (también denominado sílice) que actúa como fundente. El cuarzo que se incorpora es un 12% en peso de la cantidad de cobre que se inyecta en el horno. [72]

Cuarzo
12 % en peso

Cuando sale el cobre del horno de fundición, atraviesa la etapa de conversión, en la cual se inyecta nuevamente sílice y oxígeno industrial como inputs. Sus proporciones son de 13% y 114% en peso de la cantidad de concentrado de cobre que ingresa en esta etapa. [73]

Sílice
13 % en peso

Oxigeno Industrial
114 % en peso

Luego se desarrolla la pirorefinación. En esta etapa del proceso se alimenta el horno con gas natural y oxígeno industrial. Sus concentraciones son de 0,41 m^3/hora para una densidad de 2,17 kg/m^3 de gas natural, y de 13 Nm^3 aire/Nm^3 gas natural para una densidad de 1,141 de oxígeno industrial[74].

[70] Información obtenida de: 911 Metallurgist

[71] SiO_2

[72] Información obtenida de: Presentación de Departamento de Ingeniería de Minas ENAMI

[73] Información obtenida de: Presentación de Cátedra de Metalurgia Universidad de Chile

[74] Información obtenida de: Universidad Andrés Bello, Facultad de Ingeniería- Análisis de los cuellos de botella de una fundición de Cobre

Cantidad de GN para Pirorefinación	
410	Litros/h
0,41	m3/h
2,17	kg/m3

Oxigeno Industrial	
13	Nm3 aire/ Nm3 gas
1,141	kg/l
6081,53	kg/h

Finalmente, la cantidad de ácido sulfúrico que se necesita en la etapa de electro refinación, surge de realizar el balance estequiométrico de la ecuación de la reacción de electrólisis. Sabiendo que un mol de cobre pesa 63,5 gramos, un mol de ácido sulfúrico pesa 98 gramos y considerando que la relación de la reacción es 1 a 1, la cantidad de ácido sulfúrico que se necesita (conociendo la cantidad de Cu anódico que se desea purificar) surge simplemente de realizar una regla de tres simple.

$$Cu_{(impuro)} + H_2SO_4 \rightarrow Cu^{2+} + 2H^+ + SO_4^{2-} + 2e^- \qquad (2.12)$$

$$Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu_{(puro)} \qquad (2.13)$$

Tomando en consideración todos estos datos mencionados, el balance de masa resultó como se muestra a continuación. Este muestra la entrada de concentrado de cobre y de otros insumos en cada una de las etapas, los desperdicios ya sean por pérdidas de material o por separación de los componentes de este, y los productos de salida.

Extracción		
Entradas		
Roca con 0,0047 de cobre	**4.985,82**	Kton/mes
Desperdicios		
Roca con baja ley (desperdicios 10%)	-498,58	Kton/mes
Pérdidas en transporte (1%)	-49,86	Kton/mes
Salidas		
Roca con 0,0047 de cobre	**4.437,38**	Kton/mes
Chancado primario		
Entradas		
Roca con 0,0047 de cobre	**4.437,38**	Kton/mes
Agua	0,15	Kton/mes
Desperdicios		
Pérdidas en molienda (5%)	-221,87	Kton/mes
Salidas		
Roca con 0,0047 de cobre con agua	**4.215,67**	Kton/mes
Chancado secundario		
Entradas		
Roca con 0,0047 de cobre con agua	**4.215,67**	Kton/mes
Agua	0,15	Kton/mes
Desperdicios		
Pérdidas en molienda (5%)	-210,78	Kton/mes
Salidas		
Roca con 0,0047 de cobre con agua	**4.005,05**	Kton/mes
Transporte a Molienda		
Entradas		
Roca con 0,0047 de cobre con agua	**4.005,05**	Kton/mes
Desperdicios		
Pérdidas en transporte (1%)	-40,05	Kton/mes
Salidas		
Roca con 0,0047 de cobre con agua	**3.965,00**	Kton/mes
Molienda		
Entradas		
Roca con 0,0047 de cobre con agua	**3.965,00**	Kton/mes
Agua	0,15	Kton/mes
Desperdicios		
Pérdidas en molienda (5%)	-198,23	Kton/mes
Salidas		
Roca con 0,0047 de cobre con agua	**3.766,92**	Kton/mes
Flotación		
Entradas		
Roca con 0,0047 de cobre con agua	**3.766,92**	Kton/mes
Reactivos espumantes	0,04	Kton/mes
Reactivos estabilizadores de pH	2,26	Kton/mes
Reactivos floculantes	0,06	Kton/mes
Developer	0,38	Kton/mes
Desperdicios		
Agua	-0,28	Kton/mes
Químicos	-2,73	Kton/mes
Molibdeno	-9,42	Kton/mes
Roca	-3.699,94	Kton/mes
Salidas		
Concentrado de cobre al 31% (humedad 40%)	**57,29**	Kton/mes
Filtrado		
Entradas		
Concentrado de cobre al 31% (humedad 40%)	**57,29**	Kton/mes
Desperdicios		
Agua	-0,17	Kton/mes
Salidas		
Concentrado de cobre al 31% (humedad 8%)	**57,12**	Kton/mes
Secado		

Entradas		
Concentrado de cobre al 31% (humedad 8%)	**57,12**	Kton/mes
Desperdicios		
Agua	-0,01	Kton/mes
Salidas		
Concentrado de cobre al 31% (humedad 0,2%)	**57,10**	Kton/mes
Tostado		
Entradas		
Concentrado de cobre al 31% (humedad 0,2%)	**57,10**	Kton/mes
Desperdicios		
Agua	0,00	Kton/mes
Salidas		
Concentrado de cobre al 31% (sin humedad)	**57,10**	Kton/mes
Fusión		
Entradas		
Concentrado de cobre al 31% (sin humedad)	**57,10**	Kton/mes
Cuarzo (fundente)	6,85	Kton/mes
Desperdicios		
Escoria	-35,40	Kton/mes
Salidas		
Mata (cobre al 62%)	**28,55**	Kton/mes
Conversión		
Entradas		
Cobre al 62%	**28,55**	Kton/mes
Silice (fundente)	3,71	Kton/mes
Oxígeno Industrial (95% O2)	32,53	Kton/mes
Desperdicios		
Escoria	-46,35	Kton/mes
Salidas		
Cobre al 96% (cobre blíster)	**18,44**	Kton/mes
Piro refinación		
Entradas		
Cobre al 96% (cobre blíster)	**18,44**	Kton/mes
Oxígeno Industrial (95% O2)	4,44	Kton/mes
Gas Natural	0,00	Kton/mes
Desperdicios		
Impurezas	-5,12	Kton/mes
Salidas		
Cobre al 99,7%	**17,76**	Kton/mes
Electro refinación		
Entradas		
Cobre al 99,7%	**17,76**	Kton/mes
Ácido sulfúrico	27,32	Kton/mes
Desperdicios		
Barros anódicos	-0,05	Kton/mes
Ácido sulfúrico	-27,32	Kton/mes
Salidas		
Cobre electrolítico al 99,99%	**17,70**	**Kton/mes**
	44.260,29	**Cátodos/mes**
	4.426,03	**Packs/mes**

Tabla 2.17. Balance de Masa del proceso.

2.4.4 Selección de Tecnología

Una vez construido el balance de necesidades, se continuó con el dimensionamiento y selección de la maquinaria requerida. Cabe destacar que la inversión en maquinaria se realiza al comienzo del proyecto, y ésta debe satisfacer los requerimientos de la planta a lo largo de toda su vida útil.

La vida útil de las maquinarias de minería suele ser de varios años, ya que los materiales con los que están hechos son muy duraderos (hierro, acero, entre otros). La maquinaria de la mina, como las perforadoras, palas, bulldozers y camiones, ha aumentado su vida útil a lo largo de los años debido a la utilización de lubricantes modernos reemplazando a los orgánicos originales.[75] La vida útil de las perforadoras y palas suele ser de más de 10 años [76] y de los bulldozers y camiones alrededor de 10 años netos de utilización. Se suele realizar mantenimiento (preventivo y predictivo) de las mismas y cambio de componentes para lograr esta duración. Por otro lado, la duración del chancador y molino suele ser de 25/30 años y el resto de la maquinaria de la planta alrededor de 20[77], siempre teniendo en cuenta los mantenimientos necesarios y los cambios de piezas por desgaste de cada máquina.

En la Tabla 2.18. se puede observar la vida útil técnica que se consideró para cada una de las diferentes maquinarias.

Amortizaciones	**Vida Util Técnica (años)**
Maquinaria: Rodado	10
Maquinaria: Molinos y Chancadores	30
Maquinaria: Planta	20
Maquinaria: Proveedores Energeticos	20
Maquinaria: Vehiculos	10
Caminos	30
Construcciones	55

Tabla 2.18. Vida útil técnica de la maquinaria, caminos y construcciones

Debido al costo elevado de estas máquinas es importante una buena planificación para subir una única vez todos los equipos a la altura de la planta y la mina, y evitar tener que subir y bajar diversas veces. En el caso de una ampliación o reestructuración, o descubrimiento de mayor masa de cobre que la que se creía, se deberá realizar una nueva planificación para realizar una nueva inversión.

Por otro lado, la maquinaria representa un alto porcentaje de la inversión inicial y, además, el mantenimiento de estos equipos representa entre un 40 y 45% de los costos totales operativos anuales, por lo que factores como la disponibilidad de repuestos y la calidad de la maquinaria fueron factores que se tuvieron en cuenta para la selección de la misma. A continuación, se detalla la maquinaria a utilizar en las distintas etapas del proceso.

[75] Información obtenida de: Diario El Nacional

[76] Información obtenida de: TFM Claudio Rubio Rodriguez Proteg

[77] Información obtenida de: Entrevista a Emilio de Pedro

2.4.4.1 Selección de Tecnología para la Etapa de Exploración

Previo a la explotación propiamente dicha del suelo, se debe realizar una exploración del suelo para poder determinar la Ley de Cobre y realizar un mapeo 3D de la ubicación del mineral. Para ello, se realizan sondeos, en los cuales se perfora el suelo extrayéndose tubos de roca, que son analizados para confirmar que se cuenta con la calidad de suelo deseada. Estas perforaciones en la roca, son de poco diámetro pero de gran longitud, es por esto que se utilizan equipos de perforación liviano. En esta etapa se extraen barras de roca de aproximadamente 10 cm de diámetro.

Para esta etapa, se ha seleccionado la perforadora Explorac 100 de la marca EPIROC, dado que permite perforar a una profundidad de hasta 250 metros. De acuerdo con información obtenida de proyectos de envergadura similar, se utilizarán una perforadora de exploración[78].



Figura 2.25. Perforadora de exploración Explorac 100.[79]

Para el mapeo 3D se utilizará el programa Maptek Blastlogic[80], el cual permite una correcta modelización del cuerpo mineral, y se contratarán expertos geólogos y especialistas en programación y computación para que realicen el estudio completo del suelo.

[78] Información obtenida de: Entrevista Emilio de Pedro

[79] Información obtenida de: Direct Industry- Epiroc

[80] Información obtenida de: Maptek

2.4.4.2 Selección de Tecnología para la Etapa de Explotación

Perforación

Luego de la etapa de exploración, se comienza con la explotación del suelo, que comienza con la perforación de este para luego colocar dentro los explosivos.

Para la selección de los equipos de perforación de la explotación y para una correcta operación, se deben tener en cuenta las siguientes variables.

- Empuje: el empuje debe ser suficiente para poder vencer la resistencia máxima a la compresión de la roca, pero no debe ser excesivo ya que se podrían atascar las barras que componen a la broca.
- Revoluciones por minuto (RPM): las RPM varían entre 60 y 120 típicamente.
- Velocidad de penetración: está directamente relacionado con las RPM y depende de muchos factores externos, como las propiedades físicas de las rocas (dureza, abrasividad, etc) y la resistencia a la compresión. Para determinar la velocidad de penetración, primero se deben realizar ensayos sobre rocas representativas. Con los resultados obtenidos, se determina el tipo de broca que mejor se ajusta, el empuje requerido y la duración de los aceros de perforación.
- Desgaste de los elementos de perforación: es importante alargar la vida útil de los componentes de perforación, evitando exigirlos por sobre lo recomendado.

Para realizar la perforación de explotación, se utilizará una perforadora FlexiROC D50 de Epiroc. Es un carro para martillo en fondo versátil que permite aumentar la producción a un costo reducido. Es flexible y tiene alta capacidad de perforación, por lo cual es muy recomendada para la perforación para voladuras en minas a cielo abierto. Permite una exploración máxima de 45 metros, lo cual es suficiente para realizar las tronaduras, con un diámetro del barreno de entre 90 mm y 130 mm. Se eligió también ya que debido al bajo régimen del motor permitirá alargar la vida útil de la perforadora y porque el empuje cumple con el requerido para la resistencia máxima de la máquina. De acuerdo a la información obtenida de proyectos de envergadura similar, se utilizarán dos perforadoras de explotación[81].

[81] Información obtenida de: Entrevista a Emilio de Pedro



Figura 2.26.Perforadora de explotación FlexiROC D50.[82]

A su vez, también se utilizarán camiones de agua para la utilización de las perforadoras. Es importante el uso de un líquido refrigerante que ayude a disminuir el calor generado por la fricción del barreno contra la tierra en el momento de perforar. Los camiones utilizados serán marca Caterpillar, modelo 773G, el cual tiene una capacidad de 49.200 litros de agua[83]. Se puede comprar el chasis solo sin accesorios y agregar una cisterna propia o comprarlo con los accesorios incluidos. El agua necesaria para enfriar las partes de las perforadoras se tomará de los reservorios de agua cercanos a la mina y de los cursos del Río Pachón de las inmediaciones al pit.



Figura 2.27. Camión 773G WTR.[84]

[82] Información obtenida de: AMC Flexiroc

[83] Información obtenida de: Peterson Cat- Camiones

[84] Información obtenida de: Peterson Cat- Camiones

Tronadura

Los explosivos son quienes destruirán el suelo y así obtener tanto las rocas con el mineral de cobre como el strip[85]. Los explosivos que se utilizarán son explosivos compuestos por ANFO (Ammonium Nitrate - Fuel Oil), que como se mencionó anteriormente son explosivos de alta potencia, comúnmente utilizados en la explotación de minas de cobre. Para realizar la voladura se contrata a una empresa que maneja los explosivos y que sabe cómo colocar la malla previa acorde a las particularidades del suelo. La empresa elegida para realizar la voladura de El Pachón es Enaex, la cual posee oficinas comerciales en la provincia de San Juan. Enaex ofrece, dentro de su servicio de voladura para minería, el suministro de explosivos y materia prima, el transporte y la carga de los explosivos, el tapado, amarre y disparo de las voladuras, y la administración de polvorines[86].

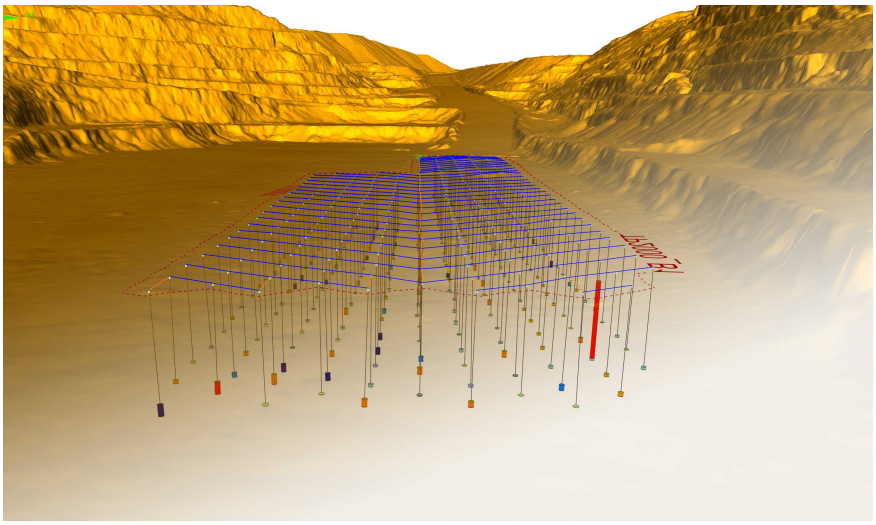


Figura 2.28. Modelización de voladuras 3D.[87]

Carga y transporte

Para la remoción de material estéril en la zona que se está explotando, se emplean máquinas como palas mecánicas y bulldozers especiales para minería. Al ser máquinas que se utilizarán constantemente a lo largo de toda la vida útil de la mina, es importante que sean de buena calidad. Las empresas más reconocidas mundialmente en este tipo de maquinaria son Caterpillar y Komatsu.

Se utilizarán Tractores Topadores D10T2, marca Caterpillar (también denominados "bulldozers"), para remover la tierra. Estos tractores son lo suficientemente resistentes como

[85] Desecho.

[86] Información obtenida de: Enaex- Servicios integrales de fragmentación de roca

[87] Información obtenida de: MundoGeo.com

para utilizarse en instalaciones mineras, y tienen una potencia al volante de 447 kW. Poseen, además, tres transmisiones diferentes tanto para avance como para retroceso, lo cual le da versatilidad a su uso.



Figura 2.29.Tractor Topador D10T2.[88]

A la hora de transportar el material a la zona de chancado, se utiliza una pala de cuerda eléctrica que recoge la roca fragmentada y la deposita sobre un camión de carga. Para la elección de estas palas, se utilizó el mismo criterio que para la elección de los bulldozers. Se analizaron las distintas opciones entre la maquinaria que ofrece Caterpillar y Komatsu. Con el fin de homogeneizar la compra de la maquinaria, y tratar de que el proveedor sea en lo posible siempre el mismo, se eligió entonces la pala 7495 HF con cuerda de avance de Caterpillar. Esta pala tiene una carga útil de balde de 109 toneladas, y alberga entre 30,6 y 60,7 m3 de material.

[88] Información obtenida de: Finning.com



Figura 2.30.Pala de cuerda eléctrica 7495 HF.[89]

Finalmente, para la elección de los camiones de carga que llevan la roca recién explotada al chancador, se evaluaron distintas opciones de marcas como Caterpillar, Komatsu, Liebherr, y Belaz. Estos camiones que transportan las rocas tienen unas dimensiones mucho más grandes que un camión común, ya que son especiales para la industria minera.

Para lograr cargas útiles a camión lleno con un mínimo tiempo de carga, un buen sistema de carga y un acarreo eficiente, se recomienda que el camión y la pala de cuerda eléctrica sean compatibles, y de esa forma optimizar las capacidades de ambas máquinas. Al seleccionar una pala de cuerda Caterpillar, la mejor opción y teniendo en cuenta que los precios son similares entre los distintos camiones, se eligió un camión minero Caterpillar, para así maximizar el volumen de material movido al menor costo de operación por tonelada. Los camiones elegidos son marca Caterpillar, modelo 796 AC. Este modelo es relativamente nuevo, y alberga una capacidad en la caja de alrededor de 360 toneladas. También se tendrán camiones de capacidad 200 toneladas, marca Caterpillar modelo 789 D. [90]

[89] Información obtenida de: Finning.com

[90] Información obtenida de: Caterpillar



Figura 2.31. Camión 796 AC.[91]

Chancado

El proceso de chancado se realiza en dos grandes etapas, las cuales requieren equipos especiales de acuerdo al tamaño de grano buscado: chancado grueso y chancado fino.

Existen diversos tipos de chancadores y, para determinar el más adecuado para el proceso, se deben tener en consideración los siguientes factores.

- Volumen de cobre roca a triturar, teniendo en consideración que por año en El Pachón se producirán alrededor de 212 miles de toneladas de cobre electrolítico 99,99% de pureza, y sabiendo que la ley de Cobre es de 0,47%, la cantidad de roca a procesar por año serán aproximadamente 45.202 miles de toneladas, tal como se ha definido en el balance de necesidades.
- Tamaño de roca que entra al chancador: esto se deberá definir acorde a los gastos que se realizarán en explosivos en la etapa de Voladura. Un gran gasto en explosivos implicaría una roca más chica y un gasto menor en tecnología de chancado, mientras que un gasto menor en los mismos implicaría una mayor inversión en maquinaria de chancado
- Tenacidad de la roca a triturar: la roca más comúnmente encontrada en la cordillera de Los Andes es la Andesina.
- Dureza: siguiendo la escala de Mohs que va del 1 al 10, 1 siendo la menos dura y 10 siendo la más dura, la roca Andesina, que es la roca que se encuentra mayoritariamente en la Cordillera de los Andes, tiene una dureza de entre 6-7.

[91] Información obtenida de: Caterpillar

- Humedad del material: dependiendo de las situaciones climáticas del lugar de origen de la mina. En este caso se encuentra en San Juan, cuya humedad media es del 50% y cuya precipitación media varía entre los 2 mm y los 18 mm a lo largo de los distintos meses del año[92].

Se considerará un chancado en el yacimiento debido a que el transporte del material ya triturado es menos costoso y más continuo que el material que sale directamente del yacimiento. La planta de chancado se ubicará de manera fija en el yacimiento, y permanecerá allí durante la vida útil de la mina. Es importante que la misma se encuentre a un nivel más bajo para permitir que los camiones transporten las piedras sin necesidad de moverse en un suelo empinado cuando están cargados para disminuir los gastos de combustible necesarios. [93]

Se utilizarán chancadores primarios y secundarios. El chancador primario será un Primario Giratorio Superior MKIII 54-75, con un peso de 240 toneladas, potencia de 600 kW, abertura de alimentación 1.370 mm y capacidad máxima de 7.500 Mtph (*metric tons per hour*). El chancador secundario será un Chancador de Cono Nordberg GP7.



Figura 2.32 Primario giratorio[94] y Chancador de Cono Nordberg[95].

Para el traslado de la roca desde el chancador hasta el molino, se utilizará una cinta transportadora estacionaria de uso genérico, de la marca Tyazhmash[96]. Esta cinta cumple con el requerimiento de capacidad delimitado en el balance de necesidades, tiene una velocidad que puede ser regulada entre 1,6 y 4 m/s, un output regulable de 250-5.000 m^3/h, y puede transportar

[92] Información obtenida de: Weather-arg.com- Clima San Juan

[93] Información obtenida de: Codelco Educa- Chancado

[94] Información obtenida de: Metso- Gyratory Crushers

[95] Información obtenida de: Metso- Cone Crushers

[96] Información obtenida de: Tyazmash

hasta 3,16 toneladas por metro cúbico. Tendrá una longitud que igualará la distancia entre la mina y la planta, es decir, alrededor de 3 kilómetros.



Figura 2.33. Cinta Transportadora Estacionaria.

2.4.4.3 Selección de Tecnología para la Etapa de Refinación

La etapa de refinación consiste en diversas etapas que fueron mencionadas anteriormente: molienda, flotación, sedimentación y filtrado, mezclado, secado, tostado, fundición (fusión, conversión y piro refinación) y electro refinación. Para cada uno de los procesos se utiliza tecnología diferente.

Molienda

Teniendo en consideración el análisis que se hizo anteriormente, se sabe que el molino define la velocidad de producción de la planta ya que es la máquina más costosa que interviene en el proceso. En este caso, se necesita un molino que pueda procesar alrededor de 5.400 toneladas de material por hora de manera teórica, y que tenga como resultado final fragmentos de 0,18 mm de diámetro.

Se utilizará un Molino Horizontal sin engranajes SAG y un Molino Horizontal de Bolas, ambos marca Metso. Estos molinos pueden procesar entre 80.000 y 100.000 toneladas de roca por día.



Figura 2.34. Molino AG/SAG y Molino de Bolas[97].

Flotación

Como ya fue mencionado, la flotación es el procedimiento que permite concentrar el cobre de la pulpa de material mineralizado que viene del proceso de molienda. En las celdas de flotación se hace burbujear oxígeno desde el fondo de manera que las partículas de cobre presentes en la pulpa se adhieran a las burbujas de aire y así suben con ellas y se acumulan en una espuma. La espuma rebalsa hacia canaletas que bordean las celdas y que la llevan al proceso de decantación.

Este proceso de flotación cuenta con 3 fases, una fase sólida, que son los materiales que se buscan separar, es decir el cobre sulfurado del resto de la roca; una fase líquida, que es el medio en el que se separan los sólidos, donde se utilizan los reactivos que ayudan a los diferentes materiales a flotar en el momento indicado para que permita su separación; y finalmente una fase gaseosa, que incluye la inyección de aire para poder formar burbujas, los diferentes componentes de la roca se enganchan de las mismas para subir a la superficie.

Existen diversos tipos de celdas de flotación: mecánicas, neumáticas y de columnas. En este proceso se utilizarán celdas mecánicas, las cuales son las más comunes en la industria y poseen un agitador que funciona de manera mecánica, dando razón a su nombre. Es importante destacar que se utilizan dos tipos de flotación: Rougher y Scavenger. La Rougher se utiliza para concentrar la mayor cantidad de cobre de la pulpa de material, y la celda Scavenger para rescatar lo que queda del proceso de Rougher.

Para la realización de este proyecto se eligieron las celdas de flotación marca METSO modelo RCS^{TM}. Se utilizarán 4 celdas en paralelo. Para la flotación colectiva estas celdas son de tipo Rougher y miden 2 x 257 m^3 cada una, y para la flotación selectiva se tienen celdas Scavenger con las mismas dimensiones. Finalmente, la capacidad de trabajo a la que se operará en cada una de las etapas de flotación es de 35.000 y 650 ton/día.

[97] Información obtenida de: Direct Industry- Metso



Figura 2.35. Celdas de flotación.

Sedimentado y clarificación

En el proceso de sedimentación y clarificación se busca recuperar el agua involucrada en las operaciones de molienda y flotación a modo de obtener el concentrado de cobre final. El proceso de recuperación tiene la intención de reutilizar el agua para reducir el costo y el impacto ambiental. Los equipos utilizados son los espesadores de relave que logran recuperar hasta el 80% del agua trabajando a un ritmo continuo.

Los espesadores presentan cuatro niveles que cumplen distintos roles en el proceso de sedimentación y clarificación. La zona A, que se encuentra en la parte superior, no presenta sedimentación ya que contiene agua clara o con un porcentaje de sólidos muy bajo. En la zona B, que es la que le sigue, ocurre la sedimentación gravitacional por la velocidad del flujo de alimentación que entra y sale en este nivel. La zona C es una etapa de transición entre la zona B de sedimentación y la D de compresión, por lo que presenta propiedades intermedias. Finalmente, en la zona D, que se encuentra en la zona inferior, es donde se comprime el fluido.

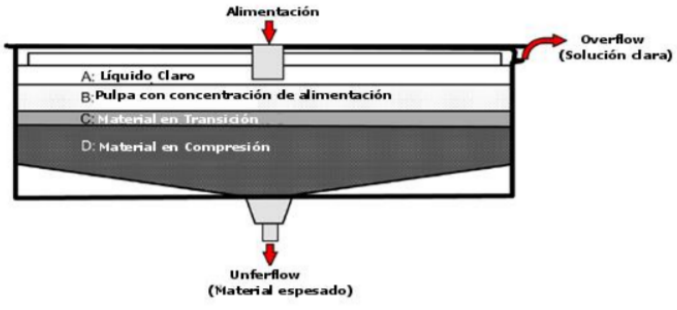


Figura 2.36. Sedimentación en un espesador continuo.

Los diferentes tipos de espesadores se distinguen por la clarificación que desarrollan. La clarificación estructural diferencia espesadores por cómo están construidos. Estos pueden ser espesadores de puente presentando un sistema motriz apoyado en un puente que cruza el

diámetro del espesador, de columna cuyo sistema motriz está apoyado en una columna central, o espesadores de tracción periférica que cuentan con un tractor que mueve el brazo del equipo.

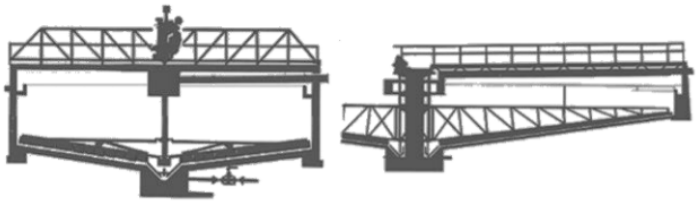


Figura 9: Espesador de puente (izquierda) y de columna (derecha) [29].



Figura 10: Espesador de tracción periférica [30].

Figura 2.37. Distintos tipos de espesadores utilizados en la industria.

Los espesadores según clarificación operacional se distinguen según la concentración de relave que son capaz de entregar. Pueden ser espesadores convencionales que no utilizan floculantes y tienen una baja capacidad de tratamiento, los espesores de alta capacidad que utilizan floculantes, los de alta densidad que recuperan mayores cantidades de agua, y los espesadores de pasta que permiten una máxima cantidad de sólidos.[98]

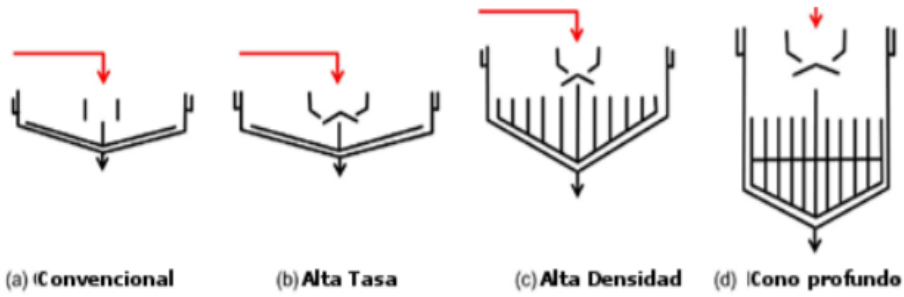


Figura 2.38. Clasificación de espesadores.

La elección del espesor a utilizar en este proyecto se basó en estudiar el proceso de sedimentación y clarificación de yacimientos con características similares a El Pachón. Se utilizaran los espesadores de columna de alta capacidad JINPeng Modelo NZSG-18, que presentan una capacidad de tratamiento de 960 toneladas por día.[99]

[98] Información obtenida de: Repositorio Universidad de Chile- Estudio y Evaluación de Espesadores

[99] Información obtenida de: JinPeng Minería

Filtrado

El proceso de filtrado se basa en la separación sólido-líquido que permite una mayor recuperación de agua. Esta operación se realiza utilizando filtros que varían en función del medio de trabajo: vacío o a presión.

Dentro de los filtros que trabajan al vacío, se destacan los filtros de banda. Estos presentan una banda filtrante continua donde se deposita el material que trabaja a velocidad variable. El agua es extraída por una bomba de vacío que se ubica por debajo de la banda. En cuanto a los filtros de presión, el filtro de prensa es un proceso discontinuo que trabaja llenando una cámara a través de orificios y mediante una bomba de relaves en la cual se realiza el prensado del material colectando el agua que se obtiene del proceso. Las diferencias técnicas entre los diferentes tipos se encuentran a continuación.

FILTRADO DE VACIO	FILTRADO DE PRESION
1. Operación continua.	1. Operación discontinua.
2. Mayor consumo de energía	2. Menor consumo de energía
3. Existe mucha experiencia	3. Dudas de la disponibilidad s/exp
4. Menor área de filtración	4. Mayor área de filtración
5. Más equipos requeridos	5. Menos equipos requeridos
6. Más superficie de instalaciones	6. Menos superficie de instalaciones
7. Mayor humedad de la torta (20 a 25%)	7. Menor humedad de la torta (15 a 18%)
8. Mayores tasas a igual % finos	8. Menores tasas a igual % finos

Figura 2.39. Diferencias técnicas entre filtrado de vacío y filtrado de presión.[100]

En este proyecto se utilizará un filtro de bandas con capacidad de 2.700 toneladas por día tratadas. La elección fue considerando los equipos que se utilizan para proyectos de similar magnitud en Chile.

Mezclado

En la etapa de mezclado se utiliza una mezcladora para minería. Se tendrá en consideración una mezcladora marca ENERCOM de tipo tambor rotatorio y para una producción de mediana a gran escala. Presentan una geometría semiesférica metálica cerrada, con una capacidad suficiente para abastecer la operación de varios días. Trabajan a un ritmo continuo a 200 ton/hora[101] y se encuentran en las inmediaciones del área de secado.

[100] Información obtenida de: Repositorio Universidad de Chile- Filtros de prensa

[101] Información obtenida de: Xin Hai Mining



Figura 2.40. Mezcladora para minería marca ENERCOM.[102]

Secado

En la etapa de secado, se utilizará un secador industrial de tipo tornillo marca ENERCOM con una capacidad de entre 56 y 135 ton/hora[103]. Se utiliza para la etapa del secado, dado que, en primer lugar, el concentrado de cobre no puede entrar en contacto con gases de combustión para su secado, por lo que debe tener un secado indirecto (por conducción y convección) y, en un segundo lugar, porque los secadores de tornillo pueden manejar productos de alta viscosidad como el concentrado de cobre. Además, al girar el tornillo, permite el avance del concentrado, y los secadores de tipo tornillo tienen la particularidad de ser autolimpiantes.

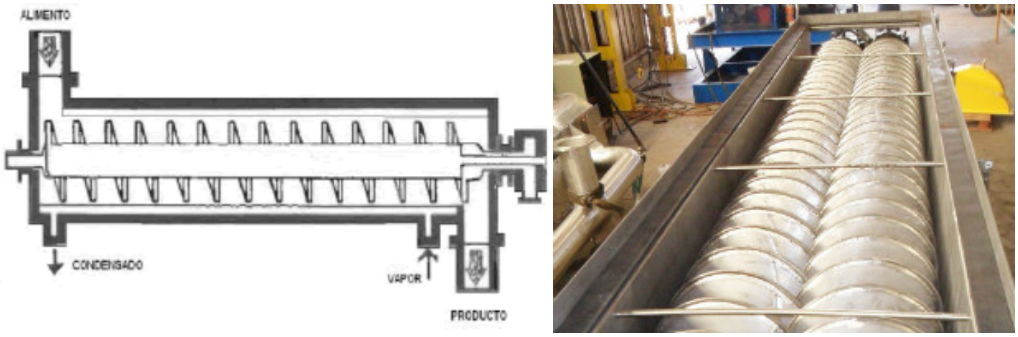


Figura 2.41. Secador tipo "Tornillo" empleado en minería[104] *y uno empleado específicamente para la minería de cobre.*[105]

[102] Información obtenida de: Enercom- Equipos

[103] Información obtenida de: Repositorio USM

[104] Información obtenida de: Revista Universidad Nacional de Colombia

[105] Información obtenida de: Enercom- Equipos

Tostado

En la etapa de tostado del concentrado de cobre se utiliza un horno de tostación Outotec de lecho fluidizado vertical de sección cilíndrica. Opera continuamente 24 horas al día y tiene una capacidad de 70 ton/hora.[106]

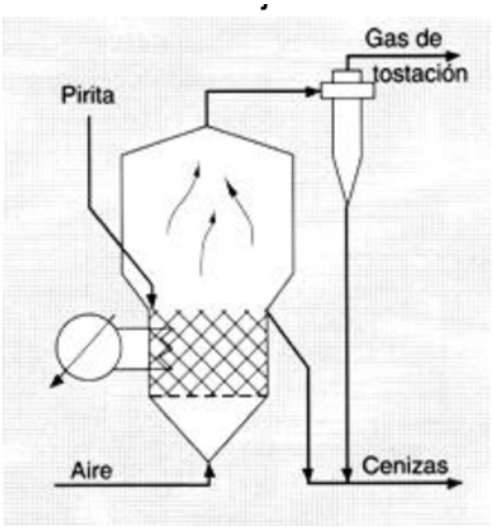


Figura 2.42. Horno de tostación de lecho fluidizado.[107]

Fundición: fusión, conversión y piro refinación

La fundición consiste en 11 etapas, previamente explicadas: análisis de laboratorio, mezclado, secado, tostado, fusión, conversión y piro refinación. Cada una de ellas utiliza maquinaria específica. A continuación, se encuentra especificada la maquinaria necesaria en esta etapa.

Horno de fusión teniente

El horno teniente es el primer proceso de fundición que sufre el concentrado de cobre. El mineral seco llega a los equipos de manera continua 24 horas al día.[108] La capacidad productiva del horno es de 700 ton/día.

[106] Información obtenida de: Monografía de Tostación en Concentrados de Cobre

[107] Información obtenida de: Recursosbiblio.url.edu.gt

[108] Información obtenida de: Repositorio USM

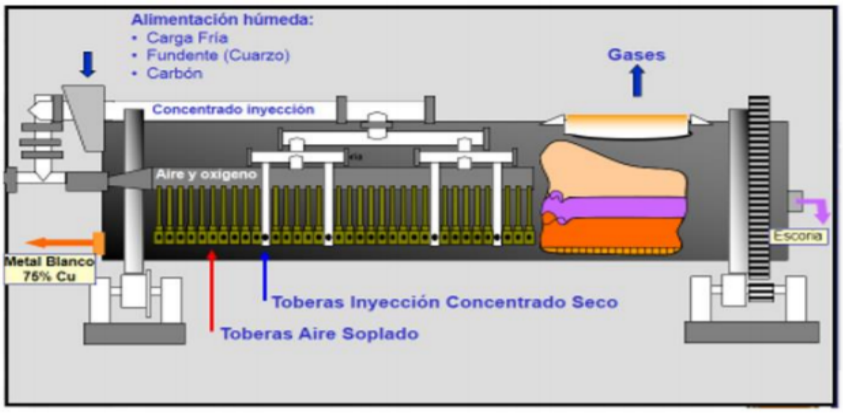


Figura 2.43. Esquema de un Horno de Fusión Teniente.

Horno de conversión Pierce-Smith

El producto obtenido del horno de fusión es dirigido al horno convertidor Pierce-Smith en tazas[109] de 11,3 m^3 a un ritmo de 5 tazas por carga.[110] En este proceso se transforman 1.500 toneladas de concentrado de cobre por día en cobre blister. El horno que se utilizará es Outotec PS Converter[111].

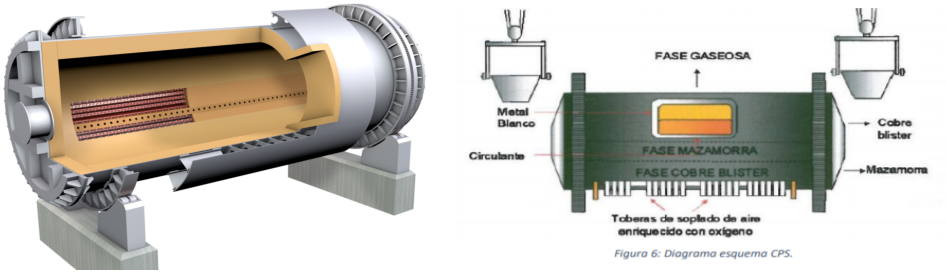


Figura 2.44. Horno de conversión Peirce-Smith.[112]

Horno Eléctrico de Limpieza de Escoria (HELE)

Para el proceso de limpieza de las escorias provenientes de la fusión que busca recuperar la mayor parte del cobre remanente, se utilizará un horno eléctrico de limpieza de escoria HELE. Es un horno circular rotatorio de tipo basculante y de batch, por lo que su ritmo de trabajo es

[109] Se denomina "taza" al recipiente en el cual es transportado el metal fundido. También se lo conoce como "cuchara".

[110] Información obtenida de: Repositorio USM

[111] Información obtenida de: Outotec- PS Converting Process

[112] Información obtenida de: SMS Group

discontinuo. El flujo de escoria entra por la boca ubicada en la parte superior derecha y sale por el orificio de sangrado en el extremo inferior.

Tiene una capacidad de trabajo de 80 toneladas por ciclo y realiza 16 ciclos al día. Por lo tanto, la capacidad productiva del equipo es de 1.280 ton/dia. [113]

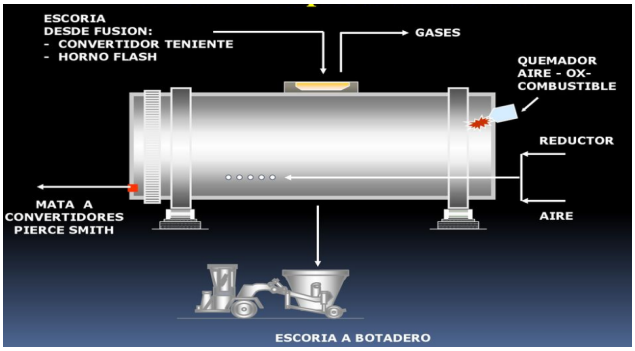


Figura 2.45 Horno Eléctrico de Limpieza de Escoria (HELE).[114]

Horno de refinación a fuego o pirorefinación

El proceso de refinación del cobre blister se realiza utilizando un horno de ánodos de tipo basculante que procesan 180 toneladas de cobre por ciclo y realizan 4 ciclos al día. Finalmente, la capacidad de trabajo es de 720 ton/dia.[115]

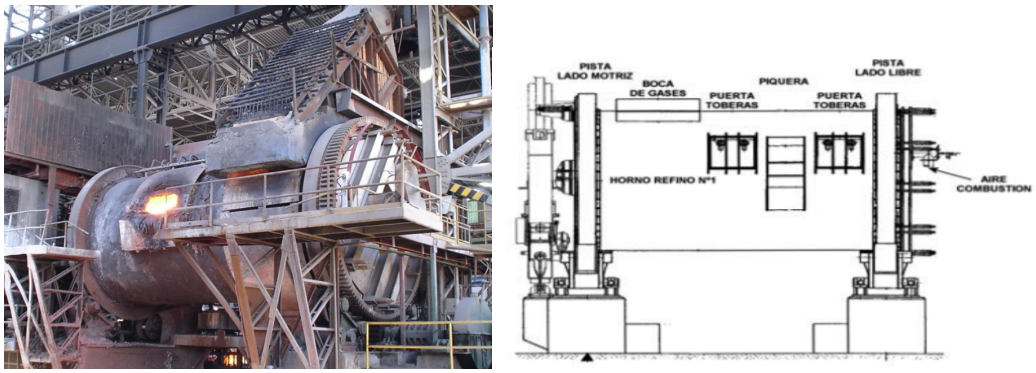


Figura 2.46. Horno de piro refinación[116] *de ánodos de tipo basculante.*

[113] Información obtenida de: Repositorio UNAB

[114] Información obtenida de: Presentación de la Pirometalurgia del Cobre

[115] Información obtenida de: Repositorio UNAB

[116] Información obtenida de: Presentación de Pirometalurgia

Rueda de moldeo

Para la conformación del cobre líquido que sale del horno de ánodos se utilizan cucharas dosificadoras que controlan la cantidad exacta de cobre que se requieren por molde. Los moldes se ubican sobre una rueda de moldeo que soporta y transporta el material a lo largo del proceso. Se utiliza lo que se llama una Rueda Twin[117]. La misma trabaja con una capacidad de 35,6 ton/hora y como máximo 16 horas al dia. Finalmente, la capacidad de trabajo es en promedio de 534 ton/dia.[118]



Figura 2.47. Rueda de Moldeo.[119]

Electro refinación

Para la electro refinación, se utilizan celdas de refinación electrolítica. Las mismas están hechas de concreto reforzado, recubiertas con plomo antimonial (3%-6% de antimonio Sb) o PVC blando[120].

Para la definición de la cantidad de celdas a construir se tomó como referencia un proyecto de producción de cobre de similares características, por lo cual se considerarán 458 celdas, cada una con una capacidad de 1,42 ton/día.

Estas celdas son tipo Eco de recuperación directa desarrolladas por Ecological Engineering Ltd. Consisten en un cátodo de forma cilíndrica que rota a alta velocidad disminuyendo el espesor de la capa de difusión. La celda está dividida en dos compartimientos por una

[117] Información obtenida de: Construcciónminera.cl

[118] Información obtenida de: Repositorio UNAB

[119] Información obtenida de: Repositorio UNAB

[120] Información obtenida de: Codelco Educa- Electro refinación

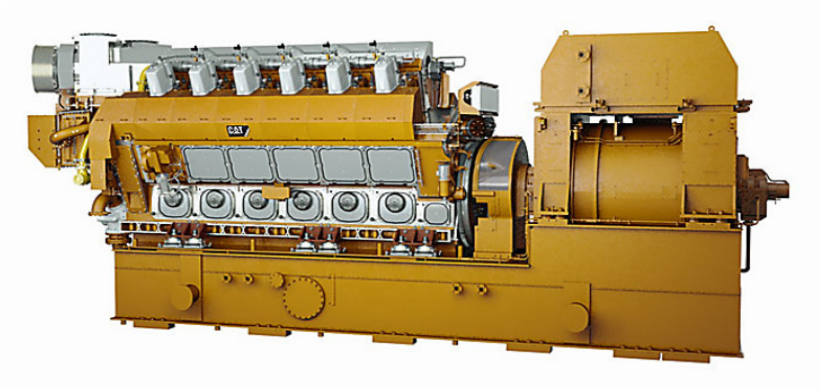
membrana de intercambio iónico y funciona a altas densidades de corriente. La transferencia de masa es 1000 veces mayor a las celdas convencionales purificando efluentes desde una concentración de 400 mg/l de cobre a 2 mg/l.[121] El flujo al que operan las celdas es de 25 litros/min.



Figura 2.48. Electro refinación de los ánodos de cobre.[122]

Generación de energía eléctrica

Para la generación de energía eléctrica, es necesario contar con equipos de porte industrial, capaces de generar la cantidad suficiente de energía. Para ello, se decidió usar generadores marca Caterpillar modelo CM46DF en V que funcionan con motores propulsados por fuel oil. Estos generadores cuentan con 16 cilindros en V y turbocompresor, lo que aumenta el toque y mejora la eficiencia. Cada uno de ellos es capaz de generar entre 10.500 a 14.100 kVA.



[121] Información obtenida de: Tesis de la Universidad de Chile

[122] Información obtenida de: Blog de Métodos de Explotación del Cobre

Figura 2.49. Generador eléctrico marca Caterpillar modelo CM46DF en V.[123]

2.4.5 Dimensionamiento de la Cantidad de Máquinas

Para la definición de la cantidad de máquinas que hará falta colocar en cada parte del proceso, hizo falta considerar las diferentes necesidad de procesamiento, así como las características propias de cada equipo que determinan su capacidad de producción. La relación entre estas dos variables permitirá dimensionar las instalaciones productivas a medida.

Para definir la capacidad productiva de cada máquina, se consideró la capacidad teórica unitaria especificada en el catálogo de cada equipo elegido. Este fue afectado por el rendimiento de cada máquina para obtener la capacidad real unitaria.

El rendimiento de los equipos seleccionados será para aquellos que intervienen en la mina de un 95% ya que se prioriza la buena calidad de las máquinas. La selección de este nivel de equipamiento supone un gran costo de inversión el cual se eligió afrontar desde los inicios del proyecto. De esta manera, se ahorran los gastos en nueva maquinaria si la primeramente seleccionada no cumple con las expectativas del usuario.

En cuanto a la maquinaria utilizada para la refinación del cobre dentro de la planta, se seleccionaron tecnologías con un rendimiento del 90% ya que es menor el riesgo de que estas no cumplan con las expectativas de funcionamiento. Esto no quita que el equipamiento de refinación seleccionado sea de alta calidad y signifique también una inversión importante al inicio del proyecto.

A la hora de dimensionar la cantidad de máquinas, el proceso se dividió en dos partes: máquinas de la mina y máquinas de la planta.

2.4.5.1 Maquinaria de la Mina

Inicialmente, se definieron 1 perforadora de exploración y 2 perforadoras de explotación de acuerdo con un relevamiento de proyectos similares[124] acerca de la cantidad de perforaciones que se realizan por hora, comparándolo con la magnitud de este proyecto en particular. Las perforadoras de exploración se utilizarán para entender la composición del cuerpo mineral y las de explotación para realizar agujeros para introducir los explosivos. Es importante destacar que se realizan alrededor de 1 o 2 voladuras por semana a lo largo de la mayor parte de la vida útil de la mina.

A la hora de dimensionar los camiones, se decidió utilizar camiones grandes (360 toneladas) y camiones más chicos (200 toneladas). Esto se debe a intentar minimizar el riesgo que tener pocos camiones puede traer, en el caso de que se rompa alguno. Según el relevamiento, se supo que los camiones grandes tardan aproximadamente 10 minutos en estacionar y llenarse, o estacionar y vaciarse, y los chicos tardan 7 minutos. Teniendo en cuenta este tiempo, la

[123] Información obtenida de: Caterpillar

[124] Información obtenida de: Entrevista Emilio de Pedro

distancia ida y vuelta al chancador y la velocidad media de cada camión, se pudo calcular el tiempo de ciclo, y de esa forma la cantidad de toneladas que llevan por hora cada camión. Considerando esto último se definió que se utilizarán 6 camiones grandes y 4 camiones chicos.

Teniendo en cuenta el tiempo de ciclo de las palas eléctricas, 2,5 minutos, entre que levanta roca del suelo la deposita en el camión y luego vuelve al suelo a agarrar más, se definió que la cantidad de palas que se necesitan para el llenado de los camiones es 2, debido a que el requerimiento de la roca a movilizar se comparte con los bulldozers. Los bulldozers tienen un tiempo de movimiento más lento que las palas mecánicas (5 minutos), por lo que se necesitarán 5 bulldozers para poder movilizar la roca al ritmo que lo necesita la operatoria del pit. Asimismo, se ha considerado 1 camión carguero de agua para poder abastecer de líquido enfriador a las perforadoras, a un ritmo de 50 litros por perforación, estimando que se realizan 3 perforaciones de exploración por hora y 10 perforaciones de explotación por hora.

Luego, una vez que los camiones llegan a la planta de chancado, vuelcan la carga y emprenden viaje de vuelta a la mina. Se tendrá una línea de chancado en el yacimiento, con 1 chancador primario y 1 chancador secundario. Una vez que la roca sale del segundo chancador, sale ya volcada en una cinta transportadora que la lleva hacia la mina y hacia la siguiente etapa: la molienda.

Finalmente, conociendo la capacidad productiva de todos los instrumentos necesarios en el set minero y mirando el flujo de material que se debe procesar en cada etapa, se definió la cantidad de máquinas necesarias para un correcto desarrollo del proceso.

Se determinó, mediante los catálogos de la maquinaria seleccionada, los consumos de gasoil que conllevará el uso de cada una de estas máquinas. Se pudo determinar la potencia máxima en kW de los motores de cada máquina, afectando dicha potencia por un factor de 0,75 debido a que no se acostumbra a usar la maquinaria a máxima potencia, sino que su uso más frecuente ronda el 75%. Para dicha potencia del 75%, se calculó el consumo de gasoil que se necesitará, totalizando una cantidad de 68.816 litros/día, requiriendo el abastecimiento de dicho combustible por 2 camiones por día. El gasoil necesario será aprovisionado desde la refinería de YPF en Luján de Cuyo, Mendoza.

2.4.5.2 Maquinaria de la Planta

La cinta transportadora llega a la planta y vacía su contenido en una tolva, la cual alimenta el molino.

Se tendrán dos líneas de molinos, la línea de los molinos primarios horizontales SAG, en la que se emplearán 2 molinos, y una línea de molinos secundarios horizontales de bolas, en la que se necesitarán 2 molinos, para lograr llegar a un tamaño de 0,18 mm de diámetro de las rocas. Cada uno tiene una capacidad de 3.750 y 3.000 toneladas por hora respectivamente, y en este análisis se requieren procesar 5.431 toneladas/hora, por lo tanto, utilizando dos líneas de los mismos se logra tener la capacidad deseada y un poco de margen en el caso de querer o necesitar aumentar la capacidad.

Para las celdas de flotación, teniendo en cuenta su capacidad de 35.000 ton/día para la celda tipo Rougher y 650 ton/día para la celda tipo Scavenger, se necesitarán 4 celdas de cada tipo, totalizando 8 celdas para la etapa de flotación completa.

A continuación de las celdas de flotación se tendrán 3 sedimentadores y 1 pileta de filtrado, y luego 1 mezcladora. Luego, para la etapa de fusión/conversión, se tendrá 1 secador tornillo, 2 hornos de tostación, 3 hornos tenientes, 1 HELE, 1 horno Pierce-Smith y 1 horno de piro refinación. Finalmente se tendrán 2 ruedas Twin que moldearán el cobre en los ánodos y para finalizar 458 celdas electrolíticas.

Maquinaria	Rendimiento	Capacidad teórica		Capacidad Real		Capacidad Real por Hora		Necesidad de Producción		Cantidad de Máquinas	Capacidad Instalada		Grado de Aprovechamiento
Perforadora de Exploración	95%	80,00	Perf/día	76,00	Perf/ día	3,17	Perf/hora	3,00	Perf/ hora	1	3,20	Perf/hora	94,74%
Perforadora de Explotación	95%	130,00	Perf/día	123,50	Perf/ día	5,15	Perf/hora	10,00	Perf/ hora	2	10,6	Perf/hora	97,17%
Pala eléctrica	95%	44	Ton/min	41	Ton/min	2.485	Ton/hora	3.414	Ton/hora	2	4.970	Ton/hora	68,71%
Bulldozer	95%	14	Ton/min	13	Ton/min	798	Ton/hora	3.414	Ton/hora	5	3.990	Ton/hora	85,59%
Camión cargador de agua	95%	49.200	Litros/día	46.740	Litros/día	1.947	Litros/hora	650	Litros/hora	1	1.947	Litros/hora	33,38%
Camión de carga grande	95%	804	Ton/hora	764	Ton/hora	764	Ton/hora	6.829	Ton/hora	6	6.864	Ton/hora	99,50%
Camión de carga chico	95%	600	Ton/hora	570	Ton/hora	570	Ton/hora	6.829	Ton/hora	4	6.864	Ton/hora	99,50%
Chancador primario	95%	7.500	Ton/hora	7125	Ton/hora	7.125	Ton/hora	6.078	Ton/hora	1	7.125	Ton/hora	85,31%
Chancador secundario	95%	7.500	Ton/hora	7125	Ton/hora	7.125	Ton/hora	5.774	Ton/hora	1	7.125	Ton/hora	81,05%
Cinta transportadora	95%	7.600	Ton/hora	7220	Ton/hora	7.220	Ton/hora	5.486	Ton/hora	1	7.220	Ton/hora	75,99%

Tabla 2.19. Cantidad de máquinas para la extracción y chancado.

Maquinaria	Rendimiento	Capacidad teórica	Capacidad Real	Capacidad Real por Hora	Necesidad de Produccion	Cantidad de Máquinas	Capacidad Instalada	Grado de aprovechamiento
Molino SAG	90%	100.000 Ton/día	90.000 Ton/día	3.750 Ton/hora	5.431 Ton/hora	2	7.500 Ton/hora	72,41%
Molino de bolas	90%	80.000 Ton/día	72.000 Ton/día	3.000 Ton/hora	5.431 Ton/hora	2	6.000 Ton/hora	90,52%
Celdas de flotación 1	90%	35.000 Ton/dia	31.500 Ton/dia	1.312 Ton/hora	5.159 Ton/hora	4	5.250 Ton/hora	98,28%
Celdas de flotación 2	90%	650 Ton/dia	585 Ton/dia	24 Ton/hora	91 Ton/hora	4	97 Ton/hora	93,72%
Sedimentador	90%	960 Ton/día	864 Ton/día	36 Ton/hora	78 Ton/hora	3	108 Ton/hora	72,67%
Pileta de filtrado	90%	2.700 Ton/día	2.430 Ton/dia	101 Ton/hora	78 Ton/hora	1	101 Ton/hora	77,51%
Máquina de mezclado	90%	4.800 Ton/día	4.320 Ton/dia	180 Ton/hora	78 Ton/hora	1	180 Ton/hora	43,47%
Secador Tornillo	90%	2.160 Ton/dia	1.944 Ton/día	81 Ton/hora	78 Ton/hora	1	81 Ton/hora	96,60%
Horno tostación	90%	1.680 Ton/dia	1.512 Ton/día	63,00 Ton/hora	78 Ton/hora	2	126 Ton/hora	62,08%
Horno Teniente (fusión)	90%	700 Ton/día	630 Ton/día	26 Ton/hora	78 Ton/hora	3	78 Ton/hora	99,33%
HELE	90%	1.280 Ton/dia	1.152 Ton/día	48 Ton/hora	35 Ton/hora	1	48 Ton/hora	73,76%
Horno Pierce Smith (conversión)	90%	1.500 Ton/día	1.350 Ton/día	56 Ton/hora	39 Ton/hora	1	56 Ton/hora	69,53%
Horno de piro refinación	90%	720 Ton/dia	648 Ton/dia	27 Ton/hora	25 Ton/hora	1	27 Ton/hora	93,56%
Moldeador	90%	534 Ton/dia	480 Ton/dia	20 Ton/hora	24 Ton/hora	2	40 Ton/hora	60,73%
Celdas de refinación	90%	1,42 Ton/dia	1,28 Ton/dia	0,05 Ton/hora	24,32 Ton/hora	458	24,37 Ton/hora	99,82%

Tabla 2.20. Cantidad de máquinas para la molienda, filtración, fundición y electro refinación.

Luego de realizar el análisis de cantidad de maquinaria necesaria, se calculó el grado de aprovechamiento de cada una de ellas para definir el cuello de botella. Se analizó por separado la maquinaria de la mina y la de la planta, para definir un cuello de botella de cada uno de los procesos.

En la mina, el proceso con mayor grado de aprovechamiento es el de transporte de roca desde el yacimiento hasta el chancador, que se realiza en camiones grandes y chicos. Este aprovechamiento es de 99,5%. Para estar atento frente a una posible saturación del transporte, se considerará un alquiler de camiones en caso de que aumente la producción, la necesidad o los días productivos. Esto será de mucha facilidad ya que se suele utilizar mucho en la industria minera el alquiler de vehículos en el caso en el que las condiciones proyectadas cambien[125].

Por otro lado, en la planta el cuello de botella son las celdas de refinación. En caso de que las condiciones cambien y se necesiten más celdas, se necesitará una inversión alta ya que se deberán construir nuevas piletas y calcular nuevamente el tiempo del proceso. Al ser un proyecto de una gran longitud y de mucha envergadura, se podrá destinar parte del tiempo y dinero a una nueva construcción sin poner en riesgo las ventas y la producción de El Pachón.

2.4.5.3 Necesidad de Energía y Maquinaria Implicada

Para realizar el cálculo de necesidad de energía, se tuvo en cuenta qué máquinas funcionan con energía eléctrica y cuáles necesitan combustible. La totalidad de las máquinas de la planta, excepto los hornos de fusión, conversión, pirorefinación y tostación, son propulsadas por energía eléctrica. La maquinaria de la planta que necesita combustible hace uso de gas natural el cual será proveído mediante camiones dedicados a tal fin de manera diaria.

Para el cálculo de la necesidad de generadores eléctricos, se determinó la potencia máxima en kW que necesita la maquinaria para moverse, valor que fue afectado por 1,25, dado que el motor a combustión interna que genere el suministro eléctrico debe tener una potencia superior a la demanda eléctrica necesaria. A partir de la determinación de la potencia necesaria de los motores de combustión interna, se determinó el consumo de dichos motores, en litros/hora. Para obtener un número más realista, se consideró que la maquinaria no trabaja al 100% de su potencia máxima, sino que usualmente lo hace al 75% a fin de no sobre exigirla.

Se determinó que el requerimiento energético de la planta es de 64.944,80 kW, consumiendo 543.862,80 litros de fuel-oil por día para poder accionar los generadores de energía eléctrica.

Para la potencia eléctrica requerida por la planta, se determinó que se necesitarán 6 generadores propulsados por fuel-oil. La cantidad de camiones necesarios por día para abastecer el consumo de los motores de combustión interna de dichos generadores es de 12 camiones/día, que proveerán el fuel oil desde la refinería de YPF en Luján de Cuyo, Mendoza.

En lo que respecta al consumo de energía del campamento, se determinó que de los 638 operarios implicados en el proyecto solamente 164 estarán presentes en el campamento a la

[125] Información obtenida de: Emilio de Pedro

vez, por lo que se consumirá un promedio de 4.920 kW de electricidad por día, considerando un consumo promedio de 30 kW por persona por día, energía la cual puede ser suministrada por paneles solares. Para poder abastecer esta potencia, se necesitarán 2.361,60 m^2 de paneles solares.

2.4.6 Dimensionamiento de Almacenes

A continuación del dimensionamiento de la maquinaria, se procedió a dimensionar los almacenes necesarios para el guardado de materias primas y producto terminado. Los almacenes se dimensionaron en función de los metros cuadrados necesarios y los días de stock previamente establecidos.

Materiales	Necesidad anual				Dias	Necesidad a almacenar
Agua	410.548	m3	410.548	m3	5	5.950
Químicos de Flotacion	8.192	ton	10.176	m3	3	88
Cuarzo	126.772	ton	47.838	m3	3	416
Oxigeno Industrial	440.949	ton	386.458	m3	5	-
Acido Sulfurico	248.962	ton (potes de 1000 litros)	136.045	m3	4	1.577
Gas Natural	3.395	m3	6.128	m3	3	53
Envase	318.674	m	80	m3	3	1
Producto Terminado	212	Kton	33.195	m3	15	1.443

Tabla 2.21. Necesidades anuales y a almacenar de materia prima y producto terminado

Se consideró el costo de construcción de 160 dólares por metro cuadrado, asumiendo un 40% del costo de construcción de oficinas y edificios más elaborados que simplemente un galpón como se necesita para la materia prima y producto terminado. A continuación, se pueden observar los diferentes almacenes o contenedores que se dimensionaron para la contención de materiales.

Materiales	Almacenes
Agua	Pileta de 60.000 litros
Químicos de Flotacion	Almacén de 7x7x2
Cuarzo	Almacen de 12x12x3m
Oxigeno Industrial	Tanque 200 mil l
	Cisterna
Acido Sulfurico	Almacén de 30x35x4m
Gas Natural	Almacén de 5x5x2m
Envase	Se introducen junto con el producto terminado
Producto Terminado	Almacén de 10mx35m

Tabla 2.22. Almacenes dimensionados para materiales

El almacén de producto terminado se dimensionó considerando la necesidad anual en metros cúbicos, y luego llevando esa cantidad a los 15 días estimados de plazo de entrega. En función de las cantidades a almacenar se dimensionó el costo de transporte de producto terminado hasta el puerto de exportación. Se decidió la tercerización del servicio. Se consideró un costo de 1 USD/km, y una distancia de 1700 km, y en función de estos datos se calculo año a año el costo de transporte ajustándolo a las modificaciones del tipo de cambio nominal. Este cálculo se mencionará en la sección *3.3.1.2 Construcciones.*

2.4.7 Puesta en Marcha de la Mina y la Planta Refinadora

A la hora de definir la puesta en marcha tanto de la mina como de la planta refinadora, se pueden distinguir 4 etapas principales. La etapa de estudio de ingeniería, la construcción de la mina y de la planta, y el *start up* que implica la puesta en marcha efectiva. En este caso, se consideran dos hitos distintos para la puesta en marcha efectiva, por un lado, el *start up* de la mina, y por otro el *start up* de la planta refinadora. En la *Figura 2.49* se muestra un diagrama de Gantt que ayuda a la comprensión y entendimiento del desarrollo de estas etapas con sus respectivas sube tapas que lo componen, con el fin de exponer el tiempo de dedicación previsto para diferentes tareas o actividades.

En el estudio de ingeniería, se incluyen los estudios necesarios previos al comienzo de la construcción de la mina. Estos contemplan la exploración, los estudios de prefactibilidad, estudios de costos y tiempos, así como la definición de la micro-localización, el análisis de las reservas mineras y de los recursos y las tecnologías que se utilizarán. Además, se comienza con la obtención de los permisos ambientales y marcos regulatorios necesarios.

Paralelamente, al final de la etapa de ingeniería, se comienza con la compra de los equipos que se necesitaran, tanto para la construcción de la mina, como para la explotación y refinación del cobre. En este momento, se comienza a capacitar a los operarios, y entrenarlos en cuestiones de seguridad.

Una vez que se cuenta con los equipos se comienza la etapa de la construcción de la mina. Como se mencionó en el punto *2.3.1.3 Construcción y explotación,* y según el Plan de Mina diseñado en la etapa anterior, se comienza con la construcción de caminos, e instalaciones necesarias. En esta etapa se comienza con la remoción de material estéril en la zona de la mina. Una vez finalizado el *pre-stripping*, se da comienzo al *start up* de la mina. A su vez, se realiza la construcción de la planta, donde todas estas operaciones de preparación del complejo se dan en paralelo para ahorrar tiempo y eficientizar recursos.

Finalmente, se comienza con el *start up* de la planta de cobre sulfurado. Esta etapa comienza con una pre puesta en marcha, llamada *dry commissioning,* donde se hacen pruebas sobre el proceso sin materiales dentro. Se continúa con un *wet commissioning,* donde se introducen agua o solventes al proceso. Para ahora sí, comenzar a refinar el mineral. El objetivo de esta primera etapa es verificar y hacer los ajustes necesarios para lograr que los cátodos de cobre que se producen tengan la calidad necesaria. Además, en esta primera etapa de refinación se confirman los ratios de consumo y requerimientos definidos de las distintas materias primas para la producción.

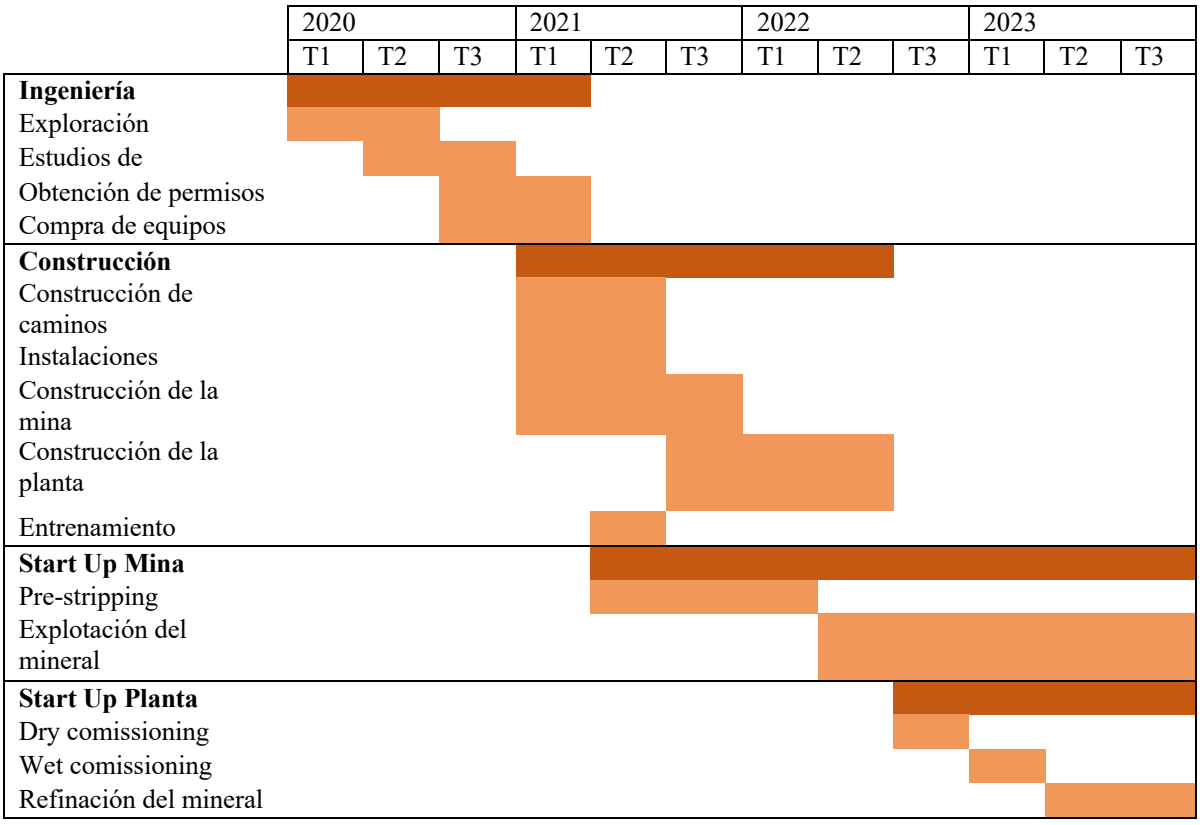


Figura 2.50. Diagrama de Gantt de puesta en marcha del proyecto.

2.4.7 Mantenimiento y Renovación de Equipos

El mantenimiento que se debe realizar a los equipos que intervienen en el proceso de minería es principalmente preventivo ya que anticiparse a las contingencias que pueda sufrir una máquina aumenta la seguridad de los operarios que manejan los equipos correspondientes,

maximizan la vida útil de las máquinas, y minimizan los costos de mantenimiento involucrados en el proceso, que para la minería representan entre un 45 y 50% de los costos operativos. Finalmente, este tipo de mantenimiento permite aumentar la confiabilidad de los equipos y minimizar la inversión que se realiza en ellos.

El mantenimiento predictivo consiste en analizar y medir el desgaste de la maquinaria a modo de corregir o reemplazar la misma cuando se presenten síntomas de una futura falla. Las técnicas más utilizadas para este tipo de mantenimiento, que minimizan la necesidad de recursos y, por lo tanto, las que se utilizarán son la termografía, el diagnóstico por vibraciones y medidas eléctricas. Se implementará el monitoreo online en las partes más peligrosas del proceso para proteger a los operarios de la exposición al riesgo que estas máquinas significan.

El desgaste de la maquinaria impacta principalmente en el nivel de calidad de los productos deseado, la seguridad de los equipos y del personal involucrado, el consumo de energía adecuado, los efectos en el medioambiente, y el cumplimiento del presupuesto. Para que la estrategia de mantenimiento sea efectiva, se debe medir la variación de estos parámetros en función del estado de las máquinas del proceso. Debe ser un plan a futuro que tenga en cuenta la vida útil de los equipos y su programación, el pronóstico de producción y las características de las paradas frecuentes de producción.

Finalmente, el plan de mantenimiento debe considerar acciones correctivas en caso de paradas de producción las cuales se desarrollaran en el plan de contingencias. [126]

Cabe destacar que los operarios involucrados en las actividades de mantenimiento predictivo y correctivo deben ser correctamente capacitados para desarrollar estas tareas. De esta manera, se minimizan los tiempos de mantenimiento ya que los operarios conocen en profundidad las máquinas que deben tratar, identificando rápidamente las fuentes de falla.

2.4.8 Flujo Productivo

El flujo productivo se refiere al tiempo que tarda una partícula de cobre en ser procesada desde que es extraída de la mina hasta que termina conformando parte del producto final. Para esto, fue necesario determinar el tiempo que transcurre en cada una de las etapas del proceso que van transformando la materia prima en los cátodos de cobre que se comercializaran.

[126] Información obtenida de: Blog de Escuela de Altos Estudios de Perú y Cámara Minera del Perú

Proceso	Maquinaria	Tiempo de Proceso	
Extracción	Perforadora de Exploración	18,95	min
	Perforadora de Explotación	5,83	min
	Pala Hidráulica	9,29	min
	Camión de Carga Chico	3,23	min
	Camión de Carga Grande	3,76	min
Chancado	Chancador Primario	0,51	seg
	Chancador Secundario	0,51	seg
	Cinta Transportadora	41,67	min
Molienda	Molino SAG	0,48	seg
	Molino de Bolas	0,60	seg
Flotación	Celdas de Flotación 1	12,00	min
	Celdas de Flotación 2	20,00	min
	Sedimentador	7,00	días
	Pileta de Filtrado	2,00	horas
Fundición	Máquina de Mezclado	20,00	min
	Secador Tornillo	25,00	min
	Horno Tostación	2,07	horas
	Horno Teniente de Fusión	10,33	horas
	HELE	2,62	horas
	Horno de Conversión Pierce-Smith	4,50	horas
	Horno de Pirorefinación	13,15	horas
	Moldeado	3,00	horas
Electro refinación	Celdas de Electro refinación	12,00	días

Tabla 2.23. Tiempos de proceso.

A modo de visualizar cuales son las operaciones que demandan mayor tiempo en la producción del cobre se realizó el siguiente diagrama:

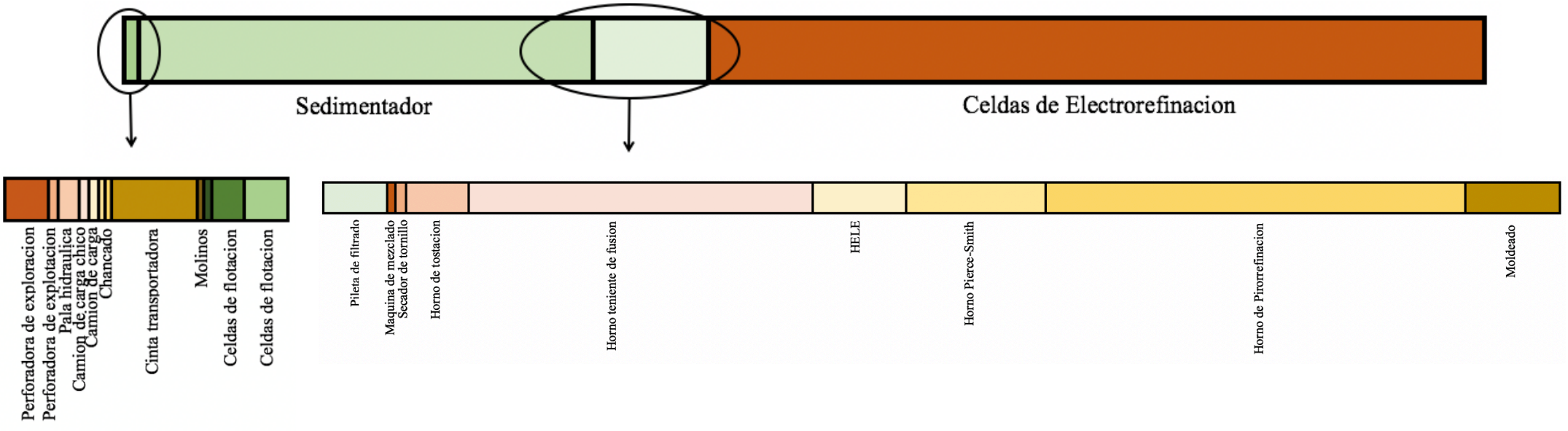


Figura 2.51. Flujo Productivo.

Las actividades que mayor tiempo representan en el proceso son la sedimentación y electro refinación, procesos que se desarrollan en planta. Teniendo en cuenta el resto de las operaciones duran tiempos del orden de minutos u horas, fueron separadas dichas secciones del flujo total para describir las partes que las componen. En la línea de tiempo troncal fueron representadas como la suma del tiempo que significan al proceso productivo general.

Finalmente, en el primer apartado la escala fue desarrollada en el orden de minutos, la segunda en horas y el flujo principal en días.

2.4.9 Ritmo de Trabajo

La planta refinadora de cobre trabaja durante todo el año de forma continua. Es por esto que se debe tener en cuenta contar con el personal necesario en todo momento. Al trabajar de forma continua, se utilizan dos turnos diarios rotativos de 12 horas cada uno. Además, el proyecto se llevará a cabo con un roster de 14/14. Esto significa que los operarios trabajarán durante 14 días seguidos en la mina, y luego volverán a sus hogares por 14 días. Es entonces que se necesitan 4 dotaciones para que la mina sea capaz de trabajar en forma continua.

A continuación, se muestra un ciclo de trabajo donde lo naranja implica que los operarios están en sus hogares. Los cuadros en amarillo y en verde implican que los operarios están viviendo en el campamento. Así, se puede ver que la dotación 1 y 2 trabajan los primeros 14 días, y la dotación 3 y 4 los siguientes 14. Además, están diferenciados los que trabajan en turno de día de 8:00 hs. a 20:00 hs, y los que trabajan en el turno noche de 20:00 hs. a 8:00 hs. En amarillo y con una T, se puede la dotación que se encuentra trabajando, y en verde con una D, se ve la dotación que se encuentra descansando en el campamento.

	Semana 1/2																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Dotación 1	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
Dotación 2	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
Dotación 3																								
Dotación 4																								
	Semana 3/4																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Dotación 1																								
Dotación 2																								
Dotación 3	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
Dotación 4	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T

Referencias	
	No trabajando. En sus casas.
T	Trabajando.
D	Descansando en el campamento.

Figura 2.52. Esquema del ritmo de trabajo del roster.

2.5 Organización del Personal

Como se mencionó anteriormente, el personal trabajará durante dos semanas, doce horas por día, para luego descansar otras dos semanas, dando como resultado dos turnos de trabajos diarios, y una cantidad de 4 dotaciones. Además, los turnos día y noche se irán alternando una vez por mes, esto quiere decir que, si un operario en febrero trabajó durante el día, en marzo le tocará trabajar durante el turno noche.

Por otra parte, el directorio/gerencia tendrá una rotación diferente debido a la necesidad de disponibilidad, la imposibilidad de no contar con alguien sustituto de todo el directorio/gerencia y por último la imposibilidad de no poder contar con ausencias tan largas de cargos tan importantes.

2.5.1 Dimensionamiento de la Mano de Obra

Los trabajadores se pueden dividir en dos grandes ramas, por un lado se cuenta con el personal definido como mano de obra directa (MOD), que son los que trabajan directamente con el proceso de extracción de cobre y refinación del mismo. Por otro lado, se cuenta con aquel personal que genera un impacto indirecto sobre el proyecto, siendo estos los que trabajan en oficinas.

Es importante tener en cuenta, para el cálculo de la dotación de personal, que en el proceso de producción de los cátodos de cobre se trabaja de forma continua. Es necesario, entonces, que siempre haya operarios trabajando en la planta, considerando que el personal deberá rotar para cubrir todos los turnos. Además, al trabajar de forma continua, se debe tener en cuenta el ausentismo que es una situación habitual en la Argentina.

En la *Tabla 2.21*, a continuación, se muestran los distintos puestos del personal con los que contará el proyecto, teniendo en cuenta la cantidad de empleados necesarios para operar cada uno de los equipos, así como el número de personas en cada turno, la cantidad de turnos necesarios, y el roster con el que se trabaja. La cantidad de empleados por sector fue determinada a partir de información de proyectos similares, haciendo un relevamiento de cada uno de los sectores del área productiva. Además, el resultado que se puede ver de empleados tiene en cuenta que el yacimiento está trabajando a su máxima capacidad y está extrayendo la cantidad máxima de cobre disponible. Se agregó un suplemento del 30% para la mano de obra, y además se calculó la cantidad de empleados por maquinaria. En función de los turnos, el roster y la consideración de vacaciones, es decir 15 días de parada de la mina y de la planta para realizar mantenimiento preventivo, la cantidad de empleados totales aproximados necesarios para el pleno funcionamiento de la planta y la mina es de 858.

El director general es quien se ocupa de todas la gerencia general de la extracción y refinación de cobre, y de quien dependen las 6 gerencias. La planta y la mina corresponden a las dos áreas que mayor personal poseen, sumando entre ambas 734 empleados, incluyendo el suplemento. Cabe aclarar que en la fila de celdas de refinación el valor es 0,015 ya que cada operador tiene la capacidad de cubrir hasta 65 celdas aproximadamente.

Puesto	Cantidad de máquinas	Cantidad por máquina/turno	Turnos	Roster	Total
Gerente de mina		1	1	0	1
Jefe de exploración		1	2	2	4
Operador de exploración	1	3	2	2	12
Jefe de perforación		1	2	2	4
Operador de perforación	2	3	2	2	24
Jefe de explosivos		1	2	2	4
Operador de explosivos		3	2	2	12
Jefe de transporte		1	2	2	4
Operador de transporte	10	2	2	2	80
Operador de pala	2	2	2	2	16
Jefe de chancado		1	2	2	4
Operador de Chancado Primario	1	5	2	2	20
Operador de Chancado Secundario	1	3	2	2	12
Operador de cinta transportadora	1	2	2	2	8
Gerente de planta		1	1	0	1
Jefe de molienda		1	2	2	4
Operador de molino de barras	2	4	2	2	32
Operador de molinio de Bolas	2	3	2	2	24
Jefe de flotación		1	2	2	4
Operador de celdas de flotación colectiva	4	3	2	2	48
Operador de celdas de flotación selectiva	4	3	2	2	48
Operador de sedimentador	3	3	2	2	36
Operador de pileta de filtrado	1	3	2	2	12
Jefe de fundición		1	2	2	4
Supervisor de mezclado		1	2	2	4
Operador de mezclado	1	3	2	2	12
Supervisor de secado		1	2	2	4
Operador de secado	1	3	2	2	12
Supervisor de tostado		1	2	2	4
Operador de horno de tostación	2	3	2	2	24
Jefe de hornos		1	2	2	4
Supervisor de h. de fusión - teniente		1	2	2	4
Operador de horno	3	3	2	2	36
Supervisor de HELE		1	2	2	4
Operador de horno	1	3	2	2	12
Supervisor de h. de conv - pierce		1	2	2	4
Operador de horno	1	3	2	2	12
Jefe de piro refinación		1	2	2	4
Operador de moldeado	2	4	2	2	32
Operador de horno	1	3	2	2	12
Jefe de electro refinación		1	2	2	4
Operador de electro refinación	458	0,015	2	2	28
Gerente de mantenimiento		1	1	0	1
Electricista		1	2	2	4
Gerente de adm y servicios		1	1	0	1
Administración y servicios		2	2	2	8
Gerente de RRHH		1	1	0	1
RRHH		2	1	0	2
Gerente financiero		1	1	0	1
Contabilidad		1	2	2	4
Tesorería		1	2	2	4
TOTAL		**Suplemento 30%**		**Total**	**858**

Tabla 2.24. Desglose de los puestos de trabajo en el proyecto minero.

A continuación, se muestra el organigrama sobre el personal del proyecto, en el cual se evidencian los distintos niveles de jerarquía, así como las relaciones y dependencias en la toma de decisiones.

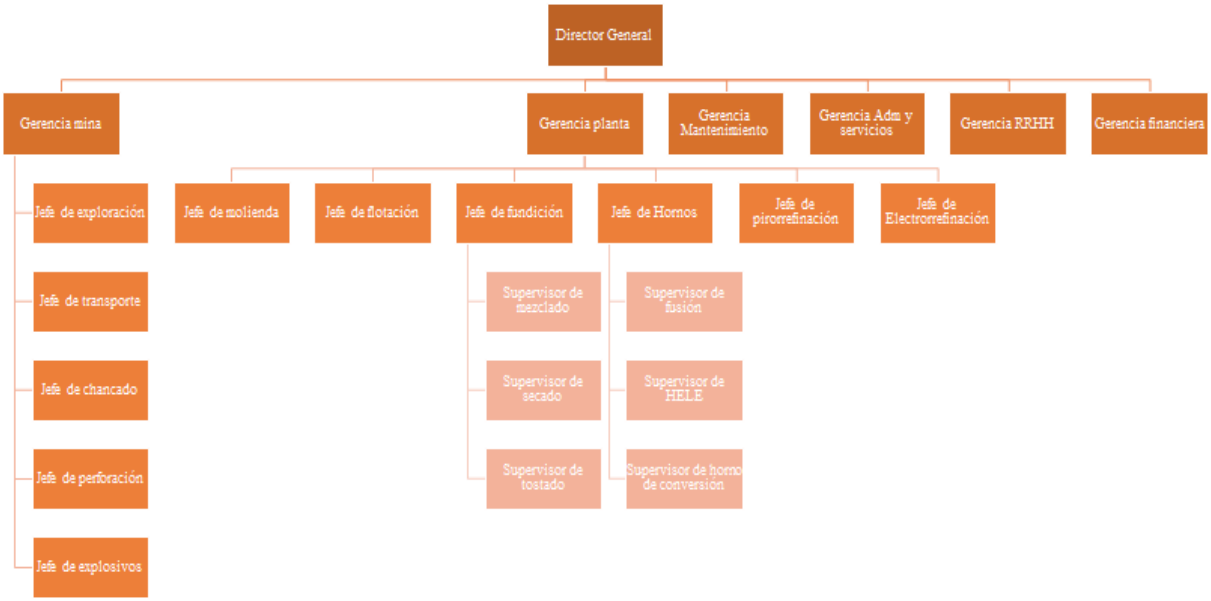


Figura 2.53. Organigrama.

2.6 Tercerización de Funciones

La tercerización de funciones implica la contratación de una empresa externa para aquellas actividades o servicios que no signifiquen una ventaja competitiva para el proyecto y se alejen del *core* del mismo. De esta manera, se obtiene un mejor enfoque en las actividades que sí son centrales en la explotación y refinación del cobre.

Por un lado, debido a que se requiere una gran cantidad de empleados viviendo en el campamento, y con el fin de agilizar y reducir costos en tareas que no están relacionadas con el *core* del proyecto, se contratarán empresas especializadas para llevar a cabo algunos de los servicios mencionados en el inciso *2.2.4 Servicios*.

La tercerización de estas tareas incluye:

- El transporte de los empleados a la planta. Debido a que la planta se encuentra alejada de los pueblos, y como no existen medios de transporte que los lleve hasta la mina, es necesario contratar un servicio de micros. Este servicio transportará a los operarios desde el pueblo más cercano, en este caso Barreal hasta la entrada de la mina.
- Servicios médicos. Es importante contar con un servicio médico cercano a la mina por cualquier problema que pueda llegar a suceder.

- Servicio de limpieza. Así también, es necesario contratar un servicio de limpieza para lograr la buena salud e higiene de los empleados, además de mantener el orden de los espacios comunes del campamento.
- Servicio de comedor. Dentro del campamento, en todo momento habrá personal de trabajo viviendo, por lo que es indispensable que haya un comedor que brinde las 4 comidas del día, todos los días.
- Seguridad. Por otro lado, se debe contar también con una zona de seguridad, en la entrada de la mina. Teniendo en cuenta que entrarán y saldrán una gran cantidad de camiones, que contemplan tanto la entrada y salida de los empleados, como la entrada de todo lo que implique materia prima y salida del producto terminado, es importante que se tenga control sobre lo que ocurre en la mina.

Por otro lado, y con relación a tareas de operaciones, existen otras funciones a tercerizar, entre ellas:

- Voladura y tronadura. Dado que, para realizar las tareas tanto de la carga de los explosivos como la administración de los mismos, se necesita una alta experiencia con el personal y los equipos adecuados, se contrata a una empresa externa especializada en estos temas. Como se ha mencionado en el inciso *2.4.4.2 Selección de tecnología para la etapa de explotación* la empresa proveedora de dicho servicio será Enaex.
- Transporte de producto terminado: como se menciona en el inciso *2.3.3 Proceso de traslado de producto final* se contrata a una empresa de camiones para transportar el producto final hasta el puerto.

2.7 Lay-out

Una vez determinados los materiales, los tipos y cantidad de máquinas a utilizar, la cantidad de empleados, y los espacios que se necesitarán para llevar a cabo el refinamiento del cobre, se continúa con el armado preliminar del layout. El principal objetivo del layout es integrar en forma económica todas las actividades implicadas en el proceso de refinación del cobre, tratando de minimizar los recorridos de los movimientos, y asegurar la seguridad de los trabajadores.

Cabe destacar que, en el inciso *2.2.2 Micro localización de la mina a cielo abierto,* se especifican y detallan los espacios donde se ubicarán las distintas instalaciones necesarias para llevar a cabo todo el proyecto, que incluyen la mina en sí, los botaderos, el campamento, la planta refinadora, la planta de tratamiento de residuos y efluentes y el dique de colas.

En el la *Figura 2.53* se puede ver una vista superior de la planta de refinación de cobre que comprende desde los molinos SAG hasta la electro refinación. La confección del layout se realizó tratando de minimizar la distancia recorrida de los productos y materiales, y es por esto que se ubicaron las máquinas según el orden en el que el proceso es llevado a cabo. La planta comprende 3 superficies cerradas y una a cielo abierto. El total de área cubierta es de 12.000 m^2 aproximadamente.

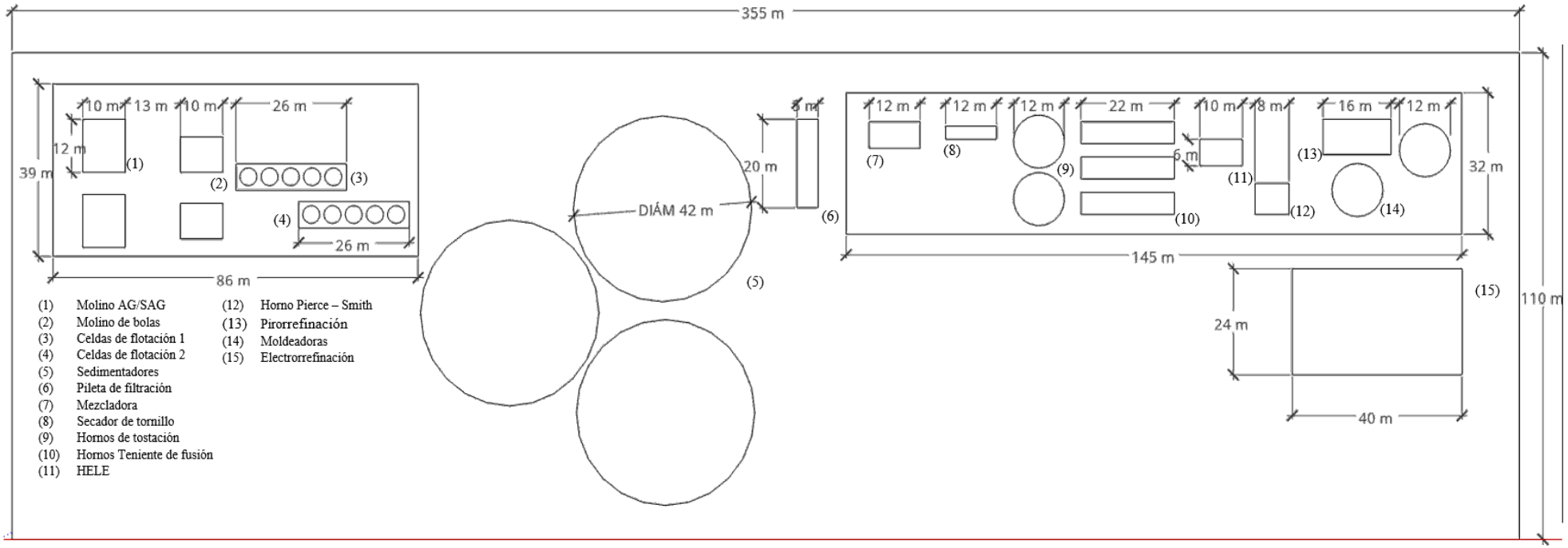


Figura 2.54. Layout de la planta refinadora.

2.8 Marco Legal

Como se comentó anteriormente, la minería en la Argentina está altamente regulada, siendo de vital importancia analizar más en profundidad algunos aspectos. Para el análisis se distinguieron dos actores fundamentales, el provincial y el nacional. Además, todas las minas nacionales son de dominio del Estado, quien tendrá que dar aprobación para su posterior explotación.

Dentro del marco legal nacional, la minería está regulada bajo el Código Minero con la Ley número 1919. Los aspectos importantes de la nombrada ley se enumeran a continuación.

- *Art 213: "Las minas son concedidas a los particulares mediante un canon anual por pertenencia".*
  El canon se pagará en dos cuotas anuales con vencimientos en julio y diciembre.
- *Art 214: Durante los CINCO (5) primeros años de la concesión, contados a partir del registro, no se impondrá sobre la propiedad de las minas otra contribución que la establecida en el artículo precedente ni sobre sus productos, establecimientos de beneficio, maquinaria, talleres y vehículos destinados al laboreo o explotación.*

En 1993 se aprobó la Ley de Incentivos Mineros con el objetivo de promover la minería en la Argentina. Dicha Ley consta de los siguientes artículos interesantes para el actual análisis:

- *Art 8: "Los emprendimientos mineros comprendidos en el presente régimen gozarán de estabilidad fiscal por el término de treinta (30) años contados a partir de la fecha de presentación de su estudio de factibilidad."*
- *Art 12: "Los sujetos acogidos al presente régimen de inversiones podrán deducir en el balance impositivo del impuesto a las ganancias, el ciento por ciento (100 %) de los montos invertidos en gastos de prospección, exploración, estudios especiales, ensayos mineralúrgicos, metalúrgicos, de planta piloto, de investigación aplicada, y demás trabajos destinados a determinar la factibilidad técnico-económico de los mismos."*
- *Art 17: "Los inscriptos en el presente régimen de inversiones para la actividad minera estarán exentos del Impuesto sobre los Activos, a partir del ejercicio fiscal en curso al momento de la inscripción."*
- *Art 21: "Los inscriptos en el presente régimen estarán exentos del pago de los derechos a la importación (...)"*
- *Art 22: "Las provincias que adhieran al régimen de la presente ley y que perciban regalías o decidan percibir, no podrán cobrar un porcentaje superior al tres por ciento (3 %) sobre el valor "boca mina" del mineral extraído"*
- *Art 23: "A los efectos de prevenir y subsanar las alteraciones que en el medio ambiente pueda ocasionar la actividad minera, las empresas deberán constituir una previsión especial para tal fin."*

Como se puede ver en los artículos superiores, la Argentina cuenta con una gran serie de incentivos para la explotación minera en su territorio, permitiendo la rentabilidad de muchos proyectos que en caso contrario no podrían serlo. Esta ley plantea también la estabilidad fiscal por 30 años en los niveles jurisdiccionales (sin considerar algunos aspectos del régimen impositivo y aduanero). Por otro lado también, en esta ley se describe acerca de la devolución anticipada del crédito fiscal IVA por compras o importaciones de bienes. De esta forma, se considerará que el IVA de aquellas compras las cuales se realizan el 1 de enero, será devuelto el 31 de Diciembre, una vez finalizados los 12 períodos fiscales requeridos.

El yacimiento que busca explotar el presente documento es el de El Pachón, en la provincia de San Juan. A continuación, se nombra la reglamentación de la provincia de San Juan para las leyes nacionales, a través del decreto Provincial de San Juan número 0299.

- *Art 7: "La determinación del monto equivalente al tres por ciento (3%) sobre el valor boca mina del mineral extraído, transportado o acumulado se hará deduciendo al valor obtenido en la primera etapa de comercialización de ese mineral, los costos directos y/u operativos necesarios para llevar el mineral de boca mina a dicha etapa, excepto los gastos y/o costos directos o indirectos inherentes al proceso de extracción."*
- *Art 11: "El importe a pagar en concepto de regalía minera, deberá ser abonado por quien ejerza la titularidad del derecho minero y será abonado bimestralmente (...)"*

Además de lo recaudado por las regalías mineras, la provincia de San Juan distribuirá un 12% para la dirección minera, con el objetivo de poder seguir incentivando la actividad en la provincia.

Además de las leyes ya nombradas, existen la Ley de Protección Ambiental para la Actividad Minera, Ley Nº 24.585 y la Ley General de Ambiente, Nº 24.585, en donde se explica que las empresas que son parte del mercado de comercio minero deberán constituir una Previsión del Medio Ambiente y tendrán la obligación de realizar un Estudio de Impacto Ambiental inicial.

Para el cierre de mina, se deberá devolver el yacimiento a sus condiciones iniciales. Es decir, se deberán tapar las perforaciones con la tierra estéril originalmente removida. Para evitar sanciones medioambientales se deben recuperar las condiciones. Los diques de cola se deberán tapar y asegurarse de su impermeabilidad. Por otro lado, el impacto ambiental generado se deberá remediar. Llegando a la finalidad del proyecto, se deberá repetir el estudio ambiental para evaluar las condiciones y en función de las mismas realizar aportes monetarios para remediarlo.

Es importante que los representantes y encargados de El Pachón mantengan una relación cordial con el Gobierno provincial de San Juan, y respeten las costumbres y usos de la región, a la hora de tomar decisiones estratégicas y/o operativas que los puedan involucrar. Siempre se debe considerar también el respeto hacia los pueblos cercanos al yacimiento, y brindarles a todos posibilidades de participación en la planificación de actividades que los afecten. Como conclusión, es muy importante que se respeten los marcos legales, tanto provincial como nacional.

2.9 Impacto Socioambiental

Como se mencionó en la estrategia comercial, es importante para el proyecto lograr reducir el impacto ambiental y lograr la menor contaminación posible, así como lograr una buena relación con las ciudades cercanas a El Pachón. En todo momento, se le dará vital importancia a la responsabilidad social con la cual se llevará a cabo el proyecto, no sólo cumpliendo con las leyes nacionales y provinciales que afectan a la industria minera, sino también buscando reducir siempre el impacto ambiental y manteniendo una comunicación permanente con las comunidades de la zona.

2.9.1 Impacto Ambiental

2.9.1.1 Estudio de Impacto Ambiental

A lo largo del informe se menciona cómo la minería a cielo abierto en conjunto con la planta refinadora generan grandes impactos ambientales, que deben ser tenidos en cuenta en el desarrollo del proyecto. Para esto, se debe llevar a cabo un estudio del impacto socio ambiental, y presentar a las autoridades provinciales, en este caso al Ministerio de Minería de San Juan, un Informe de Impacto Ambiental, que debe ser aprobado por dichas autoridades.

Las principales consecuencias que se generan a partir de la minería y que se tendrán en cuenta en el estudio son:

- Daños a la superficie de la tierra. Se destruye y cambia la forma de la corteza terrestre, formando grandes cantidades de material de desecho, alterando la morfología local.
- Contaminación del aire. Se generan grandes cantidades de materia fina en forma de polvo tóxico, constituido por químicos pesados que pueden ser absorbidos por animales y seres humanos en zonas cercanas.
- Contaminación de las aguas superficiales. Si los residuos químicos no son debidamente tratados y almacenados pueden filtrarse hasta los caudales de agua fresca, contaminandolos y disminuyendo la vida presente en los mismos.
- Daños a acuíferos subterráneos. Los desechos contaminados suelen ser lavados por el agua de lluvia, la cual se filtra hacia el subsuelo, ocasionando la contaminación de los yacimientos de agua subterráneos.
- Impactos sobre la flora y fauna. El proceso de excavación elimina todo tipo de flora existente en la corteza terrestre, además los animales se ahuyentan por el ruido, cambios en su hábitat y contaminación de fuentes de agua.
- Contaminación sonora. Tanto el ruido ensordecedor de la maquinaria utilizada en la minería como las voladuras son un impactos que se deben tener en cuenta.
- Cambios visuales. Luego de terminada la explotación quedan inmensos cráteres en el área, disminuyendo el atractivo de la zona, afectando negativamente el turismo.

A partir de los posibles impactos ambientales, se tendrán en cuenta medidas mitigadoras para evitar o reducir la producción de ellos. Para ello se contará con un sistema de control ambiental,

que se asegurará de la correcta implementación y monitorización de estas medidas que contemplen la seguridad ambiental.

El impacto ambiental generado en el aire, está relacionado en gran parte con la voladura de polvos y de emisiones de gases de combustión por parte de los equipos mineros. Para mitigar dicho impacto, se procurará realizar mantenimiento preventivo a todos los equipos, a fin de evitar una combustión mal lograda, expulsando humos negros. Asimismo, se regulará la velocidad de traslado de los camiones y máquinas, para evitar una voladura excesiva de polvo. Asimismo, debido a la compra de tecnología de punta, se procura tener una maquinaria que funcione eficientemente, evitando la generación de ruidos y logrando una combustión óptima. Por último, se realizarán movimientos de suelo únicamente cuando sea necesario, a fin de evitar la dispersión en demasía de partículas sólidas.

En cuanto al impacto ambiental generado sobre la fauna y la flora, se buscará circunscribir la modificación del entorno únicamente al terreno delimitado para la explotación, tratando de no afectar aquellas zonas en donde no haya explotación minera. Además, se buscará revegetar las zonas afectadas en caso de ser necesario.

El impacto generado sobre el suelo, está íntimamente ligado con el impacto generado sobre la fauna y la flora, por lo que actuar responsablemente sobre el impacto ambiental mencionado anteriormente, disminuirá notablemente el impacto negativo sobre el suelo. Asimismo, para reducir aún más el impacto de la actividad minera sobre el suelo, es conveniente aislar la zona minera, estableciendo zonas en donde el uso minero será activo y potencialmente activo, como así también gestionar adecuadamente los residuos sólidos y cloacales generados en el campamento, realizar una revegetación cuando corresponda, gestionar adecuadamente los residuos mineros provenientes de equipos, y suavizar cuando y donde sea necesario los ángulos de los taludes de las escombreras, a fin de evitar un derrumbe o voladura excesiva de polvo. En caso de producirse un derrame de combustible o grasa sobre el suelo, esta tierra será tratada como un residuo peligroso, en cuyo caso deberá ser acopiada, transportada y transferida a un operador especializado en manejo de residuos peligrosos. En caso de inundaciones del terreno, se procurará crear un sistema de drenaje superficial, a fin de evitar la erosión y la inestabilidad de los taludes de las escombreras.

En lo que respecta a las aguas generadas en el campamento minero, se generarán dos tipos de residuos, sólidos (peligrosos y no peligrosos) y cloacales, los cuales se tratarán de la siguiente manera:

Los residuos sólidos no peligrosos, como ser cartón, plástico, vidrio, tierras, restos de comida, etc, serán acopiados en contenedores especiales impermeables, en un sector dentro del campamento habilitado para tal función, a fin de resguardarlos de los efectos atmosféricos, como la lluvia, el viento o la insolación. Dichos contenedores, serán transportados semanalmente al vertedero de residuos sólidos más cercano al campamento, que en este caso será en la Ciudad de San Juan.

Los residuos sólidos peligrosos, como pilas, baterías, envases vacíos de combustibles, grasas, lubricantes, trapos embebidos en combustibles, filtros usados, chatarra, etc, serán acopiados en una zona especial del campamento, lejos de los cursos de agua existentes, delimitada e identificada correctamente. Desde allí, dichos residuos serán colectados y enviados a la Ciudad de San Juan, para su tratamiento y disposición final por un operador habilitado para tal fin.

En lo que respecta a los residuos cloacales generados, éstos serán recolectados en cámaras sépticas, las cuales serán vaciadas por un transportista que los vacía y se ocupan de su tratamiento posterior y disposición final.

En cuanto al uso racional del agua, queda prohibido también el lavado de máquinas y vehículos con el agua extraída del Río Pachón. Asimismo, el manejo y almacenaje de residuos e insumos peligrosos se realizará alejado de los cursos de agua.

Se buscará una alineación con las regulaciones provinciales y nacionales, cumpliendo con los requisitos que se proponen en cuanto a estándares ambientales.

Además, para garantizar que se mantenga el cumplimiento de estas medidas y que se cumpla con los requisitos en materia de impacto socio ambiental, se realizarán auditorías tanto internas como externas que evalúen el impacto generado, a partir de las cuáles se genera un conocimiento constante sobre el estado del proyecto.

2.9.1.2 Tratamiento de Residuos Sólidos

Los residuos generados en la planta de refinación, como los barros de la electro refinación, la escoria de los procesos de fundición o la roca estéril obtenida como residuo del proceso de flotación, se tratarán en una primera instancia en la planta, para luego ser vertidos en lo que se denomina “dique de cola”. Mediante la trata de los mismos, se recuperan la mayor cantidad de químicos utilizados para ser reutilizados, y el agua se evapora casi en su totalidad para su reutilización también. En el tratamiento de cobre (entre otros minerales), en los procesos de extracción y refinería minera, se generan “colas”, una mezcla de rocas originales, partículas de agua y pequeñas cantidades de químicos, por lo tanto, un dique de colas es aquel que se ocupa de su almacenamiento. La ubicación de la planta de tratamiento y dique de colas se encuentra especificado en los mapas iniciales del inciso *2.2.2 Micro localización de la mina a cielo abierto*.

Estos fluidos viscosos que se vierten al dique de cola han sido tratados previamente para poder recuperar los químicos. Un dique de cola es una estructura diseñada para controlar o retener lodos. En el fondo se coloca una película gruesa plástica para evitar que los residuos químicos se colen a las napas. Una vez depositados, los líquidos con químicos restantes se cuelan por los lodos hacia el fondo, donde son recolectados por tuberías que los llevan de vuelta a la planta de tratamiento de efluentes para volver a ser tratados. Es importante destacar que grandes cantidades de agua se evaporan con el sol y ayudan a la solidificación de los lodos. Se debe tener una superficie grande para que el agua pueda evaporarse en su mayoría y la tierra quede lo más compacta posible. Finalmente, estos lodos se cubren con tierra negra (parte mineral y parte de materia orgánica) y encima se realizan plantaciones.

Los diques de colas deben ser ubicados lejos de zonas urbanas o cursos de agua, para prevenir cualquier problema que pueda generar la rotura del dique. También deben estar ubicados al lado de la planta de tratamiento, ya que la misma va a verter los residuos sólidos por la barranca del dique de colas.

2.9.1.3 Tratamiento de Efluentes

Dentro del proceso de refinación del cobre, se tendrá agua filtrada luego del tratamiento de celdas de flotación, y agua evaporada y luego condensada a partir del secador tipo tornillo. El agua filtrada se tratará en una planta de tratamiento de efluentes para tratar de recuperar la mayor cantidad de químicos, y por otro lado también la mayor cantidad de agua limpia para volver a utilizar. Ese agua en conjunto con la evaporada en el secador se volverá a introducir a lo largo del proceso para disminuir costos y disminuir las consecuencias negativas que se puede tener en el ambiente al verter estas aguas en cursos de agua. Los residuos sólidos que se tengan luego del tratamiento serán enviados, dependiendo el porcentaje de químicos que contienen, a la planta de tratamiento de sólidos o al dique de colas.

En cuanto a los residuos líquidos peligrosos, como por ejemplo el ácido sulfúrico, se buscará reutilizar en un 40% para evitar derroches innecesarios del mismo y filtraciones en las napas. A lo largo de la evolución del proyecto se buscará aumentar el porcentaje de reutilización, acorde a lo que permitan las tecnologías y la estructura molecular del desecho, para no solo minimizar costos sino también impactos.

2.9.2 Responsabilidad Social

En cuanto al impacto que se genera en las comunidades cercanas al proyecto, se busca generar una imagen positiva sobre estos pueblos, con una comunicación fluida, tratando no sólo de aminorar los impactos ambientales que pudiera generar la mina, sino también mejorar las condiciones de vida de estas comunidades afectadas.

Para poder cumplir con esta responsabilidad se destaca el hecho de generación de puestos de trabajo para el proyecto, teniendo en cuenta la contratación de personal cercano a la zona. Además, se incrementa el consumo y uso de servicios en los pueblos en cuestión, ya que las compras de los insumos básicos (comidas, productos de almacén) para las instalaciones de los operarios se llevará a cabo mediante un abastecimiento local.

Por otro lado, la generación de nuevos caminos, de electricidad en la planta y nuevos drenajes implicarán una mejora para los pueblos también. Se propondrán actividades de entrenamiento y enseñanza sobre temas no mineros, en conjunto con un apoyo a las instituciones educativas de la región. Finalmente, se atenderán las necesidades básicas de los operarios que estén trabajando en la mina en todo momento, incluyendo planes de seguridad, entrenamiento y evacuación en caso de emergencias o inconvenientes en la mina.

3. ESTUDIO ECONÓMICO FINANCIERO

3.1 Introducción Económico Financiero

En el presente capítulo se desarrolla el estudio económico y financiero del proyecto de explotación y refinación de la mina de cobre ubicada en el yacimiento El Pachón. La finalidad de este estudio consiste en determinar la rentabilidad del proyecto en cuestión, dadas las condiciones macroeconómicas en las que se encuentra el país actualmente y considerando su evolución, para luego decidir si es conveniente o no la ejecución del mismo.

Teniendo en cuenta las proyecciones de volumen y precio de venta elaboradas en el *Estudio de Mercado*, y de las especificaciones detalladas en el *Estudio de Ingeniería*, se presentan los costos y ventas asociados al proyecto. A partir de ellos se realiza el cuadro de resultados, la proyección del flujo de fondos, la estructura de capital y el valor actual del proyecto de prefactibilidad a los precios dados.

3.2 Consideraciones

3.2.1 Moneda

A lo largo de todo el análisis económico financiero se trabajó con pesos argentinos corrientes. Todos los montos cuyo valor original fueran en otra moneda fueron transformados en pesos corrientes para su manipulación.

3.2.2 Sistema de Costeo

A la hora de definir el sistema de costeo, se evaluaron las distintas alternativas: costeo directo o costeo por absorción. Se entiende que en el método de costeo directo el inventario se valoriza a partir de los costos directos de producción (materia prima y mano de obra directa) y los costos indirectos de fabricación variables, mientras que en el costeo por absorción los stocks se valorizan al costo de fabricación, incluyendo los costos directos de producción y los costos indirectos de fabricación como costo del producto.

Teniendo en cuenta que el proyecto no incluye inventario de producto terminado, tanto el sistema de costeo por absorción como el directo, reportan utilidades iguales para el estudio económico y financiero. Es entonces que el sistema de costeo elegido para valorar la producción del proyecto fue el costeo por absorción. Esta metodología determina que el costo de producción de los cátodos de cobre al 99,99% está compuesto por todos los costos de fabricación, incluyendo los fijos y los variables.

Además, el proyecto fue definido en dos etapas: una de explotación y otra de producción con un stock intermedio que independiza la continuidad de la línea productiva. Por lo tanto, desde que se inicia hasta que se llega al producto terminado de los cátodos de cobre transcurren como mínimo 15 días llegando a periodos superiores a un año. Un proceso de esta longitud se expone al riesgo de que los costos se pueden ver afectados por variaciones en el tipo de cambio y el

valor de la moneda. Esta condición se ve acentuada por la realidad macroeconómica de Argentina, donde la fluctuación de la depreciación de la moneda y la inflación es muy incierta. Finalmente, es importante tener registro de los costos de la manera más detallada posible y la incidencia de los gastos de estructura en los mismos.

3.2.3 Inflación

En el tratamiento económico financiero del proyecto se trabajó en pesos corrientes. Por lo tanto, es importante tener en cuenta la inflación del período que considera el proyecto e impactará en los valores nominales de la moneda.

Para construir la proyección, se tomaron datos reales de la inflación en el país y sus valores futuros hasta el 2030. Teniendo en cuenta que a partir de entonces la proyección de la inflación se estabiliza en un valor del 7% anual, se decidió mantener este número para el resto de los años del proyecto, simulando un escenario neutral, sin alzas o bajas en dicho valor. Asimismo, con la proyección de la inflación argentina, se construyó la inflación acumulada año tras año, para luego poder ajustar los costos y los precios actuales a su valor correspondiente en el futuro.

A continuación, se muestra a modo ilustrativo la tabla con los valores proyectados de inflación e inflación acumulada hasta el 2030.

Proyecciones		**Inflación Ar.**	**Inflación Acumulada**
HOY	**2020**	37%	37%
Año 0-1	**2021**	34%	83%
Año 0-2	**2022**	31%	139%
Año 0-3	**2023**	28%	205%
Año 1	**2024**	25%	280%
Año 2	**2025**	22%	363%
Año 3	**2026**	19%	450%
Año 4	**2027**	16%	538%
Año 5	**2028**	13%	620%
Año 6	**2029**	10%	692%
Año 7	**2030**	7%	747%
Año 8	**2031**	7%	806%
Año 9	**2032**	7%	870%
Año 10	**2033**	7%	938%

Tabla 3.1. Proyección de Inflación los primeros 10 años del proyecto[127].

[127] Información obtenida de: FMI

3.2.4 Tipo de Cambio

Una vez más, teniendo en cuenta que el estudio económico financiero se realizó en pesos argentinos, se deberá contar con el tipo de cambio de cada período para poder traducir los montos en moneda extranjera a moneda local. La moneda extranjera considerada en el proyecto es el dólar americano.

Los valores del dólar se obtuvieron considerando los valores históricos del tipo de cambio y la depreciación del peso argentino respecto al dólar. También se tuvieron en cuenta las proyecciones futuras de estas mismas variables para determinar el pronóstico del tipo de cambio.

Proyecciones		TC Nominal (ARS/USD)	TC Real (ARS/USD)	Depreciación
	2019	48,0	48,0	-
HOY	**2020**	65,6	49,1	37%
Año 0-1	**2021**	85,7	49,1	31%
Año 0-2	**2022**	109,6	49,1	28%
Año 0-3	**2023**	137,0	49,1	25%
Año 1	**2024**	167,3	49,1	22%
Año 2	**2025**	199,3	49,1	19%
Año 3	**2026**	231,8	49,1	16%
Año 4	**2027**	262,8	49,1	13%
Año 5	**2028**	290,4	49,1	10%
Año 6	**2029**	312,4	49,1	8%
Año 7	**2030**	327,1	49,1	5%
Año 8	**2031**	342,5	49,1	5%
Año 9	**2032**	358,5	49,1	5%
Año 10	**2033**	375,4	49,1	5%

Tabla 3.2. Proyección del tipo de cambio de los primeros 10 años del proyecto.

3.2.5 Caja Mínima

La caja mínima es la cantidad de fondos que se reservan con el fin de poder desembolsar dinero de manera inmediata en el momento en el cual se necesite para cumplir con las obligaciones financieras y operativas del ejercicio. En este caso, se dispondrá de un 5% de los ingresos totales como caja mínima.

3.2.6 Finalización del Proyecto

Una vez llegado al 2073 y cumplidos los 51 años de proyecto, se deberá dar por finalizado el proyecto. Para cerrar el proyecto, se tuvo en cuenta un último año adicional a los 51 años en

donde se liquidarán todos los bienes de uso que correspondan y se cancelarán las deudas comerciales y los créditos por ventas. Los bienes de uso que no se puedan vender serán considerados como costo hundido.

En el caso de El Pachón, es importante destacar que todo el material estéril que se removió a lo largo de la vida útil de la mina deberá volver a su sitio original, y el predio deberá quedar tal cual estaba previo a su explotación. Los rodados se venderán en el estado en el que estén por su valor residual (en el caso de que ya estuviesen amortizados completamente) o por el valor contable que tengan en ese momento. El mismo tratamiento tendrá la maquinaria de la planta, los paneles solares y los generadores.

Como costo hundido se consideraron los almacenes, la inversión en caminos, los canales acuíferos y toda la construcción, tanto de la planta como del campamento, oficinas, sala de emergencias y el comedor. El costo hundido que representan estos bienes de uso que no se pueden liquidar es su valor residual al momento del cierre.

Los valores económicos que significan el costo de cierre y que afectan a la rentabilidad del proyecto se tratarán en mayor profundidad en el inciso *3.5.1.5.3 Costos de cierre.*

3.3 Análisis de Inversiones

3.3.1 Inversión en Activos Fijos

Para el análisis de las inversiones en activos fijos del proyecto El Pachón se tuvieron en cuenta todos bienes que conforman el ecosistema de explotación y producción del cobre, es decir, el desarrollo del pit de la mina y la planta de refinación, la maquinaria instalada y su puesta en marcha.

3.3.1.1 Maquinaria

A partir de las cotizaciones obtenidas por parte de los proveedores de la maquinaria industrial necesaria, se calculó el precio CIF considerando el costo del flete marítimo de 1200 USD/contenedor y el seguro internacional, que representa 2.500 dólares promedio por cada millón de dólares en maquinaria asegurada. Cabe destacar que los principales proveedores de maquinaria serán empresas estadounidenses o canadienses y que el traslado de la misma se realizará en los contenedores tradicionales de 20 pies.

Gastos de Traslado		
Costo flete marítimo	59	M USD / vez
Flete Internacional	1.200	USD/cont 20 pies
	1.400	USD/cont 40 pies
Seguro de Transporte Internacional	2.500	USD por millón de dólares

Tabla 3.3. Gastos de Traslado.

En cuanto a los gastos de aduana y nacionalización, como el proyecto en cuestión se encuadra dentro de la categoría de Grandes Proyectos de Inversión aprobados por el Ministerio de Desarrollo y Producción, quedará exento de los derechos de importación, y podrá ingresar repuestos por hasta un 5% del valor total de los bienes importados. De esta manera, los costos de aduana y nacionalización se reducen a la tasa estadística que corresponde a un 0,5%, la tasa de oficialización de aduana de 10 USD y la de digitalización de aduana de 28 USD.

Gastos de Aduana y Nacionalización		
Derecho de Importación	-	
Tasa Estadística	0,50%	
Tasa de Oficialización de Aduana	10	USD
Tasa de Digitalización de Aduana	28	USD

Tabla 3.4. Gastos de Aduana y Nacionalización del proyecto.

Finalmente, los gastos en los que se incurre para el despacho y traslado desde la aduana hasta el destino deseado se conforman por el costo de la agencia marítima que recibe la carga de 225 USD/contenedor y el de la terminal portuaria de 425 USD/contenedor. Los honorarios del despachante son de 1.500 ARS fijos y un porcentaje del 0,57% del valor CIF del bien. Por último, se debe pagar el ingreso de la carga a Buenos Aires y su traslado a San Juan. Los costos son de 12.640 ARS/contenedor y 43.500 ARS/contenedor respectivamente.

Gastos de Transferencia Aduana/Mina		
Agencia Marítima	225	USD/cont 20 pies
Terminal Portuaria (descarga)	425	USD/cont 20 pies
Honorarios del Despachante Fijos	1.500	ARS
Honorarios del Despachante Variables	0,57%	
Traslado desde la Aduana	12.640	ARS/cont 20 pies
Traslado Interno hasta el Pachón	43.500	ARS/cont 20 pies
Costos de Transporte y de Puerto	25	Millón USD / vez

Tabla 3.5. Gastos provenientes de los tramites a realizar para la exportación mediante el puerta.

A continuación, se encuentran detallados los costos de inversión totales de la maquinaria necesarias. Fueron consideradas aquellas que operan en la mina, en la planta y equipos energéticos.

Maquinaria	Gastos Totales + Aduana			
Perforadora de Exploración	200.000,00	USD	15.672.150,00	ARS
Perforadora de Explotación	128.340,00	USD	10.056.818,66	ARS
Pala eléctrica	18.800.000,00	USD	1.473.182.100,00	ARS
Bulldozer	8.386.260,00	USD	657.153.623,30	ARS
Camión cargador de agua	24.900,00	USD	1.951.182,68	ARS
Camión de carga grande	24.840.000,00	USD	1.946.481.030,00	ARS
Camión de carga chico	892.000,00	USD	69.897.789,00	ARS
Chancador primario	350.000,00	USD	27.426.262,50	ARS
Chancador secundario	100.000,00	USD	7.836.075,00	ARS
Cinta transportadora	60.000,00	USD	4.701.645,00	ARS
Molino SAG	200.000,00	USD	15.672.150,00	ARS
Molino de bolas	300.000,00	USD	23.508.225,00	ARS
Celdas de flotación 1	400.000,00	USD	31.344.300,00	ARS
Celdas de flotación 2	400.000,00	USD	31.344.300,00	ARS
Sedimentador	165.000,00	USD	12.929.523,75	ARS
Pileta de filtrado	40.000,00	USD	3.134.430,00	ARS
Máquina de mezclado	10.000,00	USD	783.607,50	ARS
Secador Tornillo	200.000,00	USD	15.672.150,00	ARS
Horno tostación	140.000,00	USD	10.970.505,00	ARS
Horno Teniente (fusión)	300.000,00	USD	23.508.225,00	ARS
HELE	75.000,00	USD	5.877.056,25	ARS
Horno Pierce Smith (conversión)	90.000,00	USD	7.052.467,50	ARS
Horno de piro refinación	150.000,00	USD	11.754.112,50	ARS
Moldeador	90.000,00	USD	7.052.467,50	ARS
Celdas de refinación	22.000.000,00	USD	1.723.936.500,00	ARS

Tabla 3.6. Inversión en maquinaria considerando los gastos aduaneros.

Cantidad de Generadores a Fuel Oil		Costo FOB		Costo CIF		Gasto Total	
64.944,68	kW						
81.180,84	kVA	1.920.520,00	USD	11.523.120,00	USD	11.621.929,16	USD
6,00	generadores						

Metro cuadrado de paneles de 300kWh		Costo Unitario		Costo CIF		Gasto Total	
0,17	kW/m2						
1.711,88	kW	29,70	USD/m2	299.074,55	USD	303.950,91	USD
10.069,85	m2						

Tabla 3.7. Costos de los generadores a fuel oil y del metro cuadrado de paneles solares.

3.3.1.2 Construcciones

Además de la maquinaria necesaria para el proceso productivo, se tuvieron en cuenta las inversiones que se deben hacer para la construcción de la planta refinadora, los almacenes y del campamento con todas sus comodidades. Se estimó el costo de la remodelación de los caminos de acceso y canales acuíferos que abastecen estas infraestructuras.

La inversión de la obra civil consta de dos sectores. Por un lado, la inversión en la construcción de la planta en donde se llevará a cabo la refinación del cobre y, por otro, la vivienda de los operarios.

Dentro de la fábrica se tienen en cuenta los 3 edificios techados que se pueden ver en la *figura 2.4* del lay-out detallada en la sección *2.2.2 Micro localización de la mina a cielo abierto* en el *Estudio de Ingeniería.* En el sector de la vivienda de los operarios estarán las habitaciones, baños, oficinas, enfermería y comedor. Los costos asociados a cada una de las construcciones se muestran en la tabla a continuación.

Obra civil		
Personas	432	personas
Persona por Cuarto	4	personas
Cantidad Cuartos	108	cuartos
Cantidad Baños	108	Baños
Tamaño por Casa	16	m2
Tamaño por Baño	4	m2
Total m2 Casa	2.160	m2
Enfermería	36	m2
Oficinas	36	m2
Cantidad Oficinas	3	oficinas
Total m2 Oficinas	108	m2
Precio por m2	600	USD
m2 por Persona	6	m2/persona
Comedor	2.592	m2
Fábrica	7.058	m2
Total m2 F&C	9.650	m2
Precio por m2 Fábrica y Comedor	400	USD
Costo total	5.242.400	USD

Tabla 3.8. Costos de las diferentes obras de construcción que se realizarán.

En cuanto a los almacenes, se calculó el tamaño de estos en función de la capacidad máxima que deberán albergar a lo largo de los años de proyecto y el ciclo de abastecimiento de los insumos por parte de los proveedores. Una vez dimensionado el almacén se cotizó la obra para construirlos. El detalle de estos costos se encuentra en la siguiente tabla.

Materiales	Tamaño en m2	Precio	
Agua	-	1.400.000	USD
Químicos de Flotación	49	7.840	USD
Cuarzo	144	23.040	USD
Oxigeno Industrial	-	500.000	USD
		200.000	USD
Acido Sulfúrico	1050	168.000	USD
Gas Natural	25	4.000	USD
Producto Terminado	350	56.000	USD

Tabla 3.9. Costos de la construcción de almacenes.

3.3.1.3 Accesos

Por último, se debieron construir accesos para que el proyecto se pueda desarrollar adecuadamente. En primer lugar, se construyeron caminos para que todo el personal involucrado en el proyecto pueda acceder a El Pachón, y en segundo lugar, se tuvo que considerar la obra en canales acuíferos para conectar el Río Pachón con las instalaciones y poder acceder a las fuentes de agua que abastecerán el proyecto. Una vez más, se detallan estos costos en la tabla que se encuentra a continuación.

Restauración de Caminos	22	USD/m2
Distancia	160	km
Ancho de Camino	5	m
Costo Total	18.844.840	USD

Tabla 3.10. Costos de la restauración de los caminos existentes.

Concesiones			Gasto Total	
Distancia	3	km		
Costo	25.000	ARS/m2	500.000	USD

Tabla 3.11. Costos de la construcción de canales acuíferos.

3.3.1.4 Cargos Diferidos

Finalmente, se tuvieron en cuenta costos que se desprenden del set up del proyecto. Entre estos se encuentra el costo que representa el estudio ambiental que se debe realizar antes de que inicie el proyecto a modo de obtener el certificado que lo habilite. Este estudio implica un gasto de 460.000 ARS.

Estudio Ambiental		
Unidad Profesional Mínima	250	unidades
Valor Monetario	1.600	ARS
Honorarios Profesionales Mínimos	400.000	ARS
Extras	15%	
Costo total estudio ambiental	460.000	ARS

Tabla 3.12. Costo del estudio ambiental inicial a realizar.

También se tuvo en consideración el costo de la puesta en marcha e instalación de la maquinaria importada. Este costo está determinado como un pago extra a los proveedores que pondrán a disposición técnicos especialistas encargados de la correcta instalación de la maquinaria. El monto fue definido como un 15% de la inversión realizada.

Por otro lado, se pagará la inversión en capacitación de los operarios que trabajan en la mina y en la planta productiva los cuales representan 734 personas de las 858 que forman la estructura de personal del proyecto. Las otras 124 personas forman parte del personal administrativo, además de gerentes y supervisores, los cuales no fueron considerados dentro del personal que necesita ser capacitado. El costo promedio por capacitar a un empleado es de 1.041 USD. Se consideraron reinversiones en capacitaciones cada 20 años salvo por el primer periodo que corresponde a 18 años. Es así porque se decidió capacitar a los empleados el año anterior a que se inicie la producción en planta en el 2022 en vez del 2020. Se asume un recambio del 50% de los operarios entre cada período de tiempo.

Finalmente, los imprevistos se calcularon como un 10% de los costos de inversión de los bienes. Este último costo busca prevenir posibles costos por contingencias, como situaciones de demora, pérdida de bienes, robo de mercadería en el traslado, entre otros.

La suma de todos estos costos determina el gasto en cargos diferidos que se sumara a la inversión propiamente dicha en la maquinaria. En la tabla a continuación se encuentra el detalle.

Gasto de Puesta en Marcha		
Puesta en Marcha e Instalación	15%	
Capacitación de Mano de Obra	1.041	USD/operario
Imprevistos	10%	

Tabla 3.13. Gastos de puesta en marcha de la planta, incluyendo los rubros involucrados.

3.3.2 Cronograma de Inversiones Totales

Una vez definido el valor de los bienes de uso que intervienen en el proceso productivo, se definió el cronograma de inversión en activos fijos que distribuye el monto a pagar en los sucesivos años del proyecto.

3.3.2.1 Cronograma de Pagos de Activos Fijos

Para todas las inversiones en bienes de uso, se consideró un financiamiento por parte de los proveedores de maquinaria y suministros necesarios, es decir, se recibe la maquinaria, pero se adeuda el pago del valor de esta. A partir del año siguiente a la recepción de éstas es que se comienza a pagar el capital adeudado más los intereses, los cuales son producto del pago en cuotas a los proveedores.

El arreglo con los proveedores sobre los plazos de pago exige indefectiblemente un aumento en el precio de los bienes. Dicho recargo es el 10% de su valor original. A continuación, se encuentra detallado el cronograma de pagos y las tasas de recargo de cada rubro considerado.

Pago de Inversión	Pago cuota 1	Pago cuota 2	Pago cuota 3	Pago cuota 4	Total	Recargo por Cuotas
Maquinaria	30%	30%	20%	20%	100%	10%
Energía	50%	30%	20%	-	100%	10%
Accesos	40%	30%	20%	10%	100%	10%
Almacenes	40%	30%	20%	10%	100%	10%
Campamento	40%	30%	20%	10%	100%	10%

Tabla 3.15. Cronograma de pagos y tasa de recargo.

Para la inversión en maquinaria, tanto para su uso en la mina como para en la planta, se definió un cronograma de pagos que considera un primer desembolso de un 30% del precio. Luego, se realiza otro pago por otro 30% del valor. Finalmente, los dos años siguientes, se realiza un pago por año, cada uno por el 20% del valor de esta.

Para la maquinaria implicada en la generación de energía, como los generadores y los paneles solares, el pago se realiza primero por un valor del 50% del total adeudado. Luego, se realiza un segundo pago por el 30% del valor acordado con el proveedor y, finalmente, un último pago el año siguiente por un 20% del valor de los bienes.

Un tratamiento similar en los pagos recibe la inversión en almacenes, debido a que se deben encargar grandes tanques y cisternas. En una primera instancia, se abona el 40% del precio acordado. Un año después, se abona un 30% mientras que el restante 30%, se abona en los dos años siguientes: un 20% en el año 1 y un 10% en el año 2.

La inversión en materia edilicia ya sea la construcción de la planta, el campamento o el reacondicionamiento de los caminos, se irá pagando en sucesivas cuotas anuales, cuyo valor será del 40% el primer año de inversión, 30% el segundo año, 20% el tercer año y 10% el último año.

Finalmente, los vehículos que se utilizarán para el movimiento dentro del predio, la construcción de los canales acuíferos y los cargos diferidos serán pagados en su totalidad el año siguiente a la inversión por su valor original, sin recargo.

Teniendo en cuenta que la vida útil de los activos fijos que involucra el proyecto es menor a la vida útil del mismo, hará falta reinvertir en ellos a modo de preservar la productividad del complejo mina-planta operativa. Las reinversiones son cada 10, 20 y 30 años dependiendo de la vida útil de cada bien en particular.

A continuación, la tabla 3.16 muestra el cronograma de inversiones para los primeros años del proyecto. Teniendo en cuenta que se espera un régimen productivo para el primer año del proyecto, las inversiones que determinan las condiciones iniciales de arranque se deben realizar en los años previos al comienzo. Se definieron 3 años como año 0 ya que la construcción y compra de los activos fijos requiere de más tiempo para que este puesta en marcha. Estos son los años que muestra la siguiente tabla. Este mismo esquema se repite en el futuro en los momentos de reinversión.

Bienes de Uso	**Año 0 - 2022**			**Año 0 - 2023**		
Inflación Acumulada USD		6,75%			9,09%	
	Gasto ARS	Gasto USD	Gasto Total ARS	Gasto ARS	Gasto USD	Gasto Total ARS
Maquinaria						
Perforadora de Exploración		2.152.825	236.017.615		2.152.825	294.952.738
Perforadora de Explotación		4.160.536	456.126.181		4.160.536	570.023.834
Pala Eléctrica		10.403.682	1.140.572.284		10.403.682	1.425.380.549
Bulldozer		13.016.709	1.427.042.548		13.016.709	1.783.384.288
Camión cargador de agua		2.094.277	229.598.983		2.094.277	286.931.332
Camión de carga grande		20.549.932	2.252.921.872		20.549.932	2.815.491.012
Camión de carga chico		8.479.220	929.590.433		8.479.220	1.161.715.167
Chancador Primario						
Chancador Secundario						
Cinta Transportadora						
Molino SAG						
Molino de Bolas						
Celdas de Flotación 1						
Celdas de Flotación 2						
Sedimentador						
Pileta de Filtrado						
Máquina de Mezclado						
Secador Tornillo						
Horno Tostación						
Horno Teniente (fusión)						
HELE						
Horno Pierce Smith (conversión)						
Horno de Piro refinación						
Moldeador						
Celdas de Refinación						
Servicios						
Generadores de Fuel Oil		6.391.384	700.697.595		3.834.830	525.399.786
Paneles Solares		167.058	18.314.792		100.235	13.732.868
Canales Acuíferos		500.000	54.815.798			
Accesos						
Caminos		8.291.730	909.035.552		6.218.797	852.020.700
Vehículos (movilidad)	18.156.000		18.156.000	0		
Almacenes						
Agua		616.000	67.533.063		462.000	63.297.379
Químicos de Flotación		3.450	378.185		2.587	354.465
Cuarzo		10.138	1.111.401		7.603	1.041.694
Oxigeno Industrial		308.000	33.766.532		231.000	31.648.690
Acido Sulfúrico		73.920	8.103.968		55.440	7.595.685
Gas Natural		1.760	192.952		1.320	180.850
Envase						
Producto Terminado		24.640	2.701.323		18.480	2.531.895
Campamento						
Viviendas		570.240	62.516.321		427.680	58.595.288
Oficinas		28.512	3.125.816		21.384	2.929.764
Comedor		456.192	50.013.057		342.144	46.876.230
Sala de Emergencias		9.504	1.041.939		7.128	976.588
Fabrica		1.242.208	136.185.246		931.656	127.643.686
Total Bienes de Uso	18.156.000	79.551.915	8.739.559.457	0	73.519.466	10.072.704.491
Cargos Diferidos						
Estudio Ambiental	460.000					
Puesta en Marcha e Instalación		29.451.021	3.228.762.431			
Capacitación Mano de Obra						
Imprevistos		22.349.802	2.450.244.455			
Total Cargos Diferidos	460.000	51.800.823	5.679.466.886	0	0	0

Tabla 3.16. Esquema de pagos para los primeros dos años del proyecto.

Cabe destacar que la reinversión en el acondicionamiento de los caminos que conducen al pit y los caminos dentro del complejo minero, no será por el 100% del valor considerado al inicio del proyecto, sino que dicha reinversión supone un costo menor debido a que únicamente será necesario pavimentarlos, tapar baches, y despejarlos. Este costo representa un 30% de la inversión inicial en construir los caminos.

3.3.2.2 Financiamiento por Inversión en Activos Fijos

Frente a la estrategia de pago acordada con proveedores de los activos fijos, se definieron las principales variables del financiamiento y sus flujos en el tiempo. Teniendo en cuenta que el pago a proveedores se extiende por un máximo de 4 años, cada periodo de inversiones presenta un flujo de financiamiento que se prolonga por 6 años (considera dos inversiones separadas por dos años). Este mismo esquema se repite todas las veces que se reinvierta y acuerde esta metodología de pago con proveedores.

En la siguiente tabla se muestra el financiamiento del primer periodo de inversiones, es decir, aquellas que se acuerdan en los años 0 del proyecto. Se detalla el capital vivo de la deuda, sus amortizaciones e intereses tanto en dólares como pesos argentinos.

	Préstamo en ARS	Préstamo en USD
Inversión en activo	11.001.947.409	185.592.905
Financiamiento	11.001.947.409	185.592.905
% Deuda:	100%	

Préstamo a Tasa Fija		
Bien a financiar	100%	
Monto	185592905	USD
Plazo	4	años
Recargo	10%	

Cálculo en dólares

Año	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Capital vivo	228.867.543		225.451.347				
Amortización		103.982.298	55.677.872	136.773.933	86.001.362	35.941.713	35.941.713
Lo que queda por pagar	228.867.543	124.885.245	294.658.721	157.884.788	71.883.426	35.941.713	(0)
FF deuda		**(103.982.298)**	**169.773.476**	**(136.773.933)**	**(86.001.362)**	**(35.941.713)**	**(35.941.713)**

Cálculo en pesos

Capital vivo	13.567.267.958	0	17.666.536.651	0	0	0	0
Deuda							
Amort		7.242.782.961	4.362.959.769	11.789.478.781	8.080.218.367	3.613.269.166	3.866.198.008
Saldo	13.567.267.958	8.698.756.889	23.089.678.383	13.609.167.440	6.753.774.142	3.613.269.166	0
Resultado por exposición al TC		**(2.374.271.893)**	**(1.087.344.611)**	**(2.308.967.838)**	**(1.224.825.070)**	**(472.764.190)**	**(252.928.842)**

Tabla 3.17. Financiamiento con proveedores por compra bienes de uso.

Cálculo de intereses en dólares

Año	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Intereses a pagar	18.559.291		17.970.856				
Interés pagado		6.070.766	5.567.787	9.103.115	8.600.136	3.594.171	3.594.171
Saldo de los int	18.559.291	12.488.525	24.891.594	15.788.479	7.188.343	3.594.171	0
FF deuda		**(6.070.766)**	**(5.567.787)**	**(9.103.115)**	**(8.600.136)**	**(3.594.171)**	**(3.594.171)**

Cálculo de intereses en pesos

Capital vivo	1.100.194.741		1.408.209.788			0	0
Pago de intereses		422.853.132	436.295.977	784.659.613	808.021.837	361.326.917	386.619.801
Saldo de los Intereses	1.100.194.741	869.875.689	1.950.523.961	1.360.916.744	675.377.414	361.326.917	0
Resultado por exposición al TC		**(62.978.126)**	**(48.477.331)**	**(71.332.692)**	**(66.717.399)**	**(23.638.209)**	**(25.292.884)**

Tabla 3.18. Financiamiento con proveedores por compra bienes de uso.

3.3.3 Amortizaciones

Se calcularon las amortizaciones de los equipos adquiridos para reflejar el desgaste y la pérdida su valor. Estas amortizaciones se calcularon en pesos y sobre el precio del bien en el momento en el cual se adquirió, es decir, valuando la maquina al tipo de cambio del año de la inversión. El tipo de cálculo para determinar la amortización utilizado es el método lineal, definido por la siguiente fórmula:

$$Amortización = \frac{(Valor\ Original - Valor\ Residual)}{Vida\ Útil} \qquad (3.1)$$

Donde:

- Valor Original: El valor original es el valor de la inversión inicial que se realizó hasta tener la maquinaria en marcha y funcionando de manera correcta.
- Valor Residual: El valor residual es el valor final de un activo una vez finalizada su vida útil, será considerado como un 10% del valor de compra original en pesos.
- Vida Útil: La vida útil de los equipos es el periodo en el que estos funcionan adecuadamente. La duración depende de su categoría o las especificaciones del fabricante.

En el caso del proyecto de El Pachón, se tendrán en cuenta en las amortizaciones de todos los bienes de uso sobre los que se invierta. Dentro de ellos se encuentra la maquinaria necesaria para toda la cadena de valor, las construcciones de la planta productiva, el tratamiento de residuos, los almacenes y el campamento. También se considerará la restauración de los caminos, la construcción de las tuberías para proveer agua a las instalaciones y los equipos energéticos necesarios. Finalmente, se tendrán en cuenta los cargos diferidos, los cuales engloban los gastos de puesta en marcha y las capacitaciones del personal.

Para determinar la amortización de los activos fijos se definió la vida útil de cada uno de ellos. A continuación, se encuentran detallados los valores para todas las clases de bienes considerados en el proyecto.

Amortizaciones	Vida Util técnica (años)
Maquinaria: Rodado	10
Maquinaria: Molinos y Chancadores	30
Maquinaria: Planta	20
Maquinaria: Proveedores Energéticos	20
Maquinaria: Vehículos	10
Caminos	30
Construcciones	55

Tabla 3.19. Vida útil de la maquinaria y servicios según el rubro.

Respecto a la vida útil de los bienes de uso, cabe destacar que los terrenos no se amortizan y que los caminos al cabo de su vida útil, la reinversión que se debe realizar es del 30% del monto original ya que no requiere el mismo esfuerzo que al comienzo del proyecto. Por último, los cargos diferidos, que consideran la puesta en marcha de la mina, la capacitación de los empleados y un porcentaje de posibles imprevistos, se amortizan en 5 años con un valor residual nulo.

En cuanto al valor residual de los bienes, este fue definido como un 10% excepto para los caminos y los cargos diferidos que tienen valor nulo.

Finalmente, es importante tener en cuenta que la vida útil de todos los bienes de uso es menor a la duración del proyecto, por lo cual será necesario realizar reinversiones, ya sea en repuestos o maquinaria nueva para poder seguir adelante con la explotación de la mina. Con este fin, se armó la tabla de amortizaciones en dólares, a modo de convertir dichos valores a pesos argentinos en el cuadro de resultados con la proyección del tipo de cambio correspondiente al momento de cada inversión. El valor en dólares varía en cada momento de inversión en función de la inflación acumulada de Estados Unidos, por lo que se consideró un aumento de precios en dólares de los bienes al momento de realizar las reinversiones. Una vez traducida la amortización de dólares a pesos, el monto obtenido se mantiene constante a lo largo de todo el período de amortización.

A continuación, se puede ver la tabla de amortizaciones de las inversiones realizadas en los primeros 6 años de proyecto, es decir desde que comienza la construcción en 2020 hasta el 2026.

Bienes de Uso	Valor del Bien de Uso	Vida Útil Contable	Valor Residual	Amortización Anual
Maquinaria				
Perforadora de Exploración	6.523.711	10	652.371	587.134
Perforadora de Explotación	12.607.684	10	1.260.768	1.134.692
Pala Eléctrica	31.526.310	10	3.152.631	2.837.368
Bulldozer	39.444.572	10	3.944.457	3.550.011
Camión cargador de agua	6.346.295	10	634.630	571.167
Camión de carga grande	62.272.522	10	6.227.252	5.604.527
Camión de carga chico	25.694.606	10	2.569.461	2.312.515
Chancador Primario	7.282.829	30	728.283	218.485
Chancador Secundario	7.006.485	30	700.648	210.195
Cinta transportadora	6.962.270	20	696.227	313.302
Molino SAG	13.833.524	30	1.383.352	415.006
Molino de Bolas	13.944.062	30	1.394.406	418.322
Celdas de Flotación 1	27.487.604	20	2.748.760	1.236.942
Celdas de Flotación 2	27.487.604	20	2.748.760	1.236.942
Sedimentador	20.511.338	20	2.051.134	923.010
Pileta de Filtrado	6.940.162	20	694.016	312.307
Máquina de Mezclado	6.907.001	20	690.700	310.815
Secador Tornillo	7.117.022	20	711.702	320.266
Horno Tostación	13.767.202	20	1.376.720	619.524
Horno Teniente (fusión)	20.660.564	20	2.066.056	929.725
HELE	6.978.850	20	697.885	314.048
Horno Pierce Smith (conversión)	6.995.431	20	699.543	314.794
Horno de Piro refinación	7.061.753	20	706.175	317.779
Moldeador	13.711.933	20	1.371.193	617.037
Celdas de Refinación	31.214.230	20	3.121.423	1.404.640
Servicios				
Generadores de Fuel Oil	11.620.698	20	1.162.070	522.931
Paneles Solares	303.741	10	30.374	27.337
Canales Acuíferos	500.000	55	50.000	8.182
Accesos				
Caminos	18.844.840	30	0	628.161
Vehículos (movilidad)	165.609	10	16.561	14.905
Almacenes				
Agua	1.400.000	55	140.000	22.909
Químicos de Flotación	7.840	55	784	128
Cuarzo	23.040	55	2.304	377
Oxigeno Industrial	700.000	55	70.000	11.455
Acido Sulfúrico	168.000	55	16.800	2.749
Gas Natural	4.000	55	400	65
Envase	0	55	0	0
Producto Terminado	56.000	55	5.600	916
Campamento				
Viviendas	1.296.000	55	129.600	21.207
Oficinas	64.800	55	6.480	1.060
Comedor	1.036.800	55	103.680	16.966
Sala de emergencias	21.600	55	2.160	353
Fabrica	2.823.200	55	282.320	46.198
Cargos Diferidos				
Estudio Ambiental	4.196	5	0	839
Puesta en Marcha e Instalación (1)	29.451.021	5	0	5.890.204
Puesta en Marcha e Instalación (2)	36.880.480	5	0	7.376.096
Capacitación de Mano de Obra	833.586	5	0	166.717

Tabla 3.20. Valor de los bienes de uso y sus amortizaciones para los primeros 6 años de proyecto.

3.3.4 Inversión en Capital de Trabajo

Se llama capital de trabajo a la parte del activo corriente que queda financiada por el pasivo no corriente, según la fórmula:

$$Capital\ de\ Trabajo\ =\ Activo\ Corriente\ -\ Pasivo\ Corriente \qquad (3.2)$$

Se puede pensar al capital de trabajo también como la parte del activo corriente que queda financiada por instrumentos de largo plazo. Otra forma de calcular el capital de trabajo que emplea variables de largo plazo como son el patrimonio neto y el pasivo no corriente es la siguiente:

$$Capital\ de\ Trabajo = Patrimonio\ Neto\ +\ Pasivo\ no\ Corriente\ -\ Activo\ no\ Corriente \qquad (3.3)$$

El activo corriente está conformado por la caja mínima, los créditos por ventas, los stocks de bienes de cambio: materia prima, producto semielaborado y producto terminado, y sus amortizaciones. Por otro lado, el pasivo corriente corresponde a las deudas comerciales, las financieras a corto plazo, y a las provisiones.

El valor de caja mínima definido es de un 5% de los ingresos como previamente fue descrito. En cuanto a los plazos de pagos y cobranzas, se consideró una política de créditos por ventas de 60 días, mientras que las deudas comerciales se pagan a los 30 días.

Para la valuación de la materia prima como activo corriente se consideró únicamente el costo de la regalía abonada al Estado Provincial, ya que la materia prima implicada es la roca que se encuentra en el suelo. Se considera al producto en proceso a la roca extraída de la mina, sin haber sufrido ningún otro cambio, es decir, antes de ser procesada por los chancadores. En este caso, se tuvieron en cuenta todos los costos asociados a la obtención de dicha producción en proceso. Estos costos son: la regalía abonada al Estado Provincial, el costo de la mano de obra de la mina, el EPP, el seguro de ART y el seguro de vida de la mano de obra de la mina, el costo del gasoil para mover los equipos mineros y el costo del servicio de tronadura. Además, se considera la amortización del producto en proceso, debido a que al extraer la roca de la mina se la guarda en depósitos para luego ser utilizada cuando la capacidad de la planta lo permita. Esto genera un stock de producto en proceso que debe ser considerado a la hora de valuar los bienes de cambio. Finalmente, debido a que no existe un stock de producto terminado, tanto el valor del stock como su amortización tienen un costo es nulo.

Como conclusión, se realizó el análisis del capital de trabajo a modo de conocer la situación económica del proyecto a corto plazo. Cuando el capital de trabajo es positivo, la empresa posee más activos líquidos que deudas a pagar, mientras que si es negativo las deudas superan los activos a corto plazo. A continuación, y de modo ilustrativo se encuentra desarrollado el análisis de capital de trabajo en miles de ARS para los primeros 10 años de proyecto, comportándose de igual forma para los años restantes.

Capital de Trabajo	Unidad	Año 0-1 2021	Año 0-2 2022	Año 0-3 2023	Año 1 2024	Año 2 2025	Año 3 2026	Año 4 2027	Año 5 2028	Año 6 2029	Año 7 2030	Año 8 2031	Año 9 2032	Año 10 2033
Activo de Trabajo														
Disponibilidad Mínima en Caja y Bancos	(miles de ARS)				745.154	8.018.223	14.694.847	16.673.633	18.428.721	19.831.121	20.764.059	21.740.035	22.761.467	23.830.683
Créditos por Ventas	(miles de ARS)				2.449.822	26.361.280	48.311.825	54.817.423	60.587.575	65.198.208	68.265.398	71.474.089	74.832.222	78.347.452
Bienes de Cambio	(miles de ARS)				5.157.436	9.165.574	14.408.536	19.066.494	21.724.963	24.054.732	25.899.488	27.842.553	38.439.920	41.722.074
MP	(miles de ARS)				154.279	271.801	419.629	544.636	611.852	669.404	712.713	758.888	767.957	817.837
PP	(miles de ARS)				5.003.157	8.893.773	13.988.906	18.521.858	21.113.111	23.385.329	25.186.774	27.083.665	37.671.963	40.904.237
PT	(miles de ARS)				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total Activo de Trabajo	(miles de ARS)				8.352.412	43.545.077	77.415.207	90.557.550	100.741.258	109.084.061	114.928.944	121.056.678	136.033.609	143.900.210
Delta Activo de Trabajo	(miles de ARS)				8.352.412	35.192.665	33.870.131	13.142.342	10.183.709	8.342.803	5.844.883	6.127.733	14.976.931	7.866.601
Amortización PP	(miles de ARS)				0	0	(163.504)	(500.267)	(862.847)	(1.225.427)	(1.588.007)	(1.950.588)	(12.266.408)	(13.842.678)
Amortización PT	(miles de ARS)				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Activo de Trabajo financiero	(miles de ARS)				8.352.412	43.545.077	77.251.704	90.057.282	99.878.411	107.858.634	113.340.937	119.106.090	123.767.201	130.057.531
Pasivo de trabajo														
Deudas Comerciales	(miles de ARS)				(126.996)	(1.238.543)	(2.177.018)	(2.446.253)	(2.716.887)	(2.919.355)	(3.060.477)	(3.205.093)	(3.354.706)	(3.514.139)
Total Pasivo de Trabajo	(miles de ARS)				(126.996)	(1.238.543)	(2.177.018)	(2.446.253)	(2.716.887)	(2.919.355)	(3.060.477)	(3.205.093)	(3.354.706)	(3.514.139)
Capital de Trabajo	(miles de ARS)				8.225.416	42.306.534	75.238.190	88.111.297	98.024.372	106.164.707	111.868.468	117.851.585	132.678.903	140.386.071
Delta Capital de Trabajo	(miles de ARS)				8.225.416	34.081.118	32.931.656	12.873.107	9.913.075	8.140.335	5.703.761	5.983.117	14.827.319	7.707.167

Tabla 3.21. Tabla mostrando el activo de trabajo, pasivo de trabajo y capital de trabajo del proyecto.

3.3.5 Cronograma de Inversiones Totales

Por último, una vez explicado la conformación de las inversiones y del capital de trabajo, se desarrolló el cronograma de inversiones que considera tanto las inversiones totales de activo fijo como las inversiones en capital de trabajo sin considerar el IVA. A continuación, se encuentra desplegada esta información en miles de ARS para los 10 años inicialesde proyecto.

Calendario de Inversiones	Unidad	Año 0-1	Año 0-2	Año 0-3	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Inversión en Activo Fijo	(miles de ARS)	23.600.201	0	42.221.669	0	0	0	0	0	0	0	102.857.979	0	0
Inversión en Activo de Trabajo	(miles de ARS)	0	0	0	8.352.412	43.545.077	77.415.207	90.557.550	100.741.258	109.084.061	114.928.944	121.056.678	136.033.609	143.900.210
Subtotal de Inversiones	**(miles de ARS)**	**23.600.201**	**0**	**42.221.669**	**8.352.412**	**43.545.077**	**77.415.207**	**90.557.550**	**100.741.258**	**109.084.061**	**114.928.944**	**223.914.656**	**136.033.609**	**143.900.210**

Tabla 3.14. Calendario de inversiones.

3.4 Ingresos

Los ingresos que presenta el proyecto están principalmente determinados por las ventas del producto terminado. El otro ingreso con el que cuenta el proyecto es la venta de los bienes de uso una vez que ellos cumplen con su vida útil. Esto es así porque se consideró un valor residual del 10% para todos los activos fijos y es ese valor al que se venderán dichos bienes.

3.4.1 Ingreso por Ventas

Para el cálculo de los ingresos por ventas se utilizaron las proyecciones realizadas en el capítulo *I. Análisis de Mercado* que abarcan la vida útil del proyecto. Su valor se obtiene de multiplicar el precio proyectado del cobre en USD/ton mediante la técnica Mean Reversion con la producción. Se calculó el valor en pesos para lo que se consideraron las proyecciones de tipo de cambio e inflación definidas anteriormente.

Finalmente, los resultados obtenidos fueron afectados por un plan de ventas que comienza en el 2023 con un 5% de la capacidad de producción, aumenta sucesivamente a 45% y 80% para llegar a un pico del 95% el 2027 y mantenerse constante hasta el fin de la vida del proyecto. Este nivel de ventas sostenido se puede lograr gracias al dimensionamiento adecuado de la planta productiva y los stocks de roca, a fin de emplear la totalidad de mineral extraído por la mina, sin verse afectada la operatoria de la refinación por las fluctuaciones en el rendimiento del pit.

3.4.2 Ingreso por Venta de Bienes de Uso

Como ya fue introducido, todos los bienes de uso en los que se invierte a lo largo del proyecto, exceptuando a los caminos, una vez que cumplen con su vida útil, se vendieron a su valor residual. La venta se realizó el mismo año que se devenga su última amortización.

3.5 Egresos

A lo largo de la vida útil del proyecto se calcularon los diferentes costos involucrados: materia prima, mano de obra directa, gastos de comercialización y administración, gastos generales de fabricación fijos y variables, impuestos y otros gastos.

3.5.1 Costo de Ventas

El costo de ventas está compuesto por el costo de la materia prima y la mano de obra cuyo trabajo está dedicado 100% al producto que se fabrica, es decir, contempla tanto a los operarios mineros como a los jefes y supervisores. Además se consideran los gastos generales de fabricación, así como los gastos comerciales y administrativos. A continuación, se describe la composición del costo total de ventas discriminado por tipo de costo.

3.5.1.1 Costo de la Materia Prima

El principal costo de la materia prima es la roca en sí. A ella se le asigna un costo a partir de las regalías que se deben pagar a la Provincia de San Juan para poder explotar el yacimiento. Éstas regalías que se deben abonar al Estado Provincial se calculan como el 3% del valor "boca de mina". Este se calcula considerando el valor del bien hasta su primer comercialización, deduciendo todos los costos en los que se incurre para llegar hasta dicha instancia, exceptuando aquellos costos inherentes al proceso de extracción[128].

Del mismo modo, el agua necesaria para la producción de cobre se obtendrá del Río Pachón y el costo que se debe abonar al Estado Provincial como regalía por el uso del agua es de 8,65 ARS/m3.

Finalmente, el resto de las materias primas consideradas en este proyecto se muestran en la tabla a continuación. El costo de cada una incluye todos los costos logísticos y de transporte hacia el yacimiento.

En base a los cálculos realizados en el *capítulo II. Estudio de Ingeniería*, se ha podido determinar la necesidad de cada uno de estos insumos involucrados en el proceso productivo y en la operatoria de la mina.

128 http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/60000-64999/60426/norma.htm#:~:text=Se%20define%20el%20%E2%80%9Cvalor%20boca,y%2Fo%20costos%20directos%20o

Materiales	Proporción de MP		Reutilización	Precio CIF	
Agua	3,000	m3/ton de cátodo	60,00%	8,645	ARS/m3
Químicos de Flotación	181,250	g/ton de cobre		0,930	USD/ton
Cuarzo	0,120			60,000	ARS/ton
Sílice	0,130			60,000	ARS/ton
Oxígeno Industrial	1,140			214,888	USD/ton
	6081,530	kg/h			
Ácido Sulfúrico	1,543	g H2SO4/g de cobre	40%	66,350	USD/ton
Gas Natural	0,410	m3/h		2,510	USD/mm BTU
Gas Natural				0,090	USD/m3
Envase: Zurcho Metálico	0,002	m/kg de cobre		116,333	ARS/m

Tabla 3.25. Costos asociados a la materia prima utilizada.

Materiales	Unidad	0-2020	0-2021	0-2022	1-2023	2-2024	3-2025	4-2026	5-2027	6-2028	7-2029	8-2030	9-2031	10-2032
MP Principal (Roca)	ton	0	0	0	3.191.489	28.723.404	51.063.830	60.638.298	60.638.298	60.638.298	60.638.298	60.638.298	57.446.809	57.446.809
Agua	m3	0	0	0	45.000	378.000	410.548	391.019	402.737	395.706	399.924	397.394	398.912	398.001
Ácido Sulfúrico	ton	0	0	0	23.217	199.666	248.962	229.244	237.131	233.976	235.238	234.733	234.935	234.854
Cuarzo / Sílice	ton	0	0	0	8.951	80.556	126.772	126.772	126.772	126.772	126.772	126.772	126.772	126.772
Químicos Flotación	ton	0	0	0	578	5.206	8.192	8.192	8.192	8.192	8.192	8.192	8.192	8.192
Oxígeno Industrial	ton	0	0	0	31.133	280.199	440.949	440.949	440.949	440.949	440.949	440.949	440.949	440.949
Gas Natural	m3	0	0	0	240	2.157	3.395	3.395	3.395	3.395	3.395	3.395	3.395	3.395
Cinta de Embalaje	m	0	0	0	22.500	202.500	318.674	318.674	318.674	318.674	318.674	318.674	318.674	318.674

Tabla 3.26. Necesidades de materia prima.

3.5.1.2 Costo de Mano de Obra Directa

El personal que se tiene en cuenta en esta categoría es todo aquel que trabaja de manera directa en la mina y en la planta de producción de cátodos de cobre. Tal como se aclaró en el inciso *2.5.1 Dimensionamiento de la mano de obra* del *Estudio de Ingeniería* la dotación total de personal es de 734 operarios, para asegurarse así de cumplir con la producción estimada.

De todas maneras, a pesar de que la cantidad total de trabajadores se mantiene fija en el tiempo, la cantidad que operan en la mina y en la planta productiva va variando año a año. Esta se distribuye según la proporción de roca que interviene en cada sector, es decir, en la mina y en la planta. Como se ha detallado en el *capítulo II. Estudio de Ingeniería*, la mina no posee un ritmo de trabajo continuo, sino que alcanza un valor máximo para luego decrecer, mientras que la planta se ha dimensionado para poder mantenerla operativa a un nivel constante, aún frente a las fluctuaciones del rendimiento de la mina. Es por esto por lo que, frente a estas fluctuaciones en el nivel de producción tanto de la planta como de la mina, se decidió repartir la MOD proporcionalmente. La cantidad de MOD empleada en la mina a partir del momento en que comienza a decrecer el rendimiento de esta también decrece, mientras que, como la operatoria de la planta es estable, también se mantiene estable la cantidad de MOD de la planta. A continuación, se presenta la distribución de la mano de obra a lo largo de los primeros 10 años de la vida del proyecto.

Distribución de la Mano de Obra													
	Año 0-1	**Año 0-2**	**Año 0-3**	**Año 1**	**Año 2**	**Año 3**	**Año 4**	**Año 5**	**Año 6**	**Año 7**	**Año 8**	**Año 9**	**Año 10**
	2020	**2021**	**2022**	**2023**	**2024**	**2025**	**2026**	**2027**	**2028**	**2029**	**2030**	**2031**	**2023**
MOD mina	0	184	184	367	367	389	421	421	421	421	421	399	399
MOD planta	0	0	0	367	367	345	313	313	313	313	313	313	313

Tabla 3.22. Distribución de la mano de obra directa entre la mina y la plata los primeros 10 años de proyecto.

El valor de los sueldos de los trabajadores fue obtenido a través de un relevamiento de los sueldos actuales del rubro[129]. Teniendo en cuenta que el sueldo relevado es en dólares, se ajustó con el tipo de cambio actual y a partir de entonces se fue modificando de acuerdo a la evolución de la inflación en Argentina. El sueldo actual de un trabajador minero es de 41.600 dólares al año, sin considerar aguinaldo.

129 https://oncediario.com.ar/2020/01/03/cuanto-gana-un-minero-en-argentina-y-cuanto-en-el-extranjero-numeros-puros-sin-considerar-costo-de-vida-en-cada-pais/

Cabe aclarar que cada trabajador cobra además del sueldo mensual, un sueldo anual complementario. Este aguinaldo equivale a un sueldo más, que se divide en dos pagos: un 50% en junio y el restante 50% en diciembre, por lo que se consideraron 13 sueldos para el cálculo del costo laboral de todo el personal.

Por otro lado, se contemplan aquellos gastos asociados a cargas sociales que aportan un 50% adicional del sueldo de cada operario. Dentro de ellos se incluyen obra social, ART, jubilación y cuota sindical, y un seguro de vida por eventuales accidentes fatales.

Información Operarios		
Sueldo	45.067	USD/año (con aguinaldo)
Cantidad	13	meses
Vacaciones	20	días
Días en el año	365	días
Días productivos	345	días

Tabla 3.23. Información detallada acerca de los beneficios de los operarios.

Finalmente, dentro del costo destinado a la mano de obra directa, se tienen en cuenta la ropa de trabajo y los elementos necesarios para garantizar la seguridad de los operarios, como por ejemplo campera de invierno, campera de lluvia, guantes, botas y EPP (equipo de protección personal). Para incorporarlos en el análisis de costos del proyecto se deberán afectar por la inflación a lo largo de los años. A continuación, se muestra el detalle del costo de los elementos mencionados anteriormente, al año 2020.

Equipo	**Costo en ARS**	**Frecuencia Anual**	**Costo total en ARS**
Ropa de trabajo			
Camisa y pantalón	4.000	2	8.000
Campera abrigo	5.000	1	5.000
Campera lluvia	3.000	1	3.000
Botas y medias	4.500	2	9.000
Ropa Protectora			
Protección de Manos y Brazos	1.500	2	3.000
Protección Cabeza	1.006	3	3.018
Protección de Ojos	718	4	2.872
Protección a los oídos	4.316	2	8.632
Protección de las Vías Respiratorias	724	100	72.400
Total por operario			114.922
Total			84.352.748

Tabla 3.24. Costos asociados al EPP de los operarios.

3.5.1.3 Gastos Generales de Fabricación Variables

Los gastos generales de fabricación variables (GGFV) son aquellos que varían según el volumen de producción. En este apartado se consideraron el consumo de combustibles para el funcionamiento de los equipos de la mina, los generadores y el gas natural implicado en el proceso de producción, el tratamiento de residuos y el servicio de tronadura, ya que son los que varían según las toneladas de producción que se procesan en la mina y en la planta. Asimismo, se consideraron los gastos por seguros por lucro cesante con extensión a proveedores y compradores y por pérdida de beneficio por lucro cesante.

3.5.1.3.1 Combustibles

Las principales fuentes de energía del proyecto contemplan como materia prima al gasoil, fuel oil y gas natural. Para el funcionamiento de los vehículos, maquinaria industrial y los hornos se utiliza gasoil y gas natural. Las cantidades y valores correspondientes se pueden ver en la tabla a continuación.

Gasoil para Vehículos, Maquinaria y Hornos		**Costos Unitario**		**Costos Transporte**	
2.867	litros/hora				
68.814	litros/día	32,42	ARS/l	1.584	USD/día
2	camiones/día				
Gas Natural		**Costos Unitario**		**Costos Transporte**	
3.915	litros/hora				
93.960	litros/día	0,09	USD/m^3	2.376	USD/día
3	camiones/día				

Tabla 3.27. Costos asociados al combustible para vehículos y maquinaria industrial.

Por otro lado, se contará con generadores que proveen energía a las instalaciones del complejo minero. Estos equipos utilizan fuel oil como combustible. Sus precios, necesidades y cantidades se ven a continuación.

Combustible para Generadores - Fuel Oil		**Costos Unitario**		**Costos Transporte**	
22.661	litros/hora				
543.863	litros/día	2.000	ARS/ton	4.752	USD/día
6	camiones/día				

Tabla 3.28. Costos asociados al combustible para los generadores.

3.5.1.3.2 Tratamiento de Residuos

En el tratamiento de residuos, tanto cuando se habla de residuos sólidos como el tratamiento de efluentes, la cantidad a tratar y por ende el costo varía dependiendo del porcentaje de operación de la planta a lo largo de la vida útil de la mina. En un año cuyo porcentaje de operación es del 100%, el costo del tratamiento de residuos es de 300.000 USD/año, información obtenida del relevamiento de un proyecto similar. Este monto fue adaptado al porcentaje de producción propio de cada etapa de la vida útil del proyecto.

3.5.1.3.3 Servicio de Tronadura

Tal como se detalló en el *capítulo II. Estudio de Ingeniería*, el servicio de tronadura será tercerizado mediante la contratación de la empresa Enaex. El servicio de tronadura posee un costo de 0,24 USD/ton, valor que fue relevado de un proyecto minero de similar envergadura.

3.5.1.3.4 Seguro por Pérdida de Beneficio por Lucro Cesante con Extensión a Proveedores y Clientes

La contratación de este tipo de seguros se hace necesaria para cubrir al proyecto frente a eventuales problemas en la entrega de insumos por parte de los proveedores o por falta de pago por parte de los compradores, causando una pérdida de beneficio en el proyecto. Este tipo de seguros posee una componente fija y una componente variable. La componente variable se ha considerado dentro de los costos variables de producción, siendo un 0,35% del margen bruto.

3.5.1.3.5 Seguro por Pérdida de Beneficio por Lucro Cesante

Este tipo de seguros otorga una cobertura al proyecto en caso de que suceda algún tipo de imprevisto en la operatoria normal de la mina o la planta que cause la parada de estas. En el caso de que cause una imposibilidad de producir y vender, se generaría una pérdida de beneficio por lucro cesante. El costo de este tipo de seguros, al igual que el seguro por pérdida de beneficio por lucro cesante, se compone de una parte fija y una variable. La componente variable es de 0,2% sobre el margen bruto.

3.5.1.4 Gastos Generales de Fabricación Fijos

Los gastos generales de fabricación fijos (GGFF) son aquellos independientes del volumen de producción, es decir permanecen constantes a pesar de las variaciones de actividad del complejo mina-planta. En este apartado se consideraron el mantenimiento y limpieza de las instalaciones, el mantenimiento de la maquinaria, el sueldo al personal indirecto, otros seguros y el consumo de agua no potable necesaria para la actividad de las instalaciones.

3.5.1.4.1 Mantenimiento y Limpieza de las Instalaciones

Los gastos de mantenimiento y limpieza de las instalaciones y el predio se calcularon en función a la inversión inicial en las instalaciones que requieran este servicio, es decir, las construcciones, los canales de agua y los caminos. Se tomó un porcentaje del 7% de la inversión realizada.

3.5.1.4.2 Mantenimiento de la Maquinaria

Cómo se ha establecido previamente en el *capítulo II. Estudio de Ingeniería*, el costo de mantenimiento de la maquinaria representa un 20% de los costos totales. Este mantenimiento se realizará en los 20 días de vacaciones de los empleados. Durante este tiempo, la planta dejará de producir y se realizará un mantenimiento profundo, ya sea predictivo o preventivo dependiendo de la necesidad de cada máquina.

3.5.1.4.3 Sueldo de Personal Indirecto

Esta categoría está conformada por aquellos empleados de los cuales no depende directamente el nivel de producción. En este caso se considerarán 6 gerentes, 58 jefes y 32 supervisores. El sueldo del personal indirecto se consideró un 150%, 125%, 115% más alto respectivamente que el de los operarios de mano de obra directa. El detalle de estos costos se encuentra en una tabla a continuación.

Mano de Obra Total Planta y Mina	
Gerentes	6
Jefes de sectores	44
+ suplemento	14
Total Jefes	58
Supervisores	24
+ suplemento	8
Total Supervisores	32
Operarios (MOD)	564
+ suplemento	170
Total Op	734
Otros	22
+ suplemento	6
Total Otro	28
Total	858
Empleados en planta	432

Tabla 3.29. Distribución de la mano de obra directa e indirecta.

3.5.1.4.4 Seguros

Los seguros contemplados dentro de los gastos de fabricación fijos se ven en la tabla a continuación. El seguro de ART contempla un 5% de la masa salarial y protege al proyecto de eventuales accidentes en el ámbito laboral y relacionados inherentemente al trabajo. El seguro de la planta contempla un 0,1% del valor de toda la planta, es decir edificio y bienes de uso fijos. El seguro del equipo móvil es un 0,45% del valor de la maquinaria que tenga movilidad

excepto los autos. Este seguro contempla a todo el rodado empleado en la operatoria de la mina. El seguro de responsabilidad civil de operaciones y producto son valores fijos en dólares que se ajustan al tipo de cambio de cada año, siendo su valor 500.000 dólares/año y 400.000 dólares/año, respectivamente. Estos seguros cubren al proyecto por cualquier daño potencial que, tanto la operación normal de la mina y la planta como el producto, pudiesen ocasionar a un tercero. El seguro de rotura de maquinaria es un 0,4% sobre el valor total de las máquinas. La componente fija del seguro por pérdida de beneficio por lucro cesante con extensión a proveedores y clientes, y el seguro por pérdida de beneficio por lucro cesante se encuadran dentro de los costos fijos del proyecto. La componente fija de estos dos seguros se calculan como un 0,35% y un 0,2%, respectivamente, sobre los gastos fijos del proyecto. Nuevamente, estos últimos dos seguros buscan cubrir al proyecto frente a posibles pérdidas de beneficios causadas por un incumplimiento de proveedores y clientes, y por propias contingencias, causando una pérdida de beneficio.

Seguros	
Seguro de ART	5,00%
Seguro de la planta	0,10%
Seguro de equipo móvil	0,45%
Seguro de Responsabilidad Civil Operaciones	500.000
Seguro de Responsabilidad Civil Producto	400.000
Seguro de Rotura de Maquinaria	0,40%
Seguro de lucro cesante c/extensión a proveedores y clientes	0,3% + 0,05% de CF
Seguro de pérdida de beneficio por lucro cesante	0,20%

Tabla 3.30. Costos asociados a los seguros tomados para el desarrollo del proyecto.

3.5.1.4.5 Consumo de Agua

El consumo de agua se separa en aquella que será para consumo del personal y la que se utilizará para cualquier otra tarea que no exija su potabilidad. Se consideró como un costo de fabricación fijo al agua no potable necesaria para el desarrollo de las tareas de limpieza del campamento y su uso en instalaciones sanitarias (no para aseo ni consumo ni cocina).

Se conseguirá el volumen necesario del Río Pachón, para lo cual hará falta la construcción de canales que conectan las salientes del río con el campamento de la mina. De todas maneras, el costo de la utilización de este agua depende de la regalía que se pague a la Provincia de San Juan por recurrir a este recurso. El costo es de 8,45 ARS/litro y se consideró un consumo de 150 litros por persona diarios. Toda esta información se encuentra detallada en la tabla que se presenta a continuación.

Agua No Potable		
Regalía	9	ARS/litros
Consumo por Persona	150	litros/día
Personal	429	personas
Costo Total	556.306	ARS/día

Tabla 3.31. Costos asociados al consumo de agua no potable en el yacimiento.

3.5.1.5 Gastos de Administración

Los gastos administrativos son los gastos en los que incurre una empresa y ni están directamente relacionados a una función elemental de producción, fabricación o ventas. Se vinculan a la organización en conjunto de los departamentos individuales del proyecto y se conforma por el suelo del personal administrativo y su seguro de ART, el costo de cierre y el canon al Estado Nacional.

3.5.1.5.1 Sueldo de Personal Administrativo

Esta categoría abarca el área legal, de recursos humanos y finanzas. Los trabajadores administrativos tendrán un sueldo promedio del 80% del sueldo de los operarios, ya que su trabajo no es considerado insalubre como el de los trabajadores mineros, por ende, percibirán un sueldo menor.

3.5.1.5.2 Seguro de ART

Se deberá contratar un seguro de ART para cubrir a los trabajadores administrativos por posibles accidentes que sufran en el ejercicio de sus funciones laborales, o en el trayecto de ida y vuelta a sus hogares. Nuevamente, este seguro tiene un costo de un 5% de la masa salarial.

3.5.1.5.3 Costos de Cierre

Para los costos de cierre, se ha considerado el costo de devolver el material estéril removido a su lugar original, de desmantelar las instalaciones, cerrar los accesos, indemnizar al personal y realizar una rehabilitación del terreno, costo que asciende a la suma de 476.310 miles de dólares, los cuales representan 1.173.834.781 miles de pesos argentinos.

Costo Cierre	Valor en miles de USD	Valor en miles de ARS
Desmantelamiento instalaciones mina y planta		(2.296.992)
Reposición de tierra estéril al pit		(965.397.568)
Cierre de accesos		(28.013.025)
Indemnizaciones		(139.885.872)
Rehabilitación de efectos ambientales		0
Otros		(38.241.325)
Total	**(476.310)**	**(1.173.834.781)**

Tabla 3.32. Costos asociados al cierre de la mina y planta.

Asimismo, se consideró como costo hundido el valor de los bienes de uso que resultan imposibles de vender en la finalización del proyecto. Estos son los caminos, las construcciones, los almacenes y los canales acuíferos. El valor del costo hundido fue calculado como el valor residual de dichos bienes de uso al momento del cierre de la mina.

3.5.1.5.4 Canon al Estado Nacional

Se deberá abonar un canon al Estado Nacional por la explotación de recursos minerales cuyo valor se calcula como 32.000 pesos argentinos por pertenencia. Una pertenencia es una superficie de 100 hectáreas, lo que equivale a 1 kilómetro cuadrado de extensión. Dado que el pit dimensionado en el inciso *2.2.2 Micro localización de la mina a cielo abierto* en el *Estudio de Ingeniería* poseerá una superficie de alrededor de 3 kilómetros cuadrados, se deberá abonar un canon equivalente a la explotación de dicha superficie.

3.5.1.6 Gastos Comerciales

Los gastos de comercialización están conformados por el pago de ingresos brutos y el pago a los transportistas que llevan la producción al Puerto de Buenos Aires.

3.5.1.6.1 Ingresos Brutos

La tasa de ingresos brutos que la provincia de San Juan cobra es de un 1% sobre el valor de las ventas. Teniendo en cuenta que es un impuesto que se cobra en función de la actividad comercial del proyecto, fue considerado dentro de los gastos comerciales.

3.5.1.6.2 Transportista al Puerto de Buenos Aires

Para poder comercializar los cátodos de cobre y llevarlos hasta el Puerto de Buenos Aires en donde serán colocados dentro del buque que los transporte a destino, se consideró el costo del servicio de transporte hasta destino. El costo es de 1 USD/km, considerando que existen 1.700 kilómetros entre El Pachón y el Puerto de Buenos Aires.

3.5.1.7 Otros Gastos

Finalmente, se consideraron otros gastos que intervienen en la estructura de costos del proyecto pero que no pertenecen a ninguna de las categorías anteriormente descritas. Estos son el servicio de primero auxilios, el de comidas y limpieza del campamento, el transporte del personal, el consumo de agua potable, un monto destinado a posibles imprevistos y otro a incobrables.

3.5.1.7.1 Servicio de Primeros Auxilios

El complejo El Pachón deberá contar con un servicio de primeros auxilios a modo de prevenir posibles inconvenientes que afecten la salud de las personas que residan allí. Este gasto estará destinado a equipamiento móvil médico y a un servicio de enfermería en la planta. A continuación, se detalla el monto a destinar a este servicio.

Equipo médico	**Costo anual en USD**	
Equipamiento móvil	1.200.000	USD / año
Servicio medico	1.000.000	USD / año

Tabla 3.33. Gastos asociados al servicio de primeros auxilios.

3.5.1.7.2 Servicio de Comida y Limpieza del Campamento

El servicio de comida y limpieza del campamento considera 300 pesos argentinos por operario por comida teniendo en cuenta tres comidas diarias a lo largo de los días productivos, 150 pesos argentinos diarios de snacks y 2.000 pesos argentinos de limpieza diarios (6 horas a 333,33 pesos argentinos por hora).

3.5.1.7.3 Transporte del Personal

El transporte del personal se desarrolla para movilizar al persona desde sus hogares hasta la mina o viceversa y también para agilizar la conexión de los diferentes lugares dentro de las instalaciones de la mina. Se considera un costo de 5.000 pesos argentinos por viaje por operario para trasladarlos desde y hacia sus hogares. Debido al formato de trabajo por rosters, los operarios llegan y se van del complejo minero 24 veces por año. Luego, para el servicio interno de movilidad, se consideran 50 pesos argentinos por persona para el trayecto desde el campamento a la mina y de 100 pesos argentinos para el trayecto desde el campamento a la planta.

3.5.1.7.4 Consumo de Agua Potable

Como ya explicado en el detalle de los costos fijos de fabricación, el costo del agua necesaria para el desarrollo del campamento y sus instalaciones se separa en el agua potable para consumo humano y el agua que no requiere los estándares de sanidad.

El agua potable se proveerá al complejo minero a través de un servicio externo que traiga el agua en bidones de 20 litros. Se supone un consumo promedio de 4 litros por persona y contemplando las 858 personas que trabajan en la mina y planta, se necesitaran 3.432 litros de agua diarios, a un costo de 15,6 ARS/litro. A continuación, se encuentran estos datos en formato de tabla.

Agua Potable		
Envases	16	ARS/litros
Consumo por persona	4	litros/día
Personal	429	personas
Costo Total	26.813	ARS/día

Tabla 3.34. Costos asociados a la utilización de agua potable en el yacimiento.

3.5.1.7.5 Imprevistos Anuales

Se tendrá en cuenta un costo extra por un valor igual a un 5% de los costos anuales de producción para destinar a posibles imprevistos. El fin de este gasto es prevenir posibles situaciones que generen un costo extra al planificado según el correcto funcionamiento de la producción. En el caso de que un incidente ocurra, el gasto ya habrá sido considerado dentro de esta categoría.

3.5.1.7.6 Incobrables

Asimismo, se tomó un porcentaje de ventas incobrables cuyo porcentaje representa un 3% de éstas. El valor fue definido por mismas practicas contables en proyectos semejantes.

3.5.2 Costos de Producción

Para calcular los costos de producción, se tuvieron en cuenta los costos de materia prima, los costos de mano de obra y los gastos generales de fabricación detallados en los incisos *3.5.2.2 Costo de mano de obra directa MOD, 3.5.2.3 Costo de la materia prima, 3.5.2.4 Gastos generales de fabricación variables, y 3.5.2.5 Gastos generales de fabricación fijos.* Se pueden observar en la Tabla 3.35 a continuación.

3.5.3 Costo Total de lo Vendido

El costo total de lo vendido se calcula a partir del costo de producción más los costos de administración y comercialización, los gastos considerados como “otros” y las amortizaciones. Dichos costos se encuentran detallados en los incisos *3.5.2.6 Gastos de Administración, 3.5.2.7 Gastos comerciales, 3.5.2.8 Otros gastos* y *3.3.2 Amortizaciones*, obteniendo lo que se ejemplifica en la Tabla 3.36 a continuación.

		Año 0-1	Año 0-2	Año 0-3	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
MP	(miles de ARS)	0	0	0	1.545.122	15.068.942	26.487.052	29.762.744	33.055.455	35.518.814	37.235.801	38.995.298	40.815.586	42.755.359
MOD	(miles de ARS)	0	1.408.043	1.798.331	8.950.767	10.901.905	12.955.675	15.012.866	16.952.341	18.640.592	19.945.222	21.341.167	22.189.466	23.742.487
GGFV	(miles de ARS)	0	0	0	1.006.351	6.555.455	12.467.723	15.624.254	17.409.984	18.894.297	19.954.708	21.077.164	21.605.096	22.822.857
GGFF	(miles de ARS)	835.635	1.236.465	1.605.410	4.724.152	9.461.939	13.893.673	16.129.094	18.037.024	19.592.434	20.738.280	21.945.463	23.005.073	24.347.759
Costo de la Producción	**(miles de ARS)**	**835.635**	**2.644.508**	**3.403.741**	**16.226.392**	**41.988.241**	**65.804.122**	**76.528.957**	**85.454.803**	**92.646.138**	**97.874.011**	**103.359.092**	**107.615.221**	**113.668.463**

Tabla 3.35. Costos de producción.

		Año 0-1	Año 0-2	Año 0-3	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Costo de la Producción	(miles de ARS)	835.635	2.644.508	3.403.741	16.226.392	41.988.241	65.804.122	76.528.957	85.454.803	92.646.138	97.874.011	103.359.092	107.615.221	113.668.463
Gastos Administrativos	(miles de ARS)	126.510	165.431	211.289	263.604	321.069	381.559	442.150	499.276	549.004	587.434	628.555	672.554	719.632
Gastos Comerciales	(miles de ARS)	0	0	0	155.570	1.611.438	2.948.032	3.345.002	3.697.098	3.978.440	4.165.601	4.361.397	4.566.312	4.780.814
Otros Gastos	(miles de ARS)	298.960	743.234	1.247.462	3.162.985	9.220.468	14.841.245	16.986.219	18.879.212	20.418.602	21.496.060	22.629.401	23.743.332	24.998.753
Amortizaciones	(miles de ARS)	0	2.041.815	2.041.815	4.504.652	4.504.652	4.504.652	3.999.561	3.999.561	2.966.140	2.966.140	2.966.140	11.410.782	11.410.782
Costo Total de lo Vendido	**(miles de ARS)**	**1.261.105**	**5.594.988**	**6.904.306**	**24.313.203**	**57.645.868**	**88.479.610**	**101.301.890**	**112.529.950**	**120.558.324**	**127.089.247**	**133.944.584**	**148.008.201**	**155.578.444**

Tabla 3.36. Costo total de lo vendido.

3.6 Financiamiento

El proyecto se financiará en una primera instancia con aportes de capital para subsanar los baches de caja que surgen en los primeros 3 años del proyecto. Luego, se tomará un préstamo bancario en el año 2023 para, nuevamente, saldar el bache de la caja que se genere en dicho año.

A lo largo del proyecto se realizarán varias reinversiones en activo fijo, pero únicamente la inicial se financiará de forma externa, ya que las siguientes se sustentarán con capital propio generado gracias a las ventas de los años anteriores.

3.6.1 Capital

Se espera contar con un aporte de capital externo debido a las magnitudes de los gastos. Para ello se espera que toda la inversión no sea de un mismo ente financiero para así poder de esa manera distribuir riesgos. Se buscarán empresas grandes que realicen inversiones en la compraventa de materias primas y commodities o que manufacturen mayormente cables de cobre para que aporten capital al proyecto, como por ejemplo Glencore, Schneider Electric o Siemens, entre otras.

Dichos aportes de capital serán provistos en los años 2020, 2021 y 2022 para, como se ha explicado anteriormente, saldar los baches de caja de cada uno de estos años. Los montos correspondientes son de 2.662.730 miles de pesos en 2020, 15.565.751 miles de pesos en 2021 y 18.129.958 miles de pesos en 2022.

3.6.2 Deuda Bancaria

Hay varias razones que hacen que el proyecto sea atractivo para los bancos. Por un lado, el hecho de que el producto terminado se trate de un commodity le asegura al banco que la producción del bien podrá ser siempre colocada en el mercado, y por lo tanto el proyecto a financiar no tendrá falta de fondos a la hora de pagar las cuotas. Por otro lado, más allá de que 20 años sea un período extenso para la devolución del préstamo, en comparación con la vida del proyecto, no alcanza a cubrir ni la mitad de ésta, con lo cual relativamente puede incentivar a los bancos a prestar ese monto de dinero. Al ser un proyecto de gran envergadura los bancos se asegurarán de que el proyecto presente un estudio de prefactibilidad sólido, esté estratégicamente planeado y siga una lógica acompañada del comportamiento del mercado.

En este proyecto, el préstamo bancario que se considerará es de 201.799.352 dólares a 20 años. El préstamo será entregado en una cuota única en el año 2023, la cual se utilizará para saldar el bache de caja generado en ese año por el proyecto. Se espera que con los flujos de dinero que ingresan al proyecto en los primeros años, tanto aportes de capital como deuda externa, logren generar los suficientes ingresos para auto sustentarse en el futuro.

El préstamo tiene repago de tipo alemán y tasa efectiva anual (TEA) de 10%. Este sistema de financiamiento considera cuotas escalonadas con una amortización del capital mas alta al comienzo del plan que va disminuyendo a lo largo del tiempo ya que los intereses se pagan sobre el saldo. La elección de este sistema fue tomada en conjunto con el banco que financiara el proyecto a modo de que ajuste correctamente al tipo de proyecto que se trate. Teniendo en cuenta que la extracción y producción de cobre se basa en la industria de un commodity, se espera que el producto terminado siempre se coloque en el mercado y por lo tanto los ingresos del proyecto sean estables en el tiempo. Para proyectos de estas características el financiamiento alemán es un sistema adecuado.

A continuación, se pueden observar los primeros 10 años del flujo del financiamiento que detalla el capital prestado, el pago de las amortizaciones e intereses tanto en pesos argentinos como en dólares. Este mismo flujo continua por el resto de la vida del préstamo. También se muestra el cálculo del costo que significa la exposición al tipo de cambio que nace de tomar un préstamo en dólares.

	Préstamo en ARS	Préstamo en USD
Inversión necesaria	33.751.104.506	201.799.352
Financiamiento	33.751.104.506	201.799.352
% Deuda	100%	

Préstamo a Tasa Fija		
Bien a financiar	100% del financiamiento total	
Monto	USD	201.799.352
Plazo	años	20
Tasa	7,00%	7,00%
Amortización	Sistema Alemán	10.089.968

Financiamiento es dólares

Año	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Capital vivo	201.799.352									
Amortización		10.089.968	10.089.968	10.089.968	10.089.968	10.089.968	10.089.968	10.089.968	10.089.968	10.089.968
Saldo	201.799.352	191.709.384	181.619.417	171.529.449	161.439.482	151.349.514	141.259.546	131.169.579	121.079.611	110.989.644
Interés		14.125.955	13.419.657	12.713.359	12.007.061	11.300.764	10.594.466	9.888.168	9.181.871	8.475.573
FF deuda USD	**201.799.352**	**(24.215.922)**	**(23.509.625)**	**(22.803.327)**	**(22.097.029)**	**(21.390.731)**	**(20.684.434)**	**(19.978.136)**	**(19.271.838)**	**(18.565.540)**
Deuda	201.799.352									
Interés	0	(14.125.955)	(13.419.657)	(12.713.359)	(12.007.061)	(11.300.764)	(10.594.466)	(9.888.168)	(9.181.871)	(8.475.573)
Capital		(10.089.968)	(10.089.968)	(10.089.968)	(10.089.968)	(10.089.968)	(10.089.968)	(10.089.968)	(10.089.968)	(10.089.968)

Financiamiento en pesos

Capital vivo	33.751.104.506									
Amortización		(2.011.195.953)	(2.338.654.864)	(2.651.695.946)	(2.929.838.612)	(3.152.299.939)	(3.300.353.166)	(3.455.359.968)	(3.617.646.933)	(3.787.555.987)
Saldo	33.751.104.506	38.212.723.115	42.095.787.553	45.078.831.076	46.877.417.798	47.284.499.092	46.204.944.319	44.919.679.583	43.411.763.198	41.663.115.854
Pago de intereses	0	2.815.674.335	3.110.410.969	3.341.136.892	3.486.507.949	3.530.575.932	3.465.370.824	3.386.252.769	3.292.058.709	3.181.547.029
Resultado por exposición al TC		**(6.472.814.563)**	**(6.221.719.302)**	**(5.634.739.469)**	**(4.728.425.334)**	**(3.559.381.234)**	**(2.220.798.392)**	**(2.170.095.232)**	**(2.109.730.548)**	**(2.038.908.643)**

Tabla 3.37. Financiamiento de la deuda bancaria.

3.7 Estructura del Capital de Trabajo

En este inciso se analizará la estructura financiera del proyecto. Este estudio se centra en el cálculo del costo promedio ponderado del capital y del apalancamiento financiero frente a los préstamos de terceros.

3.7.1 WACC

El costo promedio ponderado del capital se utiliza para determinar la tasa con la que se descontará el flujo de fondos para luego calcular el valor actual neto del proyecto. El valor del VAN es uno de los principales indicadores de prosperidad del proyecto ya que es a partir del cual las partes interesadas decidirán si invertir o no. Por lo tanto, el objetivo del proyecto apuntará a maximizar el valor de sí.

Puntualmente, el WACC calcula el valor presente de cada uno de los flujos proyectados que sumados representan el valor del proyecto. La fórmula del costo promedio ponderado del capital es la que figura a continuación.

$$WACC = K_e * (\frac{E}{E+D}) + K_d * (1 - \alpha) * (\frac{D}{E+D}) \qquad (3.4)$$

Donde:

- K_e: Costo de capital propio.
- K_d: Costo de la deuda.
- α: Tasa de impuesto a las ganancias.
- D: Financiamiento que corresponde a deuda.
- E: Financiamiento que corresponde a *equity* o capital.

Cabe destacar que el promedio del costo del capital con el que se financiara el proyecto depende de lo exigido por los inversores y la tasa de interés de la deuda. Como este proyecto se financia con capital propio y deuda externa, el valor de la tasa va a depender de la relación que exista entre los valores que tomen estos flujos en el tiempo.

El valor del WACC decrece en los primeros años del proyecto debido a que existe una financiación externa provista por entes financieros. Luego, cuando se finaliza la devolución del capital con sus respectivos intereses, el WACC aumenta nuevamente, simbolizando que el proyecto se seguirá financiando con las utilidades generadas por él mismo, es decir, con la caja generada a través de los años.

3.7.2 Costo de Capital Propio y Costo de Deuda Promedio

3.7.2.1 Costo de Capital Propio

El costo de capital propio, es decir Ke o Ks, es el costo de financiar el proyecto con capital propio, es decir con recursos financieros propios. Los inversores exigirán una rentabilidad que

compense la pérdida de oportunidad por alocar fondos en el proyecto y no en otras posibilidades de inversión.

Para determinar el Ke se utilizó el Modelo de Evaluación de Activos Financieros (Capital Asset Pricing Model o CAPM). Este modelo calcula la rentabilidad que un inversor debe exigir al proyecto para un determinado nivel de riesgo. La fórmula para calcular el costo de capital propio según este modelo es la siguiente.

$$K_e = R_f + \beta_L (R_m - R_f) + R_p \quad (3.5)$$

Donde:

- R_f: Tasa libre de riesgo.
- β_L : Medida del riesgo sistemático.
- R_m : Rentabilidad del mercado.
- $R_m - R_f$: Prima del mercado.
- R_p: Tasa de riesgo país.

Finalmente, este modelo sigue la Teoría de Markowitz cuyo objetivo es encontrar la cartera de inversión óptima para cada inversor en términos de rentabilidad y riesgo. Este modelo se basa en los siguientes supuestos:

- El mercado es eficiente.
- Los inversores tienen objetivos racionales, es decir las eligen según su rendimiento.
- Los activos no tienen riesgo de insolvencia o quiebra.
- Todos los activos son perfectamente divisibles e inmediatamente líquidos.
- Todos los inversores pueden pedir prestado a una tasa libre de riesgo.
- No hay costos de transacción o impuestos.

3.7.2.1.1 Tasa Libre de Riesgo

La tasa libre de riesgo representa la rentabilidad de invertir en un activo que es considerado libre de riesgo. En este caso se consideró la tasa de los bonos americanos a 10 años y el valor estimado responde al promedio de la tasa mensual del 2020. El valor obtenido es de 1,68%.

Fecha	Rf
01-2020	2,33%
02-2020	2,03%
03-2020	1,66%
04-2020	1,32%
05-2020	1,35%
06-2020	1,36%
07-2020	
08-2020	
09-2020	
Promedio	**1,68%**

Tabla 3.38. Tasa libre de riesgo mensual en el 2020.

3.7.2.1.2 Tasa de Riesgo País

El riesgo país es el riesgo que tiene un país frente a las operaciones financieras internacionales. Para averiguar su tasa se promedió el valor mensual del 2020 dando como resultado un valor de 2865 puntos básicos, es decir, una tasa de 28,65% que se consideró constante a lo largo del tiempo. Se trabajaron estos valores a partir del indicador EMBI+ realizado por J.P. Morgan.

Fecha	Rp
02-2018	2.713,83
03-2018	2.640,87
04-2018	2.648,05
05-2018	2.705,27
06-2018	2.718,37
07-2018	2.816,29
08-2018	2.901,52
09-2018	2.913,98
10-2018	2.711,74
11-2018	2.760,17
12-2018	2.506,85
01-2019	2.704,10
02-2019	2.784,49
03-2019	2.834,40
04-2019	2.945,83
05-2019	2.752,06
06-2019	2.941,76
07-2019	2.980,38
08-2019	2.936,46
09-2019	2.976,74
10-2019	3.037,56
11-2019	3.140,98
12-2019	3.230,78
01-2020	3.225,52
02-2020	2.954,22
03-2020	2.584,59
04-2020	2.912,43
05-2020	3.044,31
06-2020	3.100,29
07-2020	3.271,12
08-2020	3.500,31
09-2020	1.641,14
Promedio	2.860,51
	28,61%

Tabla 3.39. Riesgo país mensual del 2020, promedio calculado.

3.7.2.1.3 Rentabilidad del Mercado

La rentabilidad de mercado es el retorno que el mercado en su conjunto espera obtener a largo plazo. Su valor se obtuvo del índice de Damodaran del S&P 500. Se tomó la media geométrica del período 1920-2018.

		S&P 500 (incluyendo dividendos)	Retorno de bono a 10 años	Riesgo Premium
Promedio aritmético	1928-2018	11,36%	5,10%	6,26%
	1969-2018	11,10%	7,10%	4,00%
	2009-2018	13,49%	2,28%	11,22%
Promedio geométrico	1928-2018	**9,49%**	4,83%	4,66%
	1969-2018	9,73%	6,69%	3,04%
	2009-2018	12,98%	1,97%	11,00%

Tabla 3.40. Valor de rentabilidad del mercado según Damodaran.

3.7.2.1.4 Beta Apalancado

El beta apalancado se calculó según la fórmula:

$$\beta_L = \beta_u \, (1 \, + \, (1 \, - \, \alpha) \, * \, D/E) \qquad (3.6)$$

Donde:

- β_u: Riesgo sin apalancar.
- D: Valor del financiamiento de deuda.
- E: Valor del financiamiento con capital propio.
- α: Tasa de impuesto a las ganancias (IG).

Para obtener el valor a considerar dentro del cálculo de CAPM se debe desapalancar el beta de referencia correspondiente al sector de minería y metales con los parámetros del mercado, y luego apalancarlo con el impuesto a las ganancias y estructura propia de deuda/equity del proyecto.

Para el sector de minería y metales, el beta sin apalancar $\beta_u$con una estructura típica de *D/E* de 38,21% es de 1,02, es decir, la industria de minería tiene un riesgo similar al mercado[130].

Una vez obtenido el beta sin apalancar, se procedió a realizar el cálculo del beta apalancado para finalmente encontrar el Ke y así poder averiguar la tasa de descuento, es decir el WACC. Este indicador recurre al impuesto a las ganancias y a la relación de deuda y capital propio del proyecto para su cálculo. Teniendo en cuenta que los tres primeros años el financiamiento es

[130] Betas NYU Stern

completamente con aporte de capital, el ratio que contempla los modos de financiamiento es de 0% para esos años.

3.7.2.2 Costo de Deuda Promedio

El costo de deuda, es decir el Kd, surge por la utilización de préstamos para financiar el negocio. Estos préstamos deben devolverse a lo largo del tiempo junto con intereses previamente establecidos por la entidad financiera. Por lo tanto, el valor final devuelto, en comparación con el inicial prestado será mayor debido a estos intereses.

Como este costo se deduce del impuesto a las ganancias, los intereses obtenidos del préstamo generarán un ahorro impositivo, disminuyendo el impuesto total a pagar. Por consiguiente, el costo de la deuda luego de los impuestos se calcula de la siguiente manera.

$$K_d * (1 - \alpha) \qquad (3.7)$$

El índice Kd representa la tasa efectiva anual del préstamo pedido, la cual posee un valor del 7% y α representa el valor del impuesto a las ganancias, que a partir del 2021 es de 25%.

3.7.3 Cálculo del WACC

En resumen, una vez obtenido el valor de β_u, se calculó el beta apalancado β_l para cada período resolviendo en un total de 51 valores diferentes correspondientes a los años de vida del proyecto. Una vez obtenido el β_l, se calculó el Ke anual con el modelo CAPM. Paralelamente se calculó el costo de la deuda, afectando al Kd mediante el descuento del impuesto a las ganancias y la relación entre el financiamiento con capital propio y deuda externa.

Ya habiendo calculado el valor de todos los componentes de la WACC, se prosiguió por calcular su valor según la fórmula 3.4 para cada año del proyecto. A continuación, se puede ver el flujo del WACC para los primeros 10 años de proyecto.

WACC	Año 0-1 2021	Año 0-2 2022	Año 0-3 2023	Año 1 2024	Año 2 2025	Año 3 2026	Año 4 2027	Año 5 2028	Año 6 2029	Año 7 2030	Año 8 2031	Año 9 2032	Año 10 2033
Rf	1,68%	1,68%	1,68%	1,68%	1,68%	1,68%	1,68%	1,68%	1,68%	1,68%	1,68%	1,68%	1,68%
Rm	9,49%	9,49%	9,49%	9,49%	9,49%	9,49%	9,49%	9,49%	9,49%	9,49%	9,49%	9,49%	9,49%
Rm-Rf	7,82%	7,82%	7,82%	7,82%	7,82%	7,82%	7,82%	7,82%	7,82%	7,82%	7,82%	7,82%	7,82%
Bu	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02
Bl	1,02	1,02	1,02	1,73	1,82	1,91	1,97	2,01	2,01	1,99	1,97	1,93	1,90
Rp	28,61%	28,61%	28,61%	28,61%	28,61%	28,61%	28,61%	28,61%	28,61%	28,61%	28,61%	28,61%	28,61%
Ke	38,25%	38,25%	38,25%	43,80%	44,53%	45,17%	45,66%	45,96%	46,03%	45,85%	45,64%	45,39%	45,10%
Kd(1-a)	0,00%	0,00%	0,00%	5,25%	5,25%	5,25%	5,25%	5,25%	5,25%	5,25%	5,25%	5,25%	5,25%
D/(D+E)	0,00%	0,00%	0,00%	48,14%	51,24%	53,66%	55,35%	56,32%	56,53%	55,96%	55,27%	54,42%	53,40%
E/(D+E)	100,00%	100,00%	100,00%	51,86%	48,76%	46,34%	44,65%	43,68%	43,47%	44,04%	44,73%	45,58%	46,60%
WACC	38,25%	38,25%	38,25%	25,24%	24,40%	23,75%	23,29%	23,03%	22,97%	23,13%	23,32%	23,55%	23,82%

Tabla 3.41. Proyección del cálculo del WACC para los primeros 10 años del proyecto.

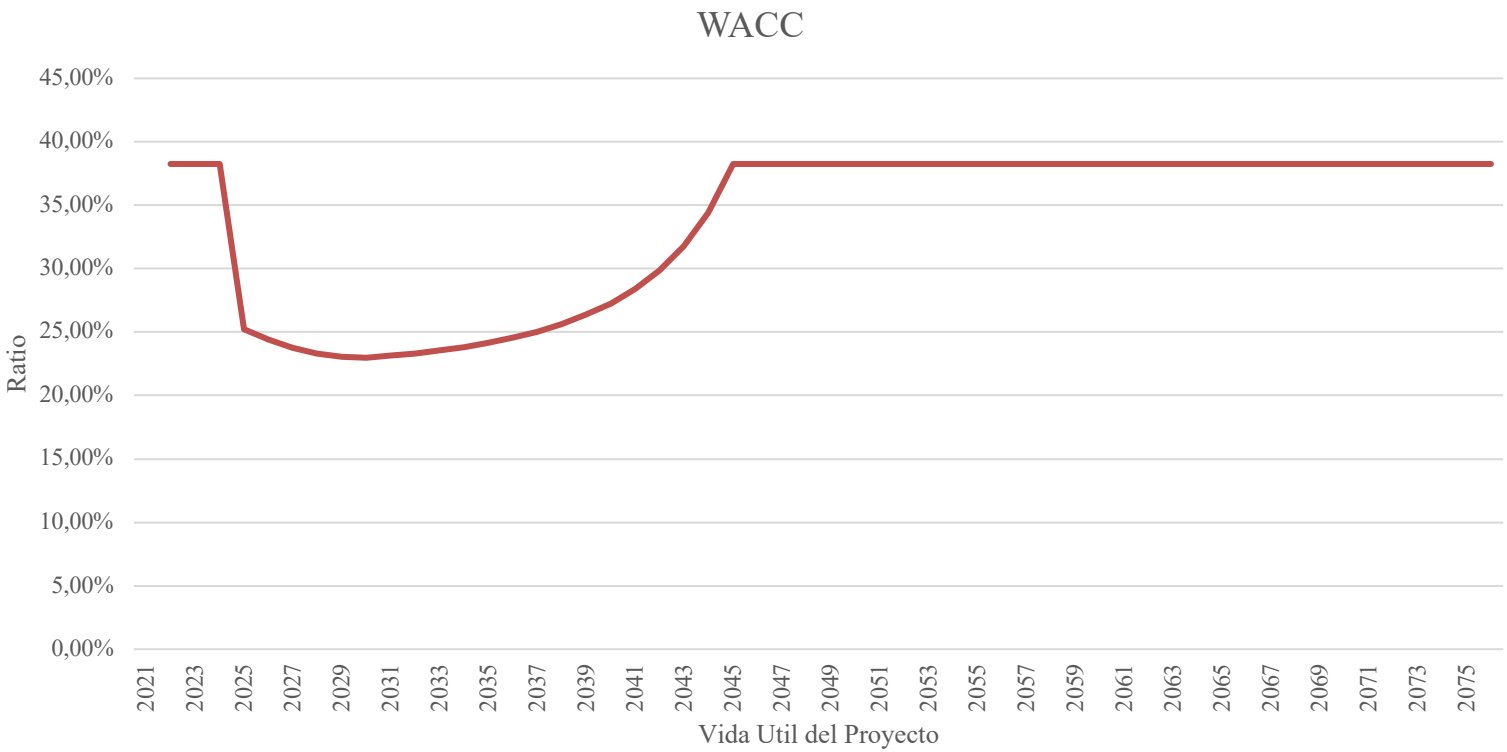


Gráfico 3.1. Proyección del WACC a lo largo de los 51 años del proyecto.

3.8 Aspectos Impositivos del Proyecto

Los aspectos impositivos del sistema tributario de Argentina se dividen en nacionales y provinciales. Se detallarán las tasas que involucran el proyecto en estas dos categorías.

3.8.1 Impuestos Nivel Nacional

3.8.1.1 Impuesto a las Ganancias (IG)

El impuesto a las ganancias, actualmente para empresas es del 30%. Es importante aclarar que, a partir del año 2021, la tasa de impuesto a las ganancias pasará a ser del 25% para empresas. Teniendo en cuenta que el proyecto inicia sus ventas en 2023, se tomó el valor actualizado del impuesto.

Debido a que el proyecto en sus primeros años de vida no generará ventas y tendrá únicamente costos, se debió trabajar con el concepto de quebranto. El quebranto surge cuando una empresa posee una utilidad antes de impuesto a las ganancias (EBT) negativa. Dicho importe se acumula año a año mientras el EBT siga siendo negativo. A partir de la generación de EBT positivo, el quebranto acumulado se va deduciendo, únicamente pagando IG cuando se haya consumido el monto de quebranto acumulado. Cabe destacar que el quebranto posee un plazo de 5 años para poder ser utilizado. Si no se emplea luego de 5 años, el monto se pierde.

3.8.1.2 Impuesto al Valor Agregado (IVA)

El impuesto al valor agregado (IVA) es un impuesto que está implícito en el precio de todos los bienes que se comercializan y que busca gravar el consumo doméstico. Se afecto por una tasa del 21% a todos los bienes que conformen el costo de lo vendido, a las inversiones realizadas con proveedores argentinas (construcciones), los posibles imprevistos que traiga dicha inversión y la capacitación de los operarios.

Por otro lado, se consideró un IVA del 10,5% sobre el costo de puesta en marcha de la maquinaria. Teniendo en cuenta que esta será importada del exterior, la adquisición de las mismas no lleva IVA, pero su puesta en marcha son costos generados en Argentina por lo que deben ser considerados. Los intereses del préstamo bancario pedido para financiar el proyecto también llevan IVA del 10,5%.

Finalmente, debido a que el producto terminado se comercializará al exterior, dichas ventas no poseerán IVA, resultando en un monto nulo de IVA recibido. Por consiguiente, durante la totalidad del proyecto se contará con IVA crédito, sin pagos al ente recaudador. Dicho crédito fiscal de IVA se acumulará durante los primeros 3 años del proyecto, pudiendo ser recuperado en su totalidad el año en el que comienzan las ventas como beneficio fiscal para proyectos de minería. Luego, en los años sucesivos, el crédito fiscal será recuperado en su totalidad el mismo año en el que se paga dicho IVA en las compras realizadas por el proyecto. El monto a pagar de IVA fue considerado dentro del estado de resultados, para obtener la utilidad neta de todos los años.

3.8.1.3 Retenciones a las Exportaciones

El Estado Nacional grava las exportaciones de metales no ferrosos, como el cobre, con una tasa de retenciones del 8% sobre el precio FOB al que se comercializará el bien. Dichas retenciones fueron consideradas dentro del cuadro de resultados como un gasto más, al igual que el impuesto a las ganancias.

3.8.2 Impuestos Nivel Provincial

Todas las provincias argentinas poseen un régimen tributario propio en lo que respecta a los ingresos brutos (IIBB). En el caso de la Provincia de San Juan, la alícuota de IIBB asciende al 1% para proyectos mineros que se desarrollen en el territorio. El monto a pagar por IIBB se calcula como un 1% sobre el valor de las ventas. Dicho impuesto se agregó, también, al estado de resultados como un costo de comercialización para poder calcular la utilidad neta.

3.9 Cierre de Proyecto

El cierre de mina es un estudio exigido por la Ley Argentina, ya que sin esas previsiones no se aprueba el informe de prefactibilidad.

Para ello, se tuvo en cuenta la eliminación de los diques de colas y las escombreras y el cierre del pit a cielo abierto. En función de la información relevada de otros proyectos de similar envergadura, se resolvió tomar un 60% del valor de los costos en la mina durante los 3 años de inversión como costo de cierre. Para ello, la suma de cada año fue ajustada con la inflación acumulada al año de cierre del proyecto. Los costos que se tuvieron en cuenta fueron la mano de obra, los gastos totales de fabricación, los administrativos y otros gastos necesarios para la puesta en marcha de la mina.

Además, se incluyó el costo de cierre de caminos y accesos. Para ello, se tuvo en cuenta el 65% del costo de construcción de los caminos, ajustado al año correspondiente. Se asumió un costo por indemnizaciones en función de los años trabajados de los operarios, tomando un costo de un sueldo por cada año trabajado. El valor del sueldo tomado es el del último año trabajado. El costo del desmantelamiento de la mina y la planta se tomó en relación a un proyecto de similar envergadura.

Por otro lado, el gasto en rehabilitación ambiental se hizo en función de un porcentaje de la inversión total a lo largo de los años. Para ello, se actualizó todo el capital invertido a lo largo del proyecto al último año, y de allí se tomó un valor del 15% sobre ese monto. Dentro de los efectos ambientales y sociales, se tuvieron en cuenta inversiones en la comunidad de San Juan, en particular en Calingasta.

También se incluyó como costo de cierre la pérdida por no poder liquidar ciertos activos, como los almacenes, las construcciones, la inversión en caminos y los canales acuíferos. Dicho costo es considerado costo hundido.

Como ingreso del cierre de mina, se tuvo en cuenta la liquidación de los activos que quedaron pendientes, como el capital de trabajo y la maquinaria. La venta de la maquinaria se tomó al valor residual más las amortizaciones que quedaron pendientes debido al cierre de proyecto.

Porcentaje de remoción	60%
Porcentaje de rehabilitación	15%
Porcentaje de cierre de caminos	65%
Porcentaje otros imprevistos	50%

Tabla 3.42. Desglose de los diferentes costos de cierre con sus respectivos porcentajes.

3.10 Cuadro de Resultados

Una vez que se tuvieron en cuenta todos los costos e inversiones con sus respectivas amortizaciones, se elaboró el cuadro de resultados utilizando los pronósticos de ventas y precio realizado en el *capítulo I. Entrega de Mercado.*

El cuadro de resultados se construye a partir de las ventas del período. A dicho valor de ventas se le deducen todos los costos antes mencionados, para obtener la utilidad antes de impuestos, intereses, depreciaciones y amortizaciones (EBITDA). Luego, se deducen las amortizaciones, obteniendo la utilidad antes de impuestos e intereses (EBIT). Al EBIT se le restan los intereses de las deudas tomadas y su respectivo ajuste por tipo de cambio, obteniendo así el valor del utilidad antes de impuestos (EBT). Finalmente, se deduce el IG, en caso de no tener quebranto acumulado, y se obtiene así el valor de la utilidad neta. A continuación, se puede ver representado el cálculo del estado de resultados en miles de ARS de los primeros 3 años de inversión y los siguientes 10 años en los cuales se comienza a vender lo producido.

Cuadro de Resultados		Año 0-1	Año 0-2	Año 0-3	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Venta de Cátodos de Cobre	(miles de ARS)	0	0	0	14.903.083	160.364.453	293.896.936	333.472.657	368.574.413	396.622.430	415.281.171	434.800.708	455.229.350	476.613.669
Total MP	(miles de ARS)	0	0	0	(1.545.122)	(15.068.942)	(26.487.052)	(29.762.744)	(33.055.455)	(35.518.814)	(37.235.801)	(38.995.298)	(40.815.586)	(42.755.359)
Total MOD	(miles de ARS)	0	(1.408.043)	(1.798.331)	(8.950.767)	(10.901.905)	(12.955.675)	(15.012.866)	(16.952.341)	(18.640.592)	(19.945.222)	(21.341.167)	(22.189.466)	(23.742.487)
Total GGFV	(miles de ARS)	0	0	0	(1.006.351)	(6.555.455)	(12.467.723)	(15.624.254)	(17.409.984)	(18.894.297)	(19.954.708)	(21.077.164)	(21.605.096)	(22.822.857)
Total GGFF	(miles de ARS)	(835.635)	(1.236.465)	(1.605.410)	(4.724.152)	(9.461.939)	(13.893.673)	(16.129.094)	(18.037.024)	(19.592.434)	(20.738.280)	(21.945.463)	(23.005.073)	(24.347.759)
Gastos Administrativos	(miles de ARS)	(126.510)	(165.431)	(211.289)	(263.604)	(321.069)	(381.559)	(442.150)	(499.276)	(549.004)	(587.434)	(628.555)	(672.554)	(719.632)
Gastos Comerciales	(miles de ARS)	0	0	0	(155.570)	(1.611.438)	(2.948.032)	(3.345.002)	(3.697.098)	(3.978.440)	(4.165.601)	(4.361.397)	(4.566.312)	(4.780.814)
Otros Gastos	(miles de ARS)	(298.960)	(743.234)	(1.247.462)	(3.162.985)	(9.220.468)	(14.841.245)	(16.986.219)	(18.879.212)	(20.418.602)	(21.496.060)	(22.629.401)	(23.743.332)	(24.998.753)
EBITDA	**(miles de ARS)**	**(1.261.105)**	**(1.636.927)**	**(4.862.491)**	**(1.536.870)**	**107.223.238**	**209.921.978**	**236.170.329**	**260.044.024**	**279.030.246**	**291.158.064**	**305.407.446**	**326.866.772**	**332.446.007**
Amortizaciones	(miles de ARS)	0	(2.041.815)	(2.041.815)	(4.504.652)	(4.504.652)	(4.504.652)	(3.999.561)	(3.999.561)	(2.966.140)	(2.966.140)	(2.966.140)	(11.410.782)	(11.410.782)
EBIT	**(miles de ARS)**	**(1.261.105)**	**(3.678.742)**	**(6.904.306)**	**(6.041.522)**	**102.718.586**	**205.417.326**	**232.170.768**	**256.044.463**	**276.064.106**	**288.191.924**	**302.441.306**	**315.455.991**	**321.035.226**
Gastos Financieros	(miles de ARS)	0	(7.364.523)	(5.047.268)	(13.842.071)	(18.334.982)	(13.663.661)	(11.793.816)	(8.214.933)	(7.089.957)	(5.686.169)	(5.556.348)	(12.815.291)	(10.747.206)
Retenciones a las Ventas	(miles de ARS)	0	0	0	(1.192.247)	(12.829.156)	(23.511.755)	(26.677.813)	(29.485.953)	(31.729.794)	(33.222.494)	(34.784.057)	(36.418.348)	(38.129.094)
EBT	**(miles de ARS)**	**(1.261.105)**	**(11.043.265)**	**(11.951.574)**	**(21.075.840)**	**71.554.447**	**168.241.910**	**193.699.139**	**218.343.576**	**237.244.354**	**249.283.261**	**262.100.901**	**266.222.352**	**272.158.926**
Impuesto a las Ganancias	(miles de ARS)	0	0	0	0	(6.555.666)	(42.060.477)	(48.424.785)	(54.585.894)	(59.311.089)	(62.320.815)	(65.525.225)	(66.555.588)	(68.039.731)
Utilidad Neta	**(miles de ARS)**	**(1.261.105)**	**(11.043.265)**	**(11.951.574)**	**(21.075.840)**	**64.998.781**	**126.181.432**	**145.274.355**	**163.757.682**	**177.933.266**	**186.962.446**	**196.575.676**	**199.666.764**	**204.119.194**

Tabla 3.43. Cuadro de resultados en miles de pesos de los primeros 10 años de proyecto.

3.11 Punto de Equilibrio

El punto de equilibrio hace referencia a la cantidad de unidades que se deben vender para poder cubrir los costos, tanto fijos como variables. Produciendo esa cantidad de Kton de cátodos de cobre el proyecto debería tener ingresos y perdidas nulas. Se calcula según la siguiente formula:

$$P.E. = \frac{Costos\ Fijos}{Precio\ Unitario - Costo\ Variable\ Unitario} \quad (3.8)$$

En el caso de El Pachón, como las toneladas a vender fueron calculadas con anterioridad, se aprovechará el cálculo del punto de equilibrio para verificar que la cantidad de Kton proyectada a vender de cátodos de cobre alcanza para cubrir los costos fijos y variables del proyecto. Este análisis permitió concluir que el pronóstico de producción alcanza el punto de equilibrio cubriendo todos los costos involucrados en el proyecto.

Estas condiciones se cumplen para toda la vida útil del proyecto excepto el primer año de ventas. Debido a que el planeamiento de las ventas fue realizado de forma gradual, durante el primer año de producción se vende una cantidad menor que el punto de equilibrio, entendiendo que los costos fijos impactan en mayor medida en la estructura económica del proyecto. Por lo tanto, salvo por este año en el que con sentido no se cubren los gastos, se espera que para la continuación del proyecto la cantidad de producto vendido supere el punto de equilibrio.

Punto de Equilibrio	Unidad	Año 0-1 2020	Año 0-2 2021	Año 0-3 2022	Año 1 2023	Año 2 2024	Año 3 2025	Año 4 2026	Año 5 2027	Año 6 2028	Año 7 2029	Año 8 2030	Año 9 2031	Año 10 2032
Costos														
MP	(miles de ARS)	0	0	0	(1.545.122)	(15.068.942)	(26.487.052)	(29.762.744)	(33.055.455)	(35.518.814)	(37.235.801)	(38.995.298)	(40.815.586)	(42.755.359)
MOD	(miles de ARS)	0	(1.408.043)	(1.798.331)	(8.950.767)	(10.901.905)	(12.955.675)	(15.012.866)	(16.952.341)	(18.640.592)	(19.945.222)	(21.341.167)	(22.189.466)	(23.742.487)
Fabricación Variables	(miles de ARS)	0	0	0	(1.006.351)	(6.555.455)	(12.467.723)	(15.624.254)	(17.409.984)	(18.894.297)	(19.954.708)	(21.077.164)	(21.605.096)	(22.822.857)
Fabricación Fijos	(miles de ARS)	(835.635)	(1.236.465)	(1.605.410)	(4.724.152)	(9.461.939)	(13.893.673)	(16.129.094)	(18.037.024)	(19.592.434)	(20.738.280)	(21.945.463)	(23.005.073)	(24.347.759)
Administración	(miles de ARS)	(126.510)	(165.431)	(211.289)	(263.604)	(321.069)	(381.559)	(442.150)	(499.276)	(549.004)	(587.434)	(628.555)	(672.554)	(719.632)
Comercialización Variables	(miles de ARS)	0	0	0	(149.031)	(1.603.645)	(2.938.969)	(3.334.727)	(3.685.744)	(3.966.224)	(4.152.812)	(4.348.007)	(4.552.293)	(4.766.137)
Comercialización Fijos	(miles de ARS)	0	0	0	(6.540)	(7.794)	(9.063)	(10.276)	(11.354)	(12.216)	(12.789)	(13.390)	(14.019)	(14.677)
Otros	(miles de ARS)	(298.960)	(743.234)	(1.247.462)	(2.715.892)	(4.409.534)	(6.024.337)	(6.982.039)	(7.821.980)	(8.519.929)	(9.037.625)	(9.585.379)	(10.086.451)	(10.700.343)
Fijos	(miles de ARS)	(962.144)	(2.809.939)	(3.615.029)	(13.945.062)	(20.692.707)	(27.239.969)	(31.594.386)	(35.499.995)	(38.794.246)	(41.283.726)	(43.928.574)	(45.881.112)	(48.824.556)
Variables	ARS/Kton	0	0	0	(180.034)	(172.060)	(197.194)	(229.333)	(254.890)	(274.792)	(288.743)	(303.227)	(315.242)	(331.111)
Punto de Equilibrio	Kton	0	0	0	17	20	23	24	24	24	25	25	25	26

Verificación Punto de Equilibrio														
Cantidad vendida por el proyecto	Kton	0	0	0	15	135	212	212	212	212	212	212	212	212
Punto de equilibrio	Kton	0	0	0	17	20	23	24	24	24	25	25	25	26
Verificación		Si	Si	Si	No	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si

Tabla 3.44. Evolución del punto de equilibrio en miles de pesos en los primeros 10 años del proyecto.

3.12 Balance

El segundo estado contable a analizar es el balance, el cual muestra la situación económica cada año correspondiente al cierre del ejercicio. El balance está compuesto por el activo, corriente y no corriente; pasivo, corriente y no corriente y el patrimonio neto. Para que el balance sea correcto, la suma del pasivo y patrimonio neto debe ser igual al activo. La siguiente tabla muestra el balance de los 10 primeros años del proyecto en miles de ARS.

Balance		Año 0-1	Año 0-2	Año 0-3	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
ACTIVO														
Disponibilidades	(miles de ARS)	0	0	0	745.154	32.109.088	132.217.426	262.182.510	423.580.353	598.148.906	782.227.113	977.061.708	1.138.368.670	1.321.328.529
Créditos por Ventas	(miles de ARS)	0	0	0	2.449.822	26.361.280	48.311.825	54.817.423	60.587.575	65.198.208	68.265.398	71.474.089	74.832.222	78.347.452
Bienes de Cambio	(miles de ARS)	0	0	0	5.157.436	9.165.574	14.408.536	19.066.494	21.724.963	24.054.732	25.899.488	27.842.553	38.439.920	41.722.074
Créditos Fiscales IVA	(miles de ARS)	1.401.626	2.827.669	6.022.430	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Intereses a Devengar	(miles de ARS)	1.910.143	1.654.570	4.520.623	3.539.640	1.960.333	1.139.755	0	0	0	0	8.213.474	6.016.636	3.598.284
Activo Corriente	(miles de ARS)	3.311.769	4.482.238	10.543.053	11.892.052	69.596.275	196.077.542	336.066.427	505.892.891	687.401.846	876.391.999	1.084.591.824	1.257.657.448	1.444.996.339
Bienes de Uso	(miles de ARS)	19.158.500	17.621.776	49.771.022	46.804.882	43.838.741	40.872.601	37.906.461	34.940.320	31.974.180	29.008.040	106.759.643	97.812.904	88.866.164
Cargos Diferidos	(miles de ARS)	4.441.701	2.020.364	10.050.973	5.143.864	3.605.353	2.066.841	1.033.421	0	0	0	20.555.052	9.856.169	7.392.127
Activo No Corriente	(miles de ARS)	23.600.201	19.642.140	59.821.995	51.948.746	47.444.094	42.939.442	38.939.881	34.940.320	31.974.180	29.008.040	127.314.695	107.669.072	96.258.291
Activo Total	(miles de ARS)	26.911.970	24.124.379	70.365.048	63.840.798	117.040.369	239.016.984	375.006.308	540.833.211	719.376.026	905.400.039	1.211.906.519	1.365.326.520	1.541.254.630
PASIVO														
Deudas Comerciales	(miles de ARS)	0	0	0	126.996	1.238.543	2.177.018	2.446.253	2.716.887	2.919.355	3.060.477	3.205.093	3.354.706	3.514.139
Deudas Financieras C.P. (Renovable)	(miles de ARS)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gastos a pagar	(miles de ARS)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pasivo Corriente	(miles de ARS)	0	0	0	126.996	1.238.543	2.177.018	2.446.253	2.716.887	2.919.355	3.060.477	3.205.093	3.354.706	3.514.139
Deuda Financiera L.P. (No renovable)	(miles de ARS)	0	0	0	33.751.105	38.212.723	42.095.788	45.078.831	46.877.418	47.284.499	46.204.944	44.919.680	43.411.763	41.663.116
Deudas Compra BU L.P (No renovable)	(miles de ARS)	25.510.344	18.200.267	58.262.553	38.936.042	21.563.666	12.537.309	0	0	0	0	111.071.453	66.182.993	39.581.123
Pasivo No Corriente	(miles de ARS)	25.510.344	18.200.267	58.262.553	72.687.146	59.776.389	54.633.097	45.078.831	46.877.418	47.284.499	46.204.944	155.991.132	109.594.756	81.244.239
Pasivo Total	(miles de ARS)	25.510.344	18.200.267	58.262.553	72.814.143	61.014.932	56.810.115	47.525.084	49.594.304	50.203.854	49.265.421	159.196.225	112.949.462	84.758.378
PATRIMONIO NETO														
Capital	(miles de ARS)	2.662.730	18.228.481	36.358.439	36.358.439	36.358.439	36.358.439	36.358.439	36.358.439	36.358.439	36.358.439	36.358.439	36.358.439	36.358.439
Resultados del Ejercicio	(miles de ARS)	(1.261.105)	(11.043.265)	(11.951.574)	(21.075.840)	64.998.781	126.181.432	145.274.355	163.757.682	177.933.266	186.962.446	196.575.676	199.666.764	204.119.194
Resultados del Ejercicio Anterior	(miles de ARS)	0	(1.261.105)	(12.304.369)	(24.255.943)	(45.331.783)	19.666.998	145.848.431	291.122.785	454.880.467	632.813.733	819.776.179	1.016.351.855	1.216.018.619
Patrimonio Neto	(miles de ARS)	1.401.626	5.924.112	12.102.495	(8.973.344)	56.025.437	182.206.869	327.481.224	491.238.906	669.172.172	856.134.618	1.052.710.294	1.252.377.058	1.456.496.252
Pasivo + Patrimonio Neto	(miles de ARS)	26.911.970	24.124.379	70.365.048	63.840.798	117.040.369	239.016.984	375.006.308	540.833.211	719.376.026	905.400.039	1.211.906.519	1.365.326.520	1.541.254.630
Chequeo A - (P+PN) = 0		**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**

Tabla 3.45. Balance en miles de pesos de los primeros 10 años de proyecto.

3.12.1 Activo

3.12.1.1 Activo Corriente

El activo corriente a diferencia del no corriente es aquel que se puede liquidar, es decir transformar en dinero en menos de doce meses. El activo corriente del proyecto está compuesto por:

- Disponibilidades.
- Créditos por Ventas.
- Bienes de Cambio: stocks de MP y PP.
- Créditos Fiscales IVA.
- Intereses a Devengar.

El valor correspondiente a las disponibilidades proviene del estado de fuentes y usos, el cual será desarrollado en una sección posterior. Los créditos por ventas fueron calculados tomando una postura de cobro de un plazo de 60 días.

Los bienes de cambio en el caso del proyecto consisten únicamente en materia prima y producto semielaborado, ya que el proyecto no considera stock de seguridad del producto terminado. Por lo tanto, al cabo de un año no se reservan unidades en el almacén. El costo del stock de la materia prima está considerado como la regalía de la explotación de la tierra, y el del producto semielaborado corresponde al semielaborado que se encuentra en proceso antes del chancador, que se utilizará a futuro para suplir a la planta con lo necesario para cumplir con el cronograma de ventas. La política de venta de producto terminado es FIFO.

El crédito fiscal es el saldo a pagar del IVA que nace del impuesto al valor agregado de los bienes comprados y el recupero del crédito por las ventas del producto terminado. Por último, los intereses a devengar son aquellos que surgen de pedir un préstamo al banco para financiar el proyecto.

3.12.1.2 Activo No Corriente

A diferencia del activo corriente, los activos no corrientes son aquellos activos duraderos y poco líquidos, que sirven a la estructura económica del proyecto. En El Pachón el activo no corriente está compuesto por:

- Bienes de uso
- Cargos diferidos

Los bienes de usos son todas las máquinas, y construcciones mencionadas en el inciso *3.3.1 Inversión en Activos Fijos*, los cuales se van amortizando según lo detallado en el inciso *3.3.3 Amortizaciones.*

Tal como se mencionó en el inciso *3.3.1.3 Cargos Diferidos* estos incluyen la puesta en marcha, la capacitación de los operarios, el estudio ambiental e imprevistos en el proceso de compra de los bienes de uso.

3.12.2 Pasivo

3.12.2.1 Pasivo Corriente

El pasivo corriente muestra las obligaciones a corto plazo, es decir, obligaciones que se deben cancelar en un plazo menor a un año. En este proyecto el pasivo corriente está compuesto por las deudas comerciales que se tienen frente a los proveedores de materia prima. La política de pago a proveedores es de 30 días para todas las materias primas involucradas en el proceso.

3.12.2.2 Pasivo No Corriente

El pasivo no corriente considera las obligaciones a largo plazo, es decir aquellas que tienen vencimiento mayor a un año. Este proyecto, se financia con dos deudas diferentes. En primer lugar, se recurrió a un préstamo bancario a 20 años para hacer frente a las primeras inversiones y gastos del proyecto. Luego, se definió una deuda a largo plazo con los proveedores de bienes de uso a modo de realizar el pago de los mismos en 4 años consecutivos a la compra del activo fijo. El cronograma de pagos a proveedores fue detallado en la sección *3.3.1.4 Cronograma de Pagos de Activos Fijos*.

3.12.3 Patrimonio Neto

Finalmente, el patrimonio neto simboliza el valor de la empresa una vez saldadas las deudas. Éste se encuentra compuesto por el capital propio que se utiliza como financiamiento, el resultado del ejercicio y el resultado acumulado de los ejercicios anteriores.

3.13 Estado de Fuentes y Usos

En el estado de fuentes y usos se ve reflejada la comparación del balance general en dos períodos, de esta forma se puede entender cómo la empresa obtuvo los recursos y qué destino tuvieron. Con el desarrollo de este estado contable auxiliar, se puede determinar de dónde provienen los fondos y en qué se aplicaron, resultando de la diferencia entre las fuentes y los usos, la caja disponible tras haber sumado las amortizaciones (las cuales no representan un egreso percibido). Luego de haber calculado las disponibilidades mediante el estado de fuentes y usos, dicho valor es incorporado al balance para el año que corresponda.

3.13.1 Fuentes

Dentro de la categoría de fuentes se ubican todas aquellas categorías que generan una fuente de recursos, es decir de dónde sale dinero, para luego ser aplicado en los usos. A continuación, se observan las categorías consideradas en este proyecto desarrolladas en los primeros 10 años de inversión en miles de ARS.

Flujos Operativos	Unidad	Año 0-1 2021	Año 0-2 2022	Año 0-3 2023	Año 1 2024	Año 2 2025	Año 3 2026	Año 4 2027	Año 5 2028	Año 6 2029	Año 7 2030	Año 8 2031	Año 9 2032	Año 10 2033
Deuda al proveedor sin los intereses	(miles de ARS)	23.600.201	0	42.221.669	0	0	0	0	0	0	0	102.857.979	0	0
Saldo acumulado al ejercicio anterior	(miles de ARS)	0	0	0	0	0	24.090.865	117.522.579	245.508.877	405.151.632	578.317.784	761.463.055	955.321.672	1.115.607.203
Aportes de Capital	(miles de ARS)	2.662.730	15.565.751	18.129.958	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ventas	(miles de ARS)	0	1.916.246	0	18.271.680	160.364.453	293.896.936	333.472.657	368.574.413	396.622.430	415.281.171	436.385.890	463.464.191	476.613.669
Créditos no renovables	(miles de ARS)		0	0	33.751.105	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Créditos proveedores MP	(miles de ARS)	0	0	0	126.996	1.111.547	938.475	269.235	270.634	202.468	141.122	144.616	149.613	159.433
Flujo del IVA	(miles de ARS)	(1.401.626)	(1.426.043)	(3.194.762)	6.022.430	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Recupero de AF	(miles de ARS)	0	1.916.246	0	3.368.597	0	0	0	0	0	0	1.585.183	8.234.841	0
Recupero AT	(miles de ARS)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total Fuentes		**24.861.306**	**17.972.199**	**57.156.865**	**61.540.809**	**161.476.000**	**318.926.275**	**451.264.472**	**614.353.924**	**801.976.530**	**993.740.078**	**1.302.436.723**	**1.427.170.317**	**1.592.380.306**

Tabla 3.46. Evolución de las fuentes de flujos operativos en miles de pesos en los primeros 10 años del proyecto.

En primer lugar, se considera una fuente el saldo acumulado del ejercicio anterior. Este valor se obtiene calculando la diferencia entre las fuentes y los usos del periodo anterior.

La deuda al proveedor proviene del flujo de deuda que se les paga a los proveedores de maquinaria y servicios, tales como construcción de accesos, almacenes, fábrica y energía. Como a lo largo del proyecto se realizan diferentes inversiones y por montos distintos, esta fuente de disponibilidades se ve repetida a lo largo de los años en ciertos períodos puntuales siguiendo la línea de la vida útil de los mismos. Dentro de los sistemas de financiamiento, el aporte de capital que se realiza los primeros 3 años del proyecto para cubrir el bache de caja también es considerado una fuente del proyecto. Por último, la deuda bancaria definida como créditos no renovables tomada para cubrir el bache de caja el año siguiente (cuarto año del proyecto), también figura como una fuente en este análisis.

Las últimas cuatro categorías consideradas como fuentes son las ventas del producto terminado, los créditos con proveedores de materia prima, el flujo del IVA que responde al pago de este impuesto por las transacciones de bienes, y el recupero de activo fijo y de trabajo.

3.13.2 Usos

Los usos simbolizan la aplicación o destino de los fondos de las fuentes. A continuación, se pueden ver las categorías contempladas con sus respectivos flujos por los primeros 10 años del proyecto. Como ya fue explicado anteriormente para otras tablas, este mismo análisis se repite para toda la vida del proyecto.

Flujos Operativos	Unidad	Año 0-1 2021	Año 0-2 2022	Año 0-3 2023	Año 1 2024	Año 2 2025	Año 3 2026	Año 4 2027	Año 5 2028	Año 6 2029	Año 7 2030	Año 8 2031	Año 9 2032	Año 10 2033
Inversión Activo Fijo	(miles de ARS)	23.600.201	0	42.221.669	0	0	0	0	0	0	0	102.857.979	0	0
Variación Activo de Trabajo	(miles de ARS)	0	0	0	8.352.412	35.192.665	33.870.131	13.142.342	10.183.709	8.342.803	5.844.883	6.127.733	14.976.931	7.866.601
Costo total de lo vendido (incluye el costo de cierre)	(miles de ARS)	1.261.105	5.594.988	6.904.306	24.313.203	57.645.868	88.479.610	101.301.890	112.529.950	120.558.324	127.089.247	133.944.584	148.008.201	155.578.444
IG / Impuesto Activos después fin	(miles de ARS)	0	0	0	0	6.555.666	42.060.477	48.424.785	54.585.894	59.311.089	62.320.815	65.525.225	66.555.588	68.039.731
Intereses	(miles de ARS)	0	787.872	915.700	1.978.882	2.258.142	1.139.755	1.292.318	0	0	0	0	2.582.598	2.700.934
Cancelación deudas proveedores del exterior	(miles de ARS)	0	13.631.155	9.157.004	30.208.718	22.581.420	11.397.554	12.923.176	0	0	0	0	47.522.524	27.009.336
Cancelación deudas renovables	(miles de ARS)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Intereses Deudas No Renovables	(miles de ARS)	0	0	0	0	2.815.674	3.110.411	3.341.137	3.486.508	3.530.576	3.465.371	3.386.253	3.292.059	3.181.547
Cancelación de deudas no renovables	(miles de ARS)	0	0	0	0	2.011.196	2.338.655	2.651.696	2.929.839	3.152.300	3.300.353	3.455.360	3.617.647	3.787.556
Cancelación deudas proveedores	(miles de ARS)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Retenciones	(miles de ARS)	0	0	0	1.192.247	12.829.156	23.511.755	26.677.813	29.485.953	31.729.794	33.222.494	34.784.057	36.418.348	38.129.094
Total Usos		**24.861.306**	**20.014.014**	**59.198.680**	**66.045.461**	**141.889.787**	**205.908.348**	**209.755.155**	**213.201.852**	**226.624.886**	**235.243.163**	**350.081.191**	**322.973.896**	**306.293.242**

Tabla 3.46. Evolución de los usos de los flujos operativos en miles de pesos en los primeros 10 años del proyecto.

Las categorías consideradas son por un lado la inversión en activo fijo, la cual muestra cómo se aplican los fondos a la compra de bienes de uso. Luego, también, se ubica la variación de activo de trabajo que simboliza cuánto dinero se invierte en capital de trabajo respecto al año anterior. Figura también el costo de lo vendido, que considera costos de producción, administración, comercialización y otros según explicado en *3.5.3 Costo total de lo vendido*. Se incluye impuesto a las ganancias luego del financiamiento que, en el caso de este proyecto, comienza recién a pagarse en el 2023 que es cuando comienzan las ventas. También figuran los intereses de la deuda a proveedores y los de la deuda bancaria, así como lo que se paga en forma de retenciones a la exportación. Finalmente, la cancelación de las dos deudas mencionadas a proveedores por la financiación de la compra de los bienes de uso y ciertos servicios en los cuales se genera una inversión, y la deuda financiera bancaria.

3.14 Flujo de Fondos

Una vez que se computaron el resto de los estados contables, es decir el cuadro de resultados, el estado de fuentes y usos y el balance, se realizó el flujo de fondos correspondiente a cada año para finalmente calcular el valor actual neto del proyecto utilizando la tasa del WACC, calculada en incisos anteriores. En este estado, se ve representada la entrada y salida real de dinero cada año, es decir los movimientos de caja.

3.14.1 FCFF

Inicialmente, se creó el flujo de caja libre (FCFF), el cual muestra la cantidad de dinero que la empresa puede generar para cubrir con todas las obligaciones que se le presentan. Este flujo no incluye la financiación, sino que será considerada para calcular el FCFE. En vez, está compuesto por los ingresos, egresos y movimientos de caja relacionados al IVA, impuesto a las ganancias antes del financiamiento, la diferencia de capital de trabajo y el recupero tanto de capital de trabajo como de activo fijo. A continuación, se despliega el flujo de fondos (en miles) para los primeros 10 años del proyecto.

Flujo de Fondos	Unidad	Año 0-1 2021	Año 0-2 2022	Año 0-3 2023	Año 1 2024	Año 2 2025	Año 3 2026	Año 4 2027	Año 5 2028	Año 6 2029	Año 7 2030	Año 8 2031	Año 9 2032	Año 10 2033
Ingresos														
Cátodos de Cobre	(miles de ARS)	0	0	0	14.903.083	160.364.453	293.896.936	333.472.657	368.574.413	396.622.430	415.281.171	434.800.708	455.229.350	476.613.669
Beneficio por venta BU	(miles de ARS)	0	1.916.246	0	3.368.597	0	0	0	0	0	0	1.585.183	8.234.841	0
Egresos														
MP	(miles de ARS)	0	0	0	(1.545.122)	(15.068.942)	(26.487.052)	(29.762.744)	(33.055.455)	(35.518.814)	(37.235.801)	(38.995.298)	(40.815.586)	(42.755.359)
MOD	(miles de ARS)	0	(1.408.043)	(1.798.331)	(8.950.767)	(10.901.905)	(12.955.675)	(15.012.866)	(16.952.341)	(18.640.592)	(19.945.222)	(21.341.167)	(22.189.466)	(23.742.487)
GGF Fijos	(miles de ARS)	(835.635)	(1.236.465)	(1.605.410)	(4.724.152)	(9.461.939)	(13.893.673)	(16.129.094)	(18.037.024)	(19.592.434)	(20.738.280)	(21.945.463)	(23.005.073)	(24.347.759)
GGF Variables	(miles de ARS)	0	0	0	(1.006.351)	(6.555.455)	(12.467.723)	(15.624.254)	(17.409.984)	(18.894.297)	(19.954.708)	(21.077.164)	(21.605.096)	(22.822.857)
Gastos Administrativos (Incluye cierre de mina)	(miles de ARS)	(126.510)	(165.431)	(211.289)	(263.604)	(321.069)	(381.559)	(442.150)	(499.276)	(549.004)	(587.434)	(628.555)	(672.554)	(719.632)
Gastos Comerciales	(miles de ARS)	0	0	0	(6.540)	(7.794)	(9.063)	(10.276)	(11.354)	(12.216)	(12.789)	(13.390)	(14.019)	(14.677)
Otros Gastos	(miles de ARS)	(298.960)	(743.234)	(1.247.462)	(3.162.985)	(9.220.468)	(14.841.245)	(16.986.219)	(18.879.212)	(20.418.602)	(21.496.060)	(22.629.401)	(23.743.332)	(24.998.753)
IIBB	(miles de ARS)	0	0	0	(149.031)	(1.603.645)	(2.938.969)	(3.334.727)	(3.685.744)	(3.966.224)	(4.152.812)	(4.348.007)	(4.552.293)	(4.766.137)
EBITDA (miles pesos)	**(miles de ARS)**	**(1.261.105)**	**(1.636.927)**	**(4.862.491)**	**(1.536.870)**	**107.223.238**	**209.921.978**	**236.170.329**	**260.044.024**	**279.030.246**	**291.158.064**	**305.407.446**	**326.866.772**	**332.446.007**
Inversión Activo Fijo	(miles de ARS)	(23.600.201)	0	(42.221.669)	0	0	0	0	0	0	0	(102.857.979)	0	0
IG / Impuestos Activos antes fin	(miles de ARS)	0	0	0	0	(21.208.228)	(51.354.331)	(58.042.692)	(64.011.116)	(69.016.026)	(72.047.981)	(75.610.327)	(78.863.998)	(80.258.806)
Delta Capital de Trabajo	(miles de ARS)	0	0	0	(8.225.416)	(34.081.118)	(32.931.656)	(12.873.107)	(9.913.075)	(8.140.335)	(5.703.761)	(5.983.117)	(14.827.319)	(7.707.167)
Recupero de CT + AF	(miles de ARS)	0	1.916.246	0	3.368.597	0	0	0	0	0	0	1.585.183	8.234.841	0
Flujo de IVA	(miles de ARS)	(1.401.626)	(1.426.043)	(3.194.762)	6.022.430	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Retenciones	(miles de ARS)	0	0	0	(1.192.247)	(12.829.156)	(23.511.755)	(26.677.813)	(29.485.953)	(31.729.794)	(33.222.494)	(34.784.057)	(36.418.348)	(38.129.094)
FCFF	**(miles de ARS)** **(miles de USD)**	**(26.262.931)** **(306.313)**	**(1.146.725)** **(10.460)**	**(50.278.923)** **(366.980)**	**(1.563.505)** **(9.348)**	**39.104.736** **196.185**	**102.124.236** **440.608**	**138.576.717** **527.298**	**156.633.880** **539.426**	**170.144.090** **544.602**	**180.183.829** **550.865**	**87.757.150** **256.259**	**204.991.949** **571.742**	**206.350.940** **549.714**

Tabla 3.47. FCFF en miles de pesos en los primeros 10 años del proyecto.

Los estados contables fueron realizados en pesos argentinos, es decir todos los costos en dólares fueron pasados a pesos con el tipo de cambio correspondiente al año en el cual suceden. En este caso, el FCFF fue realizado también en dólares para poder observar con mayor claridad el comportamiento de los fondos sin estar afectados por la depreciación de la moneda argentina y así poder calcular el VAN del proyecto.

Se puede ver como los primeros tres años hay una gran inversión que genera un flujo de fondos negativo. Luego, cuando se comienza a vender, se invierte rápidamente este flujo negativo llegando a recuperar la inversión en muy poco tiempo.

3.14.2 Flujo de Caja de la Deuda

El flujo de caja de la deuda representa el flujo de caja que sale de la empresa destinado a pagos de financiación. En este caso, está compuesto por la deuda financiera al banco y la deuda a proveedores de largo plazo por la compra de maquinaria y ciertos servicios que ya fueron mencionados. Su detalle se encuentra en la siguiente tabla:

Flujo de Fondos	Unidad	Año 0-1 2021	Año 0-2 2022	Año 0-3 2023	Año 1 2024	Año 2 2025	Año 3 2026	Año 4 2027	Año 5 2028	Año 6 2029	Año 7 2030	Año 8 2031	Año 9 2032	Año 10 2033
Deuda financiera	(miles de ARS)	0	0	0	33.751.105	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cancelación de deuda	(miles de ARS)	0	0	0	0	(2.011.196)	(2.338.655)	(2.651.696)	(2.929.839)	(3.152.300)	(3.300.353)	(3.455.360)	(3.617.647)	(3.787.556)
Intereses	(miles de ARS)	0	0	0	0	(2.815.674)	(3.110.411)	(3.341.137)	(3.486.508)	(3.530.576)	(3.465.371)	(3.386.253)	(3.292.059)	(3.181.547)
Deuda proveedor BU	(miles de ARS)	23.600.201	0	42.221.669	0	0	0	0	0	0	0	102.857.979	0	0
Pago de capital	(miles de ARS)	0	(13.631.155)	(9.157.004)	(30.208.718)	(22.581.420)	(11.397.554)	(12.923.176)	0	0	0	0	(47.522.524)	(27.009.336)
Pago de Intereses	(miles de ARS)	0	(787.872)	(915.700)	(1.978.882)	(2.258.142)	(1.139.755)	(1.292.318)	0	0	0	0	(2.582.598)	(2.700.934)
Ahorro impositivo Total	(miles de ARS)	0	0	0	0	14.652.562	9.293.854	9.617.907	9.425.222	9.704.938	9.727.166	10.085.101	12.308.410	12.219.075
FCFE	**(miles de ARS)**	**(2.662.730)**	**(15.565.751)**	**(18.129.958)**	**(0)**	**24.090.865**	**93.431.714**	**127.986.298**	**159.642.755**	**173.166.152**	**183.145.271**	**193.858.617**	**160.285.531**	**181.890.643**

Tabla 3.48. Flujo de fondos de la deuda en miles de pesos en los primeros 10 años de proyecto.

Cada flujo correspondiente a cada deuda está compuesto por la deuda financiera en sí, es decir el préstamo que recibe el proyecto por la financiación, la cancelación de esta de manera anual, y los intereses que se deben pagar adicionalmente a las amortizaciones de capital. Finalmente, se consideró el ahorro impositivo total que representa la diferencia entre el impuesto a las ganancias antes y después del financiamiento. Todo esto compone el flujo de fondos de la deuda.

Los primeros tres años se pide financiamiento a los proveedores de BU que se comienza a pagar al año siguiente durante 6 años. La compra de los Bienes de uso no se desembolsa toda el año 0-1, sino que como se mencionó anteriormente, solo se compran las necesarias para arrancar la producción, y luego las otras se compran el año 0-3. Cuando comienza el proyecto, se pide otro préstamo para financiar los baches financieros y se sigue pagando los intereses de la deuda con los proveedores.

3.14.3 Flujo de Fondos del IVA

Por otro lado, también se realizó el flujo de fondos del IVA para analizar el impacto financiero del impuesto en el proyecto. Como El Pachón exportará toda su producción, sus ventas no incluyen IVA, por lo cual el IVA recibido es siempre nulo. El IVA pagado se encuentra, como se ha mencionado anteriormente en el inciso *3.8.1.2 Impuesto al valor agregado (IVA)*, en todos los insumos necesarios para el desarrollo del proyecto (por un valor del 21%), en la puesta en marcha de la maquinaria y los intereses del préstamo bancario (ambos casos por un valor de 10,5%). Al ser un proyecto de minería exportador, según las leyes nacionales, el IVA a favor es devuelto al finalizar el año, pero únicamente comienza a ser devuelto a partir del año en el cual se comienza a vender. A continuación, se puede ver el flujo de fondos del IVA en miles de ARS.

IVA	Unidad	Año 0-1 2021	Año 0-2 2022	Año 0-3 2023	Año 1 2024	Año 2 2025	Año 3 2026	Año 4 2027	Año 5 2028	Año 6 2029	Año 7 2030	Año 8 2031	Año 9 2032	Año 10 2033
IVA recibido	(miles de ARS)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IVA pagado	(miles de ARS)	(1.401.626)	(1.426.043)	(3.194.762)	(5.227.542)	(12.401.278)	(18.907.311)	(21.624.216)	(23.997.373)	(25.687.959)	(27.052.606)	(31.683.395)	(31.427.388)	(33.005.536)
IVA pagado en costo de lo vendido	(miles de ARS)	(264.832)	(1.174.947)	(1.449.904)	(5.105.773)	(12.105.632)	(18.580.718)	(21.273.397)	(23.631.289)	(25.317.248)	(26.688.742)	(28.128.363)	(31.081.722)	(32.671.473)
IVA sobre intereses del préstamo	(miles de ARS)	0	0	0	0	(295.646)	(326.593)	(350.819)	(366.083)	(370.710)	(363.864)	(355.557)	(345.666)	(334.062)
IVA sobre inversiones	(miles de ARS)	(1.136.794)	(251.096)	(1.744.858)	(121.770)	0	0	0	0	0	0	(3.199.475)	0	0
Saldo IVA	**(miles de ARS)**	**(1.401.626)**	**(1.426.043)**	**(3.194.762)**	**(5.227.542)**	**(12.401.278)**	**(18.907.311)**	**(21.624.216)**	**(23.997.373)**	**(25.687.959)**	**(27.052.606)**	**(31.683.395)**	**(31.427.388)**	**(33.005.536)**
Crédito fiscal del período / Saldo	(miles de ARS)	(1.401.626)	(1.426.043)	(3.194.762)	(5.227.542)	(12.401.278)	(18.907.311)	(21.624.216)	(23.997.373)	(25.687.959)	(27.052.606)	(31.683.395)	(31.427.388)	(33.005.536)
Crédito fiscal acumulado / Saldo acumulado	(miles de ARS)	(1.401.626)	(2.827.669)	(6.022.430)	(11.249.973)	(12.401.278)	(18.907.311)	(21.624.216)	(23.997.373)	(25.687.959)	(27.052.606)	(31.683.395)	(31.427.388)	(33.005.536)
Recupero IVA	(miles de ARS)	0	0	0	11.249.973	12.401.278	18.907.311	21.624.216	23.997.373	25.687.959	27.052.606	31.683.395	31.427.388	33.005.536
Saldo IVA después del recupero	(miles de ARS)	(1.401.626)	(2.827.669)	(6.022.430)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pago real del IVA	(miles de ARS)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FF IVA	**(miles de ARS)**	**(1.401.626)**	**(1.426.043)**	**(3.194.762)**	**6.022.430**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**

Tabla 3.49. Flujo de fondos del IVA en miles de pesos en los primeros 10 años de proyecto.

3.14.4 Verificación de Flujo de Fondos

Finalmente se realizó una verificación para constatar que el análisis financiero estuviera completo y realizado de manera correcta. Para esto se realizó la siguiente validación:

$$Flujo\ del\ Proyecto\ +\ Flujo\ de\ la\ Deuda\ -Flujo\ del\ Inversor\ =\ 0 \qquad (3.9)$$

A continuación, se mostrarán los primeros 10 años de proyecto de la verificación y luego los gráficos correspondientes a cada flujo de fondos.

Como se puede observar en el Gráfico 3.2, el flujo de fondos del proyecto presenta valores negativos al inicio del período, los cuales se deben al gasto inicial en inversión en maquinaria y gastos operativos de preparación del pit para poder operar. Dicho flujo de fondos negativo será saldado por aportes de capital de los inversores. Es por esto por lo que el flujo de fondos de los inversores también es negativo durante los primeros 3 años del proyecto, como se puede observar en el Gráfico 3.4. Luego, se puede observar que el proyecto genera siempre flujos de fondos positivos. Eso se debe a que la cantidad de utilidades generadas a lo largo de la vida de este, alcanzan para cubrir las reinversiones en maquinaria necesarias para el correcto desarrollo de la operación de la mina y la planta.

Por otra parte, el Gráfico 3.3 muestra el flujo de fondos de la deuda, demostrando que existen deudas a lo largo del proyecto, las cuales se corresponden con las deudas con proveedores de maquinarias, al momento de realizar la reinversión de estas.

Es importante destacar que el flujo de fondos de los inversores no presenta valores negativos, salvo al inicio del período, que es cuando se necesita la inversión inicial para poder solventar los gastos en activo fijo. Desde el 2024 en adelante, los inversores perciben siempre un flujo de fondos positivo, obteniendo siempre una ganancia.

Flujo de Fondos	Año 0-1 2020	Año 0-2 2021	Año 0-3 2022	Año 1 2023	Año 2 2024	Año 3 2025	Año 4 2026	Año 5 2027	Año 6 2028	Año 7 2029	Año 8 2030	Año 9 2031	Año 10 2032
FF Proyecto	(26.262.931)	(1.146.725)	(50.278.923)	(1.563.505)	39.104.736	102.124.236	138.576.717	156.633.880	170.144.090	180.183.829	87.757.150	204.991.949	206.350.940
FF Deuda	23.600.201	(14.419.026)	32.148.965	1.563.505	(15.013.871)	(8.692.521)	(10.590.419)	3.008.875	3.022.062	2.961.442	106.101.467	(44.706.418)	(24.460.297)
FF Inversor	(2.662.730)	(15.565.751)	(18.129.958)	(0)	24.090.865	93.431.714	127.986.298	159.642.755	173.166.152	183.145.271	193.858.617	160.285.531	181.890.643
Verificación	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**

Tabla 3.50. Verificación de los flujos de fondos en miles de pesos de los primeros 10 años de proyecto.

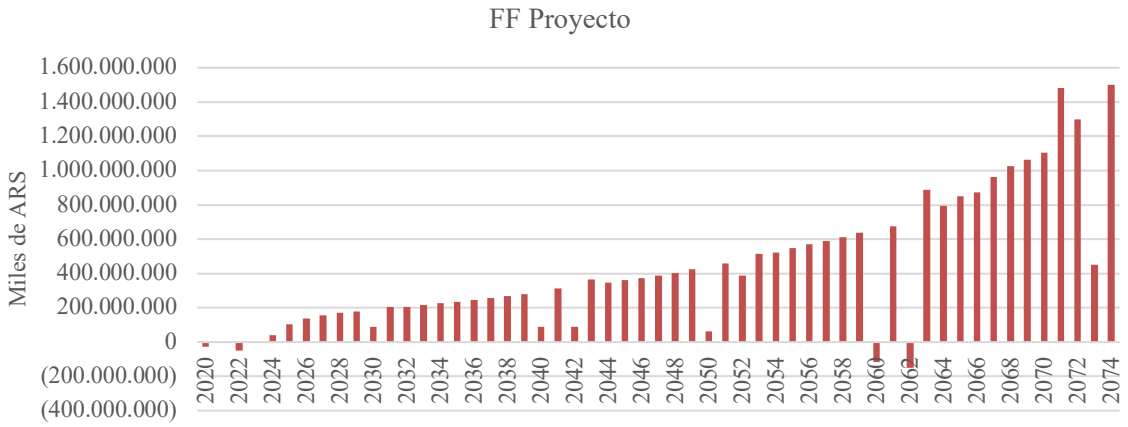


Gráfico 3.2. Flujo de fondos del proyecto.

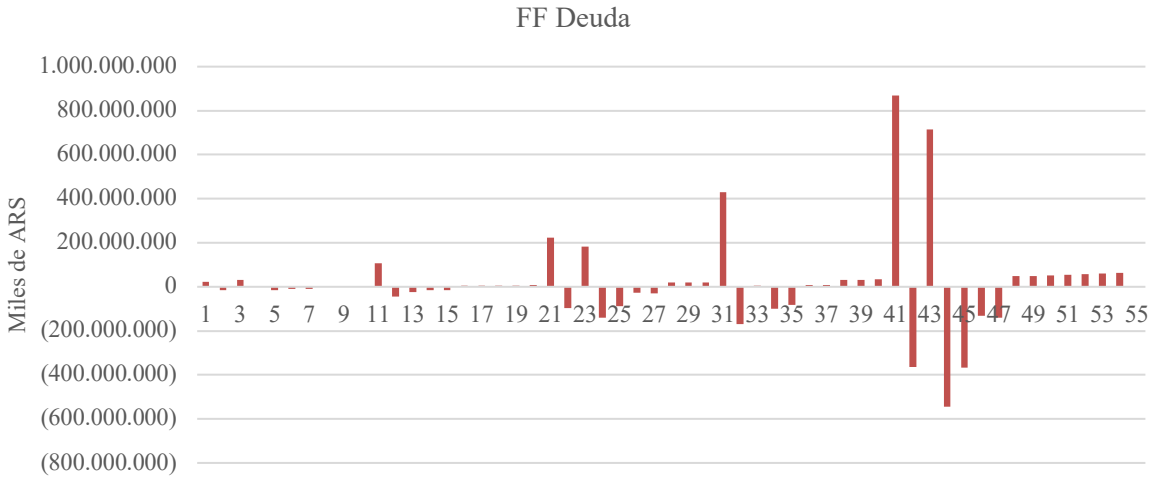


Gráfico 3.3. Flujo de fondos de la deuda.

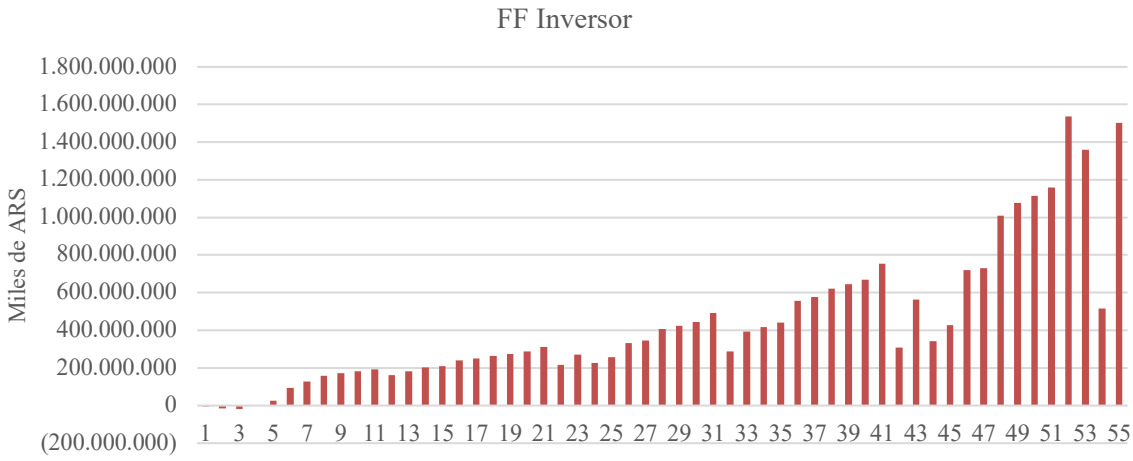


Gráfico 3.4. Flujo de fondos del inversor.

3.15 Criterios de Rentabilidad del Proyecto

3.15.1 VAN

Luego de haber calculado los flujos libres de caja de la firma y de la deuda, el WACC y los Ke y Kd, se prosiguió con el cálculo del Valor Actual Neto (VAN). Para obtener el valor del VAN, se realizó la suma de los flujos de fondos descontados tanto para FFCF como para FCFE.

El factor de descuento se obtiene de tomar el factor de descuento del año anterior y dividirlo por (1+WACC) de ese año, para el FCFF, según la siguiente fórmula:

$$Factor\ de\ descuento_i = \frac{Factor\ de\ descuento_{i-1}}{1+WACC_i} \qquad (3.10)$$

Para el cálculo del VAN del FCFE, se empleó el mismo método, tomando el Kd en vez del WACC para calcular el factor de descuento.

$$Factor\ de\ descuento_i = \frac{Factor\ de\ descuento_{i-1}}{1+Kd_i} \qquad (3.11)$$

Por otro lado, se calculó el valor de la TIR y la TOR según corresponda. La TIR representa la tasa de descuento a la que el flujo del FFCF se hace cero, mientras que la TOR calcula el mismo indicador para el flujo del FCFE.

Los valores obtenidos para el VAN y las tasas en cada uno de los flujos se encuentran en la tabla a continuación:

Rentabilidad	Unidad	Año 0-1 2021	Año 0-2 2022	Año 0-3 2023	Año 1 2024	Año 2 2025	Año 3 2026	Año 4 2027	Año 5 2028	Año 6 2029	Año 7 2030	Año 8 2031	Año 9 2032	Año 10 2033
FCFF	(miles de ARS)	(26.262.931)	(1.146.725)	(50.278.923)	(1.563.505)	39.104.736	102.124.236	138.576.717	156.633.880	170.144.090	180.183.829	87.757.150	204.991.949	206.350.940
FCFF USD	(miles de USD)	(306.313)	(10.460)	(366.980)	(9.348)	196.185	440.608	527.298	539.426	544.602	550.865	256.259	571.742	549.714
FFCF Acumulado	(miles de USD)	(306.313)	(316.773)	(683.753)	(693.101)	(496.917)	(56.308)	470.990	1.010.416	1.555.017	2.105.882	2.362.141	2.933.884	3.483.598
VAN Acumulado	(miles de USD)	(306.313)	(535.441)	(893.175)	(1.182.713)	(1.349.576)	(1.364.855)	(1.261.198)	(1.080.454)	(854.259)	(605.474)	(379.180)	(151.679)	66.480
FCFF Descontado	(miles de USD)	(306.313)	(7.566)	(192.001)	(3.905)	65.878	119.557	116.049	96.493	79.219	65.078	24.550	44.334	34.426
FCFF Desc. Acum	(miles de USD)	(306.313)	(313.879)	(505.880)	(509.785)	(443.907)	(324.350)	(208.301)	(111.808)	(32.589)	32.489	57.038	101.373	135.799
WACC		38,25%	38,25%	38,25%	25,24%	24,40%	23,75%	23,29%	23,03%	22,97%	23,13%	23,32%	23,55%	23,82%
Factor de descuento		1,00	0,72	0,52	0,42	0,34	0,27	0,22	0,18	0,15	0,12	0,10	0,08	0,06

VAN	**(miles de USD)**	**258.159**
TIR		**33,70%**
Periodo de Repago		**6**
IR		**1,84**

WACC promedio	**33,69%**
Verificación	**OK**

FCFE	(miles de ARS)	(2.662.730)	(15.565.751)	(18.129.958)	(0)	24.090.865	93.431.714	127.986.298	159.642.755	173.166.152	183.145.271	193.858.617	160.285.531	181.890.643
	(miles de USD)	(31.056)	(141.982)	(132.328)	(0)	120.861	403.105	487.001	549.788	554.275	559.919	566.085	447.052	484.553
FCFE Descontado	(miles de USD)	(31.056)	(102.699)	(69.233)	(0)	30.424	69.897	57.972	44.838	30.956	21.441	14.884	8.085	6.039
FCFE Desc. Acum	(miles de USD)	(31.056)	(133.755)	(202.988)	(202.988)	(172.564)	(102.667)	(44.696)	143	31.099	52.540	67.424	75.509	81.548
Ke		38,25%	38,25%	38,25%	43,80%	44,53%	45,17%	45,66%	45,96%	46,03%	45,85%	45,64%	45,39%	45,10%
Factor de descuento		1,00	0,72	0,52	0,36	0,25	0,17	0,12	0,08	0,06	0,04	0,03	0,02	0,01

VAN	(miles de USD)	96.582
TOR		54,14%
IR		4,11

Apalancamiento Financiero	1,61

Tabla 3.51. Flujo de fondos descontado del proyecto y de los inversores de los primeros 10 años de proyecto, junto con los valores de rentabilidad

Observando el VAN de los diferentes flujos libres de caja, se puede notar que ambos son positivos y que las tasas internas de retorno son superiores a las tasas de retorno pretendidas por los inversores, por lo que, preliminarmente se puede decir que el proyecto es rentable.

Junto con el análisis de las tasas internas de retorno se puede calcular el apalancamiento financiero del proyecto. Este indicador refleja si el financiamiento que se está utilizando es beneficioso, es decir, si convino financiarse con deuda en vez de recurrir el 100% a capital propio. El efecto positivo del apalancamiento se observa si la TIR es mayor a la tasa de interés propia del financiamiento. Finalmente, se calcula según la siguiente fórmula:

$$Efecto\ Palanca = TOR / TIR \qquad (3.12)$$

En este proyecto el valor del efecto palanca es de 1,61, que por ser mayor a 1 confirma un apalancamiento financiero positivo.

3.15.2 Período de Repago

El período de repago calcula la cantidad de años necesarios para recuperar la inversión del proyecto. Este valor se calcula considerando el flujo de fondos descontado acumulado obtenido del descuento del flujo de fondos con la tasa WACC. Este indicador también resulta decisivo para los inversores, ya que les permite conocer la duración del período en el que se repagará la inversión que requiere el desarrollo del proyecto. Finalmente, permite un mejor entendimiento de la rentabilidad del proyecto.

Teniendo en cuenta que este valor es uno de los criterios principales de la valoración de proyectos, es importante que el resultado sea atractivo para los posibles inversores, es decir que sea lo suficientemente corto en comparación a la vida del proyecto como para que les pueda interesar realizar la inversión. En este caso el período de repago es de 6 años, demostrando ser muy atractivo.

3.15.3 Otros Indicadores

Una vez que se analizaron los estados contables y financieros, el valor actual neto de la inversión y el período de repago, se analizaron diversos indicadores para terminar de evaluar el proyecto en todos sus aspectos.

Ratios, Razones e Índices	Año 1 2024	Año 2 2025	Año 3 2026	Año 4 2027	Año 5 2028	Año 6 2029	Año 7 2030	Año 8 2031	Año 9 2032	Año 10 2033
Liquidez (Capacidad de servir la deuda a corto plazo)										
Índice Corriente de Liquidez	93,64	56,19	90,07	137,38	186,20	235,46	286,36	338,40	374,89	411,19
Índice Seco de Liquidez	53,03	48,79	83,45	129,59	178,21	227,22	277,90	329,71	363,44	399,32
Índice Absoluto de Liquidez	5,87	25,92	60,73	107,18	155,91	204,89	255,59	304,85	339,33	376,00
Rotación o Actividad										
Rotación de Bienes de Cambio	2,89	17,50	20,40	17,49	16,97	16,49	16,03	15,62	11,84	11,42
Período de Cobranza	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
Rotación de los Bienes de Uso	0,32	3,66	7,19	8,80	10,55	12,40	14,32	4,07	4,65	5,36
Rotación de Activos	0,23	1,37	1,23	0,89	0,68	0,55	0,46	0,36	0,33	0,31
Endeudamiento y manejo de deuda										
Índice de Endeudamiento	114%	52%	24%	13%	9%	7%	5%	13%	8%	5%
Índice de Solvencia	-14%	48%	76%	87%	91%	93%	95%	87%	92%	95%
EBITDA Coverage Ratio	-0,11	5,85	15,36	20,02	31,66	39,36	51,20	54,97	25,51	30,93
Índices de Rentabilidad										
Margen de Utilidad Neta	-141%	41%	43%	44%	44%	45%	45%	45%	44%	43%
Rentabilidad Operativa	-13%	234%	503%	612%	733%	863%	993%	283%	323%	361%
Rentabilidad de los Activos (ROA)	-33%	56%	53%	39%	30%	25%	21%	16%	15%	13%
Rentabilidad del Patrimonio Neto (ROE)	235%	116%	69%	44%	33%	27%	22%	19%	16%	14%
Análisis Du Pont	235%	116%	69%	44%	33%	27%	22%	19%	16%	14%

Tabla 3.52. Evolución de los indicadores de rentabilidad de los primeros 10 años de proyecto.

3.15.3.1 Liquidez

Los índices de liquidez se utilizan para medir la capacidad de la empresa a servir la deuda de corto plazo. Dentro de los índices considerados se encuentran los siguientes:

- Índice Corriente de Liquidez: Mide la capacidad que se tiene para lidiar con las deudas corrientes, es decir las que se deben devolver dentro de un corto período de tiempo con los activos corrientes (aquellos que se liquidan en menos de un año). Este índice se calcula como la relación entre activo corriente con el pasivo corriente como se muestra en la fórmula a continuación:

$$\textit{Índice corriente de liquidez} = \textit{Activo corriente} / \textit{Pasivo corriente} \quad (3.13)$$

- Índice Seco de Liquidez: Mide la capacidad que tienen los activos con mayor liquidez para lidiar con las deudas corrientes. Se considera activos de mayor liquidez a los activos corrientes descontando los bienes de cambio. Este índice se obtiene de dividir el activo corriente por el pasivo corriente sin tener en cuenta los bienes de cambio.

$$\textit{Índice seco de liquidez} = (\textit{Activo corriente} - \textit{Bienes de Cambio}) / \textit{Pasivo corriente} \quad (3.14)$$

- Índice absoluto de liquidez: Mide la capacidad que se tiene para lidiar con las deudas corrientes únicamente con las disponibilidades, es decir el sector más líquido de todo el activo corriente a partir de la fórmula a continuación:

$$\textit{Índice absoluto de liquidez} = \textit{Disponibilidades} / \textit{Pasivo corriente} \quad (3.15)$$

A continuación, se puede ver la evolución de los índices a lo largo del proyecto mostrando que a futuro se tiene una mayor liquidez, es decir, a medida que el proyecto avance contara con mas recursos para cubrir la deuda a corto plazo. Esta tendencia muestra proyecciones favorables para el desarrollo del proyecto.

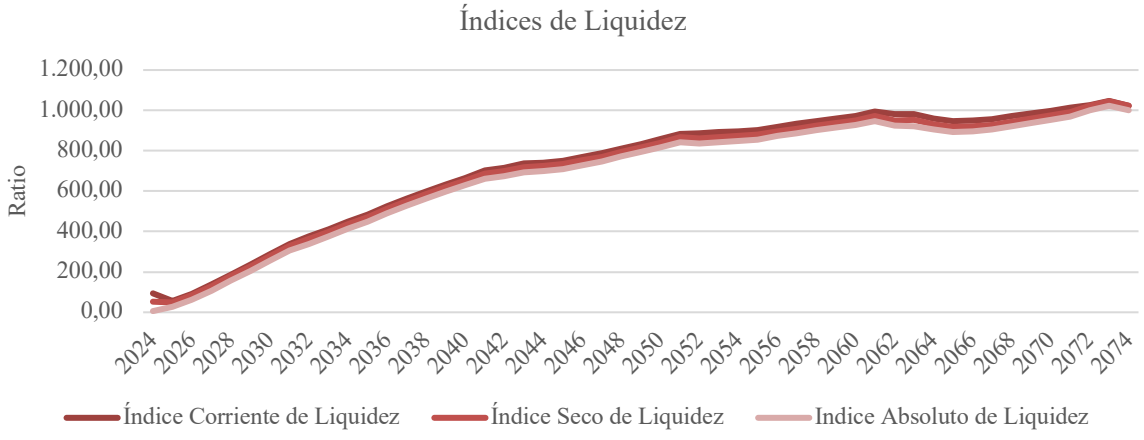


Gráfico 3.5. Evolución de la liquidez a lo largo del tiempo.

3.15.3.2 Rotación o Actividad

Estos índices estudian la eficiencia con la que una empresa maneja sus activos en un periodo de tiempo determinado. Dentro de los índices estudiados, los de rotación utilizados son los siguientes:

- Rotación de Bienes de Cambio: Es un indicador que mide los días de stock que se tienen inmovilizados. Da una idea de la gestión de los inventarios, y se calcula como ventas sobre bienes de cambio.

$$Rotación\ de\ inventario = Ventas / Bienes\ de\ cambio\ promedio \quad (3.16)$$

- Período de Cobranza: Este indicador hace alusión al tiempo entre que se venden los cátodos de cobre hasta que se reciben los pagos por ellos. Da información sobre la cantidad de días que pasan entre la venta y el cobro, es decir la política definida para los créditos por ventas.

$$Período\ de\ cobranza = Créditos\ por\ ventas * 365 / Ventas \quad (3.17)$$

- Rotación de Bienes de Uso: Este valor indica la capacidad de las ventas para cubrir con los bienes de uso promedio, es decir del período anterior y el actual.

$$Rotación\ de\ Bienes\ de\ uso = Ventas / Bienes\ de\ uso\ promedio \quad (3.18)$$

- Rotación de Activos: Es un indicador que mide la capacidad de las ventas para cubrir con los activos totales promedio.

$$Rotación\ de\ activos = Ventas / Activos\ promedio \quad (3.19)$$

3.15.3.3 Endeudamiento y Manejo de la Deuda

Estos índices muestran cómo la empresa puede manejar las deudas que tiene. Los índices con los que se trabajó son los siguientes:

- Índice de Endeudamiento: Es la relación de endeudamiento, es decir entre el pasivo total y el activo total, muestra cómo está compuesta la deuda y cuánto de los activos están financiados por deudas financieras.

$$Índice\ de\ endeudamiento\ total = Pasivo\ total / Activo\ total \quad (3.20)$$

- Índice de Solvencia: Este indicador muestra cuánto del activo está financiado por capital propio. Es un complemento del índice de endeudamiento, ya que lo que no está financiado con patrimonio neto es porque se financia a partir del pasivo.

$$Índice\ de\ solvencia = Patrimonio\ neto / Activo\ total \quad (3.21)$$

- Cobertura de Costos Fijos importantes: Representa la capacidad que tiene la empresa de pagar sus obligaciones fijas. Se calcula como la utilidad bruta antes de amortizaciones, impuestos e intereses (EBITDA) sobre los intereses.

$$Cobertura\ de\ Costos\ Fijos\ importantes = EBITDA\ /\ Intereses \qquad (3.22)$$

En la siguiente grafica se puede ver que a medida que avanza el proyecto, este tiende a financiarse con deuda externa concentrando el aporte de capital a los primeros años de proyecto. Como era de esperarse, la evolución de estos indicadores responde a la estructura de capital que tomara la empresa para financiar sus activos hasta que cuente con utilidades suficientes para hacer frente a futuras inversiones.

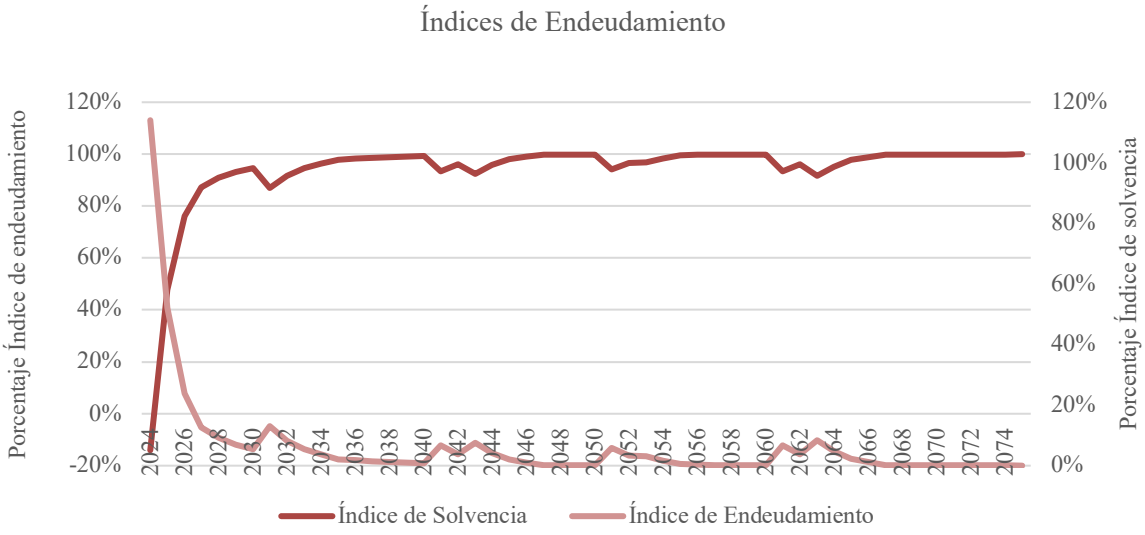


Gráfico 3.6. Evolución del endeudamiento y solvencia.

3.15.3.4 Índices de Rentabilidad

Estos índices sirven para entender cuál es la capacidad de la empresa de generar ganancias. Los índices de rentabilidad que se considerarán en este proyecto son los siguientes:

- Margen de Utilidad Neta: Es un índice que muestra las utilidades netas de la empresa por cada unidad de venta. Se calcula según la siguiente fórmula:

$$Margen\ de\ utilidad\ neta = Utilidad\ neta\ /\ Ventas \qquad (3.24)$$

- Rentabilidad de los Activos o Return on Assets: Este indicador se calcula a partir de la relación entre las utilidades operativas generadas en un período sobre los activos totales. Muestra la capacidad de los activos de generar ganancias por ellos mismos, sin depender del financiamiento.

$$ROA = Utilidad\ operativa\ /\ Activo \qquad (3.25)$$

A continuación, se muestra un grafico que representa la evolución de la rentabilidad de la empresa. Se puede ver que en pocos años se recuperan las perdidas generadas por las altas inversiones que ponen en marcha al proyecto, y que a partir de entonces se mantiene relativamente estable hasta el fin de la vida útil de este dónde, por la disminución en las ventas y los costos fijos elevados que se mantienen, el proyecto vuelve a ser menos rentable.

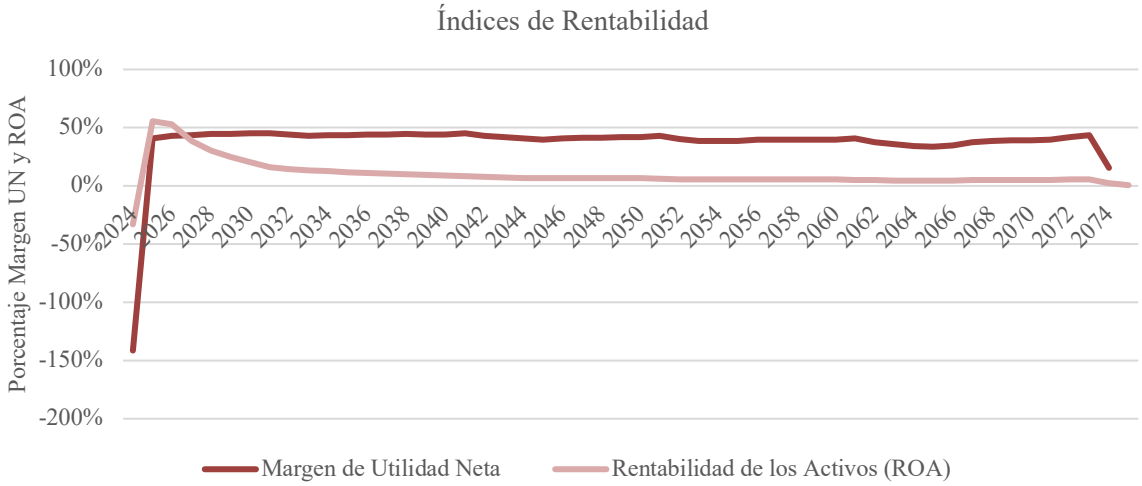


Gráfico 3.7. Evolución del margen de rentabilidad.

- Rentabilidad del patrimonio neto o Return on Equity (ROE): Es una medida que permite ver que tan efectivamente la empresa utiliza sus activos para generar ganancias. El valor de este indicador surge de dividir la utilidad neta por el patrimonio neto.

$$ROE = Utilidad\ neta\ /\ Patrimonio\ neto \qquad (3.26)$$

- Análisis de Du Pont del ROE: Este análisis se utiliza como una alternativa para calcular el ROE, dónde se lo obtiene a partir de multiplicar tres índices distintos. El principal objetivo de separar el cálculo es averiguar cómo se están generando las ganancias o pérdidas del proyecto, entender a qué se deben. De esa forma, poder reconocer qué factores están afectando la actividad. Es entonces, que se calcula multiplicando la rentabilidad operativa, la rotación de los activos y el multiplicador de apalancamiento financiero. Este último indica la cantidad de los activos que están siendo financiados por capital propio.

  $$ROE\ Du\ Pont = Margen\ neto\ sobre\ ventas * ROA * Multiplicador\ financiero \qquad (3.27)$$

Por último, se presenta un grafico que muestra la tendencia que sigue el retorno del patrimonio neto. Este indicador resulta de suma importancia ya que permite medir la eficiencia del proyecto, determinando las ganancias que observaran los inversores por apostar en él. La tendencia decreciente que este representa se debe a que la utilidad neta crece en menor

magnitud y a menor velocidad que el patrimonio neto. De todas maneras, teniendo en cuenta que ambas variables crecen a lo largo del tiempo, el proyecto es una propuesta interesante para los inversionistas.

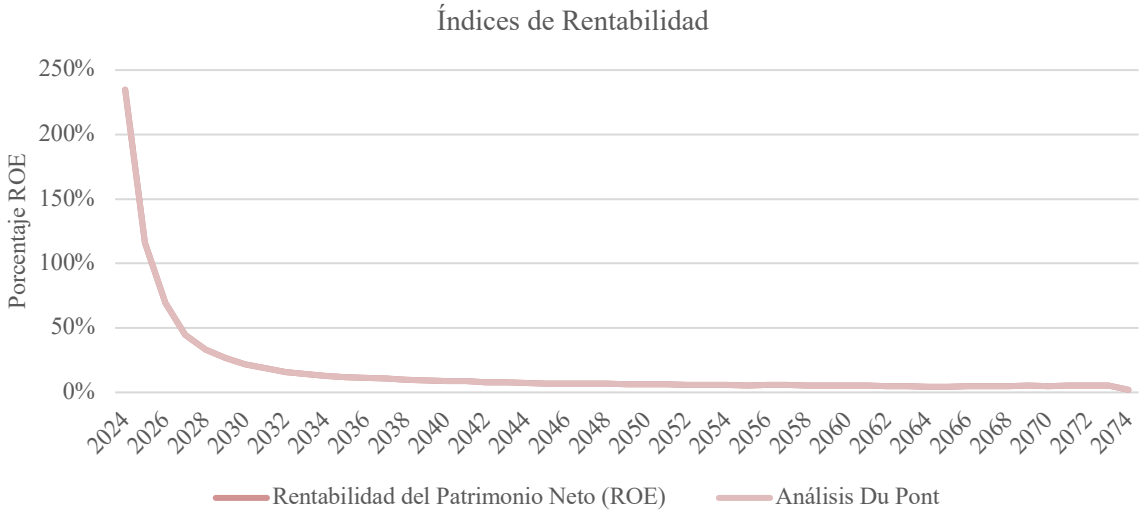


Gráfico 3.8. Evolución del retorno a inversores.

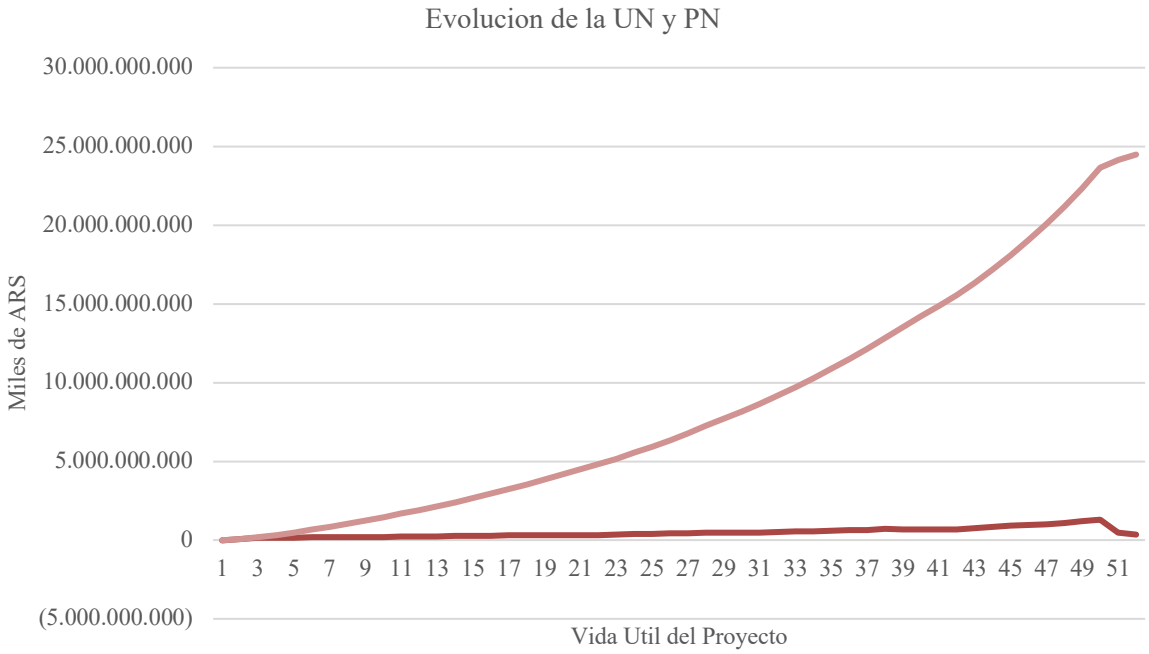


Gráfico 3.9. Evolución de la utilidad y el patrimonio netos.

3.16 Conclusión del Análisis Económico Financiero

En el presente análisis económico financiero para la inversión en la extracción y refinación de cobre en El Pachón, San Juan, se estudió el beneficio económico y la evaluación de rentabilidad. Como resultado, teniendo un valor del VAN positivo, y una TIR mayor que la

WACC se llegó al resultado de que es un proyecto rentable, con un retorno esperado importante. La inversión inicial ronda los 475 millones de dólares, sin embargo, el período de repago es de 6 años.

Se concluyó que el proyecto de inversión es muy atractivo, con la desventaja de necesitar una inversión inicial muy grande, pero, dada la magnitud del mismo y comparándola con proyectos de similar envergadura, se puede decir que se encuentra dentro del mismo rango tanto de retorno esperado como de necesidad de financiamiento. El proyecto concluirá con un posterior análisis de riesgos.

4. ANÁLISIS DE RIESGOS

4.1 Introducción

Una vez finalizado el análisis del mercado, ingenieril y el económico financiero, se realizó un análisis de riesgos para investigar cuáles son aquellas variables involucradas que otorgan el mayor grado de incertidumbre al proyecto, y medir el impacto que tiene en sus diferentes etapas. Estos riesgos se definen como la dispersión posible en los resultados esperados, es decir, la volatilidad en los resultados del proyecto que surgen cuando las variables reales son distintas a las que se proyectaron.

Todo proyecto de inversión incluye incertidumbre, y en particular para el proyecto de El Pachón, se tomaron supuestos sobre algunas de las variables que afectan el flujo de fondos. Es por ello, que se procede a identificar las fuentes de riesgos más relevantes para este proyecto, modelar su incertidumbre y realizar una simulación estocástica del estudio económico financiero. Finalmente, cuanto más preparado esté el proyecto de El Pachón frente a la incertidumbre, más resiliente será frente a los posibles cambios que ocurrirán a lo largo del tiempo.

Para la detección de los riesgos se utilizó una metodología de tres etapas: Bottom Up, Top Down y un Análisis de la Distribución.

- Bottom Up: Se realizó un repaso de las variables existentes utilizadas en las entregas anteriores, y se eligieron las que se consideraban de mayor peso para luego categorizarlas según el tipo: Macroeconómicas, Operativas, Financieras y Contractuales. Siguiendo la misma línea se eligieron ciertas variables que pueden tomar distintos valores, generando diferentes escenarios mediante los cuales cambiarán los valores de rentabilidad del proyecto.
- Top Down: Posteriormente, y ya definidas las categorías se ahondó en cada una para poder tener una visión más integral de las variables existentes que puedan llegar a afectar el riesgo del proyecto.
- Análisis de Distribución: Una vez definidas las variables más relevantes, se procedió a definir sus respectivas distribuciones considerando variables históricas, análisis estadísticos e información de expertos. A continuación, se pueden observar las variables y/o sucesos que se definieron.

Variables de Riesgo Macroeconómicas	Unidades	Distribución Asociada	Parámetros		
			Media	Desvío	Posición
Precio del cobre	USD/ton	Mean Reversion	0	1	-
Inflación Argentina	%	Triangular	1,00%	8,00%	4%
Tipo de Cambio Real	USD/ton	Decisión Propia			

Variables de Riesgo Operacionales - Contractuales - Eventuales	Unidades	Distribución Asociada	Parámetros		
			Min	Max	Moda
Plazo de pago a proveedores	días	Distribución Normal correlacionada positivamente con la inflación	-	-	-
Plazo de cobranza	días	Distribución Normal correlacionada negativamente con la inflación	-	-	-
Días productivos: conflictos gremiales y clima	días	Triangular	330	365	345
% de variación del % de producción de la mina	%	Uniforme	-10%	0%	-
% de variación del % de producción de la planta	%	Uniforme	-10%	0%	-
Ley del cobre	%	Triangular	0,40%	0,54%	0,47%
Variación % en el precio del oxígeno industrial & el ácido sulfúrico	%	Uniforme correlacionada positivamente con la inflación	-10%	10%	-
Variación % en el precio del combustible	%	Uniforme correlacionada positivamente con la inflación	-10%	10%	-
% de variación en la recuperación del ácido sulfúrico	%	Uniforme	-10%	10%	-
Costo de MOD	USD	Triangular	14.000	50.000	45.067
Costo de Mantenimiento	%	Triangular	25%	35%	30%

Sucesos Puntuales	Unidades	Valores Actuales	Valores Suceso Puntual
Aranceles a las importaciones	%	0%	20%
Multa por accidente ambiental	miles ARS	0	1.189.551
Aumento de la inflación de EE.UU.	%	2,20%	4%

Tabla 4.1. Variables consideradas para el estudio de riesgos y sus distribuciones asociadas.

Luego de detectar los riesgos, se realizó tanto un análisis de impacto como de sensibilidad para entender la relación de los mismos con el éxito o fracaso del proyecto. Una vez entendido esto, se consideraron diferentes medidas para mitigar los factores con mayor impacto, y se decidió la implementación de aquellas que diversifiquen de la mejor manera posible el riesgo, a la vez que otorguen la mayor rentabilidad. Se calculó el VAN resultante de las acciones de cobertura tomadas. Finalmente, se analizaron las opciones reales y el efecto de las mismas en el VAN del proyecto.

4.2 Definición de Variables Aleatorias, Variables de Decisión y Sucesos Puntuales

4.2.1 Variables Aleatorias

Inicialmente se tomó un conjunto de 13 variables aleatorias que podrían representar un riesgo al proyecto de inversión en evaluación. Para cada una de ellas, se definió la distribución que mejor se ajusta a sus datos y el impacto que tienen en el VAN del proyecto. Una vez seteadas las condiciones iniciales, se realizó un *Tornado Analysis* que permite determinar la criticidad de las variables en los números del proyecto. Finalmente, se seleccionó el conjunto de variables que afectan en mayor medida la rentabilidad del proyecto y se analizarán para tomar acciones que mitiguen los riesgos ocasionados por ellas. Este análisis se realizó utilizando la extensión Crystall Ball para Microsoft Excel.

4.2.1.1 Variables Macroeconómicas

Es de mucha importancia que se realice un análisis de los riesgos macroeconómicos. Esto se debe principalmente a que el proyecto se ubica en Argentina, un país cuyas condiciones políticas y económicas evoluciona con una gran volatilidad, observándose cambios en el tipo de cambio, el valor de la moneda, la inflación, entre otras variables. La variación que presenta el país en cuanto a su escenario macroeconómico no se puede anticipar, por lo que es importante pensar estrategias de mitigación.

Estos riesgos son riesgos no sistemáticos, los mismos afectarán el flujo de fondos a medida que se modifiquen en el tiempo.

4.2.1.1.1 Precio del Cobre

El precio del cobre es una de las variables que mayor impacto tiene en los ingresos del proyecto y, por ende, en la rentabilidad de éste. Teniendo en cuenta que el producto final que se comercializará es un commodity, el análisis de su comportamiento permite incluir en los riesgos los escenarios en los cuales el precio estará por encima o por debajo de la tendencia calculada.

El precio del cobre fue calculado y proyectado a través de una serie de tiempo mediante el uso de la técnica Mean Reversion. Este análisis supone que la variable en cuestión variará entre -3 y +3 sigmas respecto de su valor medio o esperado, agregando incertidumbre al proyecto.

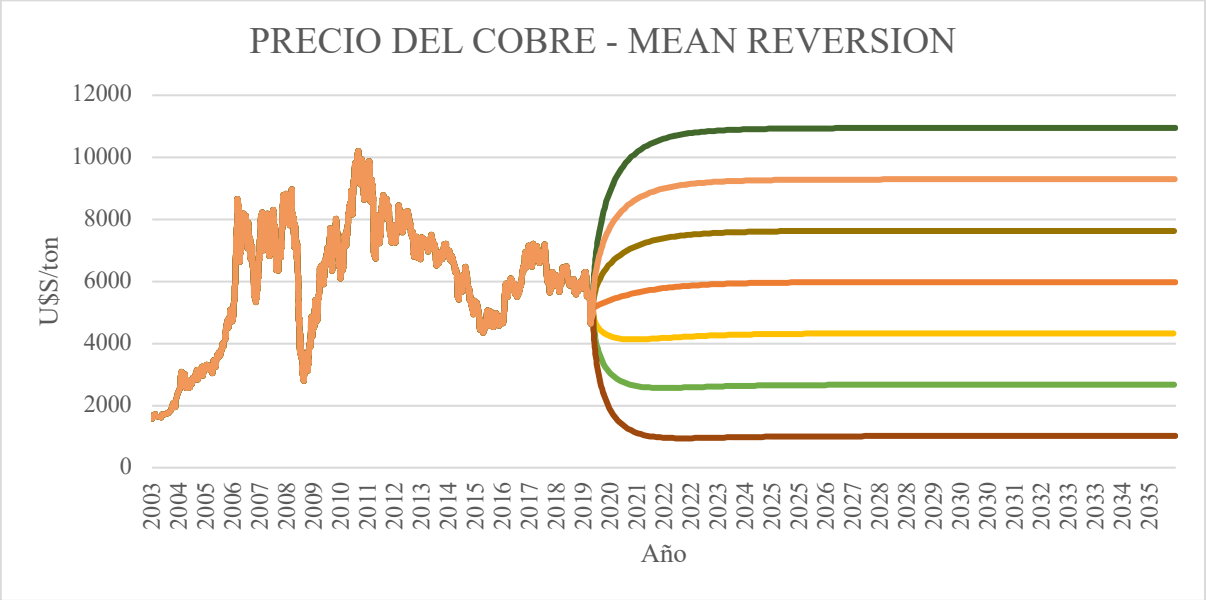


Figura 4.1. Gráfico del precio del cobre aplicando Mean Reversion.

Cabe destacar que, debido a la construcción matemática del modelo Mean Reversion, cuanto más se aleja el precio del cobre de su media menor es la probabilidad de ocurrencia de dicho precio. De esta manera, la probabilidad de que la variable en cuestión se encuentre cercana a los +3 ó -3 sigmas es baja pero posible. Entendiendo el comportamiento de la variable desde este punto de vista, y para poder simularlo se definió una normal, con media 0 y desvío estándar igual a 1 que representa el desvío que tendrá la variable precio del cobre en función de su media.

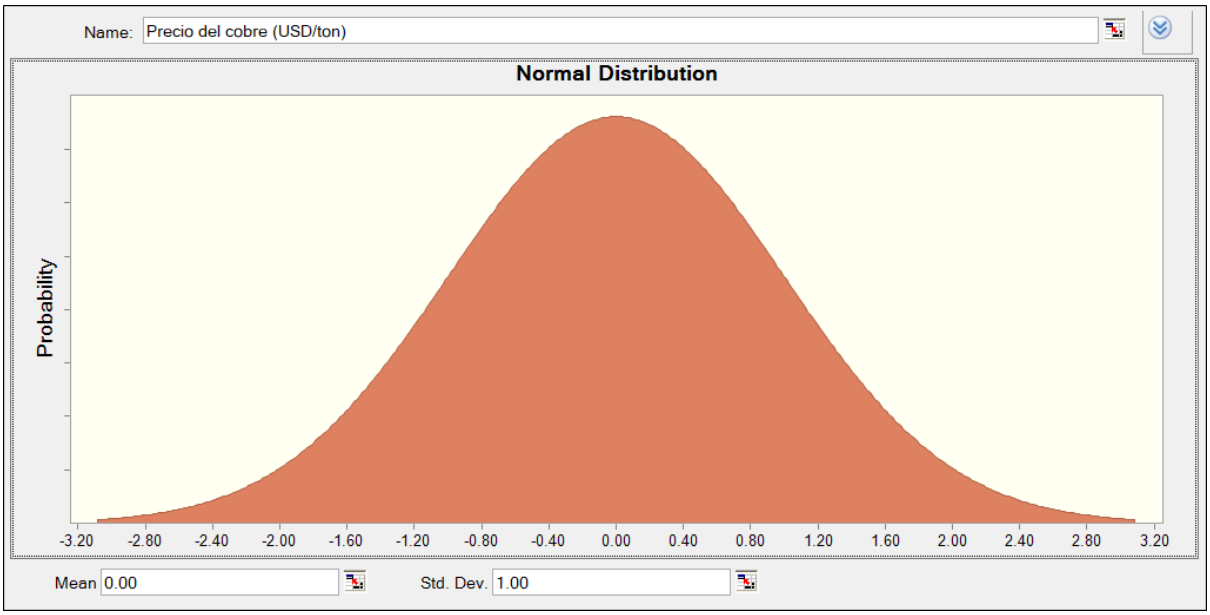


Figura 4.2. Distribución normal utilizada para simular el comportamiento del precio del cobre.

Finalmente, gracias a la importancia del precio del cobre en la rentabilidad del proyecto y la variabilidad que la dispersión de sus posibles valores aporta, se debe considerar al precio del cobre como una variable de riesgo.

4.2.1.1.2 Inflación

Se consideró a la inflación una variable de riesgo ya que El Pachón se ubicará en San Juan, Argentina, obligando al proyecto a atarse a los precios locales para los insumos, la mano de obra y otros gastos que forman parte de la operatoria del mismo.

Para estudiar el comportamiento de esta variable, se partió del valor estimado para el 2020. A partir de ahí, se espera que la inflación vaya convergiendo linealmente hasta estabilizarse en el año 2030, y que continúe con un valor constante para el resto de los años del proyecto. Este valor correspondiente al año 2030 representa el año 7 del proyecto. Esta estimación de un valor base permite hacer un estudio factible para un proyecto de 51 años de duración.

El valor al que tenderá la inflación a partir del año 2030 fue definido teniendo en cuenta la inflación de países latinoamericanos o en condiciones similares de desarrollo. Entendiendo que la inflación en Argentina tenderá a comportarse de manera similar a estos países con comportamientos y condiciones de desarrollo similares, es entonces que se definió una distribución triangular con un mínimo del 1%, una moda del 4% y un máximo de 8%.

Inflación Países Latinoamericanos	
Inflación Uruguay	8,0%
Inflación Brasil	5,0%
Inflación Chile	3,1%
Inflación Colombia	3,2%
Inflación México	5,0%
Inflación Perú	1,6%
Inflación Ecuador	0,0%
Inflación Sudáfrica	5,0%
Valor Promedio	3,9%

Variación hasta el valor objetivo	
Pendiente	-3,0%
Ordenada al Origen	6015,8%

Tabla 4.2. Análisis de la inflación.

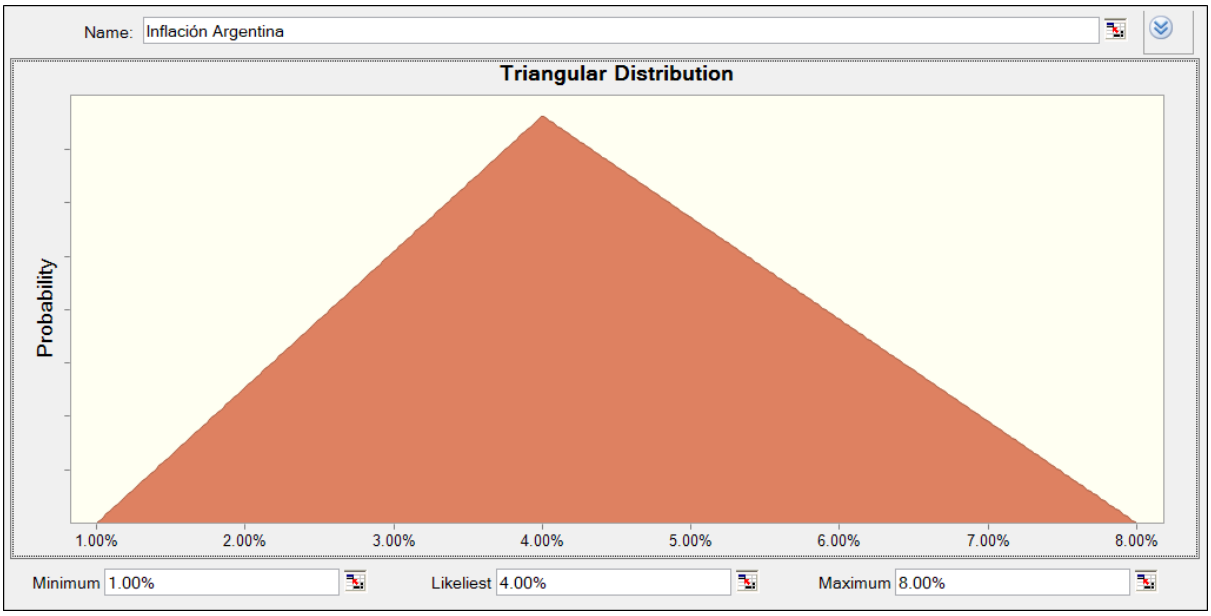


Figura 4.3. Distribución triangular utilizada para simular el comportamiento de la inflación en Argentina.

Finalmente, será necesario tomar las medidas necesarias que cubran el riesgo de obtener un proyecto poco rentable por una suba extrema de los costos involucrados consecuencia de una estabilización de la inflación en los límites superiores.

4.2.1.2 Variables Operacionales/Contractuales/Eventuales

Una vez consideradas las variables que mueven la economía de Argentina, sitio en el que se desarrollara el proyecto, se continuó por definir las variables propias del mismo cuya variabilidad agregue riesgo a este. Las variables que considera este inciso son principalmente operacionales, contractuales y eventuales.

4.2.1.2.1 Días Productivos Anuales

Los días productivos hacen referencia a los días al año que se trabaja efectivamente en la mina y la planta productiva de cobre. Esta cantidad de días no se conoce con certeza al comienzo del proyecto, y es por eso que fue tenida en cuenta a la hora de analizar los riesgos. La cantidad de días productivos, tiene en consideración los diferentes incidentes que frenan la producción, como por ejemplo los paros por conflictos gremiales, las condiciones climáticas extremas, entre otros.

Se incorporó esta variable de riesgo al proyecto, con una distribución triangular, con valores mínimos, máximos y moda de 330, 365 y 345 días respectivamente. Estos valores se obtuvieron relevando información de otros proyectos mineros argentinos, entendiendo que el total de días en un año es la cota superior, y que el valor mínimo y la moda surgen de información usual en la industria minera.

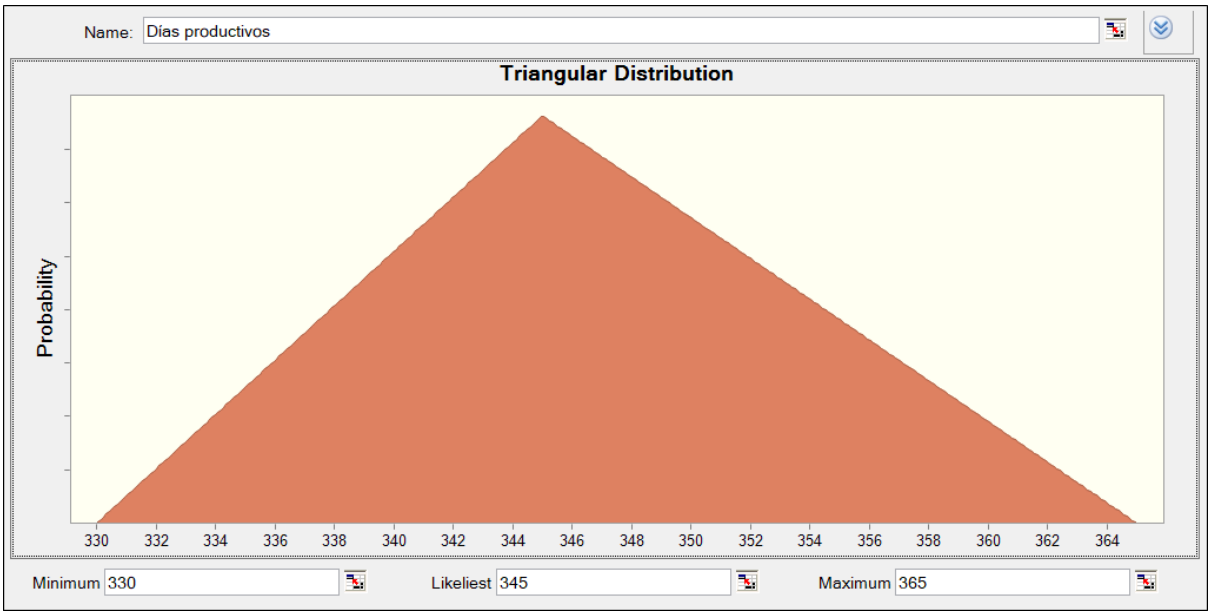


Figura 4.4. Distribución triangular correspondiente a los días productivos anuales.

4.2.1.2.2 Ciclo de Caja

El ciclo de caja se define como la suma del plazo promedio de pago a proveedores y el plazo promedio de cobranza de las ventas. Cada uno de estos períodos de tiempo son definidos en políticas a través de contratos con los agentes externos que involucren cada uno de los casos.

Para entender mejor el ciclo de caja, se lo separó en sus distintos componentes. La cantidad de días que se acuerden para el pago de las materias primas con proveedores definirá el valor de las deudas comerciales, y los días entre la venta y la cobranza del producto terminado con los clientes definirá el valor de los créditos por ventas. Ambos flujos intervienen en la definición del capital de trabajo del proyecto, por lo tanto, su variación influye directamente en el valor del VAN, ya que el FCFF considera la variación en capital de trabajo año a año, entre otros factores. Finalmente, es importante analizar los diferentes períodos de tiempo que se pueden acordar a modo de observar el flujo financiero del proyecto en el tiempo.

Para la definición del plazo de pago a proveedores, se utilizó una distribución normal con media de 30 días y un desvío estándar de 20 días, teniendo en cuenta, además, que el valor mínimo que puede tomar es de hasta 10 días.

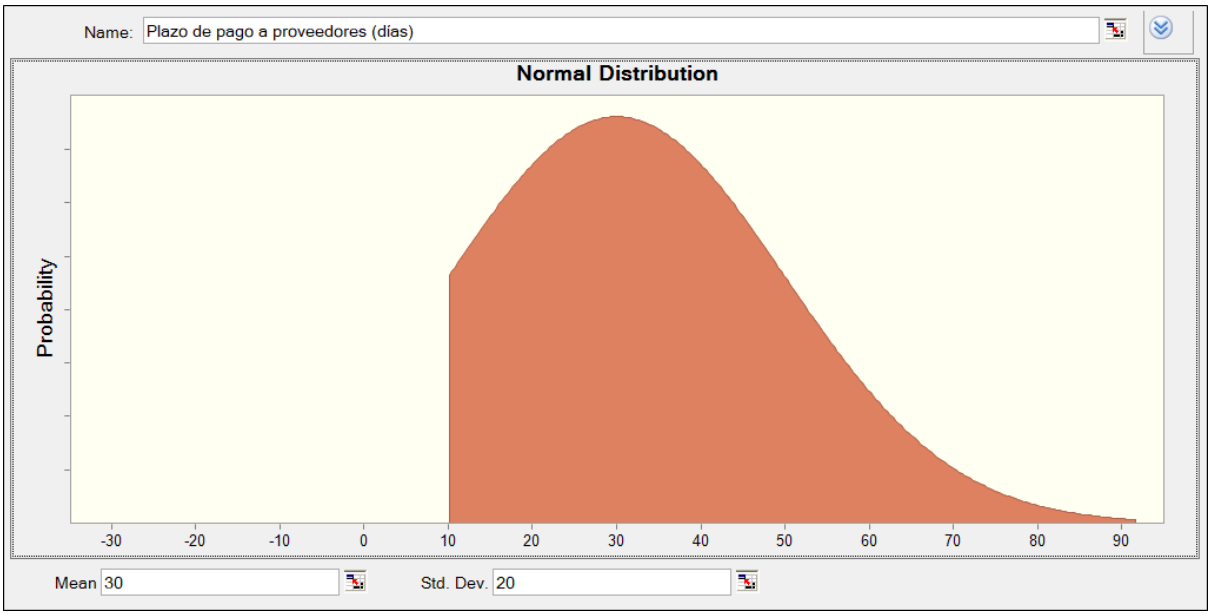


Figura 4.5. Distribución correspondiente el plazo de pago a proveedores.

De forma similar, para la definición del plazo de cobranza, se utilizó una distribución Normal con media de 30 días y un desvío estándar de 20 días. Una vez más, se truncó la distribución para que el valor mínimo que pueda tomar sea de hasta 10 días.

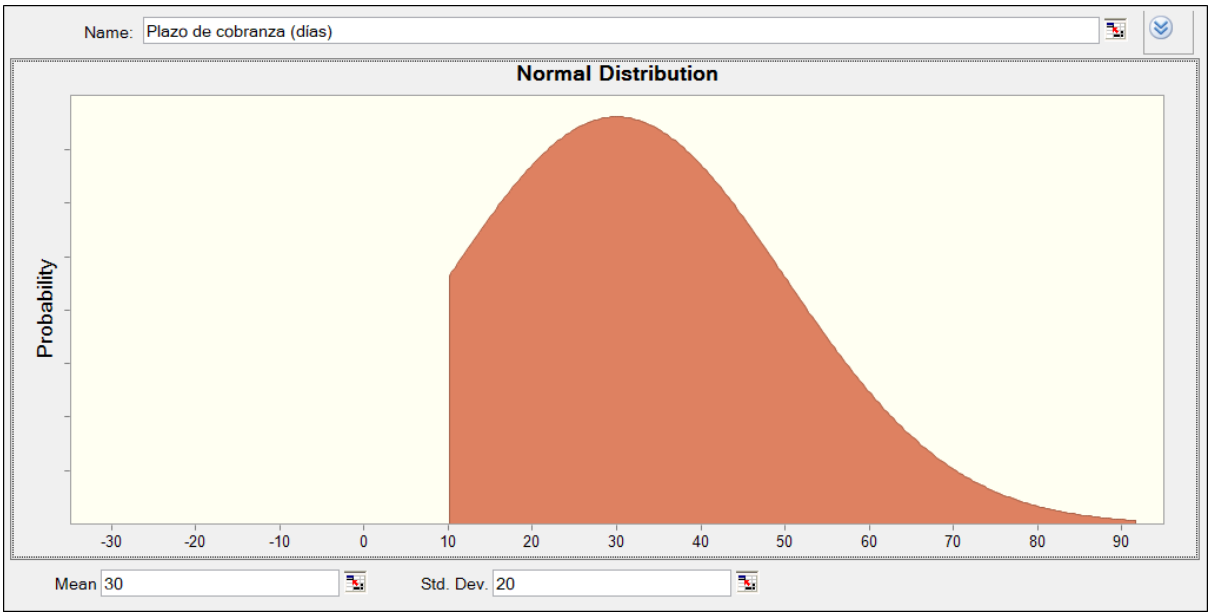


Figura 4.6. Distribución correspondiente al plazo de cobranza.

Cabe destacar que tanto el acuerdo que se logre con los proveedores como con los clientes va a depender del escenario macroeconómico que se desarrolle en el país. Para modelar esta relación se creó una dependencia entre los plazos que considera el ciclo de caja y la inflación

ya que es una de las variables económicas que mejor explica los posibles escenarios que se planteen en Argentina. Por lo tanto, cuando la inflación aumente, se buscará estirar los plazos de pago a proveedores y reducir los plazos de cobranza a clientes mientras que cuando la inflación sea menor se accederá a menores plazos de pago a proveedores y mayores plazos de cobranza a clientes. Es decir, tanto la variable de pago a proveedores como la de plazo de cobranza, estarán relacionada con la variable inflación. Para simular esta situación en el modelo, se definieron las siguientes correlaciones con el Crystal Ball, como se puede apreciar en el gráfico a continuación.

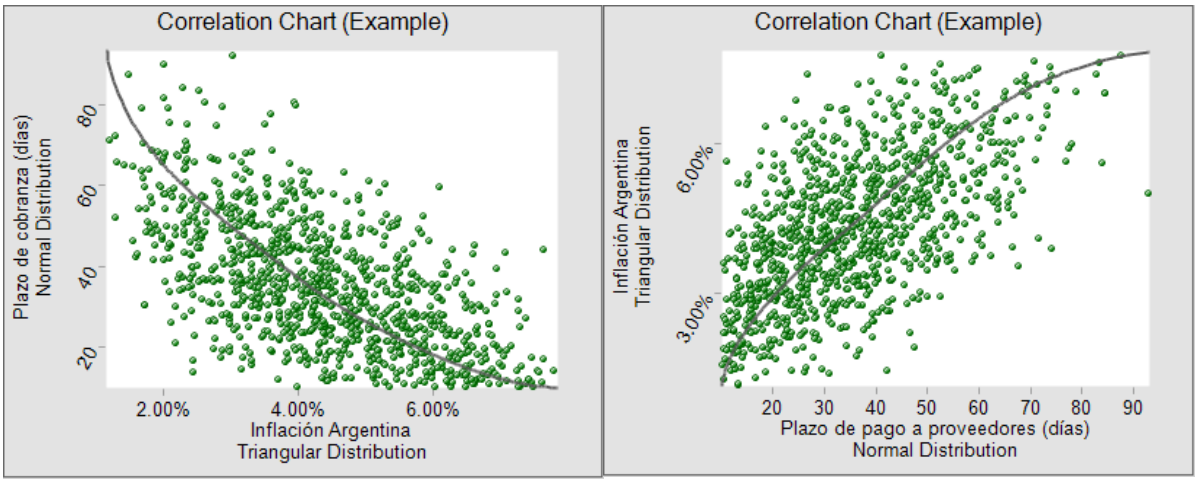


Figura 4.7. Correlación entre el plazo de pago a proveedores y la inflación.

En resumen, tanto el plazo de cobranza como el plazo de pago a proveedores, resultarán ser variables aleatorias, ya que sus comportamientos quedan atados a la variación aleatoria de la inflación.

4.2.1.2.3 Porcentaje de Operación de la Mina

Se consideró al porcentaje de operación de la mina como una variable de riesgo de importancia para el proyecto ya que, de no cumplirse las estimaciones detalladas en el *Capítulo II. Estudio de Ingeniería,* se verán afectadas las proyecciones de venta de cada año y, por ende, los ingresos estimados en el *Capítulo III. Análisis Económico-Financiero.*

Para agregar dicha variable al estudio de riesgos, se procedió a tomar una variación porcentual del porcentaje de operación de la mina estimado de hasta un -10%. En otras palabras, si se previó que el porcentaje de operación de la mina podría ser del 80% para un dado año, podría suceder que en realidad el porcentaje de operación sea hasta un 15% menor, es decir, un porcentaje de operación del 80%x(100%-15%) = 68%. Esta reducción en la cantidad de mineral extraído produciría, como se ha explicado antes, una reducción en la cantidad de cobre producido para comercializar, reduciendo los ingresos del proyecto.

Se modeló esta variación en la estimación del porcentaje de operación de la mina como una distribución uniforme, de mínimo -10% y máximo 0%, es decir, no se prevé un escenario de mayor producción de la mina debido a que se ha constatado con expertos que, usualmente, el porcentaje de la mina es el indicado anteriormente y que, en cualquier caso, dicho porcentaje puede ser menor al previsto pero muy rara vez superior. Este porcentaje de operación podría sufrir variaciones debido a errores en las estimaciones y/o a paradas operativas en la mina.

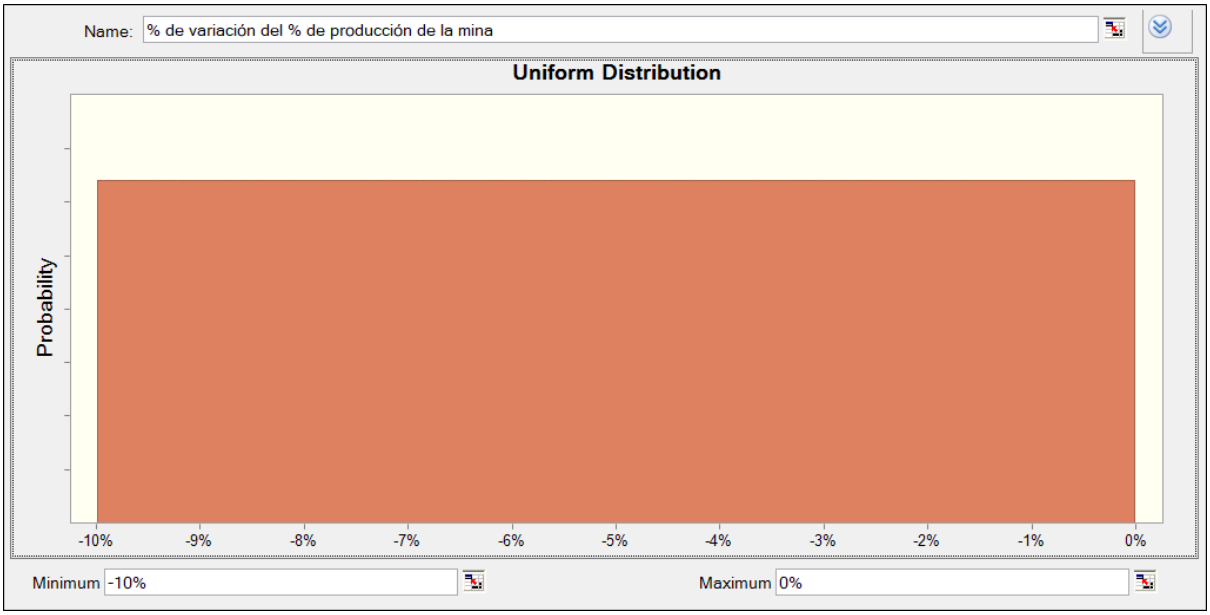


Figura 4.8. Distribución uniforme correspondiente al porcentaje de variación del porcentaje de producción de la mina.

4.2.1.2.4 Porcentaje de Operación de la Planta

Al igual que la variación en el porcentaje de operación de la mina, también se consideró una variación en el porcentaje de operatividad de la planta. Esta variable se introdujo al proyecto como una distribución uniforme de mínimo -10% y máximo 0%. Estos valores de la distribución aleatoria hacen referencia a la variación porcentual en el porcentaje de operación de la planta.

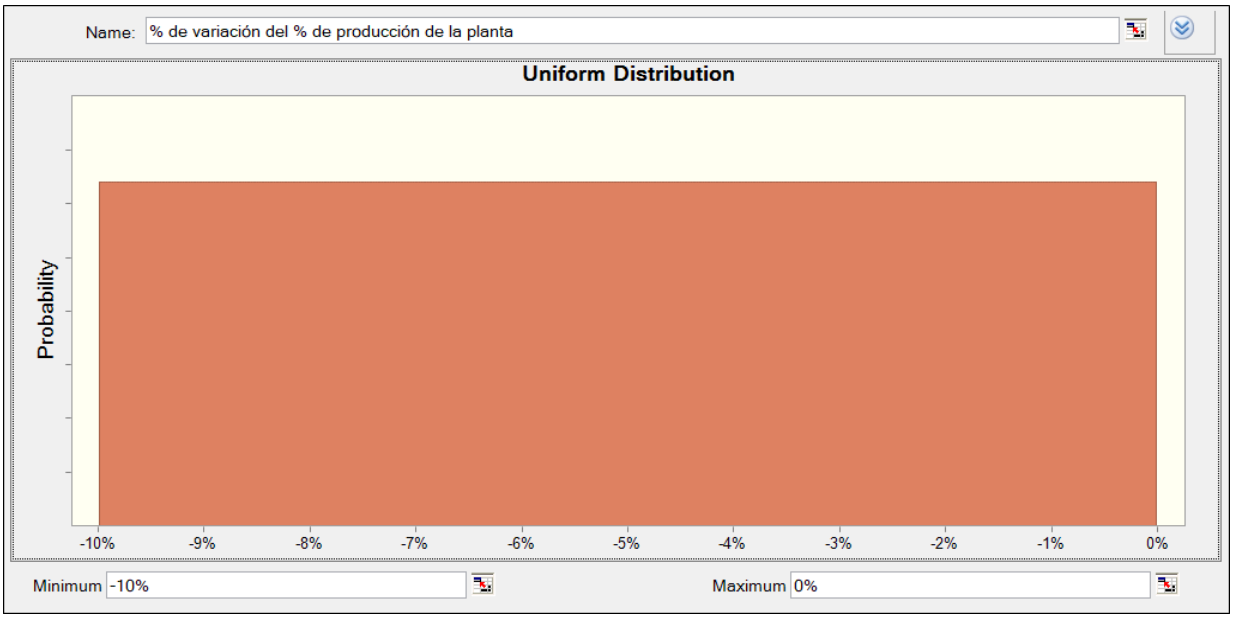


Figura 4.9. Distribución uniforme correspondiente al porcentaje de variación del porcentaje de producción de la planta.

Esta posible caída en la operatividad de la planta, hará que se procesen menos toneladas de mineral, produciendo menos cobre y, por ende, vendiendo una menor cantidad y reduciendo así los ingresos del proyecto. Estas reducciones en la operatividad en la mina, se pueden deber a fallas en las máquinas, accidentes graves, problemas gremiales, entre otras eventualidades.

4.2.1.2.5 Ley del Cobre Medio

La ley del cobre es la cantidad de cobre fino que se encuentra presente en el mineral y fue considerada una variable de vital importancia para la viabilidad del proyecto. La cantidad de cobre, según se conoce actualmente para la zona del depósito El Pachón, es de 0,47%. De todas maneras, los estudios ya realizados que estiman este porcentaje de cobre presente no alcanzaron la etapa de exploración propia del proyecto de ingeniería en la que se realizan sucesivas perforaciones de exploración. Por lo tanto, podría llegar a suceder que la ley sea menor o incluso superior a 0,47%.

Para la definición de los valores que tomará la distribución que explique la variabilidad de la Ley de Cobre se tomó como mínimo el punto de corte para decidir la no explotación del yacimiento cuprífero. Este valor es el mínimo de Ley de Cobre que admite el proyecto, y corresponde a un 0,4. Asimismo, según estudios geológicos realizados con anterioridad, el valor máximo medio que se espera poder encontrar en El Pachón es una ley del 0,54%. Finalmente, para analizar esta variable y su impacto en el proyecto, se la modeló como una distribución triangular, con un mínimo de 0,4%, máximo 0,54% y 0,47% como valor más probable.

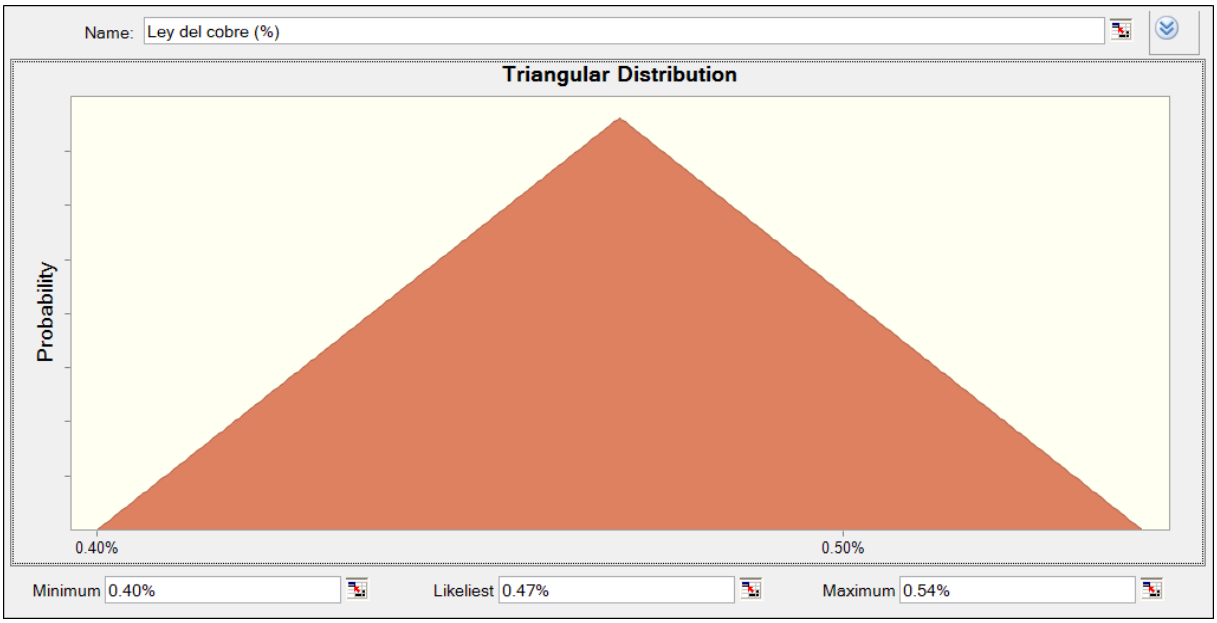


Figura 4.10. Distribución correspondiente a la ley de cobre de El Pachón.

4.2.1.2.6 Costo de Materia Prima: Oxígeno Industrial y Ácido Sulfúrico

Se decidió incorporar una variabilidad en los costos tanto del ácido sulfúrico como del oxígeno industrial ya que, juntos, componen aproximadamente el 97% de los costos de la materia prima involucrada en el proceso productivo. Por lo tanto, un aumento o baja en los precios de estos insumos, afectarían en gran medida el valor de los costos de materia prima y por consiguiente a los costos totales del proyecto, ya que el costo del oxígeno industrial y el ácido sulfúrico representan un 26% aproximadamente de los costos totales de operación.

Para modelar esta suba o baja en los precios de ambos insumos, se procedió a usar una distribución uniforme debido a la posible volatilidad de la variación porcentual del precio, de máximo 10% para simular un alza en los precios, y un mínimo de -10% para simular una baja en los precios. Asimismo, se decidió incorporar un factor de correlación positiva con la inflación del 0,4, de la misma manera en la que se correlacionaron los plazos de cobranza y pago a proveedores.

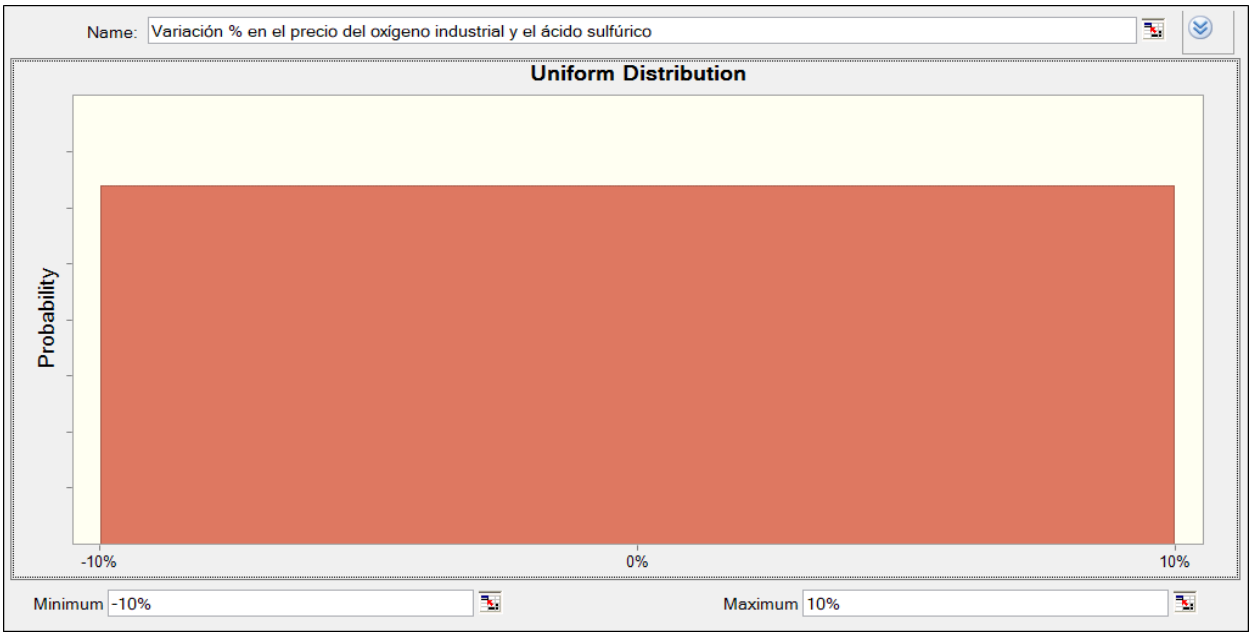


Figura 4.11. Distribución correspondiente a variación porcentual en el precio del oxígeno industrial y el ácido sulfúrico.

4.2.1.2.7 Precio del Combustible

Al igual que con los precios del oxígeno industrial y el ácido sulfúrico, se decidió incorporar al proyecto una variabilidad en los precios de los combustibles, ya que representan aproximadamente un 16% del total de los costos operativos.

Nuevamente, se decidió modelar esta variable con una distribución uniforme, de mínimo -10% y de máximo 10%, adicionando también una correlación positiva con la inflación del 0,4.

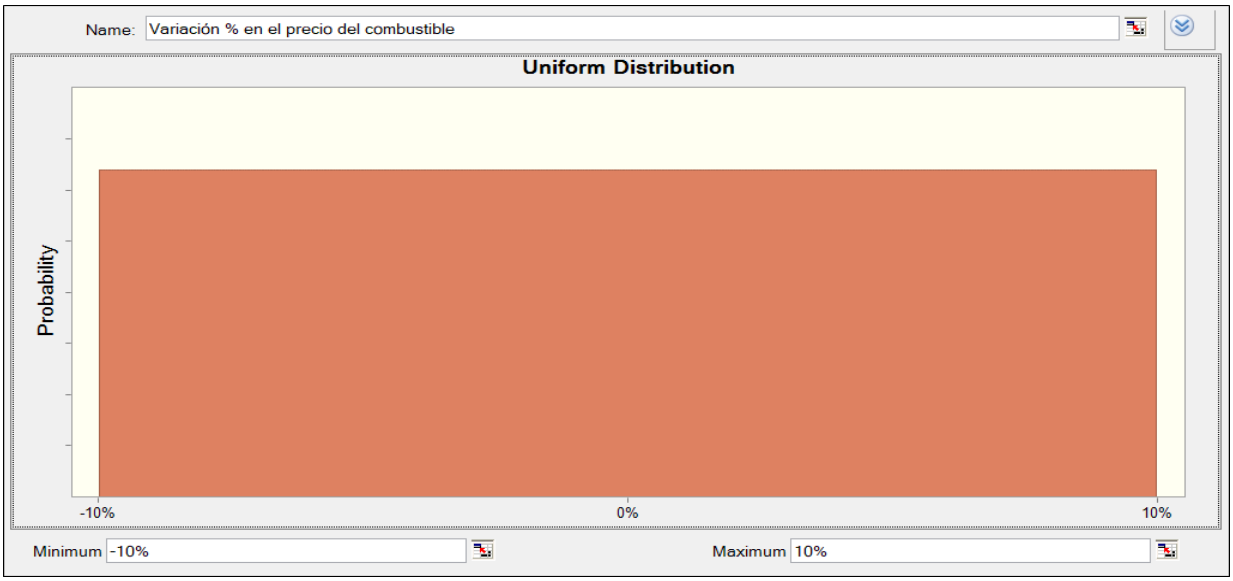


Figura 4.12. Distribución correspondiente a variación porcentual en el precio del combustible.

4.2.1.2.8 Porcentaje de Recuperación del Ácido Sulfúrico

Como se ha mencionado anteriormente, el ácido sulfúrico es uno de los principales componentes del costo de la materia prima del proyecto, por lo que aprovechar su recuperación es de vital importancia para este. Actualmente, el porcentaje de recuperación de ácido sulfúrico es de un 40%, reduciendo la cantidad de ácido que se debe comprar año a año gracias a dicha recuperación.

En caso de que este porcentaje de recuperación se vea afectado debido a imposibilidades operacionales, a mejoras tecnológicas o limitaciones en el proceso, dicha variación tendrá una consecuencia directa en la cantidad de ácido sulfúrico que se deberá adquirir año a año para poder operar la planta, afectando el costo de materia prima. Es por esto que se decidió incorporar esta variable al proyecto, simulándola como una variable uniforme de mínimo -10% y 10% de máximo. Esta variable hace alusión a la variación porcentual en el porcentaje de recuperación de ácido sulfúrico, es decir, si el porcentaje actual de recuperación que es de un 40% resulta ser un 15% inferior, entonces el verdadero porcentaje de recuperación será 40% x (1 - 0,15) = 34%.

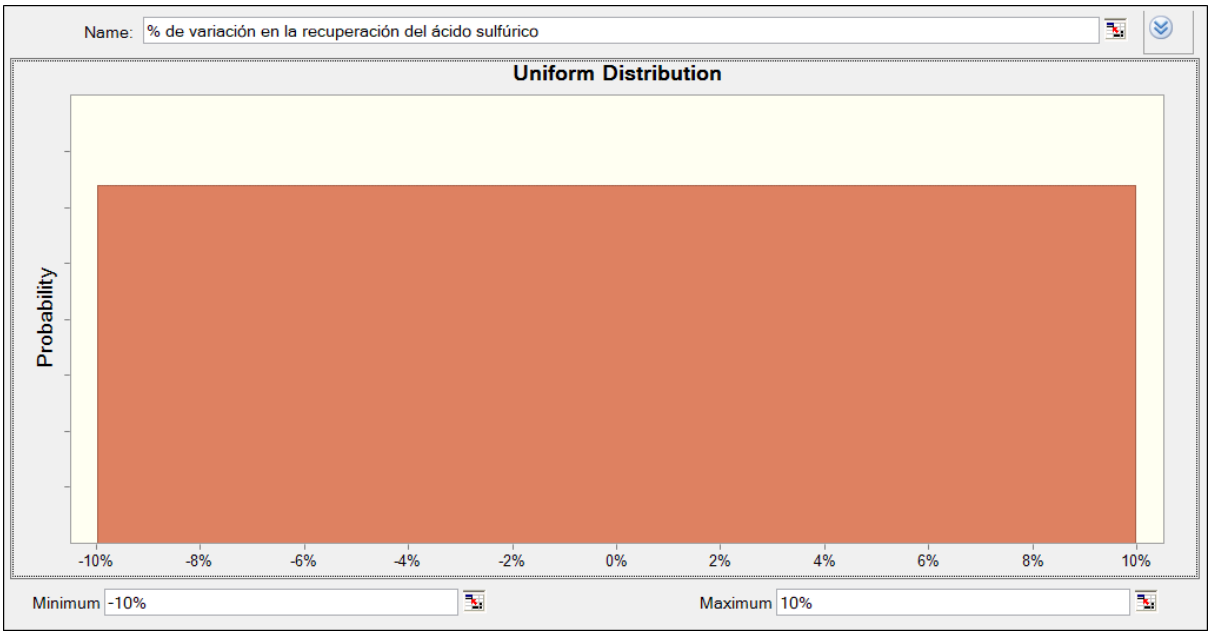


Figura 4.13. Distribución correspondiente al porcentaje de variación en la recuperación del ácido sulfúrico.

4.2.1.2.9 Costo de MOD

Se decidió la incorporación de esta variable a la simulación debido a que, si bien no representa, actualmente, un porcentaje elevado del total de los costos operativos (alrededor del 9%) el sueldo de los operarios fue calculado tomando como referencia un sueldo promedio para un minero, en dólares.

Para el cálculo de este costo, se pasó el monto en dólares a pesos argentinos con el tipo de cambio actual y a partir de entonces se ajustó para cada periodo el valor en pesos por la inflación de Argentina. Por lo tanto, en el escenario en el que el sueldo aumente en dólares y

el tipo de cambio también tome valores elevados, podría llegar a traducirse en un costo en pesos con mayor impacto en el proyecto. Debido a esto, se decidió incorporar esta variable al modelo, y se tomó una distribución triangular, con mínimo 14.000 dólares, máximo 50.000 dólares y moda 45.067 dólares, para representar el sueldo anual de un trabajador minero.

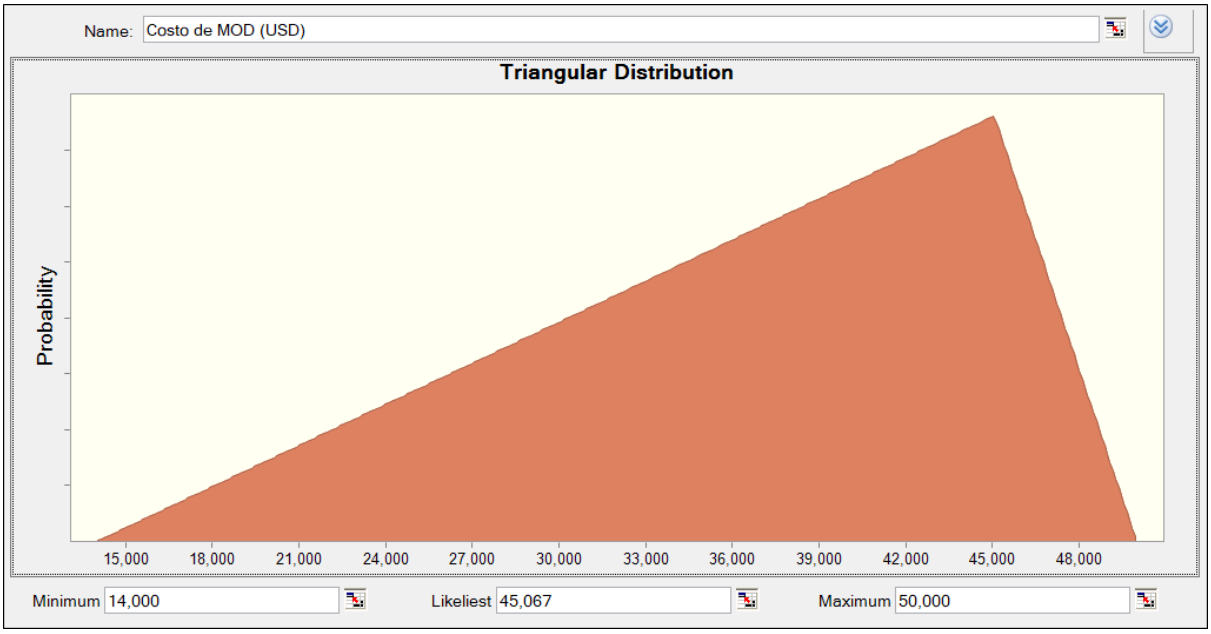


Figura 4.14. Distribución correspondiente al costo de la mano de obra directa.

4.2.1.2.10 Costo de Mantenimiento

Al igual que con los costos de mano de obra directa, de ácido sulfúrico y oxígeno industrial, el costo del mantenimiento de los equipos representa un porcentaje importante de los costos totales de producción. El costo de mantenimiento, como se explicó en el *Capítulo 4. Análisis Económico-Financiero*, se calcula como un 30% del total de los costos de MP, MOD y gastos de fabricación variables.

Debido a la importancia y criticidad del mantenimiento de equipos en este tipo de proyectos, se decidió evaluar el impacto de una variación en dicho porcentaje que representa el costo de realizarle un mantenimiento a las maquinarias e instalaciones. Consultando con expertos, se ha podido determinar que el costo de mantenimiento de equipos, como mínimo, puede llegar a ser de un 25% de los costos, mientras que algunas pocas veces, en donde es necesario realizar un mantenimiento más exhaustivo de lo previsto, puede alcanzar un 35% de los costos. Es por esto que se decidió modelar la variación de esta variable como una distribución triangular de moda 30%, mínimo 25% y máximo 35%.

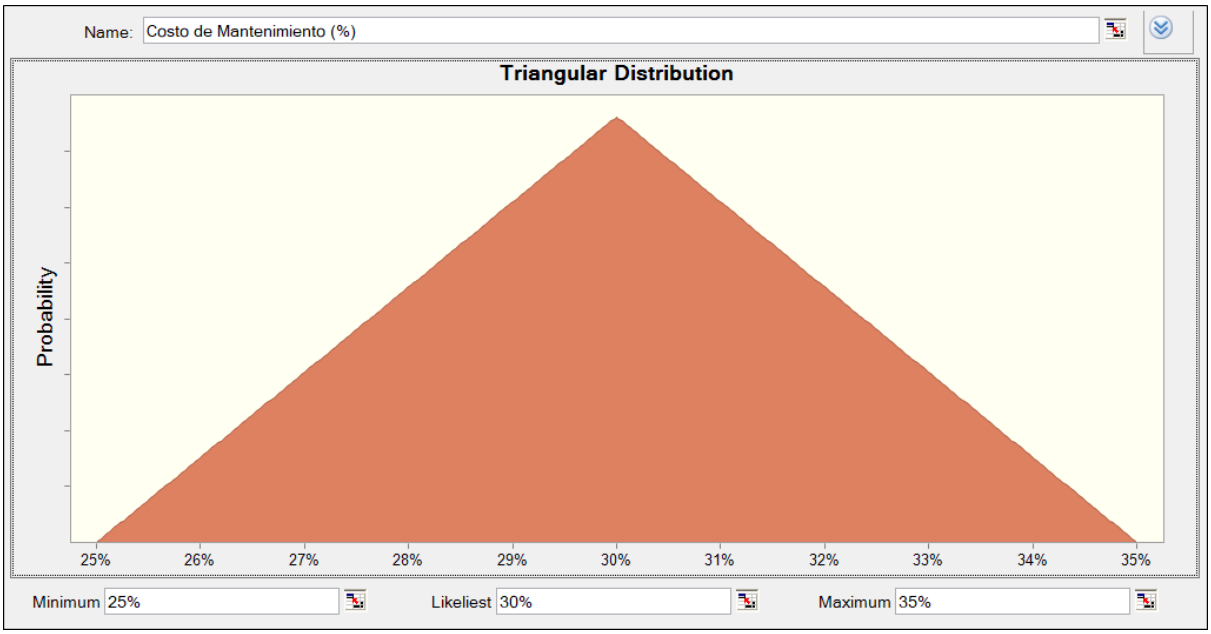


Figura 4.15. Distribución correspondiente al costo de mantenimiento.

4.2.2 Variables de Decisión

Las variables de decisión son aquellas variables que se definen de antemano, previo a la simulación en sí misma. De ninguna manera el término "decisión" hace alusión a que se podrán controlar los valores de dichas variables, sino que se refiere a que se evaluará el desarrollo del modelo mediante la definición de ciertos valores estáticos a fin de modelar posibles escenarios.

Los escenarios que se tuvieron en cuenta son tres: el actual, es decir, no se observarán cambios a lo largo del proyecto en lo que respecta a las variables de decisión; un escenario de libre mercado, en donde las variables de decisión reflejarán una política que aliente la producción y la exportación; y un escenario intervencionista, en donde se observarán tasas y alícuotas más restrictivas.

4.2.2.1 Tasas Gubernamentales

La definición de los diferentes escenarios propuestos consideró principalmente las tasas y alícuotas que regulan la actividad comercial en Argentina. Teniendo en cuenta que los diferentes modelos económicos que define el gobierno en el país marcan rumbos significativamente diferentes en cuanto al marco de manejo de las empresas, se decidió analizar el impacto de una variación en los tres aspectos impositivos y comerciales más relevantes para el proyecto: las retenciones a las exportaciones, el impuesto a las ganancias y los ingresos brutos.

4.2.2.1.1 Retenciones

Actualmente, las retenciones a las exportaciones para el rubro de metales no ferrosos se encuentran en un 8% de las ventas. Es de vital importancia evaluar la rentabilidad del proyecto

frente a posibles cambios en esta tasa de retenciones, ya que un aumento en este porcentaje podría comprometer de manera significativa los ingresos del proyecto.

Para poder simular una variación en la tasa de retenciones, se decidió optar por introducir dicha variable como una variable de decisión, que tomará 3 posibles valores, en función del escenario que se presente. Para el escenario actual, como se ha mencionado en el *Capítulo III. Análisis Económico-Financiero*, la tasa es de un 8%, mientras que para los escenarios de libre mercado e intervencionista, la tasa tomará valores de 4% y 12%, respectivamente. Estos valores fueron obtenidos realizando un análisis sobre los valores mínimos y máximos históricos registrados en retenciones en metales.

4.2.2.1.2 Impuesto a las Ganancias

A partir del año 2021, la tasa de impuesto a las ganancias se reducirá, para las empresas, del 30% al 25%. Estas directivas fueron consideradas a la hora de definir la tasa de impuesto a las ganancias en el escenario base ya que se consideró de un 25%. De todas maneras, también resulta de interés observar las diferentes regulaciones que puedan llegar a tomar a futuro los diferentes tipos de gobierno y que comprometen la rentabilidad del proyecto.

Al igual que con las retenciones, se decidió tomar tres valores para el IG, cada valor asociado a un escenario posible. Para el escenario actual, se tomó el 25%, como bien indica la reforma tributaria. Para el escenario de libre mercado, se procedió a mantener la actual alícuota de IG debido a que es poco probable que ésta se ubique por debajo de dicho porcentaje. Para el escenario intervencionista, se tomó una tasa del 30%, acercándose a la tasa de IG que deben tributar las personas físicas.

4.2.2.1.3 Ingresos Brutos

Finalmente, uno de los impuestos que más castiga a los proyectos de inversión, es el impuesto a los ingresos brutos, ya que no tiene en cuenta si efectivamente hubo ganancia o no, sino que obliga a tributar por lo facturado en ventas.

Para el escenario actual, la alícuota de IIBB es del 1%, según lo establecido por la Provincia de San Juan. Para el escenario de libre mercado, al igual que con el impuesto a las ganancias, se decidió mantener la tasa de IIBB, ya que es poco probable que la provincia modifique este valor debido a la masa de dinero que representan las ventas de proyectos mineros en San Juan. Para el escenario intervencionista, se tomó una alícuota del 3%.

4.2.2.2 Tipo de Cambio Real

Finalmente, se introdujo la variable de decisión tipo de cambio real en el análisis de riesgos del proyecto. A diferencia de las tasas recién descriptas, el tipo de cambio real se definirá independientemente de los escenarios comerciales que se desarrollen en el país, por lo que sus valores no se ajustaran a una economía de libre mercado o intervencionista, sino que tomarán valores que definan diferentes escenarios para las tres situaciones impositivas ya descritas.

Se define como tipo de cambio real a la medida del poder adquisitivo de una moneda frente a otra.[131] En otras palabras, da una idea del poder de compra de un determinado bien de una moneda frente a la otra. En el caso del proyecto en cuestión, se empleó el tipo de cambio real bilateral ARS/USD. El tipo de cambio real determina, en conjunción con otros factores, el valor del tipo de cambio nominal, el cual se emplea en el proyecto para realizar la conversión de dólares a pesos. A continuación, se presenta la ecuación que relaciona tipo de cambio real con tipo de cambio nominal.

$$TCR = TCN \times \frac{IPE}{IPL} \qquad (4.1)$$

IPE hace referencia al índice de precios en el extranjero e IPL hace referencia al índice de precios local. Ambos índices fueron calculados en base a la inflación acumulada en cada país, quedando entonces la ecuación como:

$$TCR = TCN \times \frac{(1+Infl.Acum.EE.UU.)}{(1+Infl.Acum.Arg.)} \qquad (4.2)$$

El análisis económico financiero del proyecto fue realizado en pesos argentinos. De todas maneras, el análisis de rentabilidad del proyecto, que se define a partir del flujo de fondos y del VAN, fue realizado en dólares. Por lo tanto, la proyección que siga el tipo de cambio real, que a su vez define una relación con el tipo de cambio nominal, resulta una variable de riesgo fundamental a analizar, y su mitigación se realizará a modo de reducir el riesgo que implica para el proyecto.

A la vez, la decisión de incluir esta variable en el análisis de riesgos se basó en que las posibles proyecciones que presente a futuro el tipo de cambio real determinan un diferente escenario macroeconómico de adelanto o atraso cambiario.

Particularmente, en el caso de que se presente un adelanto cambiario, que se dará cuando el tipo de cambio real presente una suba, el proyecto se verá favorecido ya que los ingresos están determinados por el precio internacional del cobre en dólares, mientras que una gran parte de los costos son en pesos argentinos y están atados a la inflación. En este sentido, el margen de ganancia aumentaría, aumentando la rentabilidad del proyecto. De lo contrario, en el escenario de un atraso cambiario, tanto la apreciación del peso frente a la divisa, como el crecimiento de la inflación a la que responden los principales costos, afectarán la rentabilidad de éste, reduciendo el margen de ganancia ya que los costos en pesos (que son la mayoría) aumentarán, mientras que las ganancias en dólares serán convertidas a un tipo de cambio en pesos que no es competitivo para hacer frente a la inflación. Finalmente, la importancia de esta variable en el sistema se debe principalmente al efecto que tiene en el escenario cambiario del país.

[131] https://economipedia.com/definiciones/tipo-de-cambio-real.html

En cuanto al modelaje del tipo de cambio real en la simulación, se definió a esta variable como una decisión propia. Esto significa que la variable tendrá fijos sus valores extremos y el paso con el cual salte de un valor a otro. Se decidió proceder de esta manera ya que, por un lado, se obtuvo la serie histórica del tipo de cambio real bilateral ARS/USD, otorgando mayor sustentabilidad a los datos para la construcción del modelo, y segundo debido a que existen ciertos márgenes lógicos dentro de los cuales se puede mover el tipo de cambio real. No existe la posibilidad de que el tipo de cambio real se mueva por encima o por debajo de ciertos límites, debido a que, sino el país se volvería muy poco competitivo a la hora de exportar, en el caso de un atraso cambiario extremo, o muy poco atractivo para importar, en el caso de un fuerte adelanto cambiario. Se deberán correr tantas simulaciones de Montecarlo como posibles valores de tipo de cambio haya, arrojando así una curva de probabilidad de ocurrencia del VAN para cada uno de estos escenarios.

Para encontrar valores realistas del tipo de cambio real que definan escenarios macroeconómicos, se tomó una serie que calcula desde 1997 hasta la actualidad el promedio anual del índice diario de tipo de cambio real bilateral con Estados Unidos ya que es frente a su moneda que se realiza el análisis cambiario del peso argentino. Estos datos históricos son provistos por el Banco Central de la República Argentina en los archivos de Índice de Tipo de Cambio Real Multilateral. Este informe se elabora y publica de forma diaria a partir de las cotizaciones de las monedas a las 15:00 de cada día.

Los datos históricos fueron considerados con base 100 que corresponde al valor promedio del ITCRB de 2015. Por lo tanto, se calculó el tipo de cambio real para cada año a partir del valor que tomó diciembre del 2015. Una vez creada la serie de la variable en cuestión, se definieron los tres principales escenarios a evaluar. Ellos consideran el valor medio de los datos como escenario promedio, una apertura de tres sigmas hacia la derecha y de menos un sigma hacia la izquierda. La amplitud de los escenarios extremos fue definida a partir de la probabilidad de ocurrencia que estos presentan y que se visualiza en un histograma.

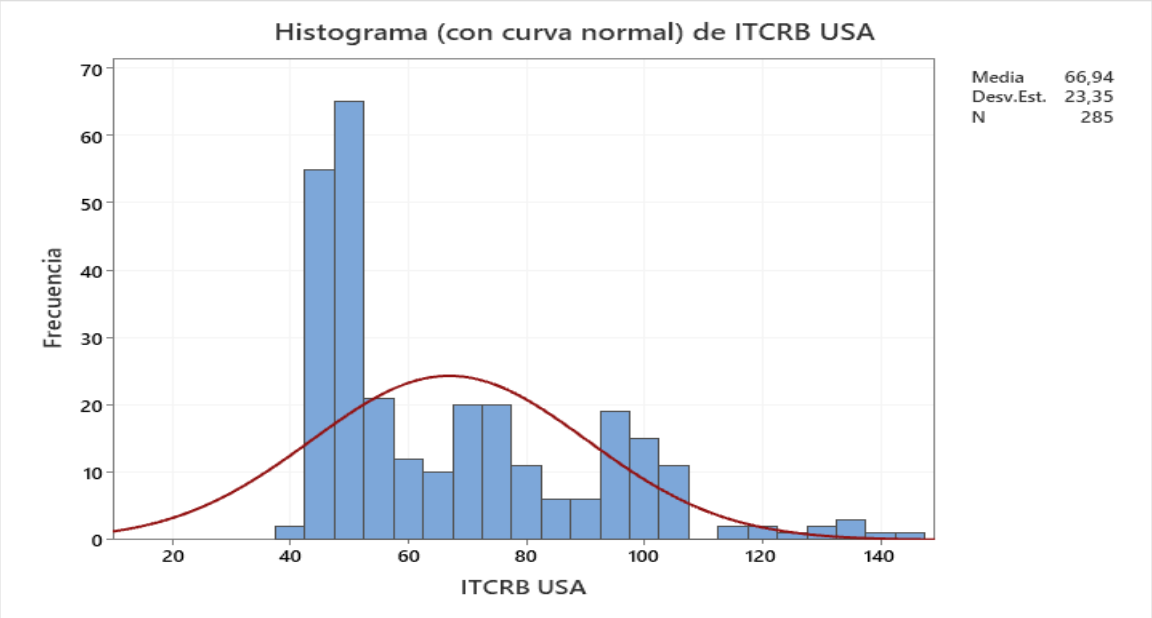


Figura 4.16. Histograma del ITCRB de Estados Unidos.

Finalmente, la variable de decisión se definió con un mínimo de 43,59 ARS/USD un máximo de 137 ARS/USD y un paso de 23,35 ARS/USD. Es así como quedaron cinco posibles valores de tipo de cambio real y, por lo tanto, 5 escenarios a analizar.

Valores de la serie de TCRB USA	
MAX	144,68
MIN	42,38
PROMEDIO	66,94
SIGMA	23,35

Tabla 4.3. Valores de la serie del tipo de cambio real de Estados Unidos.

Escenarios	**TCRB USA (ARS/USD)**
1	43,59
2	66,94
3	90,29
4	113,65
5	137,00

Variación hasta el valor objetivo	
Pendiente	0,00
Ordenada al Origen	49,06

Tabla 4.4. Escenarios de posibles tipos de cambio reales.

En los casos en que el tipo de cambio real se encuentre por debajo de la media (66,94ARS/USD), se estará frente a un escenario de atraso cambiario, mientras que, si el tipo de cambio real se encuentra por encima de la media, se observará un escenario de adelanto cambiario.

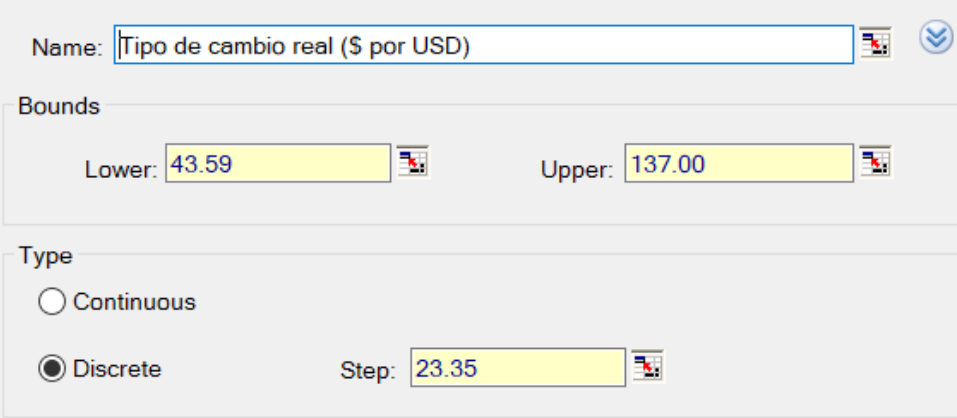


Figura 4.17. Descripción de la variación de Tipo de cambio real definida por el valor mínimo y el paso.

Una vez definidos los escenarios en los que se medirá el retorno del proyecto, se definió el cálculo que se realizará para obtener las proyecciones del tipo de cambio real probables. El valor del tipo de cambio real del 2020 fue definido a través del tipo de cambio nominal del período, la inflación de Argentina y la de Estados Unidos según la fórmula expresada anteriormente. A partir de este año (2020), los valores del tipo de cambio real varían linealmente hasta llegar al valor objetivo que define el escenario en cuestión en el 2030, alineándose con el análisis realizado para la inflación. A partir de ese año, se espera que el valor del tipo de cambio real se estabilice y se mantenga constante, ya que se consideró que en 10 años la situación macroeconómica tenderá a una normalidad. Esta nueva normalidad es la que se evalúa en cada caso de la simulación.

4.2.3 Sucesos

4.2.3.1 Aumento de la Inflación de Estados Unidos.

Se consideró como un suceso puntual el hecho de que haya un aumento de la inflación de Estados Unidos como consecuencia de las elecciones del 2024. En el caso de que esto suceda, a partir de ese año la inflación de EE.UU. aumentará a 4% y se mantendrá constante hasta llegar al final del proyecto. La probabilidad de ocurrencia de este suceso es del 60%.

Las consecuencias de dicho aumento en la inflación de EE.UU. se ven reflejadas en un aumento de los precios de todos aquellos insumos y maquinarias que tengan su precio fijado en dólares. Los montos de las reinversiones en maquinaria, por ejemplo, serán mayores en el caso de que

la inflación de EE.UU. aumente, como así también los insumos cuyo precio está en dólares, debido a que se ajustan por el TC nominal, el cual está afectado por la inflación de EE.UU., entre otros factores.

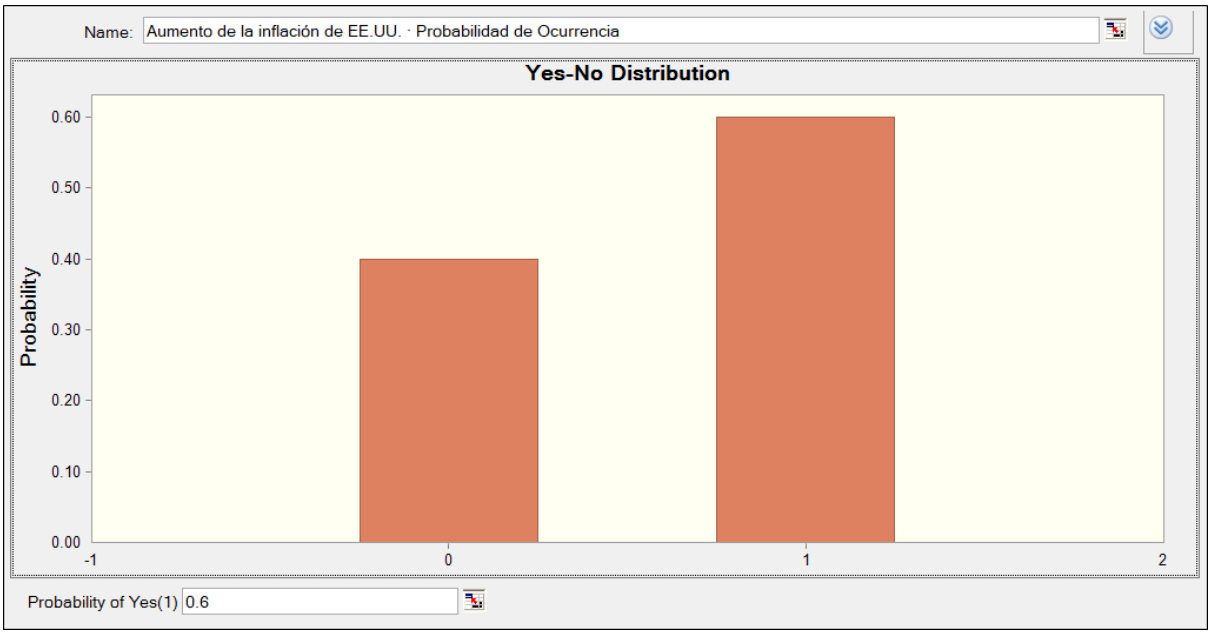


Figura 4.18. Probabilidad de ocurrencia del aumento de la inflación de Estados Unidos.

4.2.3.2 Multa por Contaminación Ambiental

También se consideró como un suceso puntual la introducción de una multa generada por una posible contaminación ambiental. Más allá de que se tomarán todos los recaudos necesarios para evitar cualquier tipo de incidente ecológico, siempre existe la posibilidad de que dicho incidente suceda. Para modelar la ocurrencia de este suceso, se tomó como estimativo que la infracción se cometerá recién en el año 4, que es el año en el que la producción cambia y alcanza la producción máxima del 95%. Se considera que en los primeros años como principalmente se está construyendo o produciendo porcentajes bajos, todas las medidas tomadas con anterioridad cubrirán los posibles riesgos ambientales que se puedan generar, y por lo tanto no se considera como un posible período de riesgo.

Según las legislaciones, aquellas empresas mineras que cometan una primera infracción deberán pagar un monto de 200 millones de pesos (valor de 145 millones de pesos de multa actualizado al año 4 de proyecto por la inflación acumulada de Argentina)[132]. Además de poner en riesgo la imagen de la empresa que gestiona el proyecto, este desembolso de dinero

[132] Rescatado de: Normativas Provinciales http://200.70.33.130/index.php/normativas-provinciales/leyes-provinciales/1555

aumentará los costos y, como consecuencia, disminuirá la utilidad neta. La probabilidad de ocurrencia de este suceso es del 20%.

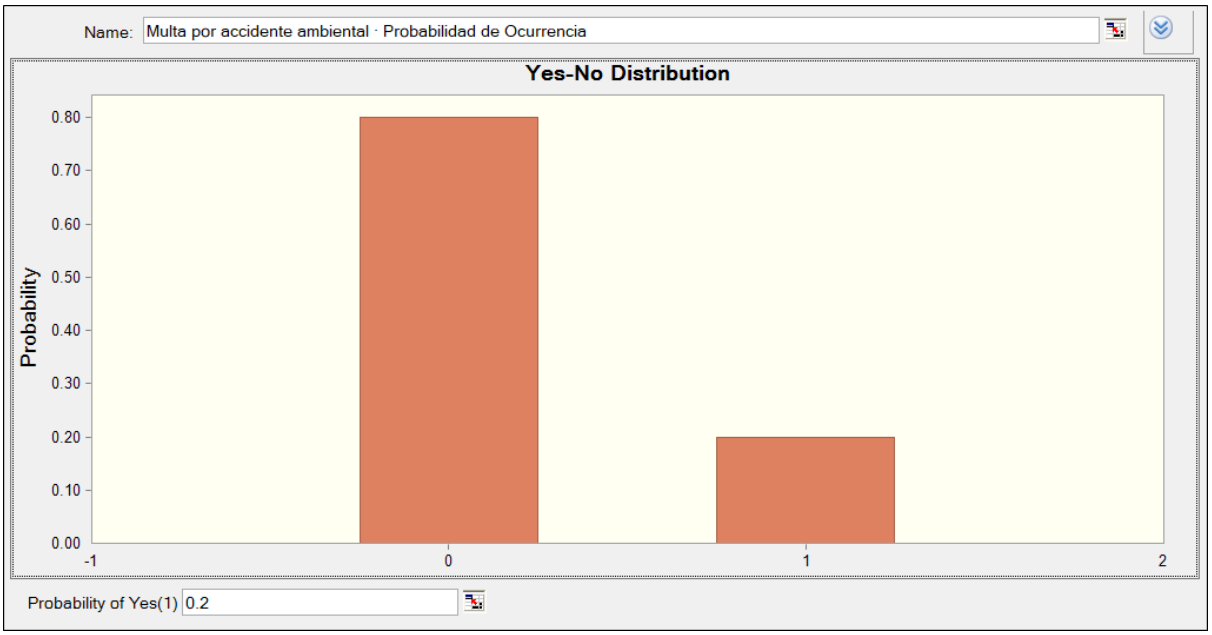


Figura 4.19. Probabilidad de ocurrencia de la multa por accidente ambiental.

4.2.3.3 Arancel sobre las Importaciones

Finalmente, se consideró como un suceso puntual la introducción de un arancel sobre las importaciones. Una medida de este tipo afectará el valor de las inversiones de maquinaria que equipan tanto la mina como la planta productiva, ya que todas son importadas desde el exterior. El arancel se consideró *ad valorem*[133], es decir por encima del precio de importación, y se tomará como un 20% adicional al precio del bien que se deberá importar. La probabilidad de ocurrencia de este suceso es del 30%.

[133] Rescatado de: https://gruppoy.com.ar/en/2020/02/25/cuales-son-los-aranceles-de-importacion-argentina-en-2020/

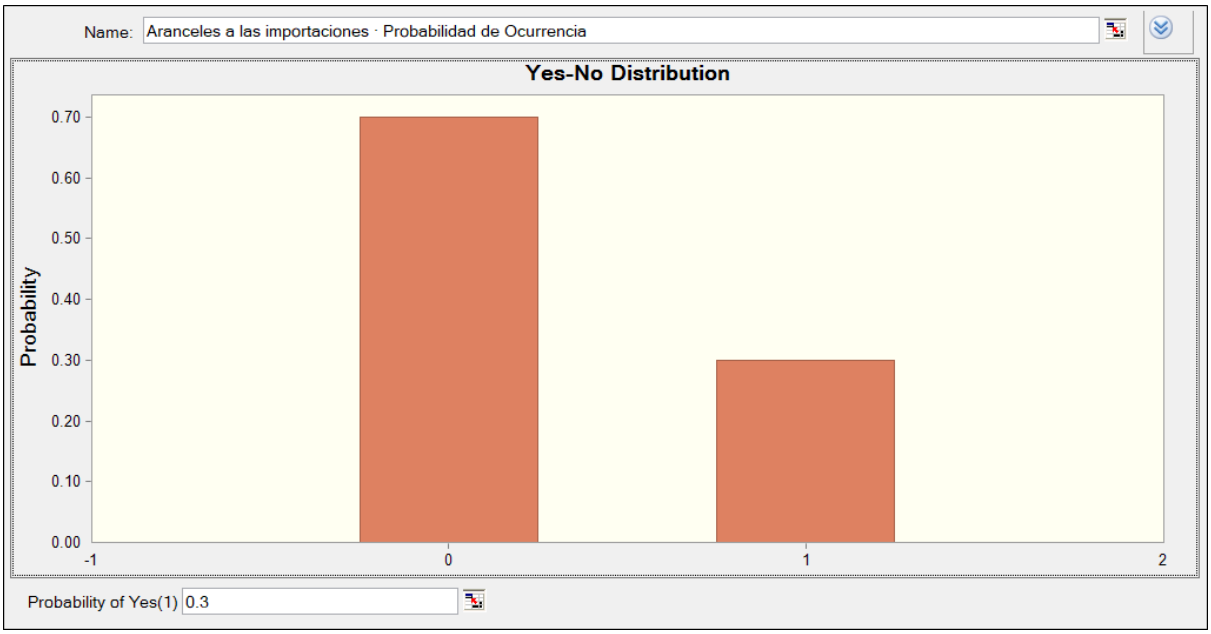


Figura 4.20. Probabilidad de ocurrencia de los aranceles a las importaciones.

4.3 Análisis de Impacto

Una vez definidas las variables, tanto aleatorias como de decisión, se procedió a realizar el análisis de impacto del modelo a modo de visualizar el efecto que tienen las variables en el desempeño del proyecto. El indicador tomado para la evaluación fue el valor actual neto. Dicho análisis se realizó sobre el escenario base por lo que el estudio permite observar el peso de las variables en la construcción del VAN. De esta manera, se podrá jerarquizarlas según su importancia para hacer foco en la mitigación de las variables de riesgo que más aportan.

La herramienta inicial utilizada fue el *Tornado Analysis* de la extensión Crystal Ball desarrollada por Oracle para Microsoft Excel, a fin de determinar cuáles son aquellas variables que ejercen la mayor influencia en el valor del VAN. De esta manera se pudo comprender cuáles son los riesgos que tienen una mayor urgencia para ser mitigados previo al inicio del proyecto, evitando destinar fondos innecesarios a focos equivocados.

Una vez analizada la contribución de las variables al modelo, se realizó una simulación de Montecarlo también proporcionada por la herramienta Crystal Ball, que simula el retorno del proyecto para diferentes combinaciones de valores de las variables de riesgo según las distribuciones que les fue atribuida. Este análisis permitió entender cómo varía el VAN del proyecto en función de los escenarios que proporciona cada set de variables.

4.3.1 Análisis de Tornado

A continuación, se puede observar la salida gráfica del *Tornado Analysis*, realizado con el complemento Crystal Ball para Excel para el escenario actual.

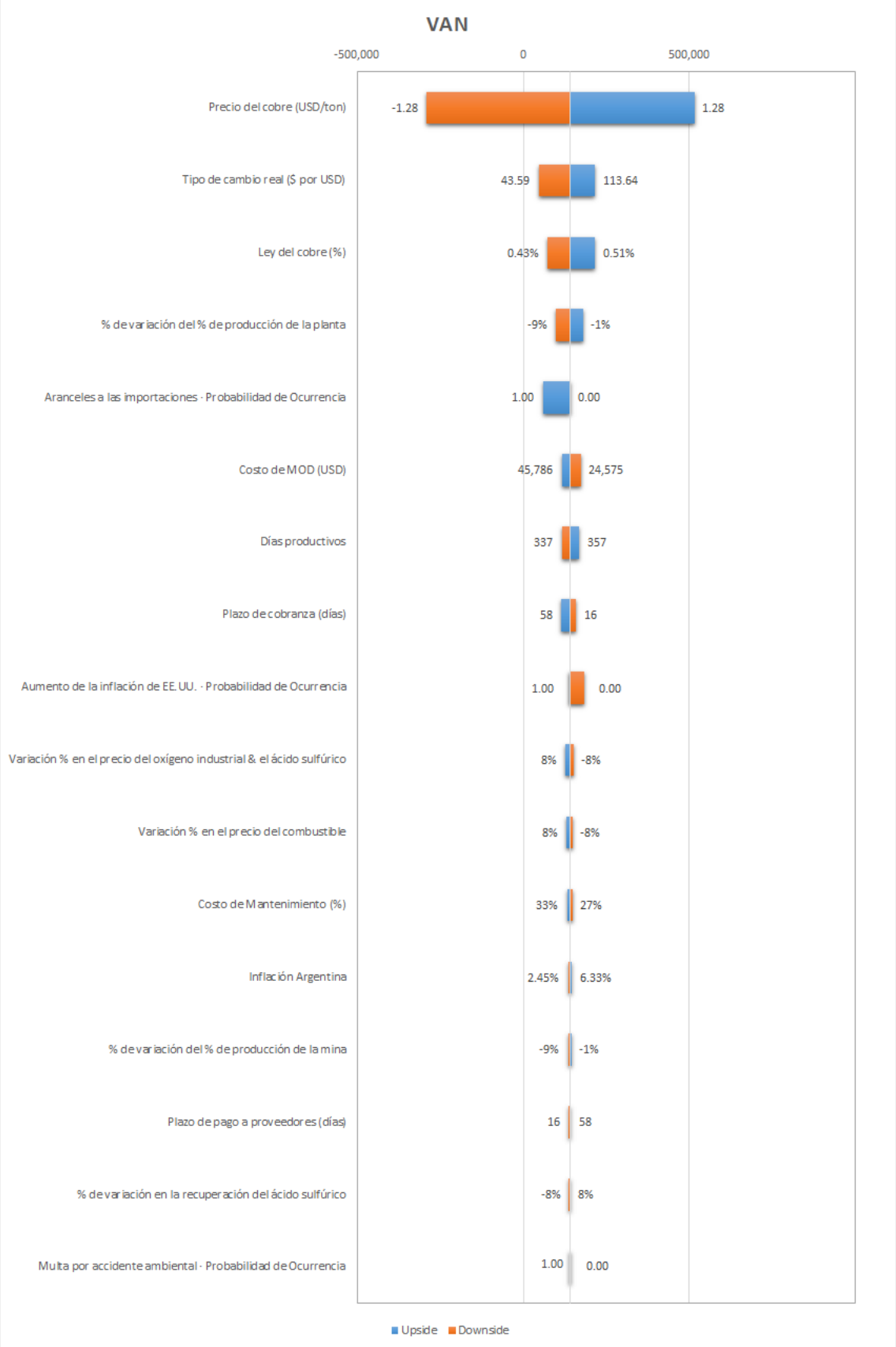


Figura 4.21. Tornado chart del VAN del proyecto.

Las variables se ordenan de arriba hacia abajo, según una escala decreciente de influencia en el valor actual neto del proyecto. Es decir, las variables que se ubican en la parte superior del gráfico son aquellas que tienen mayor influencia en el resultado del VAN, y a medida que se avanza en el gráfico, esta influencia va decreciendo progresivamente.

Los colores del gráfico hacen alusión a la relación que existe entre la variable y el valor del VAN. Las barras color naranja del lado izquierdo del gráfico, indican una relación directa, es decir, cuando la variable decrece el VAN también lo hará. Lo mismo ocurre con las barras celestes del lado derecho del gráfico: cuando la variable aumenta de valor, también lo hará el resultado del proyecto. En el caso en que las barras de color estén ubicadas al revés, es decir, las naranjas del lado derecho y las celestes del lado izquierdo, indicarán que el VAN se moverá en sentido contrario al aumento o disminución del valor de dicha variable.

Como se puede apreciar en la gráfica de tornado, las 5 variables que más afectan el valor del VAN y, por ende, la rentabilidad del proyecto son: el precio del cobre, el tipo de cambio real, la ley de cobre del yacimiento, el porcentaje de variación del porcentaje de producción de la planta y la posibilidad de que se introduzcan aranceles a las importaciones.

Se puede observar que la variación del precio del cobre tiene una influencia en el VAN significativamente superior que el resto de las variables. Esto tiene sentido ya que el producto que se comercializa en el proyecto El Pachón es un commodity y, debido a la gran cantidad de producto que se colocará en el mercado, una fluctuación leve en el precio tiene un impacto significativo en los ingresos generados.

El precio internacional del cobre fluctúa en mayor o menor medida alrededor de una tendencia central, cuyo valor se ha podido estimar mediante la técnica Mean Reversion. Es importante entender que si bien se puede y se tratará de mitigar este riesgo, su volatilidad es imposible de controlar. Esto se debe a que tanto los productores como los compradores de commodities son precio-aceptantes por lo que se deben adaptar a los valores de precio del cobre del mercado para ser competitivos.

El resto de las variables que conforman el top 5 tienen comportamientos lógicos en lo que respecta a la rentabilidad del proyecto. El tipo de cambio real resulta relevante ya que tanto la mina como la planta productiva se encuentran en Argentina, mientras que el proyecto es de naturaleza exportadora. Esto significa que la mayoría de los costos involucrados son en pesos argentinos y las ventas son en dólares. Por lo tanto, la relación cambiaria entre ambas monedas tiene un impacto significativo sobre la capacidad de cubrir con todos los gastos del proyecto.

Por otro lado, existe la posibilidad de que la ley de cobre media de 0.47% que fue estimada con estudios del suelo en cuestión no sea lo suficientemente precisa y, por consiguiente, haya más o menos cobre del que se consideró para planificar el proyecto y las capacidades de la maquinaria. Una variación en la cantidad de cobre disponible para el desarrollo del proyecto llevaría a un error en el dimensionamiento de este y, por lo tanto, a un error en las proyecciones del futuro económico financiero del proyecto.

También, la variación de producción de la planta es relevante. Más allá de que se contó con estudios previos para entender a qué ritmo se puede extraer roca para el stock de producción en proceso o para procesar en la planta, estos estudios pueden no haber sido lo suficientemente precisos y generar variaciones en cantidad de roca extraída de la tierra. De ser así, el proyecto evolucionaría con errores de dimensionamiento en los tiempos y batches de producción que naturalmente se traduce en costos.

Finalmente, la posibilidad de que surjan aranceles a las importaciones es una variable de significativa importancia. Esto se debe a que la mayoría de las inversiones realizadas en activo fijo vienen del exterior, por lo que un impuesto por sobre el precio de compra de los bienes impactaría en gran medida los costos de inversiones para los cuales el proyecto se financia.

También, para los riesgos se procedió a realizar un *Spider Chart* que grafica el valor actual neto en función de la evolución de las variables de riesgo dentro de los valores definidos en cada distribución aleatoria. Nuevamente, se puede apreciar en la *Figura 4.42* a continuación que la variable que modifica en mayor medida el valor del VAN es el precio del cobre. El gráfico se presenta a continuación.

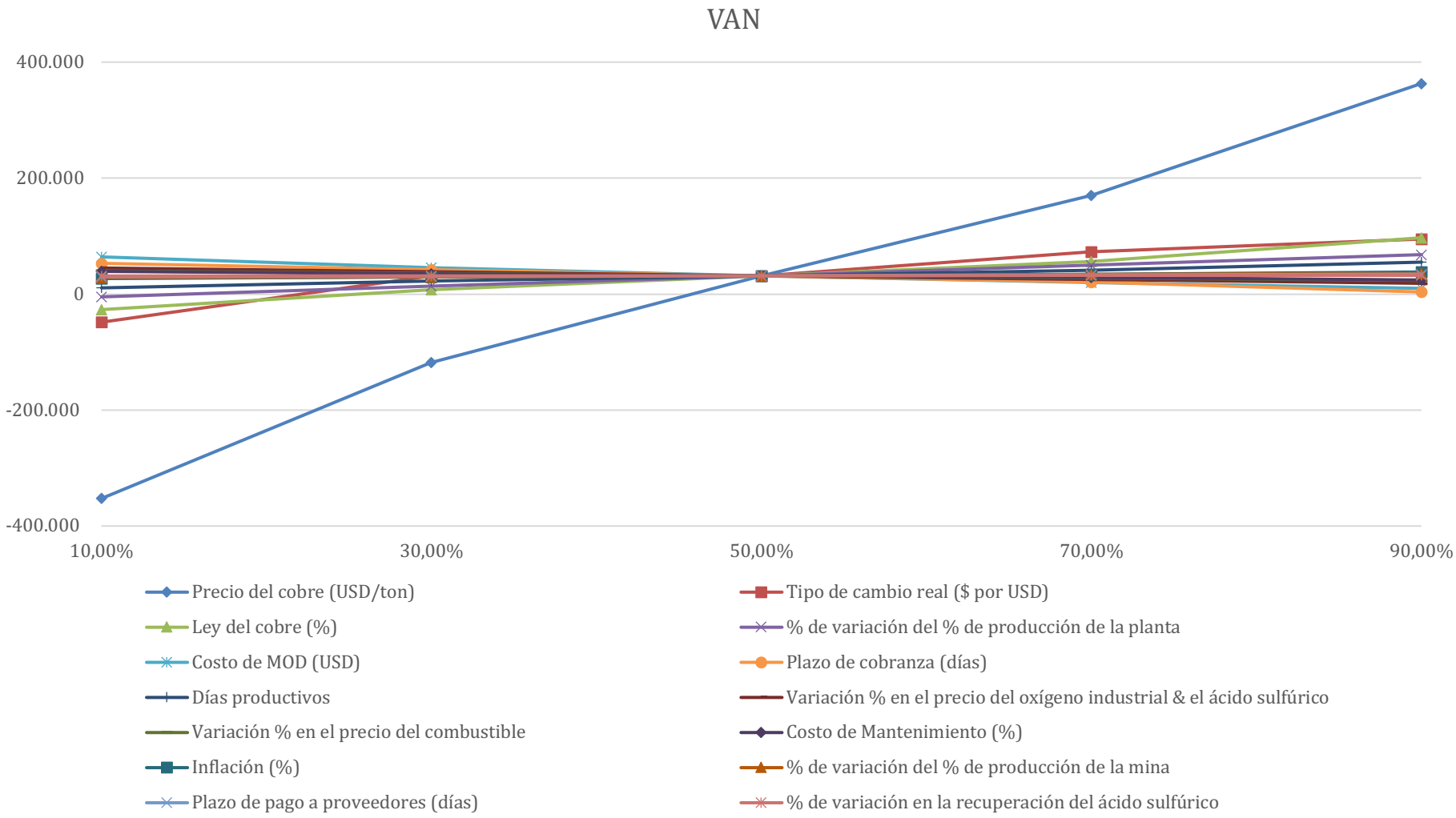


Figura 4.22. Spider chart del VAN del proyecto.

4.4 Simulación de Montecarlo

4.4.1 Cálculo del Número de Pruebas

Una vez realizado el análisis de impacto, se procedió a realizar una simulación de Montecarlo en el software Crystal Ball. Este estudio implica un método de simulación que permite calcular estadísticamente el valor esperado para el valor actual neto del proyecto, a partir de la evolución de las distintas variables que lo afectan. De esta forma se obtendrá una distribución final de la rentabilidad del proyecto.

Para realizar la simulación de Montecarlo, es necesario definir el número de corridas con el que se va a trabajar. Este cálculo fue determinado para que los resultados del modelo cumplan con una precisión deseada del 90%.

Inicialmente se corrió el modelo realizando 1.000 iteraciones, para poder definir en base a los resultados cuántas corridas serán necesarias para obtener el nivel de confianza buscado. Cabe destacar, que estas iteraciones se realizaron a partir del escenario base, donde el valor del tipo de cambio real es igual a 49.056 ARS/USD, evaluando no sólo el resultado del VAN, sino también el período de repago.

De estas 1.000 iteraciones iniciales se obtuvo una media de 105.320 miles de USD y un desvío estándar de 333.910 miles de USD para el valor actual neto del proyecto. Esta es la principal variable a evaluar en el estudio de riesgos, y a partir de la cual se realizó el cálculo de las corridas necesarias. A continuación, se muestran los resultados obtenidos.

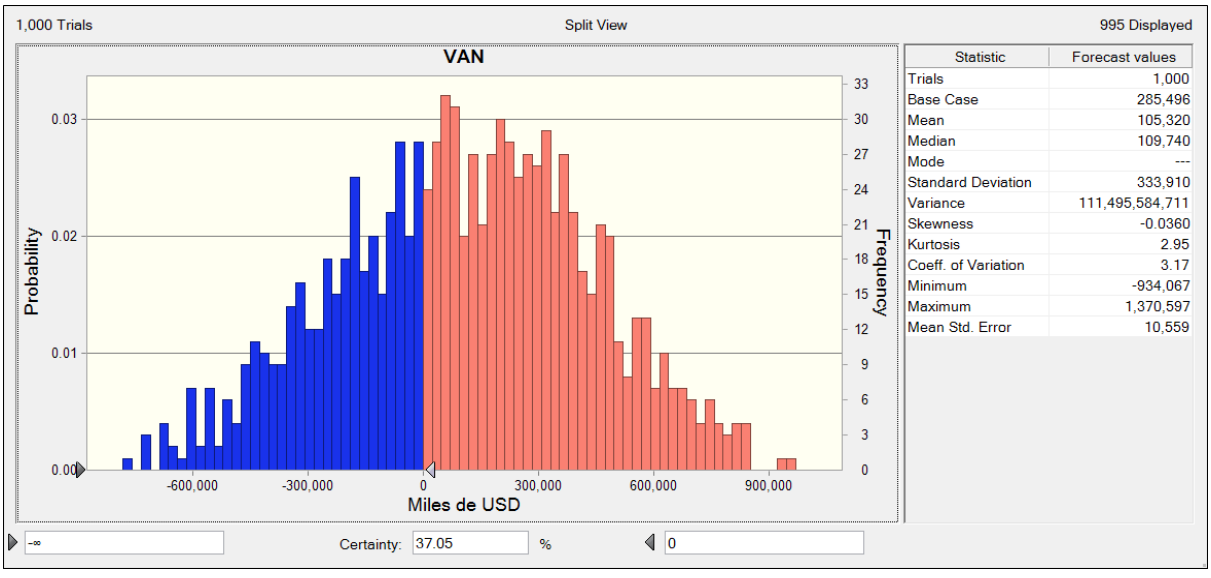


Figura 4.23. Histograma del VAN esperado para el proyecto con 1000 corridas.

Por otro lado, a la hora de definir el *Half With,* es decir la máxima variación buscada para el valor del VAN, se decidió tomar un 5% de precisión sobre la media.

$$HW = Media * Precisión \qquad (4.3)$$

Una vez obtenida la media y el desvío, y con el *Half Width* definido, se realizó el cálculo de cantidad de corridas necesarias para obtener el nivel de confianza del 90% ya mencionado. Se muestran a continuación las fórmulas utilizadas.

$$Z_{1-\frac{\alpha}{2}} = Z_{0,95} = 1{,}64 \qquad (4.4)$$

$$N = \left(\frac{So * Z_{1-\frac{\alpha}{2}}}{HW}\right)^2 = 10.878 \qquad (4.5)$$

Mediante la corrida inicial de 1.000 iteraciones, se concluyó que para lograr un nivel de confianza del 90% y una precisión del 5% del valor medio del VAN se deben realizar al menos 10.878 iteraciones.

4.4.2 Análisis para el Escenario Base con TC Real Fijo

4.4.2.1 Corrida de la Simulación de Montecarlo

Se decidió correr una primera simulación de Montecarlo sobre el escenario base a partir del cual se realizó previamente el análisis económico financiero del proyecto, a fin de evaluar el impacto de todas las variables aleatorias en el VAN y en el período de repago.

Para ello, se dejaron variar aleatoriamente a todas las variables que tuviesen adjudicada una distribución de probabilidad, mientras que se dejó fijo el TC real en 49,06 ARS/USD, el IG en 25%, los IIBB en 1% y la tasa de retenciones del 8%. Estos valores se mantuvieron constantes durante las 10.878 corridas, debido a que se quiso evaluar únicamente el impacto de las variables aleatorias manteniendo fijo el escenario inicial del análisis de prefactibilidad del proyecto. Los resultados obtenidos de la simulación son los siguientes:

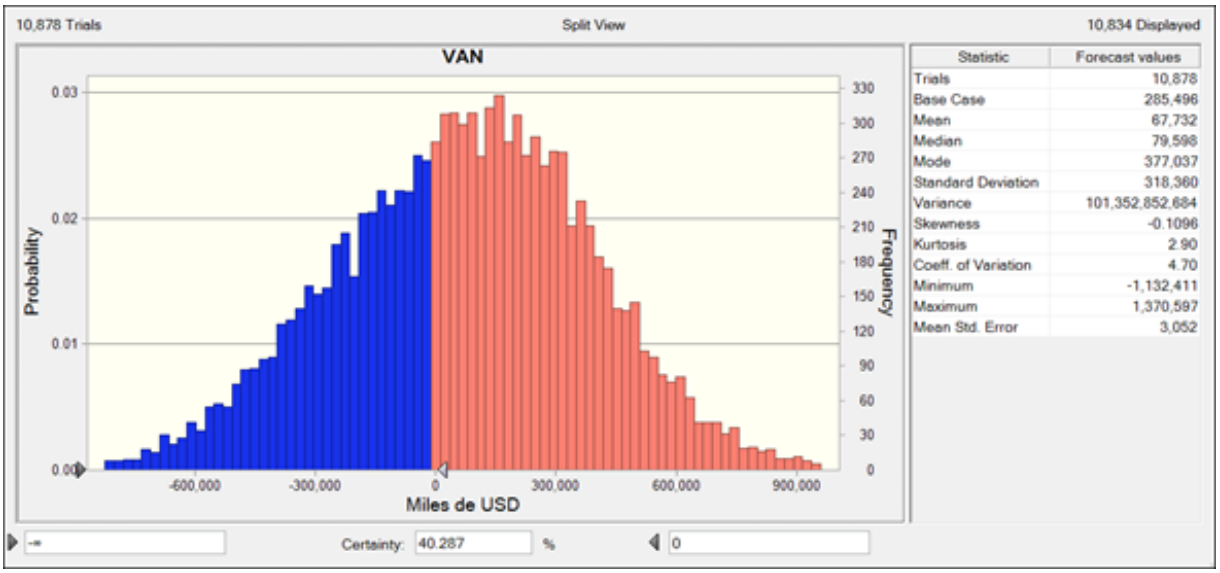


Figura 4.24. Histograma del VAN esperado para el proyecto con 10878 corridas.

Se puede observar en la *Figura 4.24* que la probabilidad de que el VAN sea menor a cero es del 40,29% aproximadamente, valor el cual se consideró apropiado (aunque riesgoso) para un proyecto a 51 años. Aún así, se tomarán las medidas pertinentes para lograr reducir la probabilidad de que el VAN del proyecto resulte ser negativo. Dichas acciones se enuncian en el inciso *4.5 Mitigación de los riesgos* y se tomarán para reducir el impacto de las variables aleatorias más significativas.

4.4.3 Análisis de Sensibilidad

Adicionalmente a la corrida de la simulación, se realizó un análisis de sensibilidad sobre la misma base. Este análisis que ofrece Crystal Ball indica, por un lado, el porcentaje de contribución a la varianza del VAN de cada variable aleatoria, y por otro lado el tipo de relación (directa o inversa) que existe entre dicha variable y el VAN.

De la misma manera que en el inciso anterior, se realizó el estudio con la cantidad de pruebas definidas para alcanzar un nivel de confianza del 90%, sobre el escenario base, es decir tomando un valor del tipo de cambio real de 49,056 ARS/USD según el análisis económico financiero.

A pesar de que este análisis de sensibilidad se corrió con el fin de confirmar que los riesgos que se ubican en la parte superior del *Tornado Chart* son los que contribuyen en mayor medida a la volatilidad del VAN, como el tornado se independiza de los escenarios que plantea el tipo de cambio real, existe la posibilidad de que surjan nuevas variables que aporten a la variabilidad del valor actual neto del proyecto.

A continuación, se pueden observar los resultados del análisis de sensibilidad que muestran cómo contribuye cada variable a la composición de la varianza del VAN y, por consiguiente, la rentabilidad del proyecto.

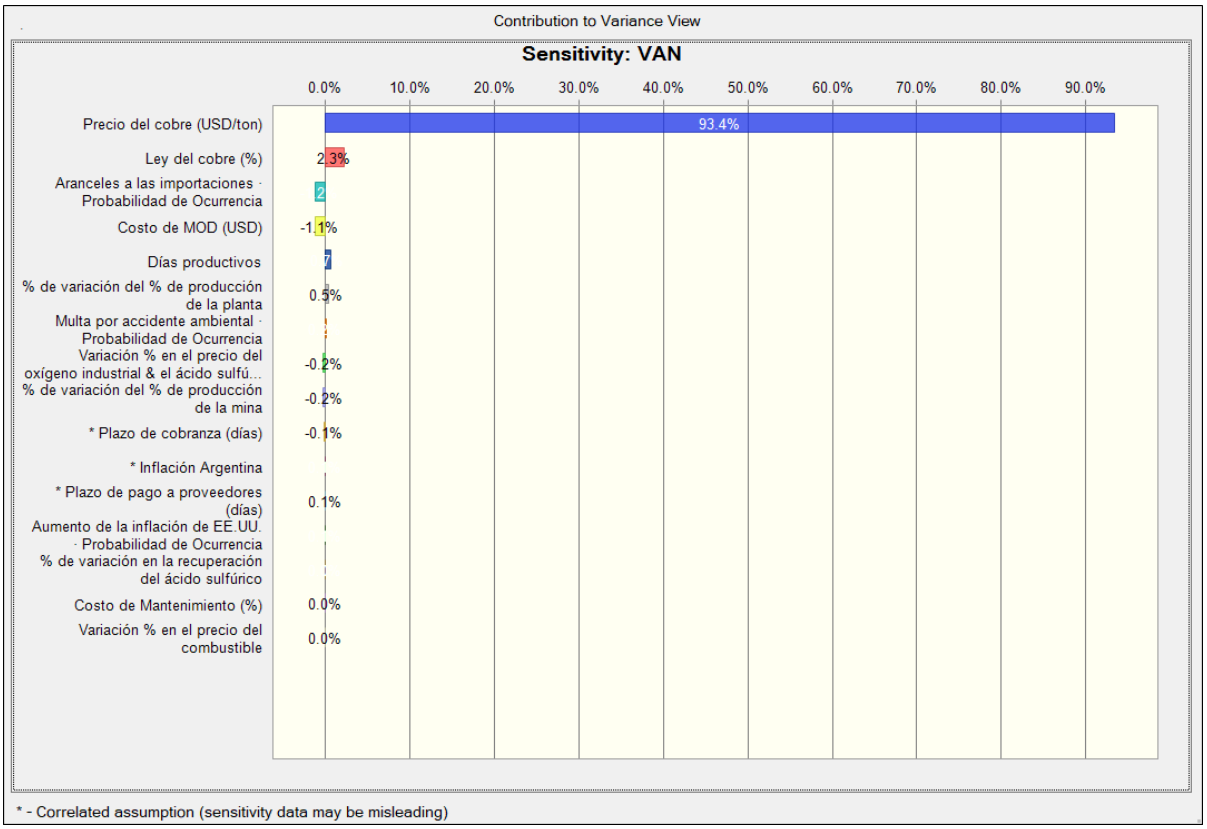


Figura 4.25. Análisis de sensibilidad del VAN esperado para el proyecto en el escenario base.

Nuevamente, se puede observar que la mayor volatilidad en el valor actual neto del proyecto se debe a la variación en los precios del cobre. Si bien existen otras variables que implican riesgos para el proyecto, es de vital importancia poder acotar la variabilidad que se genera debido al precio del producto en cuestión.

Como ya fue previsto, este análisis incorpora una nueva variable dentro de las que mayor impacto aportan a la varianza del VAN del proyecto. Se trata de los días productivos que hace referencia a los días al año en los que realmente el proyecto está operando. Variaciones en su valor dependerá de posibles conflictos gremiales, incidentes meteorológicos, entre otros.

4.5 Análisis de Escenarios: Escenario Actual, Libre Mercado e Intervencionista

Debido a que el análisis realizado hasta ahora ha contemplado un tipo de cambio real estático, se decidió observar el comportamiento del VAN asignándole valores diferentes a esta variable. Para poder introducir una variación en el tipo de cambio real, tal como se ha mencionado anteriormente, se procedió a definirlo como una variable de decisión, simulando 5 posibles valores que este podría llegar a tomar en función de un valor mínimo que corresponde a menos un desvío de la media, uno máximo calculado como la media más 3 desvíos y la media misma. La cantidad de sigmas con las que se separa a la media para calcular los valores mínimos y máximos fue definida a modo de que los valores tengan cierta probabilidad de ocurrencia. Tal como se ha mencionado anteriormente, el valor del TC real se mantendrá constante a partir del

año 2030, precedido por una aproximación lineal desde el 2020 hasta dicho año. Dichos valores son:

- TC real medio - 1 sigma
- TC real medio
- TC real medio + 1 sigma
- TC real medio + 2 sigma
- TC real medio + 3 sigma

El análisis del VAN del proyecto para los 5 tipos de cambio reales que definen diferentes escenarios fue desarrollado no solo para el escenario base, sobre el cual se realizó anteriormente el estudio económico financiero, sino también para los diferentes escenarios impositivos que se podrían desarrollar en el país en función de la política económica que plantee el próximo gobierno en el 2023.

Por un lado, existe la posibilidad que se instaure un régimen más orientado hacia el libre mercado. En este caso, se espera que las alícuotas y tasas regulatorias se modifiquen en concordancia con esta ideología. Existe también la posibilidad de que se mantenga el gobierno actual y que las condiciones mencionadas no cambien. Finalmente, también existe la posibilidad de que se establezca un gobierno que plantee una política económica intervencionista que lleve las tasas impositivas a un límite más extremo. Así fue como se plantearon los tres escenarios posibles.

1. Escenario Base: En este escenario los aranceles se mantienen en el valor actual.
   - Impuesto a las Ganancias: 25%
   - Ingresos Brutos: 1%
   - Retenciones: 8%
2. Escenario Libre Mercado: En este escenario, los aranceles de impuesto a las ganancias e ingresos brutos se mantienen, mientras que las retenciones a las exportaciones disminuyen. Esta medida busca fomentar el comercio libre y las exportaciones, haciendo énfasis en que el estado y la economía deben estar separados uno del otro.
   - Impuesto a las ganancias: 25%
   - Ingresos Brutos: 1%
   - Retenciones: 4%
3. Escenario Intervencionista: En este escenario, los aranceles de IG, IIBB y retenciones aumentarán, a modo de que la política pública regule la actividad económica, fijando normas e interviniendo en el mercado.
   - Impuesto a las ganancias: 30%
   - Ingresos Brutos: 3%
   - Retenciones: 12%

La elección de los valores que toman los aranceles para cada uno de los escenarios fue explicada anteriormente en el inciso *4.2.2.Variables de decisión.*

En función de los posibles valores elegidos para el tipo de cambio real para cada uno de los posibles escenarios impositivos, quedan definidas entonces, 15 combinaciones, las cuales tienen menor o mayor probabilidad de ocurrencia.

4.5.1 Escenario Actual con TC Real Variable

En primer lugar, se corrió nuevamente la simulación para un N de 10.878 partiendo de las políticas que define el escenario base. De todas maneras, en este caso, la simulación se realizó para los 5 tipos de cambios que define la variable de decisión obteniéndose como resultado 5 valores de VAN.

A continuación, se presentan las gráficas de superposición del VAN que considera el valor de tipo de cambio real más bajo (gráfico rojo) con el VAN que posee el valor de tipo de cambio más alto (gráfico azul) para ver con mayor claridad el movimiento de la curva entre los dos escenarios límite.

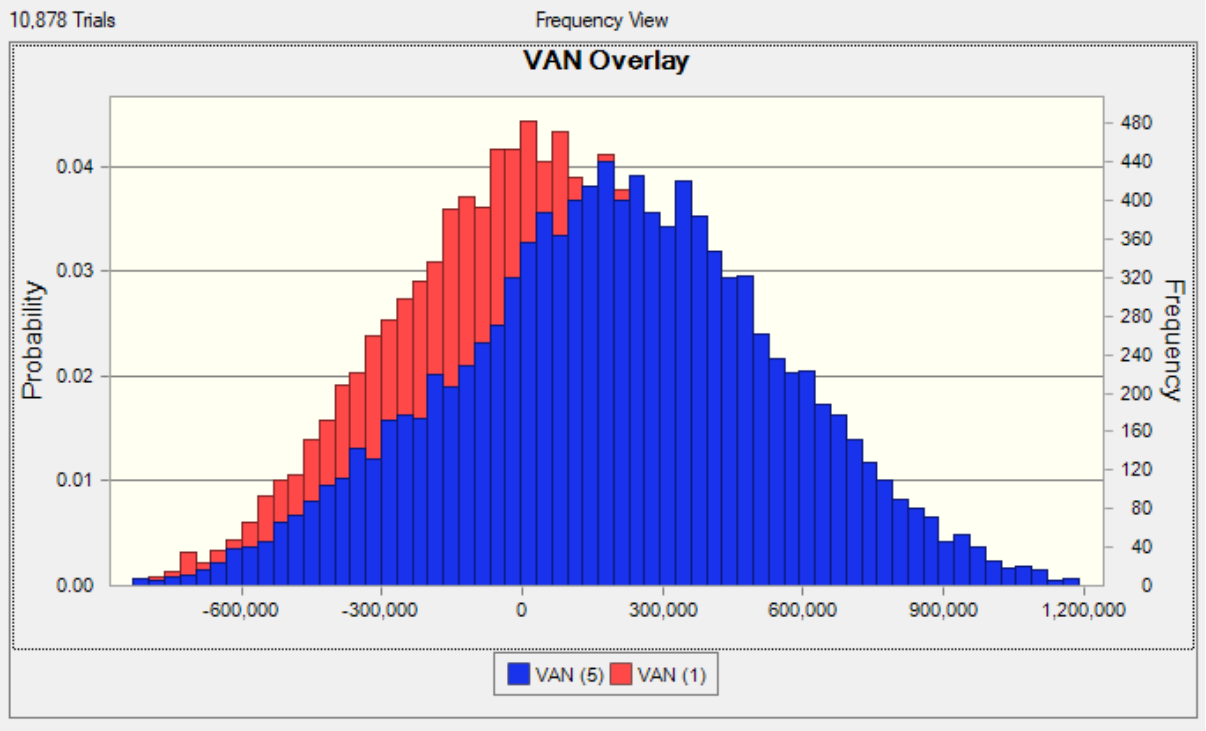


Figura 4.26. Gráfico de superposición de el VAN esperado para el tipo de cambio más bajo y el VAN esperado para el tipo de cambio más alto en el escenario base.

En esta gráfica se puede observar que, en el escenario actual, a medida que aumenta el TC real, la media del VAN se desplaza hacia la derecha, indicando un corrimiento de los datos y aumentando la probabilidad de que el valor actual neto sea mayor a cero.

También se analizó el gráfico que considera la superposición de todos los escenarios que plantean los diferentes valores de tipo de cambio para la situación actual, con sus respectivas distribuciones de probabilidad.

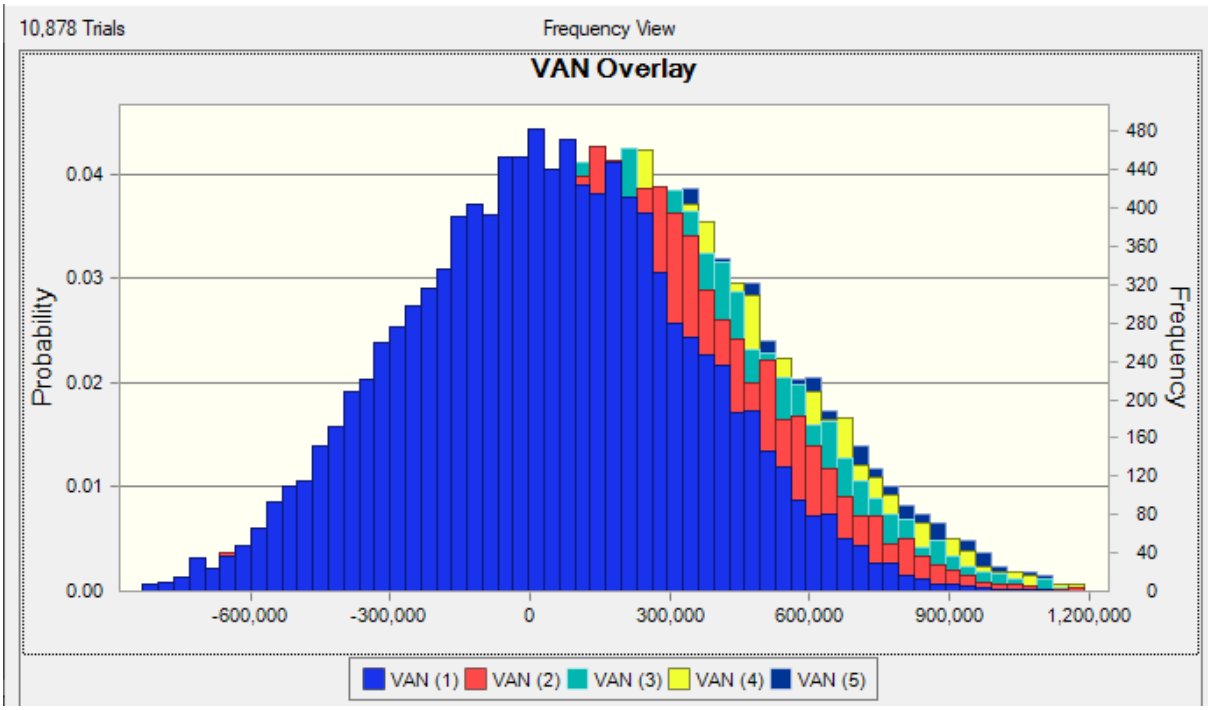


Figura 4.27. Gráfica de superposición de los distintos valores esperados del VAN para los distintos escenarios planteados en el escenario base.

Esta gráfica refuerza la conclusión de que a medida que aumenta el tipo de cambio real, el valor promedio del VAN aumenta y se observa el corrimiento de la curva de probabilidad.

Finalmente, en la tabla a continuación, se podrán observar los diferentes valores medios, desvíos, medianas y probabilidades de que el VAN sea mayor a 0 de los diferentes escenarios de tipo de cambio para la situación actual. Estos resultados una vez más confirman numéricamente que a medida que se incrementa el TC real, el valor actual neto medio del proyecto también lo hará. Por lo tanto, para el escenario actual, la peor situación posible está determinada por un tipo de cambio real de 43,59 ARS/USD, mientras que el mejor caso se define con un tipo de cambio real de 137 ARS/USD. La probabilidad de que el VAN sea mayor a 0 para el caso pesimista es de 54,45% y de 72,68% para el más optimista.

Escenario	Valor del TC real (ARS/USD)	Valor medio (miles de USD)	Desvío (miles de USD)	Mediana (miles de USD)	P(VAN) > 0 (%)
1	43,59	33.198	308.431	33.398	54,45%
2	66,94	120.138	322.030	123.768	65,07%
3	90,29	165.936	333.252	170.795	63,70%
4	113,64	190.377	343.137	195.649	71,82%
5	137,00	202.027	352.251	207.125	72,68%

Tabla 4.5. Tabla de valores esperados para el VAN según los distintos escenarios planteados.

Debido a que estos posibles 5 valores del TC real no son equiprobables, se le debe asignar a cada uno una probabilidad de ocurrencia para poder ponderar los resultados obtenidos y, así, obtener una estimación más precisa del VAN resultante.

La probabilidad de que el TC real se encuentre 1 sigma por debajo de la media es del 20%, la probabilidad de que sea igual a la media es del 30%. Asimismo, las probabilidades de que se encuentre 1 sigma, 2 sigmas y 3 sigmas por encima de la media son 25%, 15% y 10%, respectivamente. Estos valores se supusieron de esta manera ya que se quiso simular una situación en donde el TC tenga más probabilidades de concentrarse alrededor de su valor medio, asignándole menos probabilidad de ocurrencia a sus valores más extremos, como lo son +2 sigmas y +3 sigmas.

Escenario	Valor del TC real (ARS/USD)	Probabilidad de Ocurrencia
1	43,59	20%
2	66,94	30%
3	90,29	25%
4	113,64	15%
5	137,00	10%

Tabla 4.6. Tabla de probabilidad de ocurrencia de los distintos escenarios.

Si ponderamos los resultados obtenidos, es decir, multiplicamos a la media de cada VAN por la probabilidad de ocurrencia del TC real que define ese escenario, tendremos el VAN

ponderado del escenario actual. El resultado del VAN, en miles de USD, del escenario actual queda entonces como:

$$VAN\ (EB)\ =\ 20\% \times 33.198\ +\ 30\% \times 120.318\ +\ 25\% \times 165.936\ +\ 15\% \times 190.377\ +\ 10\% \times 202.027$$ [134]

(4.6)

$$VAN(EB)\ =\ 132.924$$

4.5.2 Escenario de Libre Mercado con TC Real Variable

Nuevamente se realizaron 10.878 corridas para cada uno de los posibles valores que adoptaría el tipo de cambio real, pero esta vez dentro del escenario libre mercado, conformando 5 resultados de VAN. A continuación, se presentan las gráficas de superposición del VAN que considera el valor de tipo de cambio real más bajo (extremo inferior) con el VAN que posee el valor de tipo de cambio más alto (extremo superior) para ver con mayor claridad el movimiento de la curva entre los dos escenarios límite.

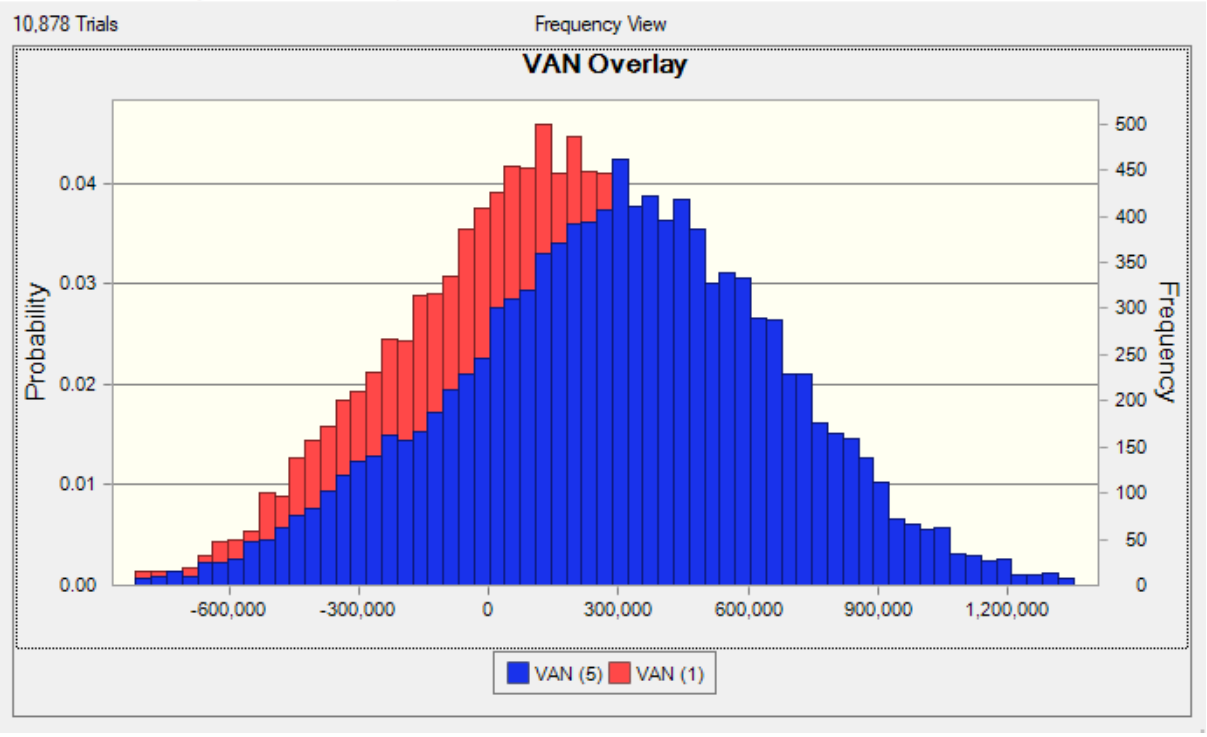


Figura 4.28. Gráfico de superposición de el VAN esperado para el tipo de cambio más bajo y el VAN esperado para el tipo de cambio más alto en el escenario de libre mercado.

[134] EB = Escenario Base = Escenario actual

En esta gráfica se puede observar que, al igual que en el escenario actual, en el de libre mercado, a medida que aumenta el TC real, la media del VAN se desplaza a la derecha, indicando un corrimiento de los datos y aumentando la probabilidad de que el valor sea mayor a cero.

También se analizó el gráfico que considera la superposición de todos los escenarios que plantean los diferentes valores de tipo de cambio para la situación en análisis, con sus respectivas distribuciones de probabilidad.

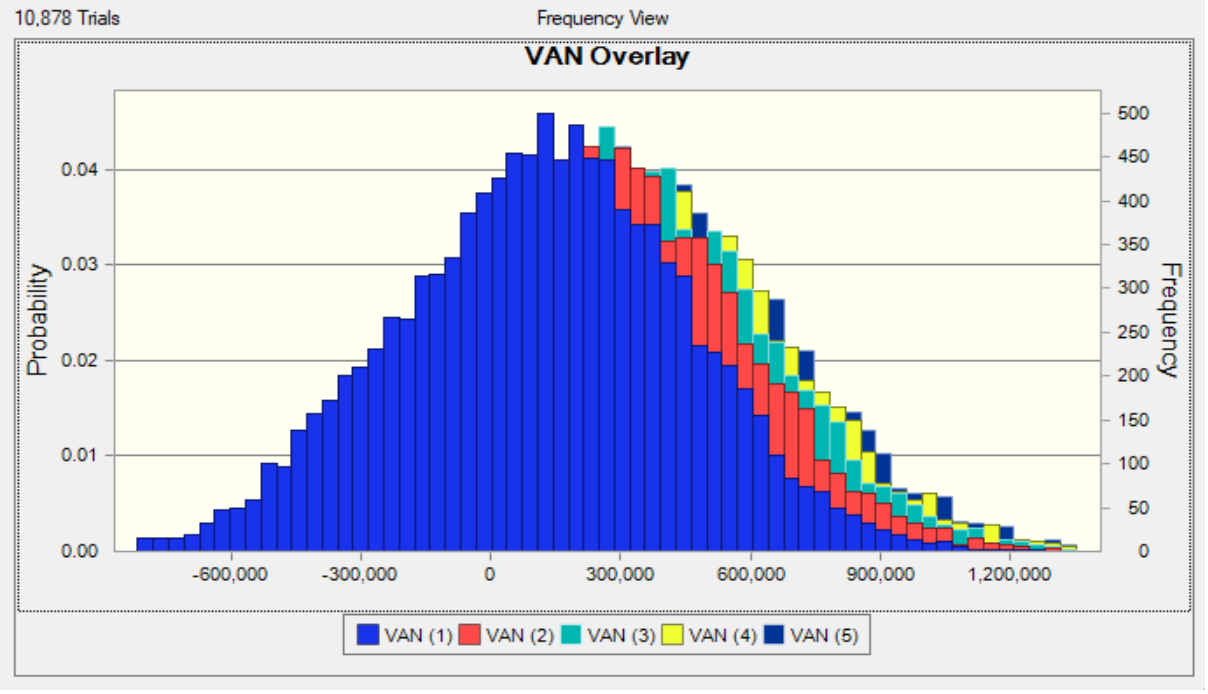


Figura 4.29. Gráfica de superposición de los distintos valores esperados del VAN para los distintos escenarios planteados para la situación definida como libre mercado.

Esta gráfica refuerza la conclusión de que a medida que aumenta el tipo de cambio real, el valor promedio del VAN aumenta y se observa el corrimiento de la curva de probabilidad.

Finalmente, en la tabla a continuación, se podrán observar los diferentes valores medios, desvíos, medianas y probabilidades de que el VAN sea mayor a 0 de los diferentes escenarios de tipo de cambio para la situación en análisis. Estos resultados una vez más confirman numéricamente que a medida que se incrementa el TC real, el valor actual neto medio del proyecto también lo hará. Por lo tanto, para el escenario de libre mercado, la peor situación posible también está determinada por un tipo de cambio real de 43,59 ARS/USD, mientras que el mejor caso se define con un tipo de cambio real de 137 ARS/USD. La probabilidad de que el VAN sea mayor a 0 para el caso pesimista es de 64,42% y de 78,92% para el más optimista.

Escenario	Valor del TC real (ARS/USD)	Valor medio (miles de USD)	Desvío (miles de USD)	Mediana (miles de USD)	P(VAN) > 0 (%)
1	43,59	114.211	332.456	124.083	64,42%
2	66,94	205.072	346.103	215.904	73,08%
3	90,29	253.636	357.647	264.622	76,76%
4	113,64	280.648	368.027	292.244	78,49%
5	137,00	294.650	377.653	306.785	78,92%

Tabla 4.7. Tabla de valores esperados para el VAN según los distintos escenarios planteados para la situación definida como libre mercado.

Debido a que estos posibles 5 valores del TC real no son equiprobables, se le debe asignar a cada uno una probabilidad de ocurrencia para poder ponderar los resultados obtenidos y, así, obtener una estimación más precisa del VAN resultante en un posible escenario como el escenario de libre mercado en donde fluctúe el TC real.

La probabilidad de que el TC real se encuentre 1 sigma por debajo de la media, para este nuevo escenario de libre mercado, es del 10%, la probabilidad de que sea igual a la media es del 30%. Asimismo las probabilidades de que se encuentre 1 sigma, 2 sigmas y 3 sigmas por encima de la media son 30%, 20% y 20%, respectivamente. Estos valores se supusieron de esta manera ya que se cree que un régimen orientado hacia el libre mercado favorecerá a los exportadores. Un TC real bajo perjudica a las exportaciones, mientras que un TC real alto, las hace más convenientes, por lo cual se tomaron dichas probabilidades para cada valor del tipo de cambio real.

Escenario	Valor del TC real (ARS/USD)	Probabilidad de Ocurrencia
1	43,59	10%
2	66,94	30%
3	90,29	30%
4	113,64	20%
5	137,00	20%

Tabla 4.8. Tabla de probabilidad de ocurrencia de los distintos escenarios.

Si ponderamos los resultados obtenidos, es decir, multiplicamos a la media de cada VAN por la probabilidad de ocurrencia del TC real que define ese escenario, tendremos el VAN ponderado del escenario de libre mercado. El resultado del VAN, en miles de USD, del escenario de libre mercado queda entonces como:

$$VAN\ (LM)\ =\ 10\% \times 114.211\ +\ 30\% \times 205.072\ +\ 30\% \times 253.636\ +\ 20\% \times 280.648\ +\ 20\% \times 294.650$$

[135] *(4.7)*

$$VAN(LM)\ =\ 264.093$$

4.5.3 Escenario Intervencionista con TC Real Variable

Finalmente, se corrieron otras 10.878 corridas para el escenario intervencionista, testeando el efecto de cada uno de los 5 posibles valores del tipo de cambio real. Al igual que antes, se presentan las gráficas de superposición del VAN que considera el valor de tipo de cambio real más bajo (extremo inferior) con el VAN que posee el valor de tipo de cambio más alto (extremo superior) para ver con mayor claridad el movimiento de la curva entre los dos escenarios límite.

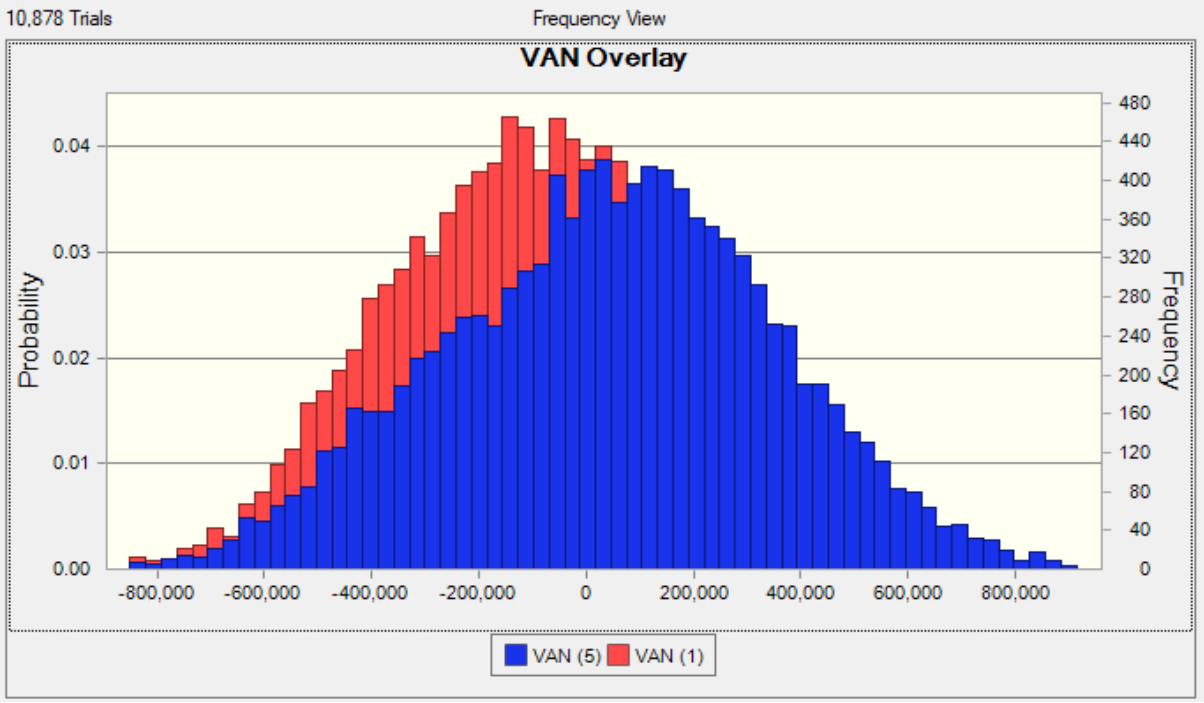


Figura 4.30. Gráfico de superposición de el VAN esperado para el tipo de cambio más bajo y el VAN esperado para el tipo de cambio más alto en el escenario más intervencionista.

[135] LM = Libre Mercado

Como se puede apreciar en la *Figura 4.30*, a medida que el TC real aumenta, la campana de distribución de probabilidad se desplaza hacia la derecha, volviéndose más pequeña la probabilidad de que el VAN sea menor que 0.

También se analizó el gráfico que considera la superposición de todos los escenarios que plantean los diferentes valores de tipo de cambio para la situación que propone un régimen intervencionista, con sus respectivas distribuciones de probabilidad.

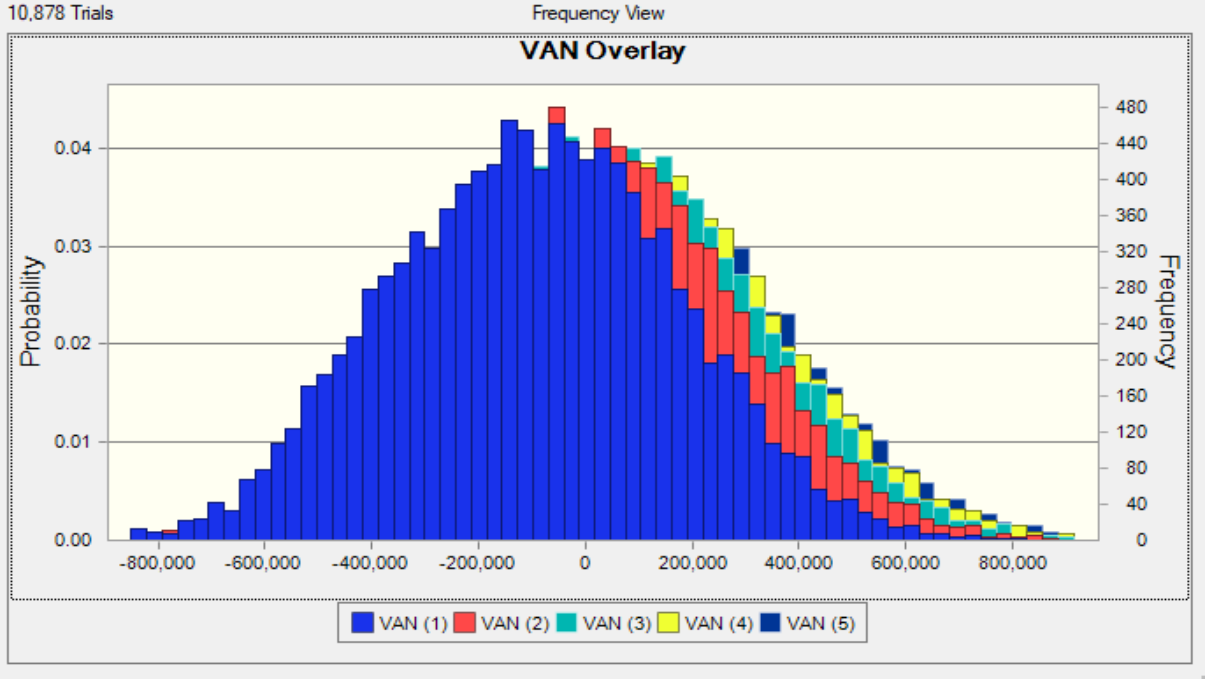


Figura 4.31. Gráfica de superposición de los distintos valores esperados del VAN para los distintos escenarios planteados en la situación definida como intervencionista.

Esta gráfica refuerza la conclusión de que a medida que aumenta el tipo de cambio real, el valor promedio del VAN aumenta y se observa el corrimiento de la curva de probabilidad.

Finalmente, en la tabla a continuación, se podrán observar los diferentes valores medios, desvíos, medianas y probabilidades de que el VAN sea mayor a 0 de los diferentes escenarios de tipo de cambio para la situación en cuestión. Estos resultados una vez más evidencian el comportamiento del VAN: a medida que sube el TC real, la rentabilidad media del proyecto aumenta. Es de vital importancia destacar que, en este escenario en particular, en donde se combina una política intervencionista con un tipo de cambio real bajo, el valor actual neto medio del proyecto tiene posibilidades de ser negativo. Por lo tanto, para el escenario intervencionista, la peor situación posible también está determinada por un tipo de cambio real de 43,59 ARS/USD, mientras que el mejor caso se define con un tipo de cambio real de 137 ARS/USD. La probabilidad de que el VAN sea mayor a 0 para el caso pesimista es de 36,82% y de 57,06% para el más optimista.

Escenario	Valor del TC real (ARS/USD)	Valor medio (miles de USD)	Desvío (miles de USD)	Mediana (miles de USD)	P(VAN) > 0 (%)
1	43,59	-97.551	268.698	-94.962	36,82%
2	66,94	-20.396	281.892	-14.091	48,26%
3	90,29	18.486	292.548	26.048	53,68%
4	113,64	37.710	301.821	45.602	56,45%
5	137,00	45.040	310.223	54.614	57,06%

Tabla 4.9. Tabla de valores esperados para el VAN según los distintos escenarios planteados para la política más intervencionista.

Debido a que estos posibles 5 valores del TC real no son equiprobables, se le debe asignar a cada uno una probabilidad de ocurrencia para poder ponderar los resultados obtenidos y, así, obtener una estimación más precisa del VAN resultante en un posible escenario como el escenario intervencionista en donde fluctúe el TC real.

La probabilidad de que el TC real se encuentre 1 sigma por debajo de la media, en este escenario más regulado, es del 30%, la probabilidad de que sea igual a la media es del 20%. Asimismo, las probabilidades de que se encuentre 1 sigma, 2 sigmas y 3 sigmas por encima de la media son 20%, 15% y 15%, respectivamente. Estos valores se supusieron de esta manera ya que se cree que un régimen intervencionista/proteccionista perjudicará a los exportadores. Un TC real bajo perjudica a las exportaciones, mientras que un TC real alto, las hace más convenientes, por lo cual se tomaron dichas probabilidades para cada valor del tipo de cambio real.

Escenario	Valor del TC real (ARS/USD)	Probabilidad de Ocurrencia
1	43,59	30%
2	66,94	20%
3	90,29	20%
4	113,64	15%
5	137,00	15%

Tabla 4.10. Tabla de probabilidad de ocurrencia de los distintos escenarios.

Si ponderamos los resultados obtenidos, es decir, multiplicamos a la media de cada VAN por la probabilidad de ocurrencia del TC real que define ese escenario, tendremos el VAN ponderado del escenario intervencionista. El resultado del VAN, en miles de USD, del escenario intervencionista queda entonces como:

$$VAN\ (EP)\ =\ 30\% \times (-97.551)\ +\ 20\% \times (-20.396)\ +\ 20\% \times 18.486\ +\ 15\% \times 37.710\ +\ 15\% \times 45.040$$ [136] *(4.8)*

$$VAN(EP)\ =\ -17.235$$

4.5.4 Análisis Extra de Escenarios Macroeconómicos

Se realizó un análisis extra en cuanto a lo que respecta a los resultados macroeconómicos que puedan desarrollarse luego de las elecciones presidenciales en Argentina en el año 2023. Este análisis fue llevado a cabo para entender en profundidad qué es lo que sucedería si se decide invertir en el proyecto en el año 2021 o si se toma la decisión de esperar hasta el 2023 para invertir, conociendo fehacientemente el resultado de las elecciones.

El análisis de estos posibles escenarios fue realizado luego de haber obtenido los VANs de los 3 escenarios anteriores (EP, LM y el EB).

Debido a la situación actual mundial de la pandemia del COVID-19, la incertidumbre sobre el rumbo del gobierno que asumirá en el año 2023 es alta, y no existe certeza acerca de cuál escenario tendrá mayor probabilidad. Es por ello que se le asignó a todos los escenarios considerados en el análisis una probabilidad de ocurrencia equivalente del 33,33% a modo de modelar la incertidumbre sobre la tendencia de voto.

En primer lugar, se desarrolló el planteo del caso base en el que no se analiza la opción de esperar sino que directamente se decide invertir en el 2021. A continuación, se puede ver el árbol de probabilidad para esta situación, en la *Figura 4.32*:

[136] EP = EI = Escenario Intervencionista = Escenario Proteccionista

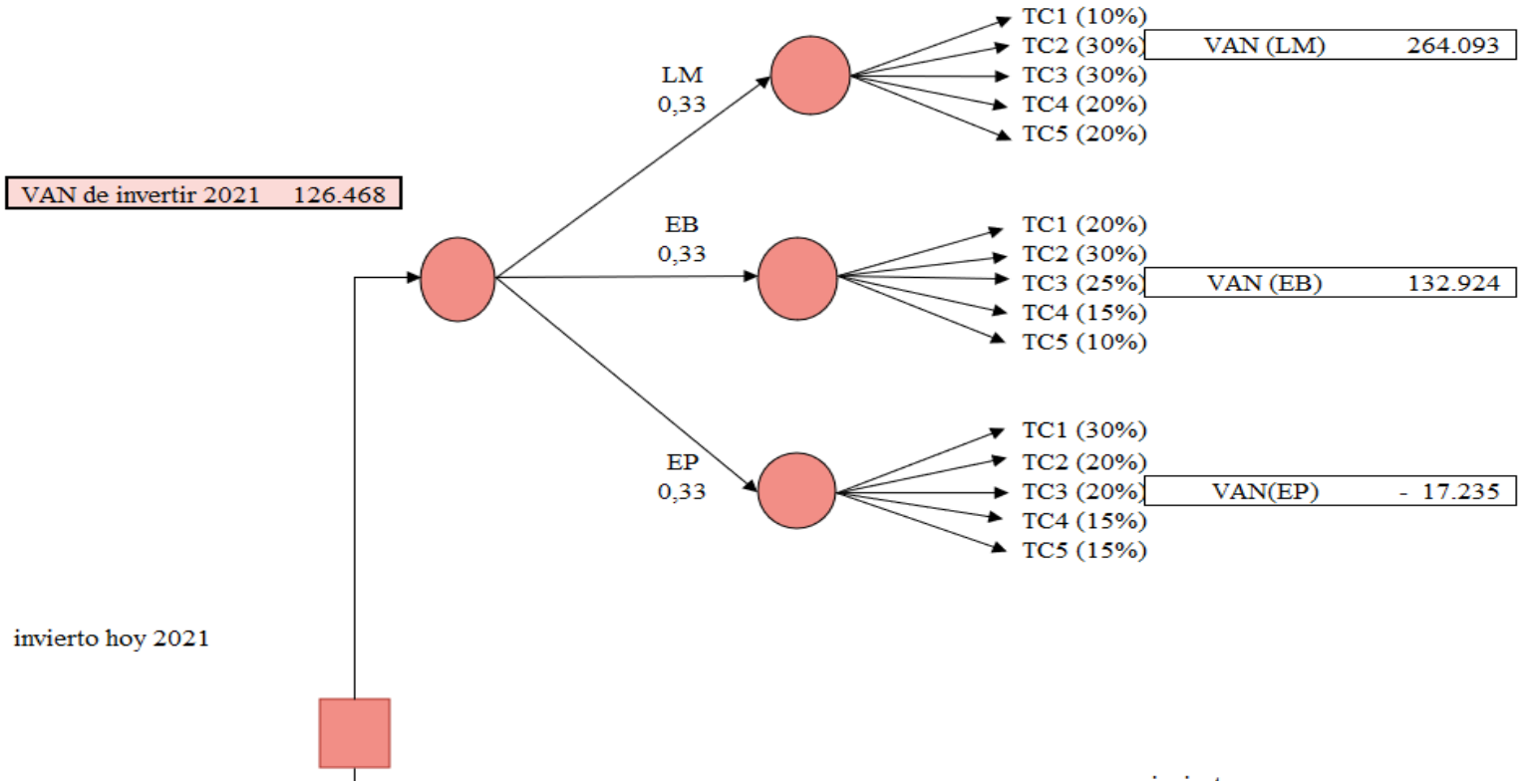


Figura 4.32. Árbol de probabilidad para el escenario base

Como se puede apreciar en la *Figura 4.32*, cada escenario tiene su propia probabilidad de ocurrencia, y los tipos de cambio real dentro de cada escenario, también. Los porcentajes asignados a los diferentes valores de tipo de cambio se condicen con los definidos en el análisis de escenarios en el inciso *4.5 Análisis de escenarios: escenario actual, libre mercado e intervencionista.* Por lo tanto, si se ponderan los VAN de cada posibilidad de TC real por la probabilidad de ocurrencia asignada a cada uno, se obtendrá el VAN de cada escenario de gobierno (como lo explican las fórmulas 4.6, 4.7. y 4.8.), el cual se deberá ponderar luego por la probabilidad de ocurrencia de dicho escenario.

Al ponderar estos resultados por la probabilidad de ocurrencia de cada escenario de gobierno, se obtendrá entonces que el VAN de invertir en 2021 para el desarrollo del proyecto es de (miles de USD):

VAN de invertir 2021	126.468

Por otro lado, se puede esperar para obtener mayor información sobre cierta variable. En este caso, se esperará para poder entender el panorama de gobierno futuro en el 2023, a costa del valor tiempo del dinero. La decisión contempla el inicio del proyecto, invirtiendo en el 2023, o la decisión de no invertir, en caso de que el resultado no sea favorable y el valor actual neto sea negativo.

A continuación, se presenta el diagrama de árbol para el caso de que se decida esperar, con sus respectivas decisiones. Cabe destacar que los VANs de cada rama son los valores actuales netos al año 2023, momento en el que se toma la decisión de invertir o no luego de haber esperado. El VAN resultante de todas las tomas de decisiones que muestra el árbol, también está calculado para el año 2023, como se muestra a continuación en la *Figura 4.33*:

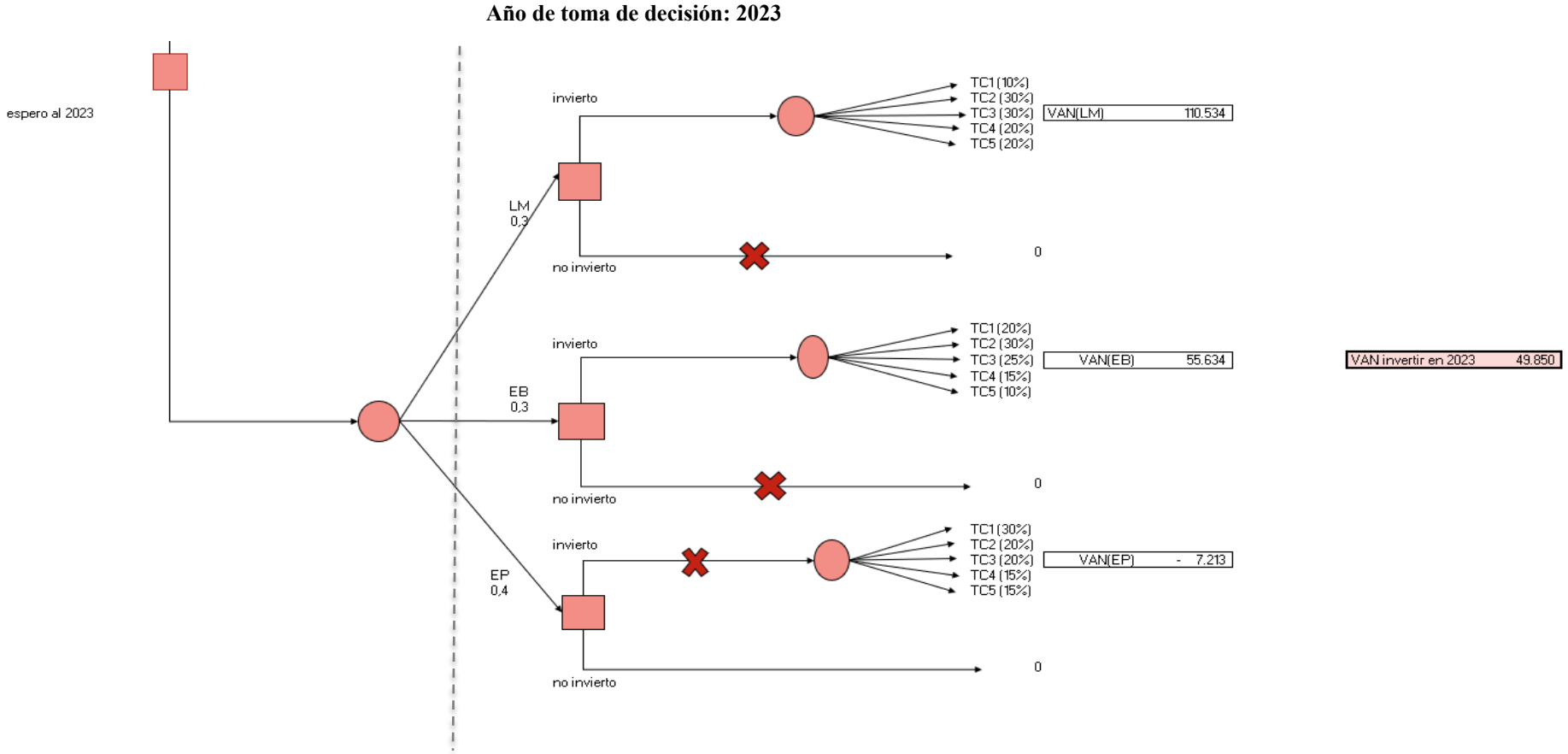


Figura 4.33. Árbol de probabilidad para el escenario con espera

Como se puede ver, esperar permite tomar la decisión de no invertir cuando el VAN es menor a cero, que es el caso de que se presente un escenario de gobierno intervencionista. En los otros dos casos, en un escenario de libre mercado y en el caso en que se mantengan las condiciones actuales, convendrá realizar el proyecto.

En caso de esperar, entonces, el VAN que se obtiene, en el año 2023, es el que sigue (en miles de USD):

VAN de invertir en 2023	49.976

Si traemos dicho valor de VAN al 2021 descontándolo al WACC promedio (33,69%), obtenemos un VAN incluso menor, cuyo valor es (en miles de USD):

VAN invertir en 2023 (traído a 2021)	27.893

Entendiendo que el VAN obtenido en el escenario en que se espera es mucho menor que en el escenario base, es entonces que se puede concluir que esperar no es conveniente, sino que es más fructífero invertir en el 2021. Esto sucede ya que al esperar, a pesar de tener más certeza sobre la situación del gobierno, se tiene también un muy alto costo. En otras palabras, el costo del tiempo que implica esperar para tener más certeza sobre el escenario en que se desarrollará el proyecto, no se cubre con el costo ahorrado por invertir en un escenario pesimista.

El costo del dinero queda determinado, entonces, por la diferencia entre VANs, que totaliza un valor de 98.575 miles de USD.

4.6 Mitigación de los Riesgos

4.6.1 Mitigación Previa

Previo a la mitigación de los principales riesgos resultantes del *Tornado Chart*, se procedió a realizar una mitigación general en el proyecto en sí para evitar situaciones poco rentables e irrealistas.

El modelo está programado para que, una vez completado el pago de la deuda financiera al banco, en cada año que se decida si reinvertir o no en los activos fijos, se calcule el margen de rentabilidad promedio hasta la próxima reinversión. Es decir, antes de tomar la decisión de invertir o no, se evalúa la rentabilidad del proyecto para los próximos años. Si este margen calculado no supera el 10%, automáticamente se toma la decisión de cerrar el proyecto, se pagan los costos de cierre y se venden los bienes de uso al valor que tienen a ese momento. En el caso de que la rentabilidad promedio entre reinversiones sí supere el 10%, se decide continuar con el proyecto, realizar la inversión correspondiente y volver a chequear en la próxima fecha de reinversión. Es importante destacar que el esquema de reinversiones se mantiene tal como se definió en el *Capítulo III. Análisis Económico-Financiero.*

Se decidió considerar la opción de cerrar el proyecto recién a partir del año 18, donde se completa el pago de la deuda financiera, ya que se espera que durante la primera etapa del proyecto la planificación realizada cumpla con una precisión adecuada. Haciendo el proyecto rentable durante estos primeros años.

Una vez superado esta primera fase del proyecto, se consideró la modificación del modelo ya que se observó que debido a los posibles cambios de las variables de riesgo existen ciertas combinación de valores que desembocaban en situaciones poco realistas, como por ejemplo tener caja negativa en los últimos años del proyecto. Una situación como esta, llevaría al pedido de un préstamo o aportes de capital para cubrir con ello únicamente gastos. Este escenario no es lógico, ya que, en el caso en que los últimos años de proyecto tengan pérdidas constantes, lo ideal sería cerrar el proyecto en vez de solicitar préstamos que nunca podrán terminar de pagarse y que le quitarían rentabilidad al proyecto. Es entonces, que se adaptó el modelo para evitar situaciones como la recién mencionada.

4.6.2 Mitigación de los Riesgos más Importantes

A continuación, se analizarán los 5 principales riesgos con mayor impacto en la rentabilidad del proyecto El Pachón y se definirán posibles mitigaciones para ellos. Las medidas tomadas sobre estas variables buscarán disminuir la volatilidad propia de su distribución de probabilidad disminuyendo a su vez el riesgo que aportan al proyecto. Las principales herramientas a utilizar son coberturas operacionales, seguros e instrumentos derivados. Se analizarán diferentes opciones de acuerdo con las características propias de cada riesgo.

En este inciso se evaluará el impacto individual de cada mitigación para cada riesgo asociado a cada variable. Es de esperarse, entonces, que los efectos individuales de estas mitigaciones, analizados de a uno, no logren efectos muy significativos sobre el VAN. Algunas mitigaciones reducirán el desvío del VAN, reduciendo entonces su volatilidad y, por ende, su incertidumbre. Otras mitigaciones lograrán reducir la probabilidad de que el VAN sea menor que cero, desplazando la media hacia la derecha.

Posteriormente, en el inciso *4.7. Resultados* se observará el impacto de todas estas mitigaciones al mismo tiempo. Es de esperarse, entonces, que todas en su conjunto logren tanto una reducción en la volatilidad del VAN significativa como una reducción importante en la probabilidad de que el VAN sea negativo.

4.6.2.1 Precio del Cobre

Como se pudo ver en el Tornado Chart en el inciso *4.3.1 Análisis de Tornado*, el precio del cobre es la variable que mayor impacto tiene sobre la rentabilidad del proyecto. Teniendo en cuenta que el producto terminado del proyecto es un commodity, la variabilidad del precio depende de los movimientos que se den en la oferta y la demanda por lo que todos los agentes involucrados en esta industria son precio aceptantes. Sumado al comportamiento natural del cobre, se trata de un proyecto cuya actividad comercial principal es la exportación de la producción por lo que los ingresos serán en dólares, mientras que la mayoría de sus costos

serán en pesos argentinos por la ubicación del proyecto. Por lo tanto, el valor que tome el precio del cobre en USD/ton impactará significativamente en el proyecto, aumentando la rentabilidad de este cuando sea mayor.

Estas condiciones ubican al proyecto en una posición *long* frente al precio del cobre, para lo cual se deberá buscar una posición *short* para lograr mitigar las pérdidas ocasionadas por una baja en el mismo.

Para poder mitigar este riesgo, se podrían realizar contratos a largo plazo con los compradores del tipo "*off take agreement*". El precio se acuerda mediante una proyección de los valores históricos del precio fijado por el London Metal Exchange. Al fijar un acuerdo a largo plazo, el vendedor se asegura poder ubicar esa producción a un precio que se define de antemano y se resguarda de cualquier disminución que pueda existir, mientras que del otro lado los compradores se aseguran el aprovisionamiento de cobre durante un cierto período de tiempo a un precio acordado.

Cabe destacar que, la disminución del riesgo del proyecto por la reducción de la volatilidad del precio al que se venderá el cobre reduce las posibles pérdidas, así como también sacrifica ganancias. Lo mismo le sucede al comprador, quien, por firmar dicho acuerdo, se beneficiará en el caso de que el precio del cobre en el mercado sea mayor al acordado, y se perjudicará si este es menor al precio definido en el contrato.

Finalmente, el contrato de compraventa beneficiaría a El Pachón ya que asegurando un porcentaje de su producción a un precio estable, reduce el riesgo que le aporta esta variable al VAN del proyecto. También se vería beneficiado ya que el contrato proporciona una garantía de ventas que podrá presentar frente al banco a la hora de pedir préstamos no renovables para generar confianza y disminuir la incertidumbre de las ventas.

El diseño de estos contratos se define por un plazo de 10 años por un 40% de las ventas y a una cotización libre del cobre entre + 1/2 sigma y - 1/2 sigma dentro de la proyección realizada con Mean Reversion. En otras palabras, el cobre se venderá al precio spot, siempre y cuando dicho precio spot no esté por encima del valor promedio + 1/2 sigma, ni por debajo del valor promedio - 1/2 sigma. En caso de que el precio spot se encuentre por encima o por debajo de dichas cotas, el precio de la transacción será el acordado en el contrato, el cual será el valor promedio + 1/2 sigma en caso de que el precio spot sea mayor al precio de ejercicio, o el valor promedio - 1/2 sigma, en caso de que el precio spot sea menor al precio de ejercicio. De esta forma, se piensa que se podrá reducir el riesgo generado por la variación de los precios, acotando las pérdidas aunque también acotando las ganancias.

A continuación, se muestran los resultados obtenidos a partir de la simulación de esta mitigación con 10.878 corridas.

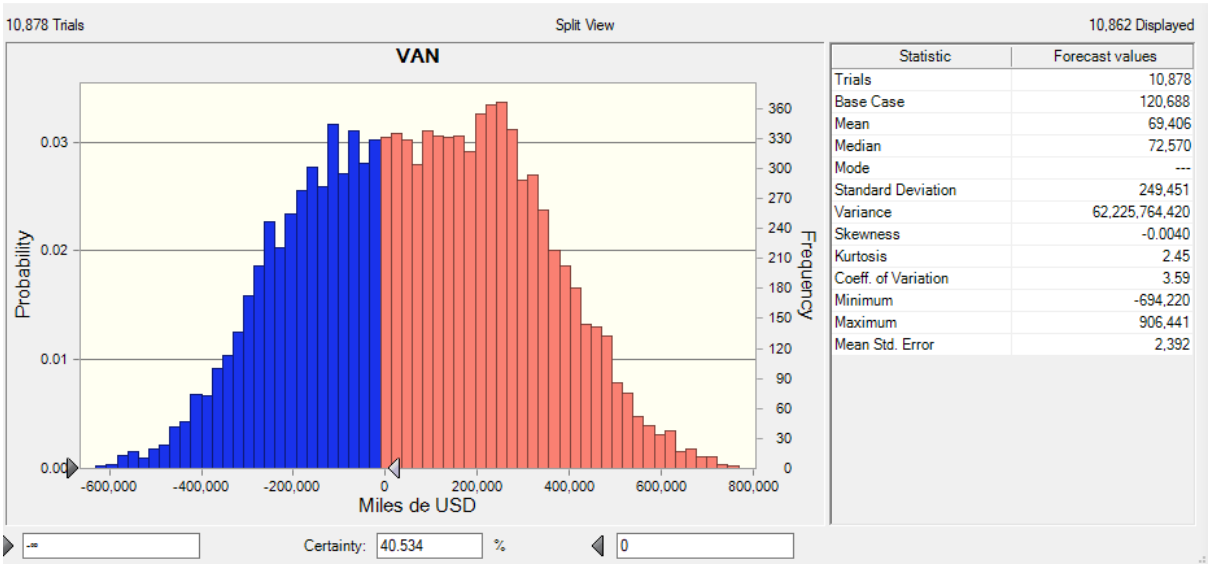


Figura 4.34. Histograma del VAN del proyecto si se generan los contratos con los clientes.

Se puede observar en la *Figura 4.34* que la probabilidad de que el VAN sea mayor que cero, aumentó de 40,29% en el escenario base a 40,53%, la media aumentó de 67.732 miles de USD a 69.406 miles de USD, es decir que se corre hacia la derecha, y la dispersión se redujo de 318.360 miles de USD a 249.451 miles de USD. Esta medida reduce principalmente la variabilidad del VAN a la vez que reduce levemente la probabilidad de que el valor caiga por debajo de cero.

Escenario	Escenario Base	Mitigación del Precio del Cobre
P(VAN) > 0 (%)	40,29%	40,53%%
Valor Medio (miles de USD)	67.732	69.406
Desvío (miles de USD)	318.360	249.451

Tabla 4.11. Tabla resumen de los resultados de la simulación con los contratos con los clientes.

Observando los resultados expuestos en la *Tabla 4.11*, se puede concluir que la mitigación no ofrece un efecto significativo sobre el riesgo que otorga el precio del cobre a pesar de haber seleccionado una mitigación acorde.

Por otro lado, si se observan los valores mínimos y máximos, se puede ver que, frente a lo que expone la *Figura 4.24*, dichos valores se reducen, condiciéndose con la reducción de la desviación estándar. Esto significa una reducción en el riesgo también.

4.6.2.2 Tipo de Cambio Real

En el análisis de impacto de las variables, se pudo ver en el *Tornado Chart* que el proyecto posee una posición *long* frente al dólar, ya que a medida que el tipo de cambio aumenta, también lo hace la ganancia y, por ende, la rentabilidad del proyecto. Esto se puede ver afectado por la tasa de cambio real, ya que existe un historial de devaluaciones a lo largo de la historia de la Argentina, que afectan el tipo de cambio nominal con el paso del tiempo. En el caso de que se devalúe el peso argentino, es decir más pesos reales equivalgan a un dólar, se beneficiara el rendimiento del proyecto ya que se podrán cubrir más costos en moneda local con una misma cantidad de dólares. En el caso en el que la moneda se aprecie, no será conveniente para el proyecto.

Una de las opciones para mitigar este riesgo sería vender dólar futuro, de esta forma El Pachón se aseguraría que el riesgo asociado a posibles devaluaciones o apreciaciones de la moneda no afectarán los pagos inmediatos de materia prima y costos en moneda local. Se intentaría vender dólar futuro durante el plazo de inmovilización de capital, de esta forma el mismo no perdería valor desde que entra a la caja hasta que sale.

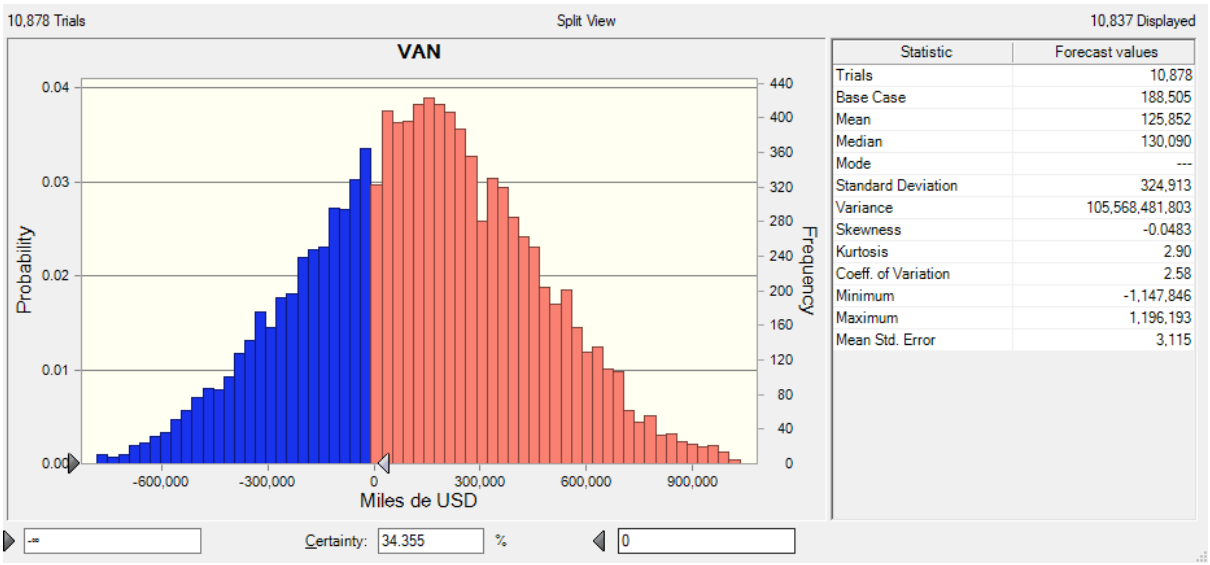


Figura 4.35. Histograma del VAN del proyecto si se compra dólar futuro.

La venta de dólar futuro, como se puede apreciar en la *Figura 4.35*, logra bajar la probabilidad de que el VAN sea menor que cero. Dicha probabilidad baja, respecto del escenario base, de 40,29% a 34,35% mientras que la media aumenta de 67.732 miles de USD a 125.852 miles de USD y el desvío aumenta levemente de 318.360 a 324.913 miles de USD. Esta medida no logra reducir la dispersión, pero sí logra reducir la probabilidad de que el VAN sea menor que cero.

Escenario	Escenario Base	Mitigación del Tipo de Cambio Real
P(VAN) > 0 (%)	40,29%	34,35%
Valor Medio (miles de USD)	67.732	125.852
Desvío (miles de USD)	318.360	324.913

Tabla 4.12. Tabla resumen de los resultados de la simulación si se compra dólar futuro.

4.6.2.3 Ley de Cobre

El riesgo generado por la variación de la ley de cobre hace referencia a la volatilidad que tiene la cantidad de cobre promedio que se espera que haya en la mina. Esta variable de riesgo será mitigada posteriormente en el inciso *4.8. Opciones Reales.*

4.6.2.4 Porcentaje de Variación del % de Producción de la Planta

El porcentaje de variación del porcentaje de producción de planta explica la variabilidad que existe en la producción que se desarrollará en la planta productiva a lo largo de la vida útil del proyecto. El análisis de su variabilidad entrará en juego a la hora de diseñar el proceso productivo y dimensionar sus instalaciones.

La distribución que se le otorgó a esta variable es de hasta un 10% menor en la producción definida en el escenario base como escenario más pesimista, y una variación nula en caso favorable, es decir que se logre cumplir el régimen de producción previsto.

Una buena forma de mitigar el riesgo de que se genere una menor producción anual sería mediante una inversión extra en el mantenimiento preventivo de la maquinaria a modo de anticipar posibles fallas que retrasen la producción. Adicionalmente, se considera una capacitación extra a los operarios para, por un lado, mejorar el manejo de las maquinarias por parte de la mano de obra evitando accidentes innecesarios, y por el otro, capacitarlos en la reparación de los equipos en caso de encontrarse con inconvenientes en su ejecución. Se espera que tomando estas medidas preventivas se evitarán ineficiencias en la planta y por lo tanto se logrará cumplir con el régimen de producción planificado de antemano y que responde a la rentabilidad deseada del proyecto.

Aplicando esta mitigación en el modelo, se obtuvieron los siguientes resultados.

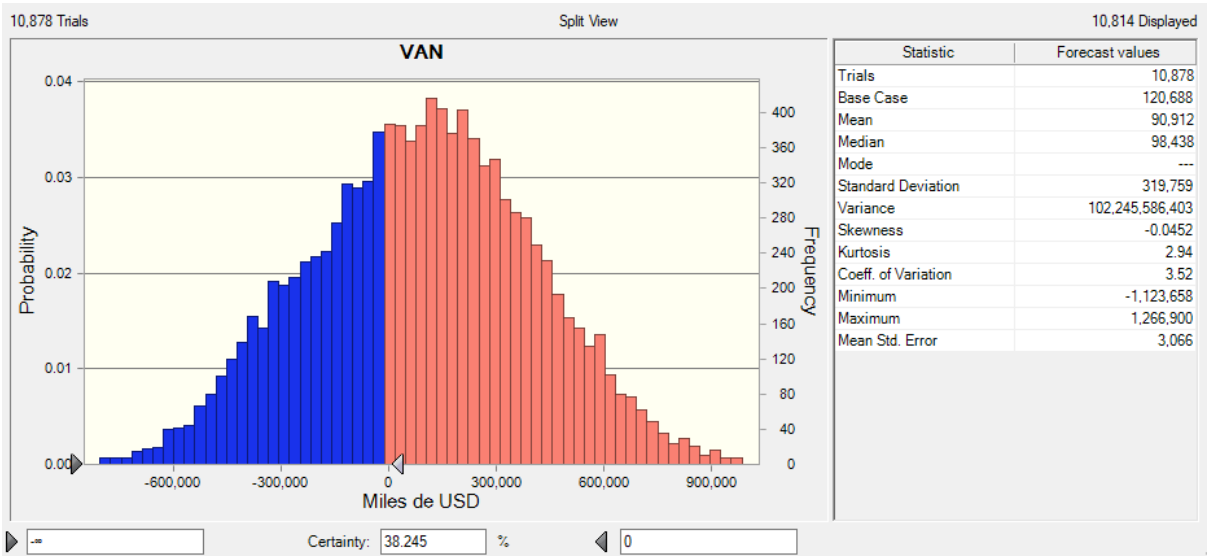


Figura 4.36. Histograma del VAN del proyecto si se invierte en mantenimiento preventivo.

Como se puede apreciar en la *Figura 4.36* la probabilidad de que el valor actual neto del proyecto sea menor que cero, gracias al mantenimiento preventivo extra y a las capacitaciones adicionales, se reduce de un 40,29% en el escenario base a un 38,25%, la media aumenta de 67.732 miles de USD a 90.912 miles de USD y el desvío no varía significativamente. Esta medida logra reducir la probabilidad de que el VAN caiga por debajo de cero.

Escenario	**Escenario Base**	**Mitigación del Porcentaje de Producción en Planta**
P(VAN) > 0 (%)	40,29%	38,25%
Valor Medio (miles de USD)	67.732	90.912
Desvío (miles de USD)	318.360	319.759

Tabla 4.13. Tabla resumen de los resultados de la simulación si se invierte en mantenimiento preventivo.

4.6.2.5 Aranceles a la Importación

El riesgo generado por la posible incorporación de aranceles a la importación se podrá mitigar realizando una alianza estratégica con los proveedores de maquinaria de mina y planta, obteniendo un descuento que ayude a minimizar el impacto de los aranceles de importación y a la vez comprometiéndose a comprarles la maquinaria para las próximas inversiones que se realizarán a lo largo de la vida útil del proyecto. De esta forma, ambas partes se verán beneficiadas. El Pachón, por un lado, podrá contrarrestar el efecto del arancel al acordar un

precio más competitivo, y los proveedores podrán asegurar una gran cantidad de ventas de su maquinaria a futuro y mantenimientos posteriores.

El porcentaje de descuento que se buscará será el que contrarreste parte del efecto generado por el arancel. Los descuentos más comunes en las grandes industrias generalmente no sobrepasan el 10%. Al ser un proyecto de gran magnitud, se tomará que el descuento será justo del 10% y se estudiará cómo esto afectará la introducción de aranceles. Por otro lado, el acuerdo de compra de maquinaria en el futuro considerará que la máquina a entregar será la actualizada para los avances tecnológicos del momento en cuestión y que durará mientras el proyecto se encuentre activo.

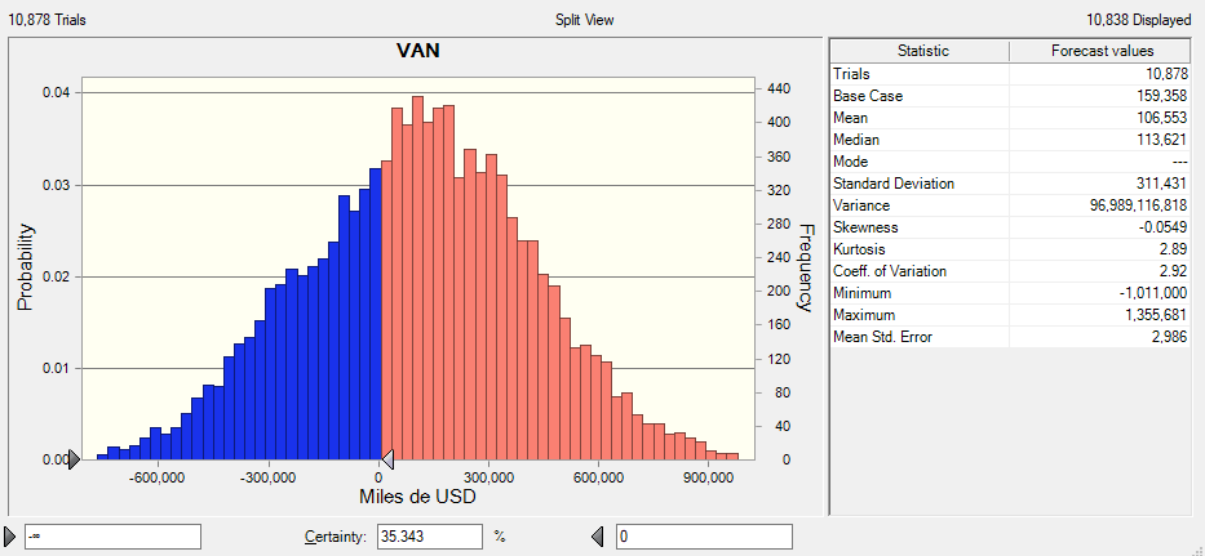


Figura 4.37. Histograma del VAN del proyecto si se realizan alianzas con los proveedores.

Tal como lo muestra la *Figura 4.37*, la media del VAN, desarrollando *partners* estratégicos para asegurar el aprovisionamiento de maquinaria e insumos a un precio con descuento para lograr reducir la influencia de los aranceles, resulta ser de 106.553 miles de USD, mientras que la media del escenario base es de 67.732 miles de USD. Asimismo, la probabilidad de que el VAN sea menor que cero se reduce de 40,29% a 35,34%. La desviación estándar, también, cae de 318.360 miles de USD a 311.431 miles de USD. Esta medida logra reducir tanto la variabilidad del VAN como la probabilidad de que éste sea menor que cero.

Escenario	Escenario Base	Mitigación del Arancel a Importaciones
P(VAN) > 0 (%)	40,29%	35,34%
Valor Medio (miles de USD)	67.732	106.553

Desvío (miles de USD)	318.360	311.431

Tabla 4.14. Tabla resumen de los resultados de la simulación si se realizan alianzas con proveedores.

4.6.2.6 Días Productivos

El escenario base del proyecto considera un seguro de lucro cesante, el cual tiene en cuenta imprevistos que puedan surgir que generen una falta de lucro, y de esta forma el seguro cubrirá los costos fijos que no puedan pagarse. Aún considerando de base este seguro, los días productivos figuran como una variable relevante en el análisis de sensibilidad, debido a que por su comportamiento contribuye de manera significativa la varianza del VAN.

Por lo tanto, se incorporará un seguro de interrupción de accesos, lo cual no está considerado en el de lucro cesante, para el caso en el cual haya algún inconveniente, ya sea derrumbe, nieve o inundaciones en los accesos que llevan al yacimiento y afecte el ritmo de producción. Este seguro cubrirá la pérdida de beneficios generada por situaciones extremas que puedan disminuir los días productivos, siempre y cuando la cantidad de días al año que no sean productivos sean mayores a 5. De esta forma, se considera que a pesar de que el comportamiento natural de los días productivos al año se mantiene igual, la distribución se va a ver acotada para valores inferiores a 340 días, ya que en los casos que se opere una cantidad menor de días, el seguro cubrirá los costos. Se pagará una prima que será un 0,05% de los gastos fijos.

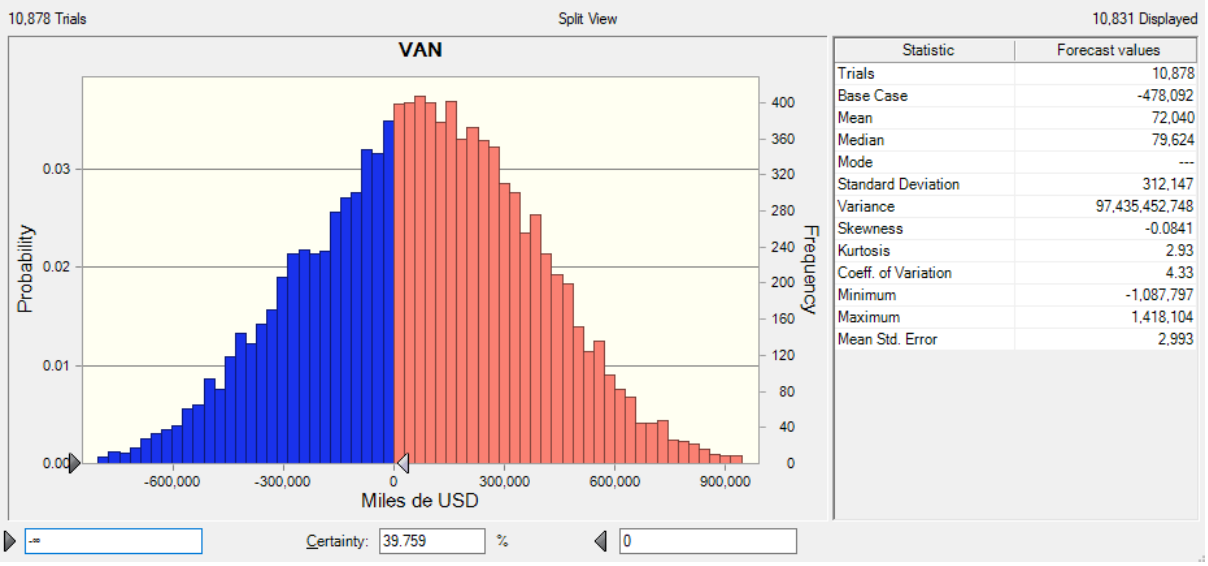


Figura 4.38. Histograma del VAN del proyecto si se contrata un seguro de interrupción de accesos.

La *Figura 4.38* pone de manifiesto los resultados obtenidos al contratar el seguro de interrupción de accesos. La probabilidad de que el VAN sea menor a cero cambia de 40,29% en el escenario base a 39,76% mediante la contratación del seguro. La media sube de 67.732 miles de USD a 72.040 miles de USD, mientras que el desvío se reduce de 318.360 miles de

USD a 312.147 miles de USD. Esta medida, al igual que la anterior, logra al mismo tiempo reducir la probabilidad de que el VAN sea menor a cero y la volatilidad del mismo.

Escenario	Escenario Base	Mitigación de los Días Productivos
P(VAN) > 0 (%)	40,29%	39,76%
Valor Medio (miles de USD)	67.732	72.040
Desvío (miles de USD)	318.360	312.147

Tabla 4.15. Tabla resumen de los resultados de la simulación si se contrata un seguro de interrupción de accesos.

4.7 Resultados

Una vez analizado el impacto que tiene cada una de las medidas a tomar para mitigar los riesgos que presenta el proyecto en cuestión, se estudió el impacto que tiene en el VAN aplicar todas las coberturas de riesgo en simultáneo. En este inciso se presentan los resultados del análisis de las mitigaciones en conjunto.

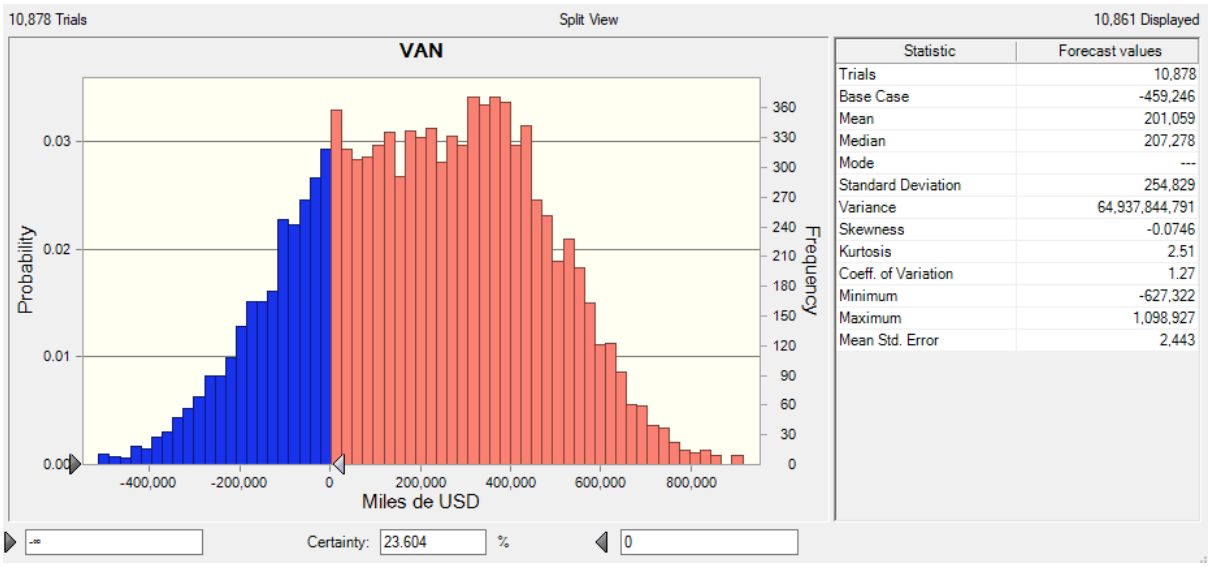


Figura 4.39. Histograma del VAN del proyecto considerando todas las mitigaciones en conjunto.

Tal como se ha mencionado anteriormente en el inciso *4.6. Mitigación de los riesgos*, era de esperarse que la sumatoria de todas las mitigaciones aplicadas al mismo tiempo, lograsen un efecto multiplicador, y que entre todas pudiesen reducir tanto la probabilidad de que el VAN sea menor a cero como la volatilidad de este.

La *Figura 4.39.* muestra gráficamente los resultados obtenidos al mitigar todos los riesgos a la vez. La probabilidad de que el VAN sea menor a cero, se reduce de 40,28% en el escenario base a 23,60%, la media aumenta de 67.732 miles de USD 201.059 miles de USD y la desviación estándar baja de 318.360 miles de USD a 254.829 miles de USD. La siguiente tabla visualiza los cambios que se produjeron entre el proyecto inicial y éste considerando la mitigación de sus riesgos principales.

Escenario	Escenario Base	Mitigación del Proyecto	Variación Porcentual
P(VAN) > 0 (%)	40,29%	23,60%	-41,42%
Valor Medio (miles de USD)	67.732	201.059	196,84%
Desvío (miles de USD)	318.360	254.829	-19,96%

Tabla 4.16. Tabla resumen de los resultados de la simulación considerando todas las mitigaciones en conjunto.

Merece la pena destacar el costo de implementar todas las mitigaciones previamente mencionadas. Por un lado, varias de las mitigaciones elegidas, no representan un costo como salida de efectivo, sino que más bien representan un costo de oportunidad. Por ejemplo, la venta de dólar futuro y la fijación de precios mínimos y máximos para la venta de los cátodos de cobre, simbolizan todos un costo de oportunidad. En caso de que las condiciones sean favorables, es decir, que el precio del cobre aumente más de lo previsto, o que el dólar cotice más alto de lo acordado en el contrato de futuros, se estará incurriendo en una pérdida de oportunidad consecuencia de haber realizado dichos acuerdos. Aún así, este costo de oportunidad tiene su contrapartida en caso de que el precio internacional de los cátodos de cobre baje más de lo esperado o que la cotización del dólar caiga por debajo de lo acordado. Es el *trade-off* necesario y natural que ofrecen este tipo de mitigaciones: por un lado, se pierden oportunidades de ganar dinero, pero, por otra parte, se acota la eventual pérdida. En segundo lugar, el acuerdo con proveedores no genera costo alguno ya que, como se ha mencionado anteriormente, se buscará desarrollar proveedores como *partners* estratégicos, a quienes se les comprarán sus maquinarias durante toda la vida del proyecto. Ambas partes involucradas, el proveedor y los inversores, resultan beneficiados por este acuerdo. Finalmente, las mitigaciones que sí suponen un costo monetario para el proyecto son el seguro de interrupción de accesos, para poder cubrir las pérdidas ocasionadas por una reducción en los días de trabajo, y el costo de realizar un mantenimiento extra a las maquinarias y equipos y una capacitación adicional para los operarios, para reducir el porcentaje de inoperatividad de la planta. El costo de la contratación de este seguro adicional, fue mencionado en el inciso *4.6.2.6 Días productivos,* que se calcula como un 0,05% de los costos fijos del proyecto. Asimismo, el costo de realizar un mantenimiento preventivo extra y capacitaciones suplementarias es de un 7%

adicional al mantenimiento que se realiza en condiciones normales, totalizando entre ambos tipos de mantenimiento un 27% del total de los gastos operativos.

A continuación, se expone un análisis estadístico acerca de la significatividad de todas las mitigaciones propuestas, comparando contra la situación escenario base. Se empleó la fórmula del intervalo de confianza para la media, con un nivel de confianza del 95%, recordando que los datos para el escenario base y para el escenario con todas las mitigaciones son:

Media (miles de USD)	Desvío Estándar (miles de USD)	Corridas
318.360	67.732	10.878

Tabla 4.17. Datos estadísticos del proyecto para el escenario base.

Media (miles de USD)	Desvío Estándar (miles de USD)	Corridas
201.059	254.829	10.878

Tabla 4.18. Datos estadísticos del proyecto con todas las mitigaciones aplicadas.

$$IC(95\%) = (\bar{X} - \frac{\sigma \times Z_{1-\frac{\alpha}{2}}}{\sqrt{n}} \; ; \; \bar{X} \; ; \bar{X} + \frac{\sigma \times Z_{1-\frac{\alpha}{2}}}{\sqrt{n}}) \qquad (4.9)$$

Reemplazando con los datos correspondientes, obtenemos que el intervalo de confianza para la media del escenario base, con una 95% de confianza, queda determinado de la siguiente manera,

$$IC(95\%) = (61.749 \; miles \; de \; USD \; ; 67.732 \; miles \; de \; USD \; ; 73.715 \; miles \; de \; USD)$$

mientras que el intervalo de confianza para la situación en donde se aplican todas las mitigaciones en conjunto, queda determinado de la siguiente manera, con un nivel de confianza del 95%.

$$IC(95\%) = (196.270 \; miles \; de \; USD \; ; 201.059 \; miles \; de \; USD \; ; 205.848 \; miles \; de \; USD)$$

Debido a que los intervalos de confianza no se solapan entre sí, se puede afirmar, estadísticamente, que las mitigaciones tienen un efecto significativo sobre la media del VAN del proyecto, tal como lo muestra la *Figura 4.40.*



Figura 4.40. Gráfica de los intervalos de confianza para la media del VAN.

4.8 Opciones Reales

A continuación, se desarrollará la aplicación de opciones reales en el proyecto El Pachón con el fin de buscar que el proyecto en cuestión resulte rentable y aporte valor a sus inversores. Se analizarán diferentes casos en los cuales el efecto de una variable sobre la rentabilidad es negativo y por consiguiente podría ser mitigado mediante la utilización de una opción. De esta forma, el planteo de opciones reales permite cuantificar elementos complejos que afectan al proyecto, evaluando el valor actual neto que resulta de la aplicación de cada opción.

4.8.1 Opción Real de Inversión en Análisis 3D

Se planteó una opción real que mitigue el riesgo que implica la variabilidad que puede tomar la ley de cobre. A pesar de que a través de estudios del suelo se estima que esta se encuentre alrededor de 0,47%, la exactitud que contemplan los estudios realizados arrojan en sus resultados un rango de variabilidad de ley de cobre del 0,4% a 0,54%.

En el caso que el cobre presente en la mina tenga una ley diferente a 0,47%, que es con la que se planificó la producción, se pueden observar faltas o exceso de materia prima a procesar. Entendiendo que corresponden a cantidades diferentes a las que se tomaron para dimensionar el pit de mina y planta productiva.

Teniendo en cuenta que se trata de una de las variables que más aporta riesgo al VAN del proyecto, resulta de gran importancia tomar medidas para mitigar esta volatilidad. Para ello, se tomó la decisión de analizar una opción real que contemple la posibilidad de realizar un análisis

adicional de exploración 3D que ayudará a entender la precisión de la ley de cobre presente. Disminuyendo así, el riesgo de que la cantidad de cobre fino en la mina sea menor a lo esperado.

El análisis consiste en un desarrollo novedoso llamado X-Mine[137] que lo que hace es realizar análisis de rayos X y tomografías para detectar en tiempo real la composición del mineral que se encuentra debajo de la tierra. Con la utilización de este nuevo desarrollo, se estima un nivel de confianza de alrededor del 80% de que el estudio haya predicho bien los resultados, y un 20% la probabilidad de que, al perforar, se encuentre una ley que no haya sido lo predicho por el estudio. El costo del análisis es de 5 millones de dólares, según se pudo constatar con expertos en minería.

Finalmente, este estudio asegurará con un 80% de confianza que la ley de cobre de la mina se encuentre entre 0,4% y 0,47% o entre 0,47% y 0,54%.

Actualmente, la probabilidad de que la ley media sea mayor o menor a 0,47% es del 50%, ya que sigue el comportamiento de una distribución triangular cuyos extremos se encuentran equidistantes de la moda.

Para evaluar estos escenarios dentro de la opción real, se tuvo que correr una simulación que contemple la distribución asociada a la ley de cobre truncada para los valores menor a 0,47% y otra que contemple el otro rango de valores probables. Los resultados obtenidos del VAN para cada una de estas corridas se encuentran a continuación:

Escenario	**Valor medio (miles de USD)**	**Desvío (miles de USD)**	**Mediana (miles de USD)**	**P(VAN) > 0 (%)**
Ley de Cu < 0,47%	-80.566	285.289	-86.611	61,61%
Ley de Cu > 0,47%	101.772	330.016	114.931	37,00%

Tabla 4.19. Tabla resumen de los escenarios de Ley de Cobre considerados.

[137] Rescatado de: http://www.xmine.eu/

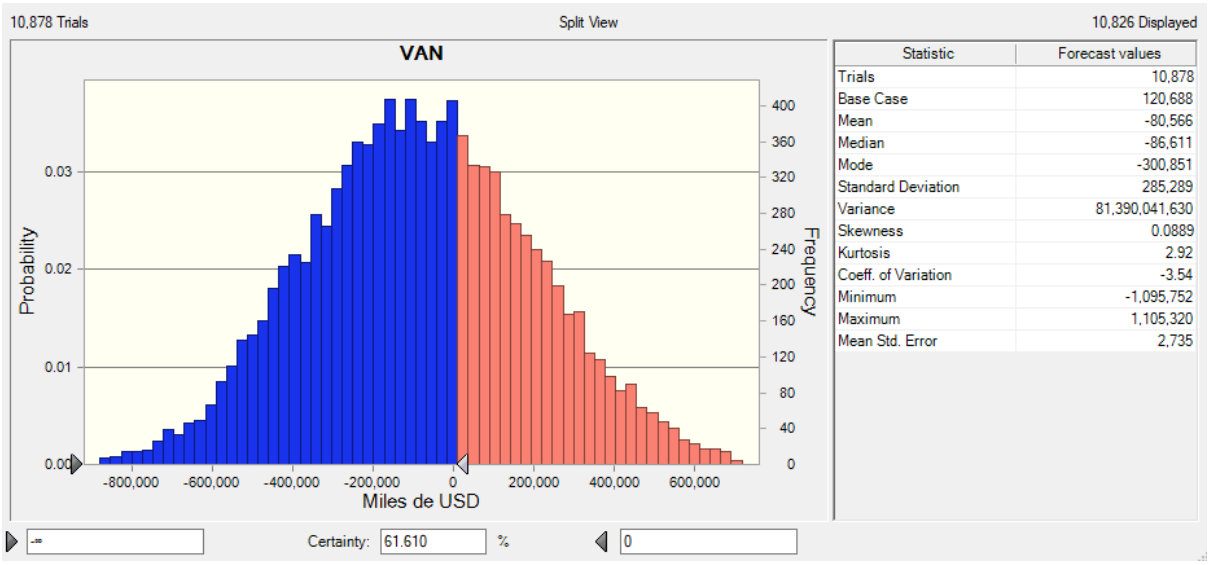


Figura 4.41. Histograma del VAN del proyecto considerando el escenario de Ley de Cobre menor a 0,47%.

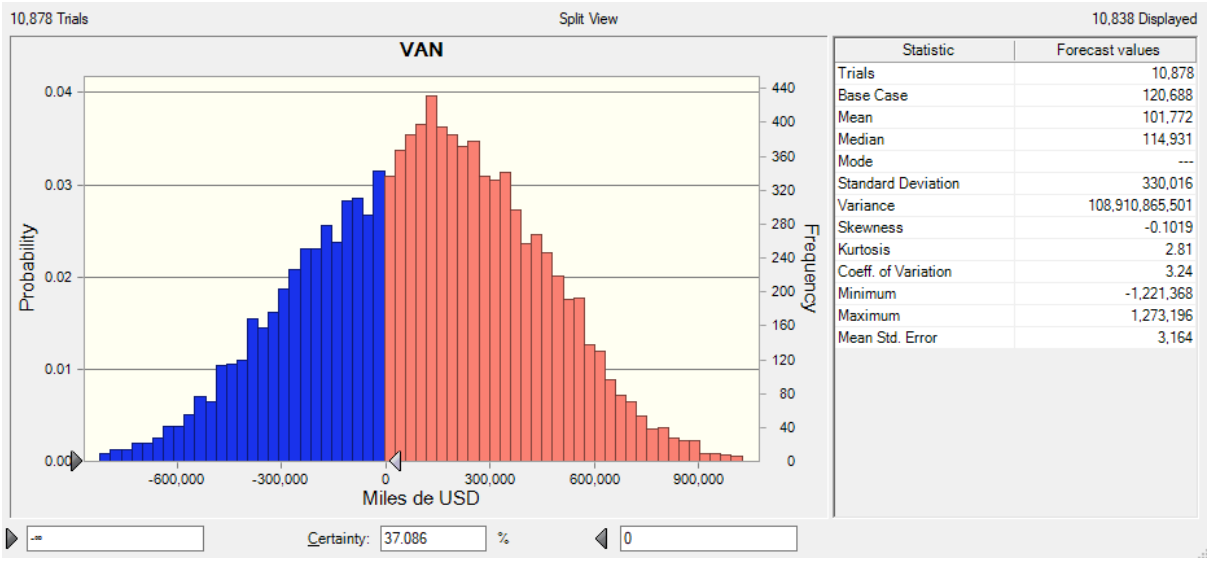


Figura 4.42. Histograma del VAN del proyecto considerando el escenario de Ley de Cobre mayor a 0,47%.

Una vez calculado el VAN para los posibles resultados que contempla la ley del cobre, se prosiguió a calcular los árboles de decisión. A continuación, se puede ver el árbol de decisión del escenario base.

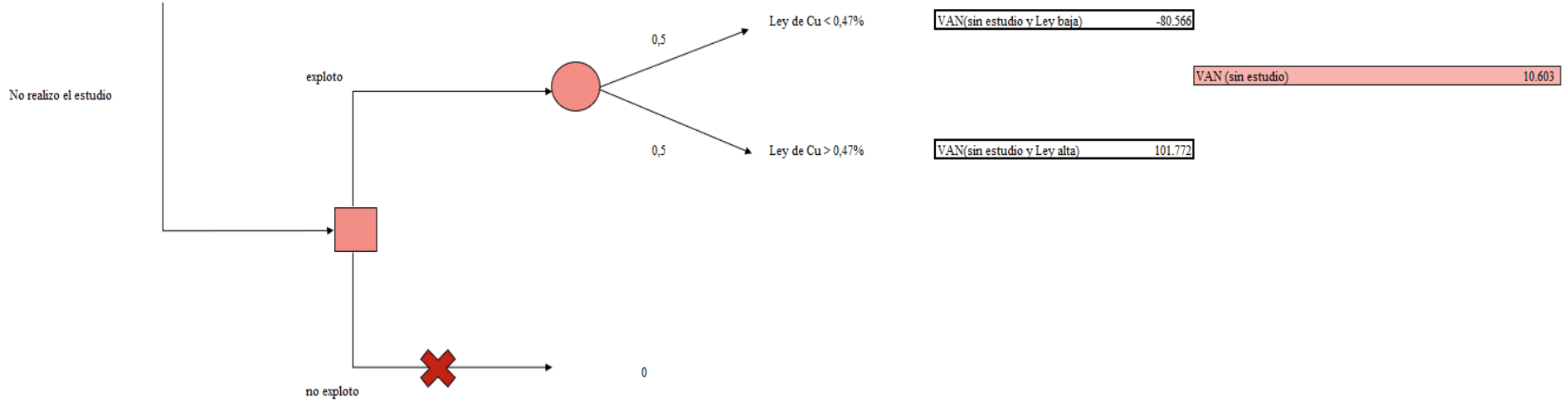


Figura 4.43. Árbol de decisión escenario base.

En el caso que se decida perforar sin realizar un estudio del suelo previo que arroje un valor de ley de cobre con mayor exactitud, la probabilidad de que esta sea mayor o menor a 0,47% es la misma y de un 50%. Afectando el VAN de cada uno de los posibles escenarios por la probabilidad de que se desarrollen se obtiene el valor del escenario base.

VAN (sin estudio)	10.603

En cambio, en el caso de que se decida invertir en el estudio del suelo que permita conocer el valor de la ley de cobre de la mina con mayor precisión, el árbol de decisión es el siguiente:

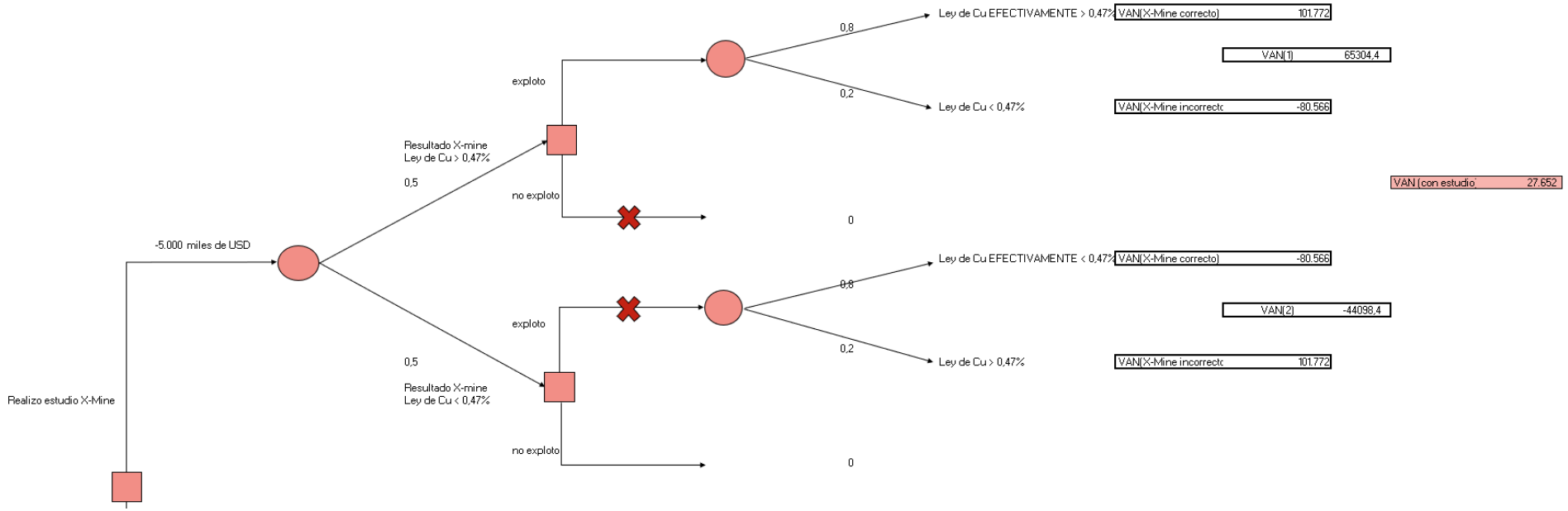


Figura 4.44. Árbol de decisión escenario incluyendo el estudio de suelo.

El análisis de la opción real compara el VAN de haber implementado el estudio X-Mine contra el escenario base en el que no se tiene en cuenta. En el primer caso, la exploración puede concluir que la ley de cobre presente es menor o mayor a 0,47% con un 50% de probabilidad debido a las características de la distribución en cuestión. De todas maneras, la probabilidad de que el resultado que arroje el estudio sea correcto y que haya realmente la cantidad de cobre que estimo es de un 80%, siendo un 20% la proporción de veces que se equivoca en su estimación. Afectando el VAN de que realmente haya más o menos de 0,47% de ley de cobre en la mina por las probabilidades de acierto se puede decidir si conviene o no perforar el suelo. En función de la decisión que se tome en cada caso se calculará el VAN de la opción real, que para una inversión de 5 millones de USD en el estudio es de 27.652 miles de USD.

VAN (con estudio)	27.652

Finalmente, como el VAN de la opción real es mayor al VAN del caso base, la opción vale y su valor queda determinado por la diferencia de VANs, totalizando un valor de 17.049 miles de USD.

4.9 Conclusiones del Análisis de Riesgos

Luego de realizar las diferentes etapas del estudio de pre-factibilidad del proyecto El Pachón, se puede concluir que el proyecto es viable y rentable para el horizonte de tiempo planteado de 51 años. Mediante el estudio y mitigación de riesgos, se incrementa el valor del mismo, pudiendo determinar con mayor certeza que los flujos de fondos futuros, descontados año a año, significarán una ganancia generada por el proyecto.

Gracias al análisis profundo de todos los riesgos involucrados en el desarrollo del proyecto y mediante una mitigación de los riesgos más importantes, se puede concluir que existe una probabilidad de que el proyecto no sea rentable del 23% aproximadamente. Este valor del 23% puede ser alto para quienes buscan inversiones de corto plazo y seguras, aunque dicha probabilidad de que el VAN sea menor que cero, para un proyecto a 51 años, es adecuada.

Es importante mencionar que el proyecto con todas las mitigaciones mencionadas a lo largo del estudio presenta una media del VAN mayor y un desvío menor que en el escenario base proyectado, generando entonces una fuerte recomendación de la aplicación de estas mitigaciones.

Asimismo, mediante la opción real de realizar el estudio de suelo mediante tecnología 3D, se incrementa el valor del proyecto al poder determinar con mayor certeza la ley de cobre presente en el suelo. Al ser la ley de cobre una variable que impacta de manera significativa en la determinación del valor del VAN, es lógico que realizar un estudio para conocer con mayor certeza la cantidad de cobre presente en el suelo, sea beneficioso para el proyecto.

El proyecto en cuestión requiere de altos niveles de inversión inicial, pero se ha podido demostrar, por un lado, que es robusto frente a 51 años de incertidumbre, gracias a la reducción de la probabilidad de VAN < 0 mediante las mitigaciones; y por otro, que el retorno es, no sólo positivo, sino que también es considerablemente alto.

5. BIBLIOGRAFÍA

5.1 Mercado

Argentina Mining. (7 de octubre de 2010). *Argentina Mining*. Obtenido de El cobre en Argentina: la oportunidad dorada para la minería argentina: http://www.argentinamining.com/es/el-cobre-en-argentina-la-oportunidad-dorada-para-la-mineria-argentina

Association, I. C. (2016). *Perfil medioambiental del cobre*. Obtenido de https://copperalliance.org/wp-content/uploads/2018/02/ICA-EnvironmentalProfileHESD-201709-Spanish-R2.pdf

Bontempo, C. (19 de diciembre de 2019). *China. El gigante asiático ya es el principal socio comercial de la Argentina*. Obtenido de La Nación: https://www.lanacion.com.ar/economia/comercio-exterior/china-el-gigante-asiatico-ya-es-el-principal-socio-comercial-de-la-argentina-nid2317061

Cámara Argentina de Empresarios Mineros. (s.f.). *Minería Argentina todas las respuestas*. Obtenido de https://www.senado.gov.ar/upload/15934.pdf

Capello, M. (s.f.). *Secretaría de Minería de la Nación Argentina*. Obtenido de https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/cancilleria_2018_19-02-2018pdf.pdf

Ceresetto, Diego. (2020). Mercado del cobre. (M. Ceresetto, Entrevistador)

CODELCO. (2020). *¿Qué es el cobre?* Obtenido de https://www.codelcoeduca.cl/codelcoeduca/site/edic/base/port/que_es_cobre.html

CODELCO. (2020). *Exploración*. Obtenido de https://www.codelcoeduca.cl/codelcoeduca/site/edic/base/port/exploracion.html

CRU International Limited. (4 de diciembre de 2018). *Caracterización y análisis de mercado internacional de minerales en el corto, mediano, y largo plazo con vigencia al año 2035*. Obtenido de http://www1.upme.gov.co/simco/Cifras-Sectoriales/Datos/mercado-inter/Producto%202_Cobre_FINAL_12Dic2018.pdf

DBS Group Research. (octubre de 2018). *Copper And Its Electrifying Future*. Obtenido de https://www.dbs.com.hk/sme/aics/pdfController.page?pdfpath=/content/article/pdf/AIO/102018/181008_insights_copper_SparX.pdf

Gobierno de Chile. (2019). *Ley de cobre*. Obtenido de http://www.minmineria.gob.cl/glosario-minero-l/ley-de-cobre/

Guía minera de chile . (s.f.). *Cochilco: Producción de cobre en 2020 se superaría marginalmente los 6 millones de toneladas*. Obtenido de https://www.guiaminera.cl/cochilco-produccion-de-cobre-en-2020-se-superaria-marginalmente-los-6-millones-de-toneladas/

Información Legislativa. (1 de mayo de 1887). *Ley 1919*. Obtenido de Infoleg: http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/40000-44999/43797/texact.htm#22

Instituto Europeo del Cobre. (s.f.). *Evaluación del ciclo de vida del cobre*. Obtenido de https://copperalliance.es/beneficios-cobre/economia-circular/analisis-ciclo-de-vida/

Investopedia. (25 de junio de 2019). *Market capitalization of the leading copper producers worldwide in 2019 (in billion U.S. dollars)*. Obtenido de Statista: https://www.statista.com/statistics/1023117/market-capitalization-leading-copper-producers/

La Voz. (12 de septiembre de 2013). *En Andalgalá continúa el rechazo a la mina Agua Rica*. Obtenido de https://www.lavoz.com.ar/noticias/politica/andalgala-continua-rechazo-mina-agua-rica

Lagos, G. (26 de marzo de 2019). *La demanda del cobre*. Obtenido de http://www.economiaynegocios.cl/noticias/noticias.asp?id=557130

Lillo, J. (2006). *Impactos de la minería en el medio natural*. Obtenido de https://www.ucm.es/data/cont/media/www/pag-15564/Impactos%20de%20la%20miner%C3%ADa%20-%20Javier%20Lillo.pdf

London Metal Exchange. (2020). *LME COPPER*. Obtenido de https://www.lme.com/en-GB/Metals/Non-ferrous/Copper#tabIndex=0

Mining Press. (24 de abril de 2018). *Alumbrera no cierra: Será subterránea hasta 2029. Informe: El impacto de la mina en la Argentina*. Obtenido de: http://miningpress.com/nota/315967/alumbrera-no-cierra-sera-subterranea-hasta-2029-informe-el-impacto-de-la-mina-en-la-argentina

Ministerio de Hacienda y Finanzas Públicas de la Nación Argentina. (mayo de 2016). *Informes de cadena de valor*. Obtenido de https://www.economia.gob.ar/peconomica/docs/SSPE_mineria_metalifera_rocas.pdf

NS Media Group Limited. (13 de agosto de 2019). *La demanda de cobre será 250 % mayor en 2030, según analistas*. Obtenido de https://www.worldenergytrade.com/index.php/m-news-metals/90-news-cobre/4107-la-demanda-de-cobre-sera-250-mayor-en-2030-segun-analistas

Panorama Minero. (12 de diciembre de 2018). *El cobre, la gran apuesta de la minería Argentina*. Obtenido de https://panorama-minero.com/ediciones-panorama-minero/el-cobre-la-gran-apuesta-de-la-mineria-argentina/

Pedro, E. D. (2020). Mercado del cobre. (D. Spinadel, Entrevistador)

Quiroga, L. (8 de febrero de 2018). *Argentina apuesta por 10 proyectos de cobre, 5 de ellos son sanjuaninos*. Obtenido de Diario de cuyo: https://www.diariodecuyo.com.ar/suplementos/Argentina-apuesta-por-10-proyectosde-cobre-5-de-ellos-son-sanjuaninos-20180207-0115.html

Rojas, N. (2015). *Yacimientos metalíferos en la Argentina*. Obtenido de Edernews: http://enernews.com/media/briefs/nivaldo-rojas-los-yacimientos-metaliferos-en-argentina_2462.pdf

Spinadel, P. (2020). Mercado del cobre. (D. Spinadel, Entrevistador)

The Balance. (5 de noviembre de 2019). *Major copper miners worldwide in 2018, based on production volume (in million metric tons)*. Obtenido de https://www.statista.com/statistics/274260/market-share-of-major-copper-producing-companies/

Wikipedia. (s.f.). *Minería en Argentina*. Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Miner%C3%ADa_en_Argentina

5.2 Ingeniería

(s.f.). Obtenido de Direct Industry: https://www.directindustry.es/prod/metso-corporation-9344.html#product-item_2019808

(s.f.). Obtenido de 123RF: https://es.123rf.com/photo_30273111_a-cielo-abierto-mina-de-carb%C3%B3n-a-cielo-abierto-marr%C3%B3n-cinta-transportadora-como-detalle-industrial-.html

(2019). Obtenido de Enercom: https://www.enercom.cl/#!/es/equipos

7495 HF con cuerda de avance. (s.f.). Obtenido de Finning Cat: https://www.finning.com/es_AR/products/new/equipment/electric-rope-shovels/electric-rope-shovels/18412246.html

773G Off-Highway Truck. (s.f.). Obtenido de Peterson Cat: https://www.petersoncat.com/products/new/highway-trucks-bare-chassis/773g-wtr-bare-chassis

Actis, R. A. (2009). *Escombreras. Ubicación, estabilidad y contaminación ambiental*. Obtenido de Fundación Empremin: https://repositorio.segemar.gob.ar/bitstream/handle/308849217/2980/Escombreras_Ra%C3%BAl_Alberto_Actis.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Arriagada Hernández, P. A. (12 de 2006). *Diseño, construcción y optimización de una celda de electro obtención de cobre con cátodo particulado móvil basada en electro diálisis reactiva.* Obtenido de http://www.tesis.uchile.cl/tesis/uchile/2006/arriagada_p/sources/arriagada_p.pdf

Barraza, M. E. (2016). *Filtros de prensa para relaves.* Obtenido de http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/142809/Filtros-de-prensa-para-relaves.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Belt conveyors: stationary and belt grooved. (n.d.). Retrieved from Tyazhmash: https://www.tyazhmash.com/en/products/conveyor-equipment/belt-s/

Bullón, J. P. (04 de 2014). *Tostación de concentrados de cobre con alto contenido de arsénico.* Obtenido de Monografias.com: https://www.monografias.com/trabajos107/tostacion-concentrados-cobre-alto-contenido-arsenico/tostacion-concentrados-cobre-alto-contenido-arsenico.shtml

Camiones de obras 789D. (s.f.). Obtenido de CAT: https://www.cat.com/es_MX/products/new/equipment/off-highway-trucks/mining-trucks/18107706.html

Camiones de obras 796 AC. (n.d.). From CAT: https://www.cat.com/es_MX/products/new/equipment/off-highway-trucks/mining-trucks/3449712859448160.html

Capello, I. M. (19 de 02 de 2018). *Cancillería*. Obtenido de https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/cancilleria_2018_19-02-2018pdf.pdf

Chancado. (2018). Obtenido de Codelco: https://www.codelcoeduca.cl/codelcoeduca/site/artic/20190109/asocfile/20190109004934/chancado_media_t__cnico_060119.pdf

Chancadores primarios giratorios. (n.d.). From Metso: https://www.directindustry.es/prod/metso-corporation-9344.html#product-item_1480045

CM46DF V-Type. (n.d.). Retrieved from CAT: https://www.cat.com/en_MX/products/new/power-systems/electric-power/diesel-generator-sets/3074593387660138.html

Contreras Durán, C. D. (2019). *Elaboración de balance de masa y energía del sistema de manejor de gases para la construcción de un modelo predictivo que permita mejorar la captura de azufre y arsénico en la planta de fundición calentones, codelco división teniente.* Obtenido de Peumo repositorio digital USM: https://repositorio.usm.cl/bitstream/handle/11673/47328/3560900251245UTFSM.pdf?sequence=1&isAllowed=y

D10T2. (s.f.). Obtenido de Finning Cat: https://www.finning.com/es_CL/products/new/equipment/dozers/large-dozers/18575000.html

Decreto Ley Nº 4.007. (s.f.). Obtenido de Minería Catamarca: http://www.mineria.catamarca.gov.ar/leyes_provinciales/6-Legislacion%20relacionada%20con%20incentivos%20para%20el%20desarrollo%20de%20la%20actividad/Decreto%20Ley%204007%20-%20Regimen%20de%20Promocion%20Minera.pdf

Electrorefinación "Ánodos y cátodos se encuentran". (s.f.). Obtenido de Codelco: https://www.codelcoeduca.cl/codelcoeduca/site/artic/20190109/asocfile/20190109005034/electrorefinacion_media_t__cnico_060119.pdf

Equipos Enercom. (s.f.). Obtenido de Enercom Equipos: https://www.enercom.cl/#!/es/equipos

Espesante reformado de alta eficiencia. (s.f.). Obtenido de Jinpeng Mineria: https://jinpengmineria.com/product/content/Espesante-reformado-de-alta-eficiencia-46.html#cont-2

FlexiROC D50. (s.f.). Obtenido de Atlas Mining & Construction: https://amc.com.gt/productos/flexiroc-d50/

Fuente López, N. A. (2018). *Análisis de los cuello de botella de una fundición de cobre: Proceso de limpieza de escoria, refinación a fuego y moldeo.* Obtenido de http://repositorio.unab.cl/xmlui/bitstream/handle/ria/5702/a121536_Fuentes_N_Analisis_de_los_cuellos_de_2018_tesis.pdf?sequence=1

Fuenzalida Hidalgo, N. J. (2017). *Estuido y evaluación del sistema de espesadores de relave de la división andina mediante herramientas de simulación computacional.* Obtenido de http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/147104/Estudio-y-evaluacion-del-sistema-de-espesadores-de-relave-de-la-Division-Andina-mediante-herramientas.pdf?sequence=1&isAllowed=y

GAB neuman. (s.f.). *Electrólisis de cobre*. Obtenido de https://www.gab-neumann.com/Aplicaciones/ARS/Electr%C3%B3lisis-de-cobre/155

Gobierno de la provincia de Neuquén. (s.f.). Obtenido de http://hidrocarburos.energianeuquen.gov.ar/?page_id=666

Gobierno de Mendoza. (2015). Obtenido de Mendoza Invest: http://invest.mendoza.gov.ar/wp-content/uploads/2015/10/Mining_in_Mendoza.pdf

Gutiérrez, I. E. (2016). *DESARROLLO DE UNA METODOLOGÍA PARA EL ESTUDIO DE LA SUSTENTABILIDAD HÍDRICA DE LA INDUSTRIA MINERA MEDIANTE EL PRONÓSTICO Y EVALUACIÓN DE LA HUELLA HÍDRICA EN ESCENARIOS DE VARIABILIDAD CLIMÁTICA Y OPERACIONAL.* Obtenido de http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/143045/Desarrollo-de-una-metodolog%C3%ADa-para-el-estudio-de-la-sustentabilidad-h%C3%ADdrica-de-la-industria-minera-mediante.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Huella Minera. (5 de 08 de 2019). *San Juan: En la Justicia Federal pusieron la mira en la Policía Minera por la escombrera*. Obtenido de Huella Minera: http://huellaminera.com/2019/08/san-juan-en-la-justicia-federal-pusieron-la-mira-en-la-policia-minera-por-la-escombrera/

Jordá, I. D. (2016). *Herramienta computacional basada en un modelo predictivo para la determinación del desgaste en revestimientos de un chancador primario tipo giratorio*. Obtenido de http://opac.pucv.cl/pucv_txt/txt-6500/UCD6657_01.pdf

JRI. (s.f.). *Fusión y refinación*. Obtenido de http://www.jri.cl/web-jri/portfolio/fusion-y-refinacion/

Ley 8.164. (22 de 10 de 2019). Obtenido de Boletín oficial Salta: http://boletinoficialsalta.gob.ar/NewDetalleLeyes.php?nro_ley=8164

Lunelli, P. (03 de 10 de 2014). *Herramientas de modelado de voladuras y rastreo de consumibles reducen costos*. Obtenido de Mundo Geo: https://mundogeo.com/es/2014/10/03/herramientas-de-modelado-de-voladuras-y-rastreo-de-consumibles-reducen-costos/

Maptek BlastLogic. (n.d.). Retrieved from Maptek: https://www.maptek.com/products/blastlogic/

Monjeorregogonzales. (02 de 11 de 2013). *Proceso de extracción de cobre*. Obtenido de metexplotcu: https://metexplotcu.wordpress.com/2013/11/02/proceso-de-extraccion-del-cobre/

New generation of Peirce-Smith converter. (2019, 11 04). Retrieved from SMS group: https://www.sms-group.com/sms-group-magazine/overview/new-generation-of-peirce-smith-converter/

Nordberg® GP Series™ cone crushers. (n.d.). Retrieved from Metso: https://www.metso.com/products/crushers/cone-crushers/nordberg-gp-series/

Outotec® PS Converting Process. (n.d.). Retrieved from Outotec: https://www.outotec.com/products-and-services/technologies/smelting-and-converting/ps-converting-process/

Panorama Minero. (17 de 07 de 2018). *La industria minera, hacia un consumo más eficiente de agua*. Obtenido de Panorama Minero: https://panorama-minero.com/noticias/la-industria-minera-hacia-un-consumo-mas-eficiente-de-agua/

Pasten, M. (s.f.). *Pirometalurgia del cobre.* Obtenido de Slide Player: https://slideplayer.es/slide/14304265/

Pedro, E. d. (2020). Refinación de cobre. (D. C. Spinadel, Entrevistador)

Perforadora de extracción de testigos / de exploración / con orugas / DTH. (s.f.). Obtenido de Direct Industry: https://www.directindustry.es/prod/epiroc/product-59040-1599705.html

Pipecho. (29 de 04 de 2018). *Convertidor Modificado Teniente*. Obtenido de Youtube: https://www.youtube.com/watch?v=H8JjJLuL3_o

Previsión meteorológica y clima mensual San Juan, Argentina. (s.f.). Obtenido de Weather Atlas: https://www.weather-arg.com/es/argentina/san-juan-clima

Primary gyratory crushers. (n.d.). Retrieved from Metso: https://www.metso.com/products/crushers/primary-gyratory-crushers/

Procesamiento de Molibdeno por Flotación. (2018, 07 19). From 911 Metallurgist: https://www.911metallurgist.com/metalurgia/procesamiento-molibdeno-flotacion/#gsc.tab=0

Products & Services. (n.d.). Retrieved from Enaex: https://www.enaex.com/en/services/lideres-los-servicios-integrales-fragmentacion-roca/

Riveros, G. (2005). *Convertidor Teniente.* Obtenido de Slide Player: https://slideplayer.es/slide/13112932/

Riveros, G. (2007). *Pirometalurgia.* Obtenido de Slide Player: https://slideplayer.es/slide/12581515/

Schafer, J. A. (s.f.). *Metalúrgia extractiva del cobre (pirometalúrgia e hidrometalúrgia).* Obtenido de Recursos Biblio: http://recursosbiblio.url.edu.gt/Libros/2013/cmII/4.pdf

Secretaría de Política Minera. (08 de 2019). Obtenido de Ministerio de producción y trabajo: http://informacionminera.produccion.gob.ar/assets/datasets/2019.11%20Cat%C3%A1logo%20de%20Proyectos%20Avanzados%20de%20Cobre%20en%20Rep%C3%BAblica%20Argentina_DFyDPM.pdf

Servicio informático Gobierno de San Juan. (5 de 03 de 2018). Obtenido de SI San Juan: https://sisanjuan.gob.ar/mineria/2018-03-05/7179-san-juan-se-posiciona-como-un-gran-destino-para-la-inversion-minera-internacional

Subsecretaría de Desarrollo Minero. (2016). *Cancillería*. Obtenido de https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/cobre-competitividad_de_argentina-una_nueva_oportunidad.pdf

Tiempo Minero. (31 de 10 de 2019). *Mantenimiento Predictivo: ¿Qué es y por qué reduce costos?* Obtenido de Tiempo Minero: https://camiper.com/tiempominero/mantenimiento-predictivo-produccion-continua-en-mineria/

Triana, M. A., Ayala, M. A., De La Puente, F., & Camargo - Amado, R. (20 de 01 de 2009). *Grado de secado y eficiencia térmica de un secador de tornillo transportador drying.* Obtenido de Revista Unal: https://revistas.unal.edu.co/index.php/dyna/article/view/25661/39183

URS. (12 de 2018). *Informe de impacto ambiental - El Pachón*. Obtenido de XStrata Copper: http://serviciosmineria.sanjuan.gov.ar/pachon/PACHON_%202011_ADENDUM_EXPLORAC/URS-IIA%20Exploracion-Adendum-PACHON%20230109%20REV%2001%20CdV.pdf

Wikipedia. (s.f.). *El Pachón*. Obtenido de Wikipedia: https://es.wikipedia.org/wiki/El_Pach%C3%B3n

Wikipedia. (s.f.). *Trépano*. Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Tr%C3%A9pano

Xin Hai. (s.f.). Obtenido de Malaga restaurants: https://malagarestaurants.es/cobre/2020_06/hecho+venta+caliente+mineral+mezclador+mineral+para+mezclar+2020-07-15.html

5.3 Económico Financiero

Alibaba. (2020). *alibaba.com*. Retrieved from Polystalline Panel Solar:

https://spanish.alibaba.com/product-detail/polystalline-solar-panel-340q-330w-320w-310w-300w-wp-72cell-5bb-solar-panel-price-photovoltaic-panel-340w-62432337654.html?spm=a2700.galleryofferlist.0.0.75d64a2eV67rKt&s=p

Alibaba. (2020). *Alibaba.com*. Retrieved from Generadores de turbina de gas: https://spanish.alibaba.com/product-detail/low-fuel-consumption-and-high-efficiency-400kw-500kva-three-phase-natural-gas-generator-62366395869.html?spm=a2700.galleryofferlist.0.0.5919a6aeRYv3lr&s=p

Argentina.gob.ar. (2020). *Precios de Hidrocarburos*. Retrieved from Argentina.gob.ar: https://www.argentina.gob.ar/produccion/energia/hidrocarburos/precios-de-hidrocarburos

Camara de diputados de San Juan. (2020). *Ley 2.026*. Retrieved from http://www.sanjuandgr.gov.ar/legales/Ley_2026-I.pdf

CAMMESA. (n.d.). *Parámetros de la simulación*. Retrieved from Precios de combustibles: https://portalweb.cammesa.com/memnet1/revistas/estacional/precios_de_combustibles.html

Consejo profesional de ingeniería mecánica y electricista. (2019, 10 1). *COPIME*. Retrieved from Ejercicio profesional: Honorarios mínimos sugeridos: https://www.copime.org.ar/pages/detail/62

Infoleg. (1887, 5 1). *Código de minería*. Retrieved from Ley 1919: http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/40000-44999/43797/texact.htm#5

Infoleg. (1999, 10 4). *Actividad Minera*. Retrieved from Ley 25.161: http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/60000-64999/60426/norma.htm#:~:text=Se%20define%20el%20%E2%80%9Cvalor%20boca,y%2Fo%20costos%20directos%20o

Ministerio de justicia y derechos humanos. (1995, 1 3). *SAIJ*. Retrieved from Ley de evaluación de impacto ambiental: http://www.saij.gob.ar/legislacion/ley-san_juan-6571-ley_evaluacion_impacto_ambiental.htm

Pedro, E. D. (2020). Economía del cobre. (D. Spinadel, Interviewer)

Spinadel, P. (2020). Economía del cobre. (D. Spinadel, Interviewer)

5.4 Riesgos

¿Cuáles Son Los Aranceles De Importación Argentina En 2020? (2020, 02 25). Retrieved from Gruppo Y: https://gruppoy.com.ar/en/2020/02/25/cuales-son-los-aranceles-de-importacion-argentina-en-2020/

Biblioteca del Tribunal Superior de Justicia. (1992). *Poder Judicial de Neuquén*. Retrieved from LEY 1.995: http://200.70.33.130/index.php/normativas-provinciales/leyes-provinciales/1555

Ceresetto, D. (10 de 2020). Riesgos del negocio del Cobre. (S. Ceresetto, Entrevistador)

López, J. F. (2018). *Economipedia*. Retrieved from Tipo de cambio real: https://economipedia.com/definiciones/tipo-de-cambio-real.html

X-MINE. (2020). *X-MINE Project*. Retrieved from http://www.xmine.eu/

6. ANEXO

6.1 Mercado

Element Group	Impurity Element	Content, not more than	Total content of element group, not more than	
1	Se	0,0002	0,0003	0,0003
	Te	0,0002		
	Bi	0,002		
2	Cr	-	0,0015	
	Mn	-		
	Sb	0,0004		
	Cd	-		
	As	0,0005		
	P	-		
3	Pb	0,0005	0,0005	
4	S	0,0015	0,00015	
5	Sn	-	0,002	
	Ni	-		
	Fe	0,001		
	Si	-		
	Zn	-		
	Co	-		
6	Ag	0,0025	0,0025	
Where the total content of the impurity elements listed		0,0065		

Tabla 3.1. Estándares de calidad del cobre para China.

Ecuación de regresión

Demanda = 16.99 + 0.000531 X1 - 13.13 X3

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0.319180	98.03%	97.46%	95.97%

Coeficientes

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	16.99	1.80	9.45	0.000	
X1	0.000531	0.000118	4.50	0.003	8.94
X3	-13.13	7.26	-1.81	0.113	8.94

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	2	35.4229	17.7114	173.85	0.000
X1	1	2.0648	2.0648	20.27	0.003
X3	1	0.3335	0.3335	3.27	0.113
Error	7	0.7131	0.1019		
Total	9	36.1360			

Figura 3.1. Modelos de Regresión donde X1 es el PBI Real de China y X3 el IPI.

Ecuación de regresión

Demanda = 20.14 + 0.000055 X2 - 36.1 X3

Coeficientes

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	20.14	6.47	3.11	0.017	
X2	0.000055	0.000073	0.75	0.475	6.06
X3	-36.1	11.3	-3.18	0.015	6.06

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0.605831	92.89%	90.86%	83.36%

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	2	33.5668	16.7834	45.73	0.000
X2	1	0.2087	0.2087	0.57	0.475
X3	1	3.7190	3.7190	10.13	0.015
Error	7	2.5692	0.3670		
Total	9	36.1360			

Figura 3.2. Modelos de Regresión donde X2 es el PBI Real mundial y X3 el IPI.

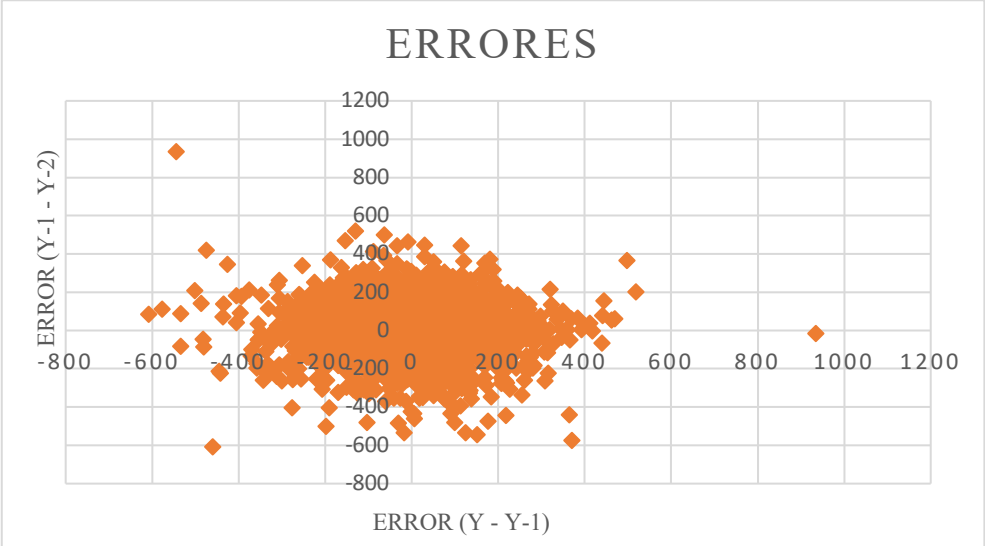


Figura 3.3. Figura de los errores de Random Walk. Correlación nula.

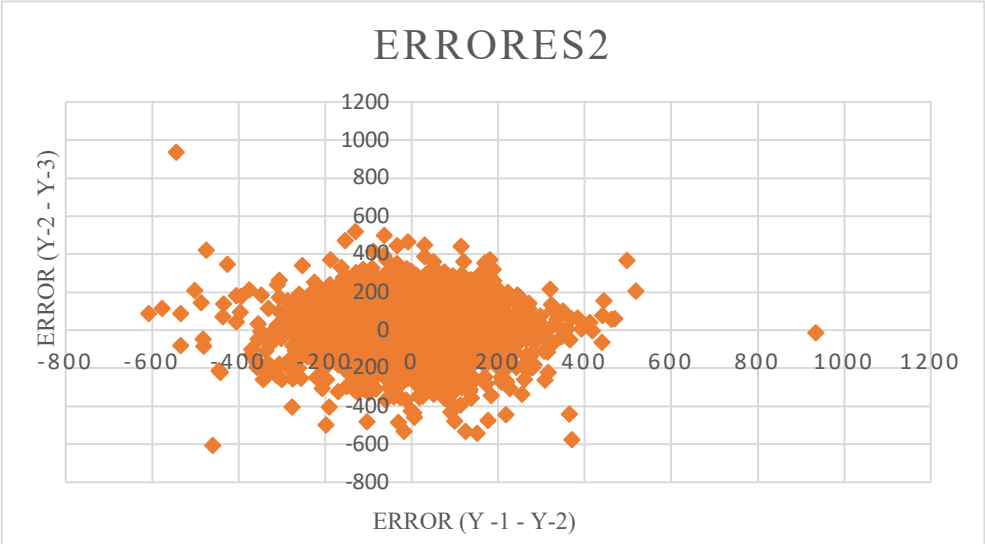


Figura 3.4. Figura de los errores de Random Walk. Correlación nula.

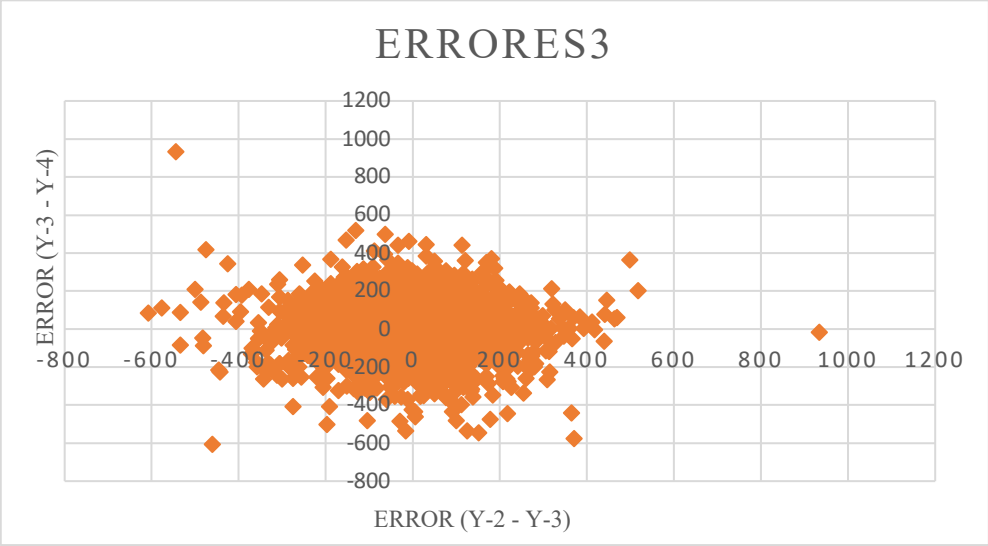


Figura 3.5. Figura de los errores de Random Walk. Correlación nula.

	Año	Producción estimada (Kton)	% de operación de la mina	Producción real (Kton)	Precio	Ventas	Ventas (miles ARS)
1	2023	300	5%	15	5899,88	88498,25	88,50
2	2024	300	45%	135	5940,41	801955,77	801,96
3	2025	300	80%	240	5959,50	1430279,67	1430,28
4	2026	300	95%	285	5968,47	1701014,62	1701,01
5	2027	300	95%	285	5972,70	1702219,76	1702,22
6	2028	300	95%	285	5974,70	1702788,10	1702,79
7	2029	300	95%	285	5975,63	1703055,73	1703,06
8	2030	300	95%	285	5976,08	1703181,57	1703,18
9	2031	300	90%	270	5976,28	1613596,61	1613,60
10	2032	300	90%	270	5976,38	1613623,10	1613,62
11	2033	300	85%	255	5976,43	1523989,15	1523,99
12	2034	300	85%	255	5976,45	1523994,69	1523,99
13	2035	300	85%	255	5976,46	1523997,30	1524,00
14	2036	300	85%	255	5976,46	1523998,53	1524,00
15	2037	300	80%	240	5976,47	1434352,11	1434,35
16	2038	300	80%	240	5976,47	1434352,36	1434,35
17	2039	300	80%	240	5976,47	1434352,48	1434,35
18	2040	300	80%	240	5976,47	1434352,54	1434,35
19	2041	300	80%	240	5976,47	1434352,57	1434,35
20	2042	300	80%	240	5976,47	1434352,58	1434,35
21	2043	300	80%	240	5976,47	1434352,59	1434,35
22	2044	300	80%	240	5976,47	1434352,59	1434,35
23	2045	300	80%	240	5976,47	1434352,59	1434,35
24	2046	300	80%	240	5976,47	1434352,59	1434,35
25	2047	300	80%	240	5976,47	1434352,59	1434,35
26	2048	300	80%	240	5976,47	1434352,59	1434,35

27	2049	300	75%	225	5976,47	1344705,56	1344,71
28	2050	300	75%	225	5976,47	1344705,56	1344,71
29	2051	300	75%	225	5976,47	1344705,56	1344,71
30	2052	300	75%	225	5976,47	1344705,56	1344,71
31	2053	300	75%	225	5976,47	1344705,56	1344,71
32	2054	300	75%	225	5976,47	1344705,56	1344,71
33	2055	300	70%	210	5976,47	1255058,52	1255,06
34	2056	300	70%	210	5976,47	1255058,52	1255,06
35	2057	300	70%	210	5976,47	1255058,52	1255,06
36	2058	300	70%	210	5976,47	1255058,52	1255,06
37	2059	300	70%	210	5976,47	1255058,52	1255,06
38	2060	300	70%	210	5976,47	1255058,52	1255,06
39	2061	300	70%	210	5976,47	1255058,52	1255,06
40	2062	300	70%	210	5976,47	1255058,52	1255,06
41	2063	300	70%	210	5976,47	1255058,52	1255,06
42	2064	300	60%	180	5976,47	1075764,44	1075,76
43	2065	300	60%	180	5976,47	1075764,44	1075,76
44	2066	300	45%	135	5976,47	806823,33	806,82
45	2067	300	40%	120	5976,47	717176,30	717,18
46	2068	300	40%	120	5976,47	717176,30	717,18
47	2069	300	40%	120	5976,47	717176,30	717,18
48	2070	300	30%	90	5976,47	537882,22	537,88
49	2071	300	25%	75	5976,47	448235,19	448,24
50	2072	300	10%	30	5976,47	179294,07	179,29
51	2073	300	5%	15	5976,47	89647,04	89,65

Tabla 3.2. Evolución escenario optimista hasta el año 2073.

	Año	Ventas de Cu (Kton)	% de operación de la mina	Producción real (Kton)	Precio	Ventas	Ventas (miles ARS)
1	2023	250	5%	12,5	5899,88	73748,54	73,75
2	2024	250	45%	112,5	5940,41	668296,48	668,30
3	2025	250	80%	200	5959,50	1191899,73	1191,90
4	2026	250	95%	237,5	5968,47	1417512,18	1417,51
5	2027	250	95%	237,5	5972,70	1418516,47	1418,52
6	2028	250	95%	237,5	5974,70	1418990,08	1418,99
7	2029	250	95%	237,5	5975,63	1419213,11	1419,21
8	2030	250	95%	237,5	5976,08	1419317,97	1419,32
9	2031	250	90%	225	5976,28	1344663,84	1344,66
10	2032	250	90%	225	5976,38	1344685,92	1344,69
11	2033	250	85%	212,5	5976,43	1269990,96	1269,99
12	2034	250	85%	212,5	5976,45	1269995,58	1270,00
13	2035	250	85%	212,5	5976,46	1269997,75	1270,00
14	2036	250	85%	212,5	5976,46	1269998,78	1270,00

15	2037	250	80%	200	5976,47	1195293,42	1195,29
16	2038	250	80%	200	5976,47	1195293,64	1195,29
17	2039	250	80%	200	5976,47	1195293,74	1195,29
18	2040	250	80%	200	5976,47	1195293,78	1195,29
19	2041	250	80%	200	5976,47	1195293,81	1195,29
20	2042	250	80%	200	5976,47	1195293,82	1195,29
21	2043	250	80%	200	5976,47	1195293,82	1195,29
22	2044	250	80%	200	5976,47	1195293,82	1195,29
23	2045	250	80%	200	5976,47	1195293,83	1195,29
24	2046	250	80%	200	5976,47	1195293,83	1195,29
25	2047	250	80%	200	5976,47	1195293,83	1195,29
26	2048	250	80%	200	5976,47	1195293,83	1195,29
27	2049	250	75%	187,5	5976,47	1120587,96	1120,59
28	2050	250	75%	187,5	5976,47	1120587,96	1120,59
29	2051	250	75%	187,5	5976,47	1120587,96	1120,59
30	2052	250	75%	187,5	5976,47	1120587,96	1120,59
31	2053	250	75%	187,5	5976,47	1120587,96	1120,59
32	2054	250	75%	187,5	5976,47	1120587,96	1120,59
33	2055	250	70%	175	5976,47	1045882,10	1045,88
34	2056	250	70%	175	5976,47	1045882,10	1045,88
35	2057	250	70%	175	5976,47	1045882,10	1045,88
36	2058	250	70%	175	5976,47	1045882,10	1045,88
37	2059	250	70%	175	5976,47	1045882,10	1045,88
38	2060	250	70%	175	5976,47	1045882,10	1045,88
39	2061	250	70%	175	5976,47	1045882,10	1045,88
40	2062	250	70%	175	5976,47	1045882,10	1045,88
41	2063	250	70%	175	5976,47	1045882,10	1045,88
42	2064	250	65%	162,5	5976,47	971176,23	971,18
43	2065	250	65%	162,5	5976,47	971176,23	971,18
44	2066	250	65%	162,5	5976,47	971176,23	971,18
45	2067	250	65%	162,5	5976,47	971176,23	971,18
46	2068	250	60%	150	5976,47	896470,37	896,47
47	2069	250	60%	150	5976,47	896470,37	896,47
48	2070	250	60%	150	5976,47	896470,37	896,47
49	2071	250	60%	150	5976,47	896470,37	896,47
50	2072	250	55%	137,5	5976,47	821764,51	821,76
51	2073	250	55%	137,5	5976,47	821764,51	821,76
52	2074	250	55%	137,5	5976,47	821764,51	821,76
53	2075	250	55%	137,5	5976,47	821764,51	821,76
54	2076	250	45%	112,5	5976,47	672352,78	672,35
55	2077	250	40%	100	5976,47	597646,91	597,65
56	2078	250	40%	100	5976,47	597646,91	597,65
57	2079	250	40%	100	5976,47	597646,91	597,65

58	2080	250	30%	75	5976,47	448235,19	448,24
59	2081	250	25%	62,5	5976,47	373529,32	373,53
60	2082	250	10%	25	5976,47	149411,73	149,41
61	2083	250	5%	12,5	5976,47	74705,86	74,71

Tabla 3.3. Evolución escenario neutral hasta el año 2083.

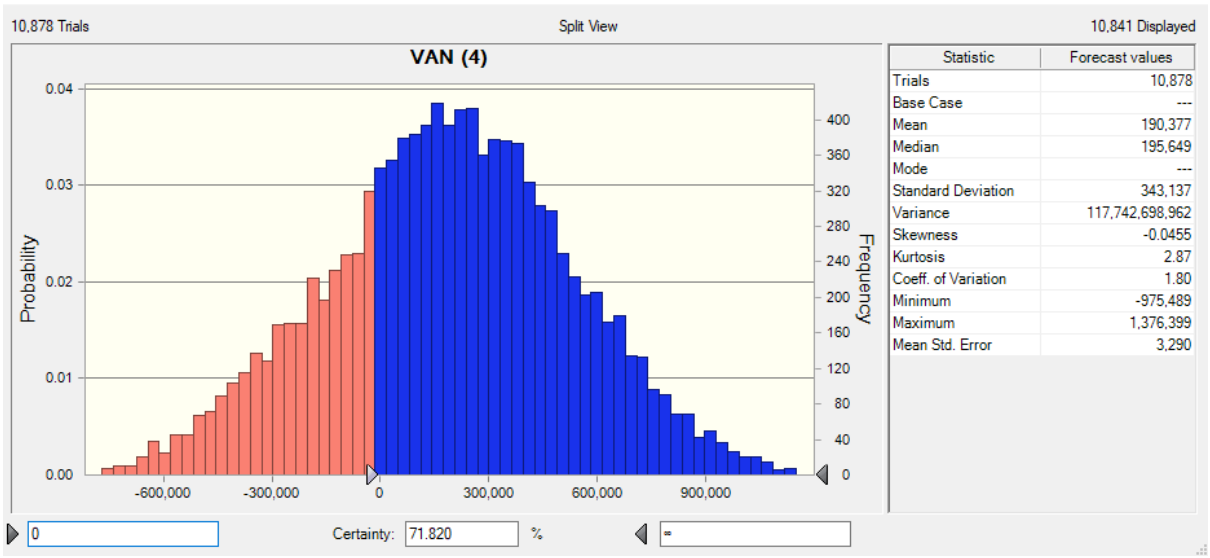
	Año	Ventas de Cu (Kton)	% de operación de la mina	Producción real (Kton)	Precio	Ventas	Ventas (miles ARS)
1	2023	200	5%	10	5899,88	58998,83	59,00
2	2024	200	45%	90	5940,41	534637,18	534,64
3	2025	200	80%	160	5959,50	953519,78	953,52
4	2026	200	95%	190	5968,47	1134009,75	1134,01
5	2027	200	95%	190	5972,70	1134813,18	1134,81
6	2028	200	95%	190	5974,70	1135192,07	1135,19
7	2029	200	95%	190	5975,63	1135370,49	1135,37
8	2030	200	95%	190	5976,08	1135454,38	1135,45
9	2031	200	90%	180	5976,28	1075731,07	1075,73
10	2032	200	90%	180	5976,38	1075748,73	1075,75
11	2033	200	85%	170	5976,43	1015992,77	1015,99
12	2034	200	85%	170	5976,45	1015996,46	1016,00
13	2035	200	85%	170	5976,46	1015998,20	1016,00
14	2036	200	85%	170	5976,46	1015999,02	1016,00
15	2037	200	80%	160	5976,47	956234,74	956,23
16	2038	200	80%	160	5976,47	956234,91	956,23
17	2039	200	80%	160	5976,47	956234,99	956,23
18	2040	200	80%	160	5976,47	956235,03	956,24
19	2041	200	80%	160	5976,47	956235,05	956,24
20	2042	200	80%	160	5976,47	956235,05	956,24
21	2043	200	80%	160	5976,47	956235,06	956,24
22	2044	200	80%	160	5976,47	956235,06	956,24
23	2045	200	80%	160	5976,47	956235,06	956,24
24	2046	200	80%	160	5976,47	956235,06	956,24
25	2047	200	80%	160	5976,47	956235,06	956,24
26	2048	200	80%	160	5976,47	956235,06	956,24
27	2049	200	80%	160	5976,47	956235,06	956,24
28	2050	200	80%	160	5976,47	956235,06	956,24
29	2051	200	80%	160	5976,47	956235,06	956,24
30	2052	200	75%	150	5976,47	896470,37	896,47
31	2053	200	75%	150	5976,47	896470,37	896,47
32	2054	200	75%	150	5976,47	896470,37	896,47
33	2055	200	75%	150	5976,47	896470,37	896,47
34	2056	200	75%	150	5976,47	896470,37	896,47
35	2057	200	75%	150	5976,47	896470,37	896,47

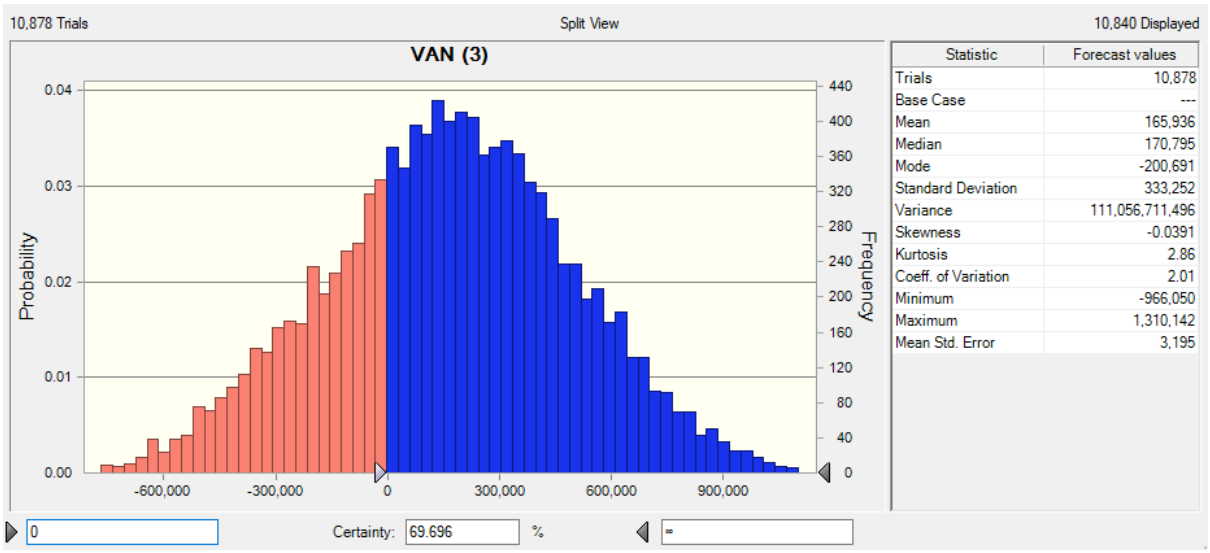
36	2058	200	75%	150	5976,47	896470,37	896,47
37	2059	200	70%	140	5976,47	836705,68	836,71
38	2060	200	70%	140	5976,47	836705,68	836,71
39	2061	200	70%	140	5976,47	836705,68	836,71
40	2062	200	70%	140	5976,47	836705,68	836,71
41	2063	200	70%	140	5976,47	836705,68	836,71
42	2064	200	70%	140	5976,47	836705,68	836,71
43	2065	200	70%	140	5976,47	836705,68	836,71
44	2066	200	70%	140	5976,47	836705,68	836,71
45	2067	200	70%	140	5976,47	836705,68	836,71
46	2068	200	70%	140	5976,47	836705,68	836,71
47	2069	200	70%	140	5976,47	836705,68	836,71
48	2070	200	70%	140	5976,47	836705,68	836,71
49	2071	200	70%	140	5976,47	836705,68	836,71
50	2072	200	65%	130	5976,47	776940,99	776,94
51	2073	200	65%	130	5976,47	776940,99	776,94
52	2074	200	65%	130	5976,47	776940,99	776,94
53	2075	200	65%	130	5976,47	776940,99	776,94
54	2076	200	65%	130	5976,47	776940,99	776,94
55	2077	200	65%	130	5976,47	776940,99	776,94
56	2078	200	60%	120	5976,47	717176,30	717,18
57	2079	200	60%	120	5976,47	717176,30	717,18
58	2080	200	60%	120	5976,47	717176,30	717,18
59	2081	200	55%	110	5976,47	657411,60	657,41
60	2082	200	55%	110	5976,47	657411,60	657,41
61	2083	200	55%	110	5976,47	657411,60	657,41
62	2084	200	55%	110	5976,47	657411,60	657,41
63	2085	200	55%	110	5976,47	657411,60	657,41
64	2086	200	55%	110	5976,47	657411,60	657,41
65	2087	200	55%	110	5976,47	657411,60	657,41
66	2088	200	45%	90	5976,47	537882,22	537,88
67	2089	200	40%	80	5976,47	478117,53	478,12
68	2090	200	40%	80	5976,47	478117,53	478,12
69	2091	200	40%	80	5976,47	478117,53	478,12
70	2092	200	30%	60	5976,47	358588,15	358,59
71	2093	200	25%	50	5976,47	298823,46	298,82
72	2094	200	10%	20	5976,47	119529,38	119,53
73	2095	200	5%	10	5976,47	59764,69	59,76

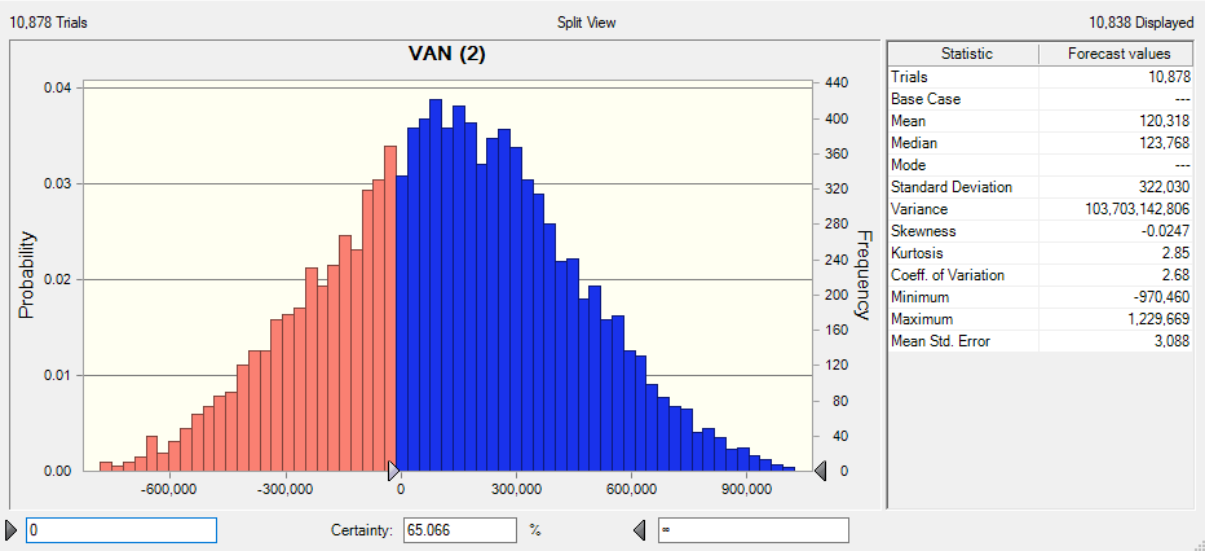
Tabla 3.4. Evolución escenario pesimista hasta el año 2095.

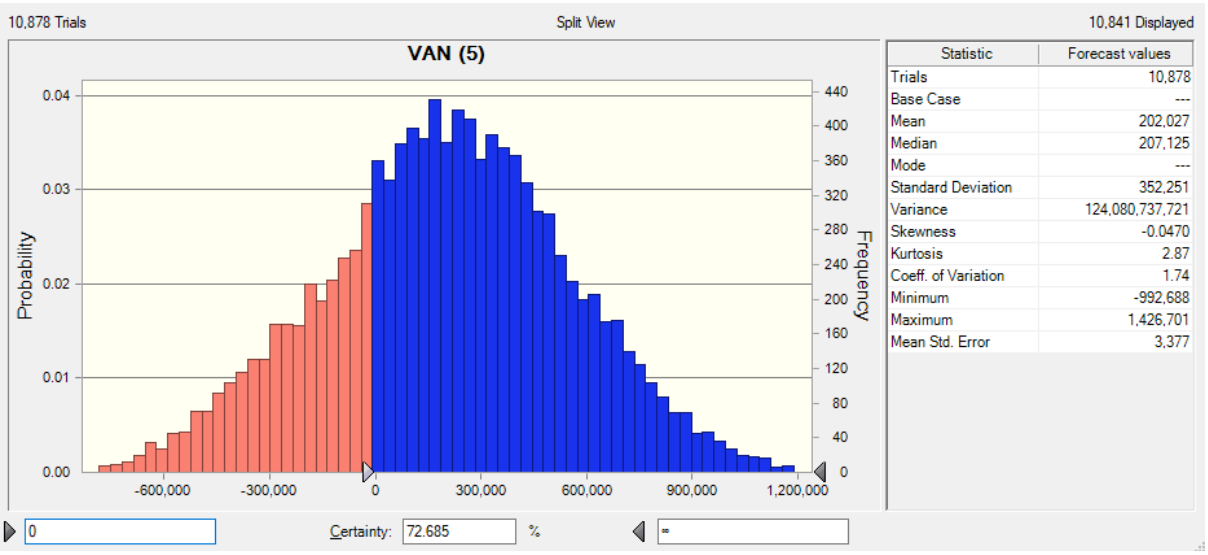
6.4 Riesgos

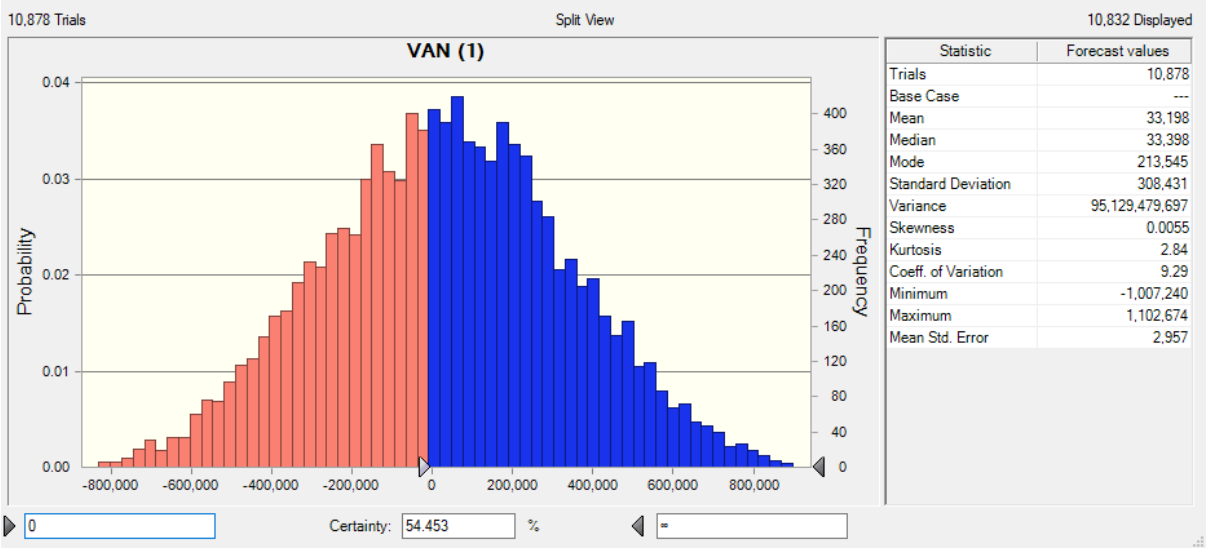
Escenario actual + TC real variable



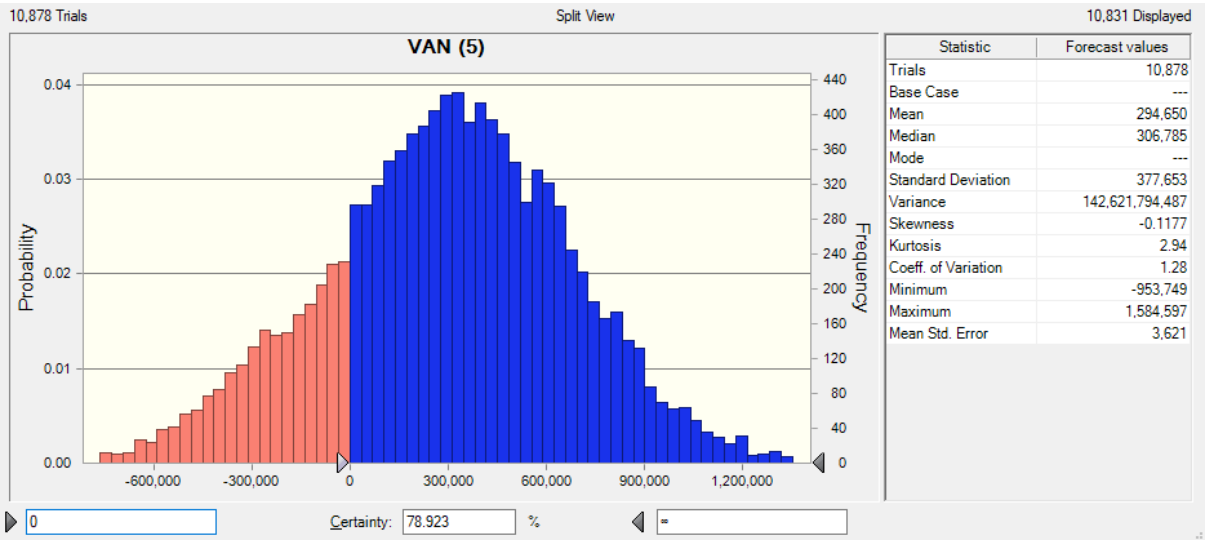


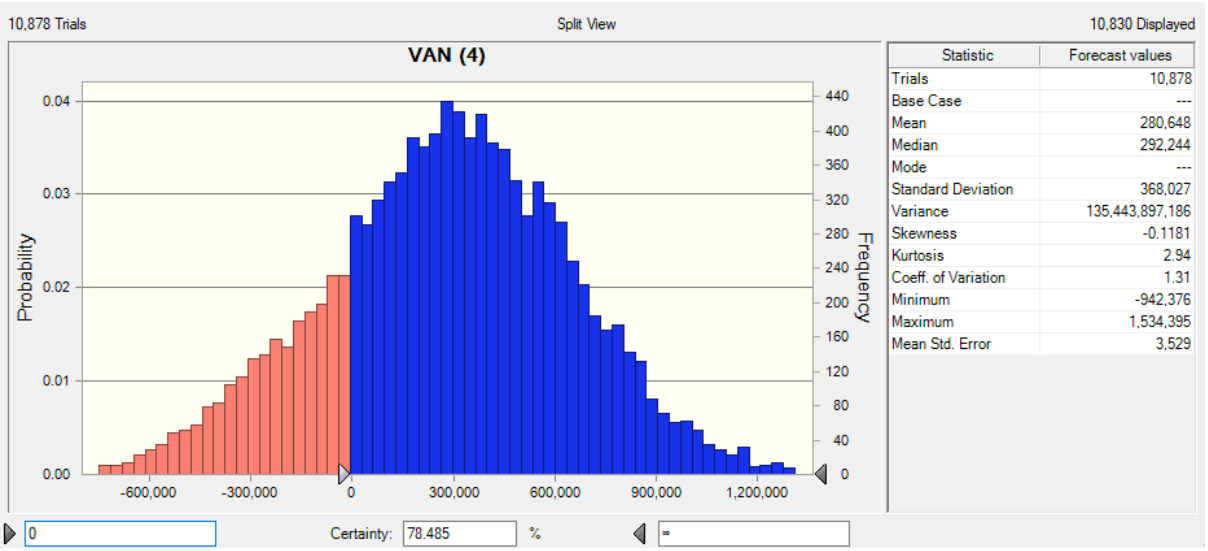


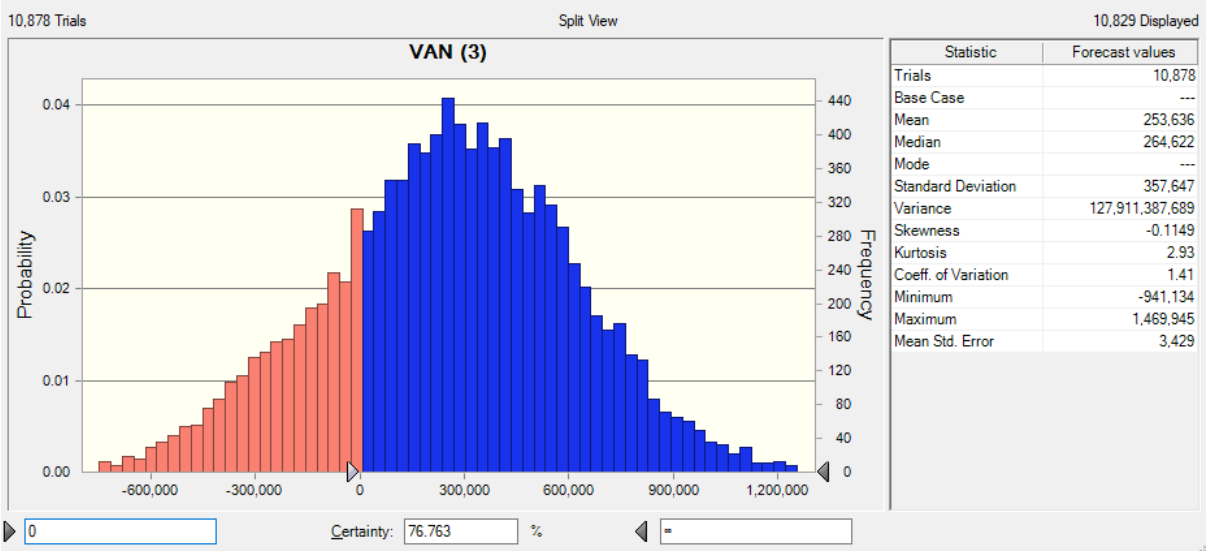


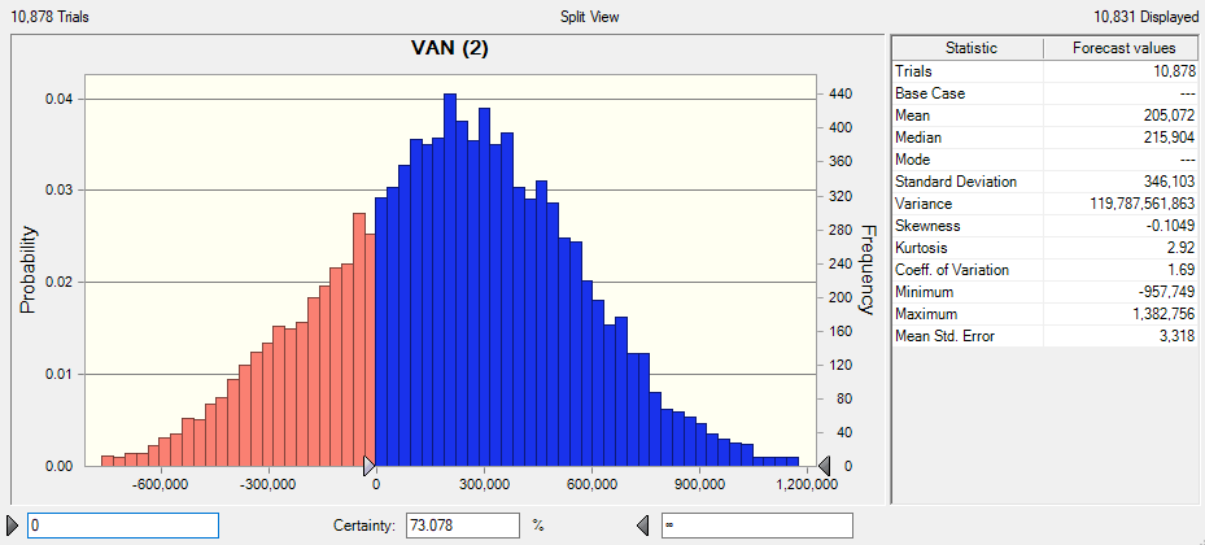


Escenario Libre Mercado + TC real variable

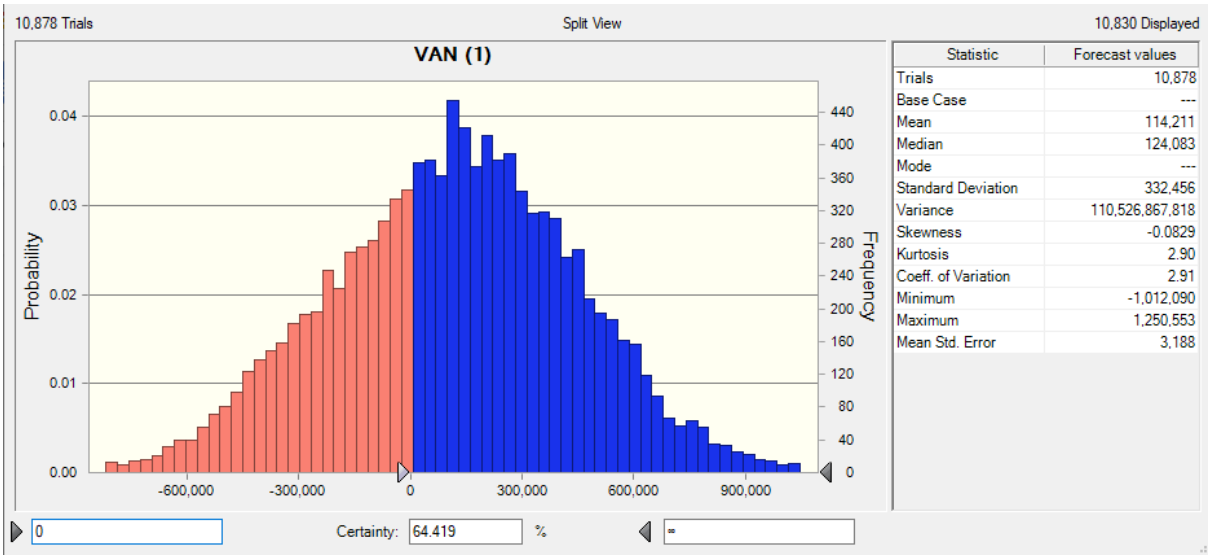

10,878 Trials
Split View
10,831 Displayed
VAN (5)
Probability
Frequency
0.04
0.03
0.02
0.01
0.00
440
400
360
320
280
240
200
160
120
80
40
0
-600,000
-300,000
0
300,000
600,000
900,000
1,200,000
Statistic
Forecast values
Trials 10,878
Base Case ---
Mean 294,650
Median 306,785
Mode ---
Standard Deviation 377,653
Variance 142,621,794,487
Skewness -0.1177
Kurtosis 2.94
Coeff. of Variation 1.28
Minimum -953,749
Maximum 1,584,597
Mean Std. Error 3,621
0
Certainty: 78.923 %
∞


10,878 Trials
Split View
10,830 Displayed
VAN (4)
Probability
Frequency
0.04
0.03
0.02
0.01
0.00
440
400
360
320
280
240
200
160
120
80
40
0
-600,000
-300,000
0
300,000
600,000
900,000
1,200,000
Statistic
Forecast values
Trials 10,878
Base Case ---
Mean 280,648
Median 292,244
Mode ---
Standard Deviation 368,027
Variance 135,443,897,186
Skewness -0.1181
Kurtosis 2.94
Coeff. of Variation 1.31
Minimum -942,376
Maximum 1,534,395
Mean Std. Error 3,529
0
Certainty: 78.485 %
∞


10,878 Trials
Split View
10,829 Displayed
VAN (3)
Probability
Frequency
0.04
0.03
0.02
0.01
0.00
440
400
360
320
280
240
200
160
120
80
40
0
-600,000
-300,000
0
300,000
600,000
900,000
1,200,000
Statistic
Forecast values
Trials 10,878
Base Case ---
Mean 253,636
Median 264,622
Mode ---
Standard Deviation 357,647
Variance 127,911,387,689
Skewness -0.1149
Kurtosis 2.93
Coeff. of Variation 1.41
Minimum -941,134
Maximum 1,469,945
Mean Std. Error 3,429
0
Certainty: 76.763 %
∞

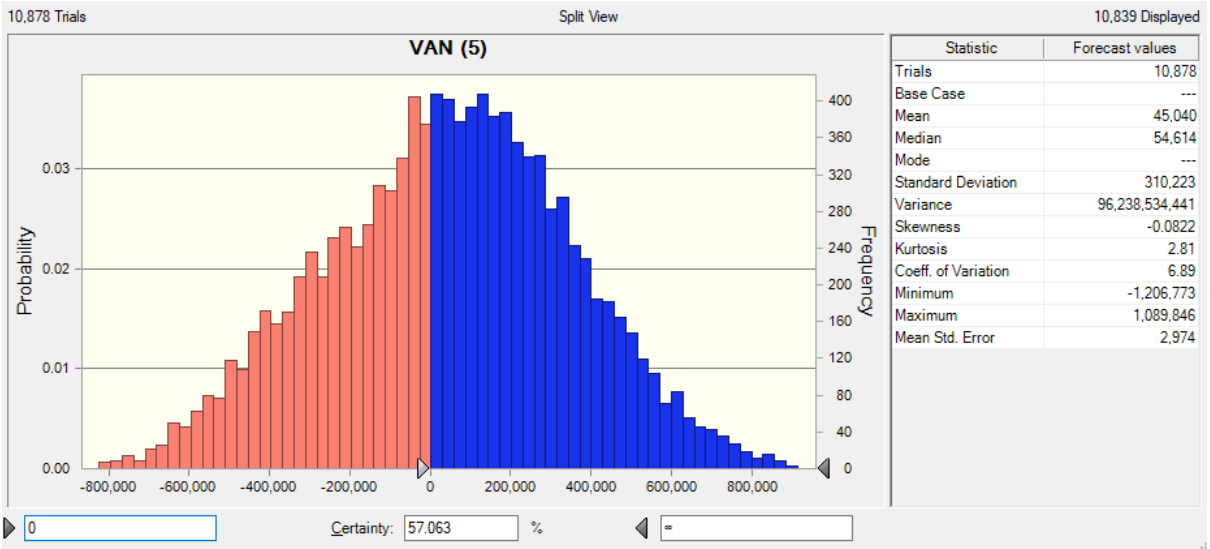


Statistic	Forecast values
Trials	10,878
Base Case	---
Mean	205,072
Median	215,904
Mode	---
Standard Deviation	346,103
Variance	119,787,561,863
Skewness	-0.1049
Kurtosis	2.92
Coeff. of Variation	1.69
Minimum	-957,749
Maximum	1,382,756
Mean Std. Error	3,318

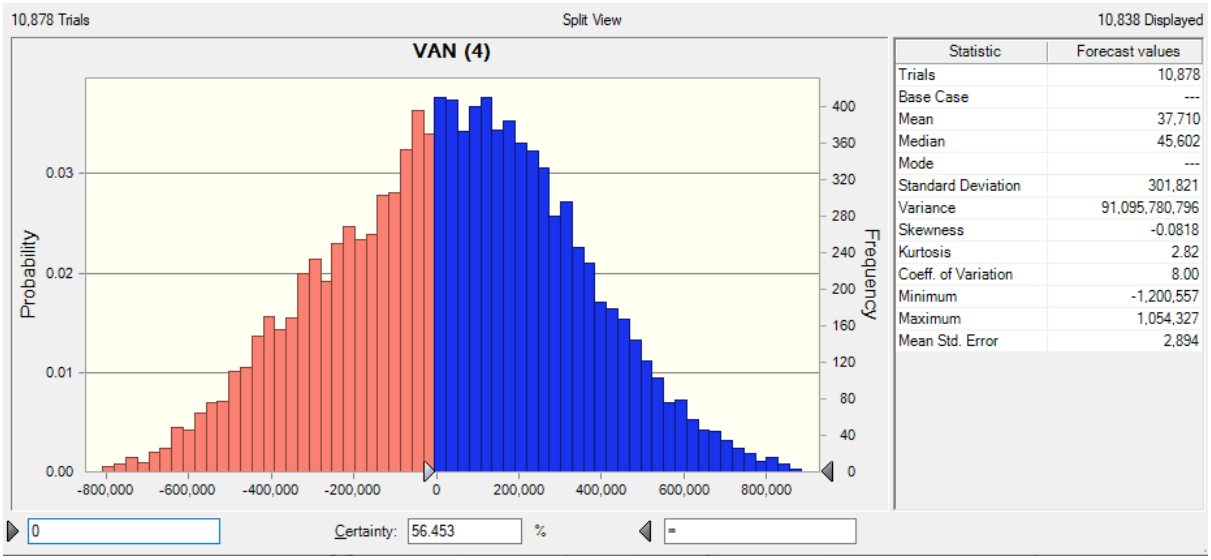


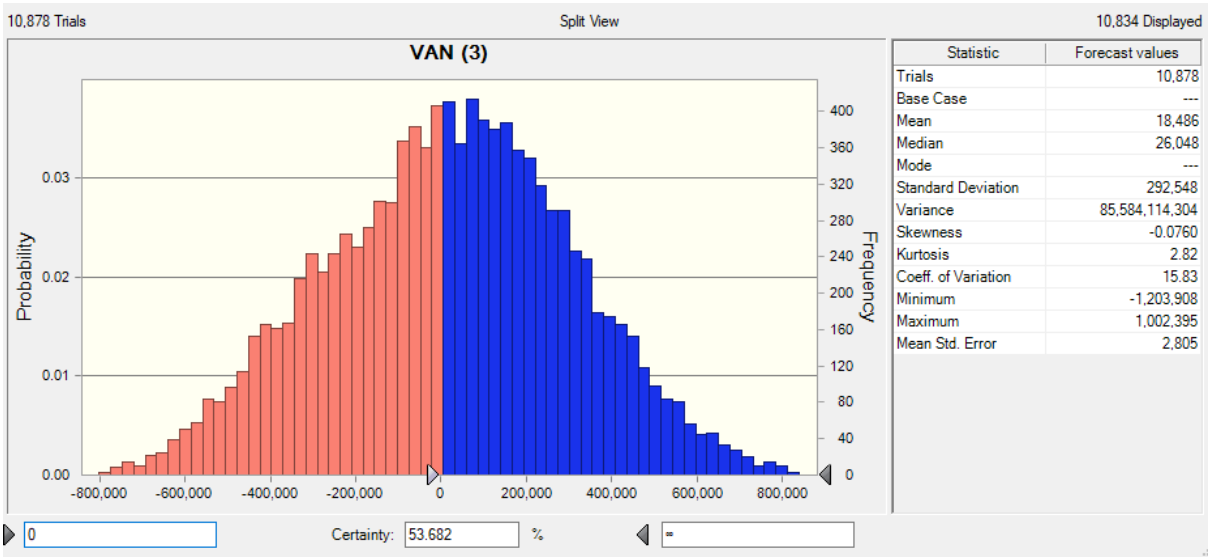
Statistic	Forecast values
Trials	10,878
Base Case	---
Mean	114,211
Median	124,083
Mode	---
Standard Deviation	332,456
Variance	110,526,867,818
Skewness	-0.0829
Kurtosis	2.90
Coeff. of Variation	2.91
Minimum	-1,012,090
Maximum	1,250,553
Mean Std. Error	3,188

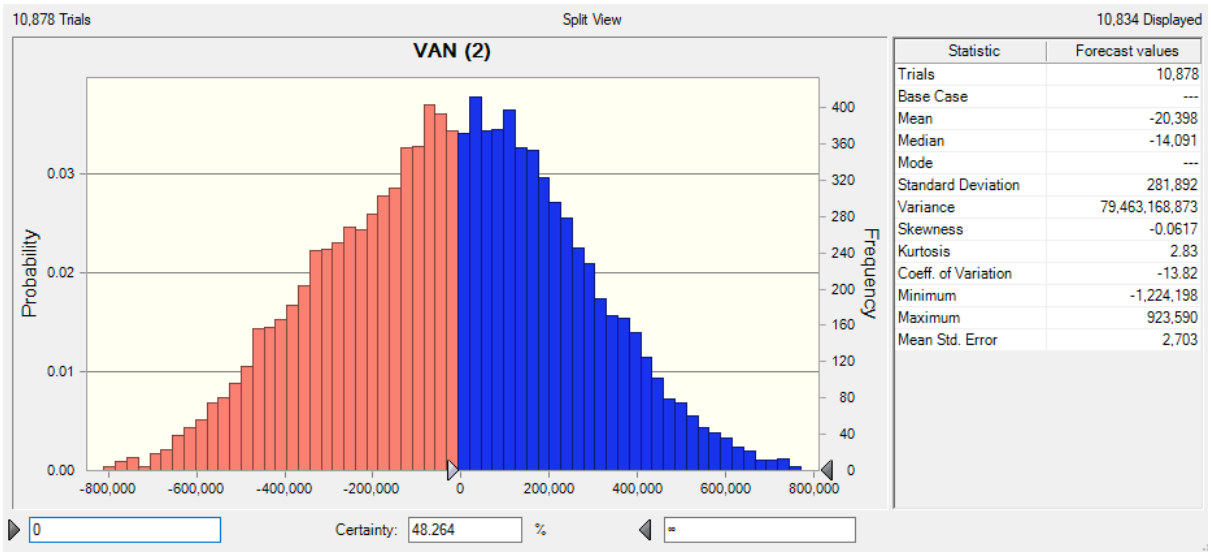
Escenario Intervencionista + TC real variable

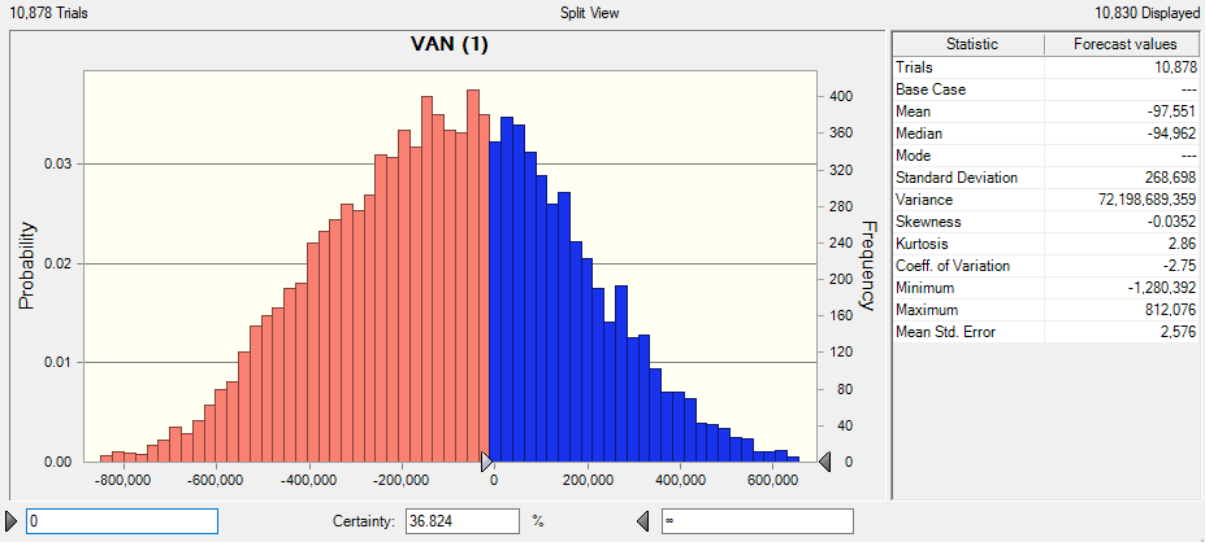


Statistic	Forecast values
Trials	10,878
Base Case	---
Mean	45,040
Median	54,614
Mode	---
Standard Deviation	310,223
Variance	96,238,534,441
Skewness	-0.0822
Kurtosis	2.81
Coeff. of Variation	6.89
Minimum	-1,206,773
Maximum	1,089,846
Mean Std. Error	2,974


10,878 Trials
Split View
10,838 Displayed
VAN (4)
Probability
Frequency
Certainty: 56.453 %
Statistic | Forecast values
Trials 10,878
Base Case ---
Mean 37,710
Median 45,602
Mode ---
Standard Deviation 301,821
Variance 91,095,780,796
Skewness -0.0818
Kurtosis 2.82
Coeff. of Variation 8.00
Minimum -1,200,557
Maximum 1,054,327
Mean Std. Error 2,894


10,878 Trials
Split View
10,834 Displayed
VAN (3)
Probability
Frequency
Certainty: 53.682 %
Statistic | Forecast values
Trials 10,878
Base Case ---
Mean 18,486
Median 26,048
Mode ---
Standard Deviation 292,548
Variance 85,584,114,304
Skewness -0.0760
Kurtosis 2.82
Coeff. of Variation 15.83
Minimum -1,203,908
Maximum 1,002,395
Mean Std. Error 2,805


10,878 Trials
Split View
10,834 Displayed
VAN (2)
Probability
Frequency
Certainty: 48.264 %
Statistic | Forecast values
Trials 10,878
Base Case ---
Mean -20,398
Median -14,091
Mode ---
Standard Deviation 281,892
Variance 79,463,168,873
Skewness -0.0617
Kurtosis 2.83
Coeff. of Variation -13.82
Minimum -1,224,198
Maximum 923,590
Mean Std. Error 2,703


10,878 Trials
Split View
10,830 Displayed
VAN (1)
Probability
Frequency
0.03
0.02
0.01
0.00
400
360
320
280
240
200
160
120
80
40
0
-800,000
-600,000
-400,000
-200,000
0
200,000
400,000
600,000
Statistic
Forecast values
Trials 10,878
Base Case ---
Mean -97,551
Median -94,962
Mode ---
Standard Deviation 268,698
Variance 72,198,689,359
Skewness -0.0352
Kurtosis 2.86
Coeff. of Variation -2.75
Minimum -1,280,392
Maximum 812,076
Mean Std. Error 2,576
0
Certainty: 36.824
%
∞

Análisis de Escenarios

Escenario Actual

BASE

Escenario	Valor del TC real (ARS/USD)	Valor medio (miles de USD)	Desvío (miles de USD)	Mediana (miles de USD)	P(VAN) > 0 (%)	Probabilidad de ocurrencia
1	43,59	33.198	308.431	33.398	54,45%	20%
2	66,94	120.138	322.030	123.768	65,07%	30%
3	90,29	165.936	333.252	170.795	63,70%	25%
4	113,64	190.377	343.137	195.649	71,82%	15%
5	137	202.027	352.251	207.125	72,68%	10%

LM

Escenario	Valor del TC real (ARS/USD)	Valor medio (miles de USD)	Desvío (miles de USD)	Mediana (miles de USD)	P(VAN) > 0 (%)	Probabilidad de ocurrencia
1	43,59	114.211	332.456	124.083	64,42%	10%
2	66,94	205.072	346.103	215.904	73,08%	30%
3	90,29	253.636	357.647	264.622	76,76%	30%
4	113,64	280.648	368.027	292.244	78,49%	20%
5	137	294.650	377.653	306.785	78,92%	20%

EP

Escenario	Valor del TC real (ARS/USD)	Valor medio (miles de USD)	Desvío (miles de USD)	Mediana (miles de USD)	P(VAN) > 0 (%)	Probabilidad de ocurrencia
1	43,59	-97.551	268.698	-94.962	36,82%	30%
2	66,94	-20.396	281.892	-14.091	48,26%	20%
3	90,29	18.486	292.548	26.048	53,68%	20%
4	113,64	37.710	301.821	45.602	56,45%	15%
5	137	45.040	310.223	54.614	57,06%	15%

Escenario con Espera

WACC	33,69%
Años de espera	3

BASE

Escenario	Valor del TC real (ARS/USD)	Valor medio (miles de USD)	Desvío (miles de USD)	Mediana (miles de USD)	P(VAN) > 0 (%)
1	43,59	13.895	308.431	33.398	54,45%
2	66,94	50.283	322.030	123.768	65,07%
3	90,29	69.451	333.252	170.795	63,70%
4	113,64	79.681	343.137	195.649	71,82%
5	137	84.557	352.251	207.125	72,68%

LM

Escenario	Valor del TC real (ARS/USD)	Valor medio (miles de USD)	Desvío (miles de USD)	Mediana (miles de USD)	P(VAN) > 0 (%)
1	43,59	47.802	332.456	124.083	64,42%
2	66,94	85.831	346.103	215.904	73,08%
3	90,29	106.157	357.647	264.622	76,76%
4	113,64	117.463	368.027	292.244	78,49%
5	137	123.323	377.653	306.785	78,92%

EP

Escenario	Valor del TC real (ARS/USD)	Valor medio (miles de USD)	Desvío (miles de USD)	Mediana (miles de USD)	P(VAN) > 0 (%)
1	43,59	-40.829	268.698	-94.962	36,82%
2	66,94	-8.537	281.892	-14.091	48,26%
3	90,29	7.737	292.548	26.048	53,68%
4	113,64	15.783	301.821	45.602	56,45%
5	137	18.851	310.223	54.614	57,06%