



**UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**DISEÑO DE UN PLAN DE NEGOCIOS PARA UNA
PLATAFORMA PREDICTIVA DE GENERACIÓN
AUTOMÁTICA EN UN COMPLEJO MINERO**

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL

SEBASTIÁN ANDRÉS PARRAGUEZ CRUZAT

**PROFESOR GUÍA:
RENÉ ESQUIVEL CABRERA**

**MIEMBROS DE LA COMISIÓN:
OMAR CERDA INOSTROZA
LUIS DUJOVNE FISCHMAN**

**SANTIAGO DE CHILE
SEPTIEMBRE 2014**

DISEÑO DE UN PLAN DE NEGOCIOS PARA UNA PLATAFORMA PREDICTIVA DE GENERACIÓN AUTOMÁTICA EN UN COMPLEJO MINERO

Navigo Mining es una empresa consultora especializada en otorgar soluciones de gestión integral para industrias mineras. El presente trabajo busca como objetivo principal el desarrollar un plan de negocios para uno de sus productos, el cual es un generador de modelos predictivos para su uso en plantas mineras de cobre. Desde hace un año y medio, Navigo Mining ha trabajado con modelos predictivos. Estos modelos son herramientas que permiten predecir ciertas variables o eventos, y así prevenir emergencias y/o anomalías. Un generador automático que produzca modelos acorde a lo que necesite cierta variable, permite ahorrar tiempos de diagnóstico e implantación, lo cual ofrece bastantes ventajas competitivas a la consultora. A la vez, este generador permite que los modelos sean adaptables dependiendo de las variables nuevas que se vayan agregando.

El análisis estratégico de mercado demuestra un interés en herramientas de este estilo en las faenas mineras, donde se encuentran otros tipos de modelos que no poseen los mismos alcances que el producto de Navigo Mining. La mayoría de modelos predictivos de nivel sofisticado no están ligados directamente a la producción de cobre. Las empresas pertenecientes a la “Gran Minería” poseen 26 faenas dentro del país, las cuales poseen datos históricos y de tiempo real, provenientes de cientos y hasta miles de sensores, los cuales capturan datos en las plantas por sistemas centralizados de control. Estas faenas generalmente tienden a tener una cultura de actuar cuando surge una anomalía, en vez de prevenirla antes que ocurra, lo cual abre una gran oportunidad para el producto en cuestión. Una mejor planificación en planta implica un mejor uso de insumos, una menor variabilidad de producción, un mayor control sobre las detenciones operacionales y un paso más íntegro entre procesos.

El producto se distribuirá a través de la tecnología SaaS, que permite de manera remota poder hacer análisis sobre los datos de la planta. El servicio arrojará alarmas cuando los niveles de producción futura u otra variable vital peligran. Luego de esto, emitirá una respuesta de su causalidad y también avisará de la confiabilidad que tiene esta afirmación. Navigo Mining en su experiencia con modelos predictivos ha llegado a confiabilidades de niveles de 94%. Por este servicio se cobrará tarifas mensuales (\$200.000 aproximadamente al año), lo cual es una ventaja para el cliente en caso que no quede satisfecho con los resultados obtenidos. Se efectuarán actualizaciones y limpiezas remotas, además de ofrecer un servicio de soporte las 24 horas. Se venderá a través de un contacto directo al cliente vía visitas o reuniones, presentaciones a través de congresos, mailing, Partnerships, join ventures, Google Adwords, entre otros.

El hecho de que se efectúe con tecnología Cloud implica una fuerte disminución de costos tanto de implantación como de soporte y actualizaciones. Los mayores desafíos son la integración de las prácticas respectivas en el personal a cargo en la planta, y el escepticismo actual sobre la externalización en el análisis de datos en mineras. La evaluación económica revela que el producto es bastante rentable, aún con 2 años previos de construcción sin tener ventas. Al año 2019, se tiene un VAN de 1,13 millones de dólares con una TIR de un 62,1%, lo cual es viable para un proyecto minero de este nivel, cumpliendo con metas bastante realistas.

Agradecimientos

La realización y entrega de este documento marca el final de una etapa muy importante para mí, ya que pienso que mi enseñanza universitaria ha sido el proceso más fuerte de crecimiento y aprendizaje que he tenido en mi vida. Muchas de mis opiniones, paradigmas y juicios actuales sobre lo que me rodea fueron formados y moldeados en mi etapa universitaria. Además, en esta etapa conocí a muchas de las personas más importantes que tengo en mi vida en este momento. Entregar este trabajo marca mi más importante y gratificante hito académico, ya que egresé más de dos años antes de su realización, dos años en los cuales la falta de un título me tuvo bastante acongojado, pero sin ánimos de rendirme.

Mi primer y más importante agradecimiento es para mi familia, ya que ellos estuvieron siempre para mí, tanto en las buenas como en las malas, desde el momento que puse un pie en mi primer colegio hasta la entrega de esta memoria. Muchas gracias papá, mamá, Cristóbal y Nicolás por apoyar mi crecimiento académico con su cariño y su empatía, especialmente en los momentos que me sentí bajo o en algunas veces en las cuales estuve a punto de tirar la toalla. A ustedes debo gran parte de mis mayores alegrías y también gracias a ustedes soy lo que soy ahora. Gracias por la paciencia (nunca está de más) y por siempre creer en mí.

En segundo lugar quisiera agradecer a mi polola Débora por acompañarme durante todo este proceso de memoria, ya que durante un año ella me llenó de sus ánimos y su cariño para avanzar y terminarla definitivamente.

Debo agradecer también a los amigos beauchefianos que compartieron conmigo durante todo este tiempo. Las primeras que debo agradecer son mis grandes amigas Daniela Shokiche e Isabel Garrido, con las cuales compartí muchos grupos de trabajo y han estado conmigo apoyándome siempre. Gracias por ser mi hermana grande y mi hermana pequeña, y saben que para mí siempre fue un agrado ir para todos lados con ustedes. A mis amigos Álvaro Rivera, Domingo Jullian y Ricardo Muñoz un gran agradecimiento también por siempre escucharme y compartir conmigo muchos de mis mejores momentos universitarios. Muchas gracias Ana, Ariel, Osmar, Isidora, Kimie, María Paz, María José, Daniel, Sebastián, Fernanda, Constanza, Francisco, Valeria Silva y Valeria Núñez por acompañarme durante todo este proceso.

Agradezco también a mis grandes amigos Verónica Cortés, Matías Mella, Kevin Vergara y Valentín Araya por darme tantas alegrías fuera de la universidad, alegrías que me mantenían cuerdo para enfrentar los últimos años de carrera que fueron por lejos los más difíciles.

Por mentores debo agradecer al profesor Omar Cerda por ayudarme tanto en lo laboral como en el tiempo que pensaba que no me titularía por mi primera memoria fallida. Agradezco también a los profesores René Esquivel y Juanita Gana por su gran ayuda en mi periodo de memoria. Por último a mis jefes Thierry de Saint Pierre, Juan Carlos Lucero y a todo el equipo Navigo Mining por creer y poner su confianza en mí.

TABLA DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN	3
2.	PLANTEAMIENTOS DEL PROYECTO	7
2.1	Justificación	7
2.2	Descripción del Proyecto	8
2.3	Objetivos	9
2.3.1	Objetivo General.....	9
2.3.2	Objetivos Específicos.....	9
3	MARCO CONCEPTUAL	10
3.1	Modelo de Negocio.....	10
3.2	Plan de Negocios.....	12
3.3	Herramientas de Análisis en Estudio de Mercado y Planificación Estratégica	13
3.4	Modelos Predictivos [4] [5]	14
4	METODOLOGÍA.....	18
4.1	Investigación de Mercado.....	18
4.2	Realización de un Análisis Estratégico.....	18
4.3	Formulación del Modelo de Negocios	20
4.4	Planificación Estratégica.....	21
4.5	Entregables Empresa.....	21
5	ALCANCES.....	22
6	RESULTADOS ESPERADOS.....	22
7	MODELO DE NEGOCIOS (ANÁLISIS ESTRATÉGICO DE MERCADO).....	23
7.1	Casos de Negocio previos	23
7.2	Análisis de producto con Business Model Canvas	24
7.3	Análisis FODA	29
7.4	Análisis de Fuerzas de Porter	31
8	PLAN DE NEGOCIOS.....	33
8.1	Plan de Marketing.....	33
8.1.1	Análisis 3C.....	33
8.1.2	Análisis de Marketing mix (4P)	40
8.2	Plan de Operaciones.....	51
8.2.1	Construcción del meta-algoritmo (2014-2015).....	51
8.2.2	Implantación y Mantenimiento	51
8.2.3	Funcionamiento operacional e implantación del Meta Modelo Predictivo	53
8.2.4	Soporte.....	54
8.3	Recursos humanos y plan organizacional	55
8.4	Plan de Ventas	57
8.5	Evaluación económica	59
8.5.1	Supuestos.....	59
8.5.2	Costos	60
8.5.3	Ingresos	62
8.5.4	Flujo de Caja	63
8.5.5	Sensibilidad de Resultados.....	64
9	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	66
10	BIBLIOGRAFÍA.....	68
11	ANEXO	69
11.1	Entrevista a Expertos	69
11.2	Encuesta Conjoint Analysis.....	71
11.3	Tablas de Evaluación Económica	77
11.4	Apoyos Institucionales	79

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Ciclo de Planificación Minera.....	3
Ilustración 2 Producción Chilena de cobre por empresa.....	4
Ilustración 3 Inversión Mundial en Proyectos de Cobre.....	6
Ilustración 4 Variabilidad de producción vs Predicción.....	15
Ilustración 5 Modelo Canvas.....	20
Ilustración 6 Canvas Realizado.....	28
Ilustración 7 Análisis 3C.....	33
Ilustración 8 Proyección mundial de Cobre.....	34
Ilustración 9 Modelo de Bass.....	35
Ilustración 10 Marketing Mix.....	40
Ilustración 11 Modelo de Construcción de Meta algoritmo.....	51
Ilustración 12 Funcionamiento Operacional de Meta Algoritmo.....	53
Ilustración 13 Tipos de Pregunta.....	72

ÍNDICE DE TABLAS

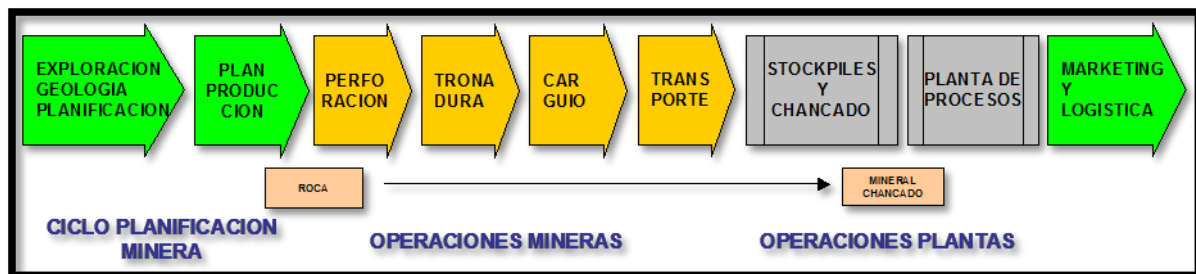
Tabla 1 Número de Faenas de cobre y metálicas.....	5
Tabla 2 Resultado Conjoint por importancia de atributos.....	42
Tabla 3 Atributos de Encuesta.....	44
Tabla 4 Utilidad Relativa y Disposición a pagar por atributo.....	46
Tabla 5 Tabla Resumen de Promoción.....	49
Tabla 6 RRHH Construcción Meta-Algoritmo.....	55
Tabla 7 Horas hombres totales necesarias por tarea.....	56
Tabla 8 RRHH para el proceso de Venta 2014-2015.....	56
Tabla 9 Costos totales Fase 1 (Investigación Año 2014).....	60
Tabla 10 Costos Totales Fase 2 (Construcción 2014-2015).....	60
Tabla 11 Costos totales (Fases anteriores más la Operación).....	61
Tabla 12 Ingresos.....	62
Tabla 13 Simulación de Demanda.....	62
Tabla 14 Flujo de Caja Obtenido.....	63
Tabla 15 Atributos Encuesta CVA.....	71
Tabla 16 Resultados de utilidades relativas encuesta.....	73
Tabla 17 Coeficientes de correlación obtenidos.....	74
Tabla 18 Respuestas Encuesta Conjoint Analysis.....	76
Tabla 19 Costo RRHH por Venta, Implantación y Mantenimiento.....	77
Tabla 20 Costos Generales por cliente nuevo.....	77
Tabla 21 Flujo de Caja Final.....	78

1. INTRODUCCIÓN

Como es de público conocimiento, Chile es un país donde la explotación minera juega un rol fundamental en el desarrollo de su economía. Chile es el principal exportador de cobre del mundo [1], donde sus exportaciones totales el año 2012 superaron los USD 42.000, representando más del 90% del total de las exportaciones mineras (metálicas) de nuestro país [3]. Por el aumento en la producción, la variable demanda del producto, la disminución continua de las leyes de cobre en ciertas mineras y otros factores, sus costos han ido creciendo. Este incremento en los costos de producción puede explicarse, en parte, debido a elementos ineficientes en la producción (planificación con índices no confiables, alto nivel de sesgo y error en los KPI, además de reconciliaciones incompletas [19]) y a la ausencia de una visión integrada entre distintos factores, como son por ejemplo los factores geológicos y metalúrgicos. Adicionalmente en muchos casos, la producción real se encuentra bajo de lo planificado, debido principalmente a una variabilidad en la producción que no ha podido ser explicada consistentemente. Como consecuencia, se ha producido un enorme incremento en el consumo de energía y agua [2], aumentando los costos de producción y operación sumados a una variabilidad y ausencia de cumplimiento de las metas de producción.

El proceso de Minería normalmente se encuentra estructurado por el siguiente esquema:

Ilustración 1 Ciclo de Planificación Minera



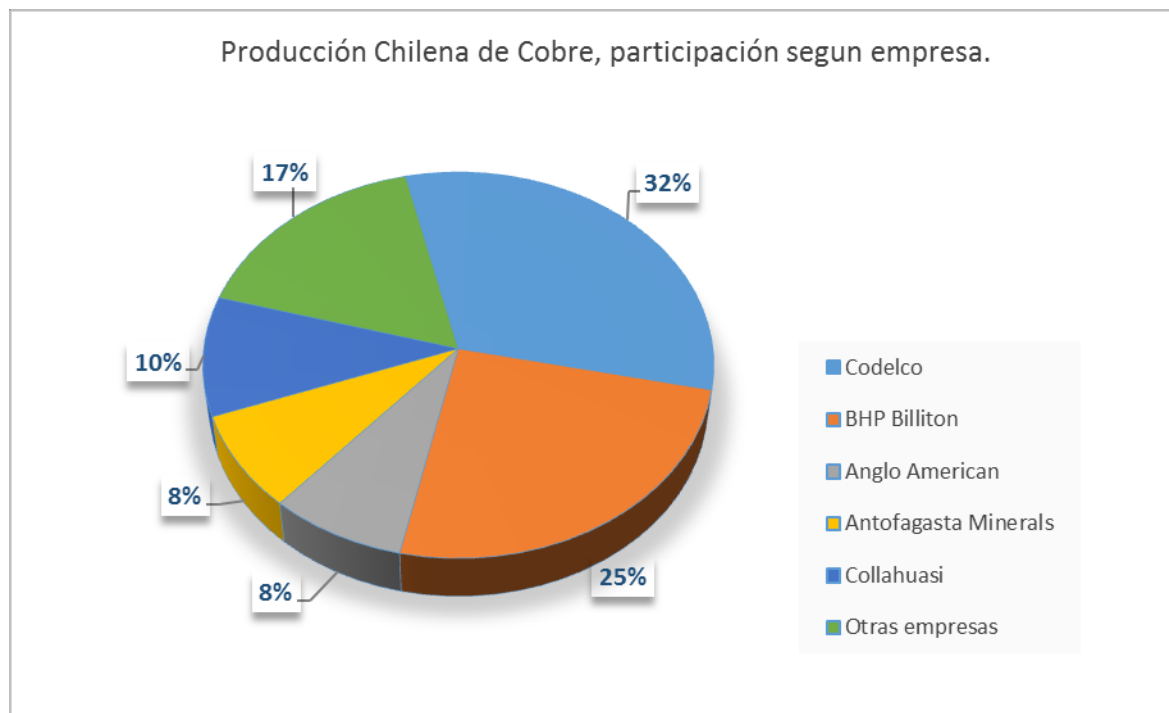
Fuente: Elaboración Propia

La minería del cobre es el foco más importante desde el punto de vista geográficamente estratégico (Chile es el mayor productor de cobre del mundo [18]). Dentro de la industria del cobre en Chile, existe la denominada gran minería. Esta minería está definida por la ley 16.624, donde una actividad minera de gran escala está “asociada a las mayores inversiones y niveles de producción. Para los efectos de la presente ley, son empresas productoras de cobre de la gran minería las que produzcan, dentro del país, cobre “blíster” (o de gran calidad), refinado a fuego o electrolítico, en cualquiera de sus formas, en cantidades no inferiores a 75.000 toneladas métricas anuales.” [16]

Al año 2012, existen 9 grandes empresas [13] que califican como de tipo “gran minería” del cobre: Anglo American Chile, Antofagasta Minerals, Barrick Gold, BHP Billiton, Codelco, Freeport- MacMoran Copper & Gold, Teck y Xstrata Copper/Anglo American Chile/Mitsui. Su participación en la industria minera nacional puede verse en la Ilustración 2.

Estas a su vez operan en 23 faenas mineras a lo largo del país [13]: Mantos Blancos, Mantoverde, Los Bronces, El Soldado, Fundición Chagres, Michilla, Los Pelambres, El Tesoro, Esperanza, Zaldívar, Minera Escondida, Pampa Norte, El Teniente, Chuquicamata, El Salvador, Andina, Ventanas, Radomiro Tomic y Gaby, La Candelaria, El Abra, Teck, Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi.

Ilustración 2 Producción Chilena de cobre por empresa



Fuente: Elaboración propia en base a datos de Cochilco (2012)

Existen variadas herramientas utilizadas hoy en día por muchas empresas para poder mejorar la producción en minería. Entre ellas existen los modelos predictivos. Estos modelos tienen un uso potencial en la industria de todo tipo de minerales, al poder anticiparse al valor de distintas variables de producción. Ofrece poder tomar mejores decisiones en tiempo real dentro de cualquier proceso de producción, lo cual es una oferta de valor muy fuerte.

Desde un punto de vista geográfico se reconocen tres segmentos de mercado:

- 1) Minería nacional
- 2) Minería regional: Perú, Colombia, Brasil, México
- 3) Minería global: Australia, Canadá, EEUU, China, Indonesia, Kazajistán

Para la consultoría chilena, el segmento del mercado objetivo de mediano plazo se caracteriza por estar mayormente en la escena nacional, por el número de faenas mineras de cobre que existen. Independiente de esta afirmación, es interesante revisar el número completo de faenas metálicas (medianas y grandes) existentes en el mundo, por la posible visión a futuro que puede tener la industria. Esta información se resume en el cuadro que sigue:

Tabla 1 Número de Faenas de cobre y metálicas

	Número de Faenas
Minería del Cobre	
Chile	26
Regional	15
Otros países	42
Suma	83
Minería metálica	
Chile	30
Regional	57
Otros países	194
Suma	281

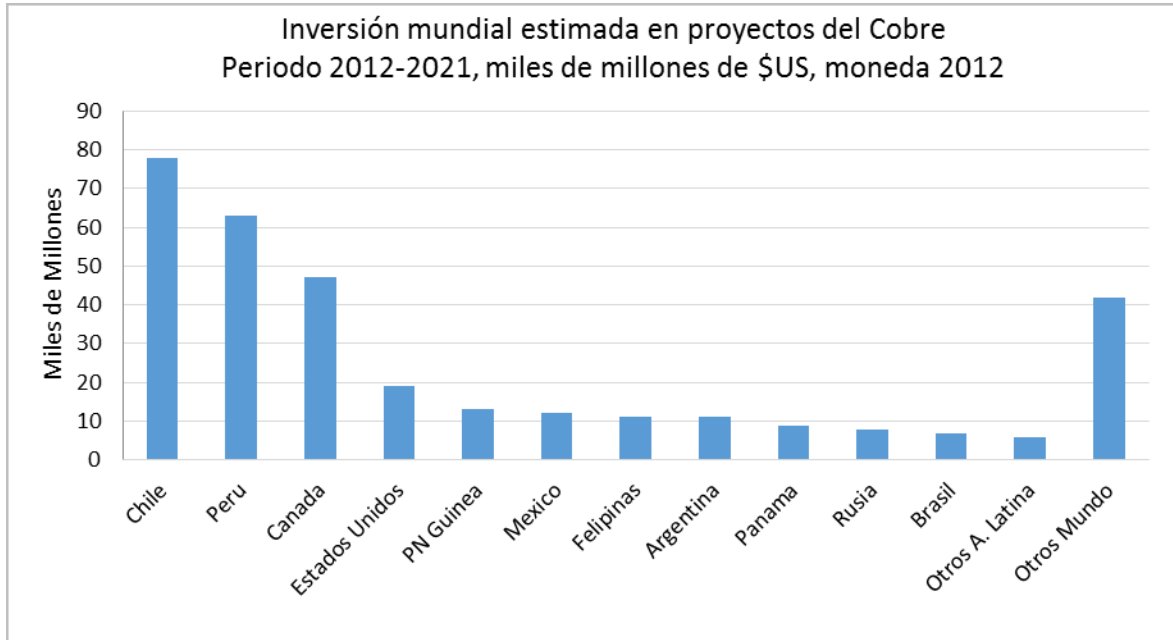
Fuente: Elaboración propia. (Cochilco 2012)

Esto da un total de 364 faenas mineras metálicas. Los altos precios del metal han estimulado proyectos de inversión en la región. En los próximos 5 años se invertirán en nuevos proyectos mineros. En Chile, por ejemplo, la inversión será del orden de 80.000MMUS\$, la cual se explica en el desarrollo de nuevas faenas y la expansión de varias antiguas [18] (Ilustración 3).

Según casos de éxito anteriores¹, se estima que el valor generado por un conjunto de modelos predictivos, a través del aumento de producción y del ahorro de costos, es superior a 40MMUS\$ /año por faena.

¹ Estos casos están detallados en el área de Modelo de Negocios (Análisis Estratégico de Mercados)

Ilustración 3 Inversión Mundial en Proyectos de Cobre



Fuente: Elaboración propia en base a datos de Brook Hunt (marzo 2012) y Codelco.

2. PLANTEAMIENTOS DEL PROYECTO

2.1 Justificación

El proceso productivo de la minería, como se dijo en el área de antecedentes, está caracterizado esquemáticamente por cinco bloques de procesos: el ciclo de planificación minera, las operaciones mineras, las operaciones de planta, el marketing y la logística (Ilustración 1), siendo ellos generalmente administrados por áreas funcionales que operan independientemente, e incluso, usualmente muy distanciados físicamente entre ellos.

Estos procesos funcionan en serie durante las 24 horas de todos los días del año. Cada uno de estos procesos y sus subprocesos cuentan con especialistas y tecnologías de apoyo, cuyo objetivo es producir en forma óptima en todos sus niveles. El común denominador a lo largo de esta cadena es el mineral, que va sufriendo sucesivas transformaciones. Cualquier decisión que se tome en estos subprocesos sobre como producir, transforma las características del mineral en alguna forma específica. Esta información viaja con el mineral aguas abajo a través de la cadena productiva, afectando el rendimiento de otros procesos.

En este escenario, habitualmente cada área opera en función de sus propias metas, programando de manera individual los periodos de mantención de los equipos y el nivel de producción por turno. Generalmente estas condiciones no consideran las decisiones tomadas por otras áreas a cargo de los procesos previos y posteriores. Esta falta de integración causa que se produzcan efectos en la producción que no son sencillos de evaluar y/o correlacionar, pues dependen de múltiples variables.

A pesar de que las operaciones son monitoreadas en tiempo real por miles de sensores distribuidos a lo largo de la cadena de producción, esto no es suficiente para establecer las causalidades y efectos que ellas tienen sobre otros procesos en la cadena, lo que evidentemente tiene un alto impacto en el resultado final del negocio.

De este desafío surge la idea de crear modelos que permitan manejar variables futuras, con el objetivo de tomar mejores decisiones en tiempo real. Una opción son los modelos predictivos, los cuales están basados en métodos estadísticos, físicos, matemáticos y elementos de Inteligencia Artificial, como son, por ejemplo, la regresión logística, las redes bayesianas, lógica difusa, máquinas de soporte vectorial, metamodelos y optimización genética, entre otros.

Estos métodos utilizan los datos medidos por los sensores y otros datos históricos de la mina para calibrar los modelos predictivos de distintos procesos productivos como pueden ser la lixiviación, la flotación o la producción de cobre a la salida de la planta.

Los modelos mencionados no están agrupados en una plataforma automática, sino que existen de una manera independiente y su puesta en marcha requiere de un largo y engorroso proceso de instalación y adecuación para cada minera en particular.

2.2 Descripción del Proyecto

En la actualidad, a través de fondos Innova Corfo, estos modelos se están agrupando en una plataforma predictiva (software) de generación automática de modelos. Dicho de otra manera, un programa elige de manera eficiente el modelo predictivo a instalar dentro de cierta minera, con el objetivo de adecuarse para una mejor estimación. Esta plataforma requerirá una intervención mínima de especialistas para su funcionamiento, lo cual permite que haya menos gastos por parte de la minera, competir de mejor manera con los plazos de instalación y obtener mayores ganancias. Un generador automático de modelos permitiría bajar los tiempos de intervención de la consultora (diagnósticos, mantenciones) en una mina al momento de implantar el producto.

Dentro de este contexto, el proyecto de título se enfoca analizar las ventajas y dificultades de implementar una plataforma predictiva como la mencionada en un complejo minero, pues no existe a ciencia cierta una visión de cuáles deben ser las variables críticas a medir en él ni sus características propias. Además, no se tiene un espectro de las preferencias de los posibles clientes acerca de los alcances que debe tomar esta herramienta, pues no existe una conciencia de cuales funciones de ella aportan realmente valor al proceso, y a la vez, el precio que atributo del modelo debería tener.

Se propone la formulación de un Plan de Negocios para el producto, con el objetivo de poder entender de mejor manera el actual mercado de la minería con respecto a estas soluciones y como se pueden explotar las oportunidades encontradas en él, siempre y cuando el producto sea rentable.

El proyecto cuenta con 2 años para su construcción (2014 y 2015) para empezar a estar completamente operativo desde el año 2016.

2.3 Objetivos

2.3.1 Objetivo General

- Diseñar un Plan de Negocios sobre el producto “Modelos Predictivos de Generación Automática” para la empresa consultora Navigo Mining, abarcando las áreas de marketing, operaciones y ventas.

2.3.2 Objetivos Específicos

- Analizar el mercado existente para el producto, tomando como cliente a las faenas mineras en el rubro nacional, regional e internacional.
- Desarrollar un catastro de las funcionalidades esenciales para el producto, mostrando sus características asociadas y la oferta de valor que significan para el cliente.
- Determinar factores de éxito para el negocio y establecer como los aspectos internos del producto pueden llegar a encontrar oportunidades en ellos.
- Elaborar una Evaluación Económica del Proyecto, la cual permita determinar la posible rentabilidad del producto en cuestión.

3 MARCO CONCEPTUAL

3.1 Modelo de Negocio

A través del tiempo, se han repasado varias definiciones de lo que es un Modelo de Negocios. Osterwalder lo definió como “Una herramienta conceptual que posee un conjunto de elementos y relaciones que nos permite expresar la lógica de un negocio de una empresa específica. Es la descripción del valor que una empresa ofrece a uno o varios segmentos de clientes, y de la arquitectura de la empresa y su red de socios para crear, comercializar, y aportar este valor a la vez que genera un flujo rentable y sostenible de ingresos” [22]. Un modelo de negocios permite resumir en un diagrama entendible y simple el “core” del producto o servicio que se venderá.

La importancia de formular este tipo de conceptos de manera previa a un plan de negocios se debe a que el modelo de negocios está mucho más dirigido hacia el cliente. Entendiendo las necesidades del cliente y comparándolo con la propuesta de valor de cierto producto, permite tomar hipótesis mucho más acertadas desde un principio, y así optimizar el desarrollo de la planificación [11]. Los beneficios son:

- 1) Trabajar con una hipótesis más fundamentada al principio del plan (conocimiento de cliente y medio).
- 2) Un trabajo más dinámico, el cual es más fácil de actualizar gracias al diagrama Business Model Canvas.
- 3) De fácil entendimiento para gente que ingresa al proyecto.
- 4) Una vista previa de los costos permite realizar una mirada telescópica a la posible viabilidad del proyecto.
- 5) Solución de problemas flexibles, sin dañar al trabajo ya efectuado.
- 6) Permite la selección previa de la información importante en vez de tener que hacer búsquedas que forme holguras.

Según Osterwalder, los puntos principales de un modelo de negocios son (siguiendo el orden):

- *Segmentación del Cliente*: Definición de las personas u organizaciones que se pretende servir con el servicio otorgado. Se puede definir uno o más tipos de clientes, con el objetivo de poder cubrir mejor sus necesidades
- *Formación de Propuesta de Valor*: Resolución de un problema de un cliente o satisfacción de una necesidad por medio de una característica del producto o servicio. La propuesta de valor es la razón por la preferencia en ciertas empresas o productos. La propuesta

busca dividirse de tal manera de satisfacer a los clientes según segmento requerido.

- *Canales de Comunicación:* Forma de transmisión de la propuesta de valor hacia los clientes. Puntos de contacto que ayudan al cliente a evaluar de mejor manera las propuestas ofrecidas.
- *Relación con el Cliente:* Describe la relación de la empresa en cuestión con los clientes, marcando sus compromisos, responsabilidades y fidelidades.
- *Ingresos:* Valor en ganancias que genera la empresa gracias al cliente.
- *Principales Recursos:* Activos que se requieren para hacer funcionar el modelo de negocios. Buscan crear la oferta de valor para la obtención de ingresos.
- *Actividades Clave:* Regulación de los principales recursos y tareas a cumplir con el objetivo de la creación de la oferta de valor.
- *Partnerships:* Socios estratégicos que permiten optimizar el modelo de negocio. Puede servir como externalización de tareas, reducción de riesgos o adquisición de recursos.
- *Estructura de Costos:* Costos en que se incurre para poder mantener y operar el modelo de negocios formado. Si se definieron los recursos, actividades y alianzas, entonces este ámbito tiene las suficientes herramientas para su cálculo.

Para el trabajo de esta memoria, el análisis de los puntos anteriores permitirá tener un mejor espectro de información al momento de plantear el plan de negocios, con el objetivo tener una oferta de valor sólida antes de poder definir el producto al mercado.

3.2 Plan de Negocios

Un Plan de Negocios es un método que busca evaluar los aspectos de la factibilidad económica de una iniciativa comercial con una descripción y análisis de sus perspectivas internacionales [14].

Un plan de negocios normalmente se antecede por un análisis estratégico previo (revisión del mercado potencial contra el mercado objetivo) en el cual se determinan los objetivos a cumplir. El hecho de poder tener un análisis estratégico antes de un plan permite ofrecer una mejor oferta de valor para el cliente y poder tomar decisiones mucho más fundamentada al momento de elegir la logística de la operación a desarrollar.

Tradicionalmente se encuentra constituido por los siguientes planes funcionales:

- *Plan de Marketing:* Especifica las actividades y conceptos necesarios para una buena comercialización de un servicio o producto. Una herramienta efectiva para abordarlo es el Marketing Mix, que separa los diferentes ámbitos del análisis en Producto, Precio, Promoción y Plaza.
- *Plan de Operaciones:* Se definen las actividades fundamentales para el funcionamiento de la compañía, pensando en los procesos que preceden al producto. El proceso de ventas muchas veces es separado de esta área, dependiendo del tipo de servicio o producto que se vende.
- *Plan de Recursos Humanos:* Se determina el staff necesario para la producción del producto u otorgación del servicio. Se deben realizar diagramas de roles, modelos de remuneraciones y organigramas.
- *Evaluación Económica:* Área vital que busca determinar la posible rentabilidad del producto al ofrecer su propuesta de valor. Se acompaña normalmente de un análisis de sensibilidad que tiene por objetivo encontrar condiciones de éxito para el producto o servicio. Indicadores importantes de esta área son el Valor Actual Neto y la Tasa Interna de Retorno.

3.3 Herramientas de Análisis en Estudio de Mercado y Planificación Estratégica

1) Business Model Canvas [22]: Esta herramienta (ya mencionada en el área del modelo de negocios dentro de este marco conceptual) permite describir en forma lógica la manera en que un modelo de negocio captura valor. Se utilizará en el análisis estratégico para poder tener un primer acercamiento a los atributos posibles del producto y a su oferta de valor.

2) FODA [15]: Un análisis que busca resumir la situación interna de un proyecto situándola frente a su situación externa. Se nombrarán las fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas externas que tendrá el producto.

3) Fuerzas de Porter [23]: Es un análisis que se basa en revisar los 5 puntos más importantes de un modelo estratégico. Se utilizará para revisar la posible estrategia de entrada para el producto.

4) Análisis Conjunto (Conjoint Analysis) [9]: Su objetivo es determinar que combinación de un número limitado de atributos es la más determinada para un cliente. Su uso será valorizar cada atributo de la plataforma predictiva a construir. Su utilización en Marketing Mix es primordial si se van a comparar atributos del producto al mismo tiempo de poder valorizarlos.

5) Modelo de Baas [10]: Análisis basado en ecuaciones diferenciales, las cuales hacen una estimación de como un producto puede ser adoptado por un público limitado. Se utilizará para estimar la cantidad de clientes que adopten el producto hasta el año 2018.

6) Análisis 3C y 4P [20]: Herramientas utilizadas para describir de manera concisa los factores de éxito del producto. El modelo 3C revisa las materias referentes a Cliente, Competidores y Compañía; mientras que el modelo 4P (Marketing Mix) revisa las materias referente a Producto, Promoción, Precio y Plaza.

7) Flujo de Caja (Cash Flow): Herramienta para estimar la rentabilidad del producto. Compara los flujos de entrada y salida en el desarrollo económico de cierto producto y forma indicadores para medir su futuro desempeño.

3.4 Modelos Predictivos [4] [5]

Un modelo predictivo es una herramienta que permite anticipar valores de variables o posibles eventos, a través de variados métodos matemáticos avanzados, es decir, estima valores futuros de alguna variable en particular. Tener una idea acertada de los valores futuros permite tomar mejores decisiones previas para evitar ciertos problemas en los procesos. Existen modelos predictivos que, además de estimar los posibles valores de las variables en cuestión, otorgan causalidades de posibles eventos posteriores.

Entre sus mayores ventajas se encuentran²:

- 1) Genera una mejor gestión de activos (mejora de disponibilidad de equipos y gestión de insumos), lo que repercute directamente en disminuir los costos y aumentar la producción.
- 2) Aumenta la coordinación y colaboración entre los distintos procesos de la faena.
- 3) Externalización de la gestión de datos para la alimentación del modelo, por lo que el usuario no tendrá preocupaciones sobre la configuración y mantenimiento del sistema.
- 4) Confidencialidad de datos por medio de métodos de encriptación.
- 5) Soporte y actualizaciones permanentes del programa.

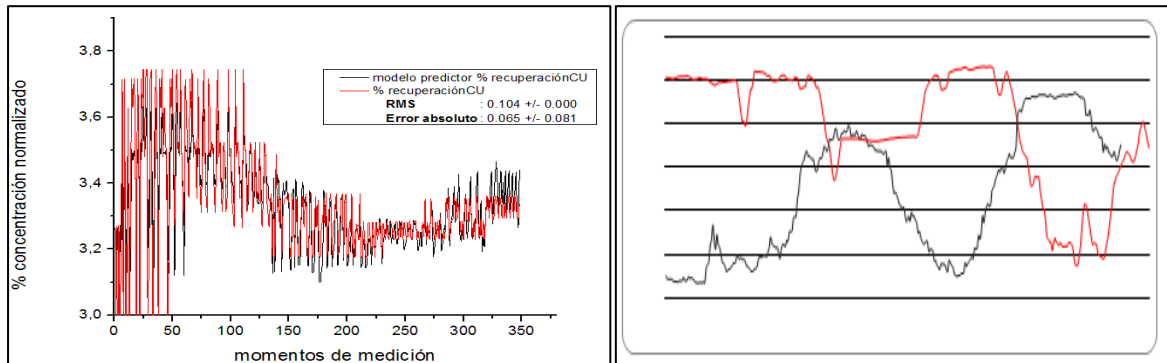
Es importante explicar el contexto en el cual los modelos predictivos se ajustan a los algoritmos antes mencionados, de qué manera estos se relacionan con los meta-modelos³ y el sistema de generación automática de estos. Para ello se ejemplificara la variabilidad en la recuperación de cobre ya antes mencionada.

Un primer ejemplo de variabilidad en la producción se aprecia en la Ilustración 4 (línea roja), en esta, se observa que el porcentaje de recuperación de cobre (%Cu) proveniente del proceso de lixiviación, tiene una importante variación diaria. Es evidente que si se pudiera predecir ésta variación en un horizonte de corto plazo se mejoraría la planificación de la producción y se podría dar explicación a las variaciones en la producción evitando en algunos casos las caídas o generando planificaciones que las incorporen de una manera más predecible estas variaciones

² Experiencias anteriores de Navigo Mining.

³ Def: Modelo principal que genera submodelos por medio del análisis de variables en mineras.

Ilustración 4 Variabilidad de producción vs Predicción



La figura, muestra la variabilidad diaria en la producción de cobre a lo largo de un año. Sobre la línea roja que representa la recuperación de cobre normalizada, sobre esta se grafica en negro un modelo predictivo desarrollado por Navigo Mining para predecir un proceso de lixiviación por pilas. (b) El gráfico muestra alrededor de 30 horas de operación del modelo predictivo desarrollado para una segunda minera. Se puede observar que la probabilidad generada por el modelo (en gris) aumenta en promedio dos horas antes de que caiga la producción (normalizada, en rojo).

Fuente: Medición Variabilidad Experiencia Navigo Mining ⁴

La línea negra, del mencionado gráfico, muestra un modelo predictivo de lixiviación que se encuentra en etapa preliminar desarrollado por Navigo Mining SpA. Este modelo será perfeccionado en esta etapa por el medio del uso de meta- modelos y máquinas de soporte vectorial, En este modelo se usaron modelos de regresión polinomial y análisis de componentes principales para poder predecir el proceso de lixiviación. Esto se realizó usando datos estadísticos y operacionales del proceso de lixiviación (150 variables inicialmente). Con este modelo predictivo se obtuvieron errores menores al 5% (error cuadrático medio). Lo que representa mejores resultados que los obtenidos por predicciones hechas por modelos fenomenológicos.

Del análisis de la figura, es evidente que la planta es capaz de producir a un promedio superior dado que no se encuentra continuamente al nivel de su producción potencial. Una forma de poder compensar estas bajas es desarrollando modelos predictivos que no solamente entreguen un valor estimado de producción, sino que además entreguen “explicabilidad” al proceso de caídas identificando las variables que las podrían provocar (causales).

Estas caídas puntuales de productividad, que se repiten día a día y que tienen un horizonte claramente operacional no estratégico, explican en gran medida el incumplimiento del plan de producción. Como consecuencia de lo anterior, este tópico se ha convertido en un importante objeto de investigación en los últimos años [19]. Estas caídas de productividad, no sólo afectan la producción, sino que impactan los costos, la mantención, la sustentabilidad del negocio y el valor de la operación.

⁴ Cliente Anónimo por motivos de contrato.

Es posible atribuir las caídas puntuales en la producción a tres efectos fundamentales:

1. La aparición de eventos imprevistos.
2. Falta de una visión integrada del proceso productivo.
3. No-homogeneidad intrínseca del yacimiento.

Uno de los grandes causantes de estas caídas es la aparición de “eventos imprevistos”. De hecho, las operaciones mineras se gestionan en general resolviendo in-situ estos imprevistos. Esto es reconocido por la industria y constituye una permanente preocupación. Las anomalías o efectos que son aparentemente estocásticos afectan la continuidad de la producción en la minería cuestan centenares de miles de dólares por hora, y por ese motivo las operaciones se abocan a resolverlos en forma urgente.

Esto, ha condicionado el establecimiento de un estilo de gestión que está siempre en “pérdida”, pues cuando se está resolviendo eventos imprevistos ya se está incurriendo en pérdidas. Los imprevistos pueden ser clasificados en varios tipos y sucede que muchos de ellos en realidad son recurrentes. Las operaciones mineras están colmadas de sensores que registran y almacenan información detallada de muchos aspectos diferentes de las operaciones. Ocultos en esos gigantescos depósitos de datos se pueden encontrar patrones repetitivos que anuncian la llegada de algunos de los “imprevistos” más recurrentes. Sin embargo la cantidad de datos es tan grande y la complejidad del problema tan abundante en variables, que en la práctica el aprovechamiento de estos recursos ha sido solo muy parcial.

Otro de los grandes causantes de este tipo de caídas es la “falta de una visión integrada” del proceso minero. La alta complejidad de las operaciones mineras ha generado especialización en los procesos. Esta especialización ha levantado fronteras en la gestión de operaciones. Cada subproceso vela por sus propios intereses. Los modelos de incentivos actuales acentúan esta estrategia operacional basada en una visión parcial del problema productivo y caracterizado por generar decisiones de alcance muy limitado. La abundante teoría de procesos existente es categórica al demostrar que un proceso analizado y optimizado por partes no equivale a un proceso analizado y optimizado como un todo. La combinación de óptimos locales NO es el óptimo global. En la industria minera todos estos procesos gestionados por separado están unidos entre si y afectan en conjunto a los resultados finales. Esta fragmentación de la gestión genera altos niveles de producción global cuando todas las áreas se alinean y bajos niveles de producción cuando las áreas se descoordinan. Estos procesos de descoordinación ocurren regularmente, y todo esto queda registrado en esta historia de constantes bajas operacionales que quedan visibles como resultados finales del proceso global.

La última fuente importante de este tipo de caídas puntuales es la no homogeneidad intrínseca del yacimiento de mineral en cuanto a sus características geológicas. Diferentes minerales tendrán resultados operacionales distintos si son procesados con los mismos criterios. Además de las características geológicas existen otras diferencias que tienen su origen en el proceso de extracción (por ejemplo la granulometría). Este problema no puede ser resuelto pues el yacimiento es un dato (está dado, no se puede modificar), pero si es posible adaptar la planta para que sus equipos tengan, todo el tiempo, la configuración más adecuada (optima) para tratar el tipo de mineral que se está procesando.

La combinación de las causales mencionadas, explican las caídas puntuales que ocurren en forma regular en el proceso productivo.

4 METODOLOGÍA

La estrategia utilizada para la metodología que será empleada va en pos de la formación de un Plan de Negocios. La utilización de un Análisis Estratégico y un Modelo de Negocios previo a esta tarea se realiza con el afán de tener una idea completa de lo que significa el mercado existente para el producto en cuestión (como fue descrito en el Marco Conceptual). Es importante recalcar la diferencia de la metodología de una tesis versus la formulación de planes de acción, ya que la metodología busca mostrar los pasos para el desarrollo de los objetivos al abarcar ciertos ámbitos, mientras que el plan de acción explica las tareas a realizar para lograr esto.

4.1 Investigación de Mercado

Se estudiará el mercado potencial existente, la oferta actual que existe y también se definirá el mercado objetivo. Otro hito importante es la elección de las herramientas para la formación del Plan de Negocios y la declaración de las fuentes de información existentes. La información necesaria para esta etapa se obtendrá de los datos disponibles a través de fuentes bibliográficas acerca de la industria minera y consultoría, tanto en internet como en publicaciones, además de la experiencia de Navigo Mining en el mercado. Se revisará cuáles son los clientes objetivo de la empresa, sus competidores tanto directos como indirectos (información generada por el benchmarking respectivo) y el estado actual del mercado en término de inversiones y proyectos.

4.2 Realización de un Análisis Estratégico

Se examinará a fondo la información recopilada en el estudio de mercado para poder realizar análisis bajo las siguientes perspectivas.

- o Proceso Declarativo
- o Análisis de la Industria
- o Estudio de la Competencia y factores de éxito
- o Análisis Externo e Interno del producto
- o Revisión de Ventajas Competitivas

Para esta etapa, los resultados obtenidos se desarrollarán en este informe por medio de un análisis FODA y un análisis de fuerzas de Porter⁵. Estos dos análisis permiten manejar de manera ordenada la información, de tal manera de comparar las ventajas y desventajas del proyecto, con el objetivo de armar la mejor posible estrategia para venderlo. Las fuentes información que se utilizarán para el desarrollo de estas áreas son experiencias en trabajos

⁵ Herramientas mencionadas en el Marco Conceptual.

anteriores de la consultora Navigo Mining (informes y otros), bibliografía en la red (publicaciones, internet), recomendaciones de expertos dentro de la consultora, entrevistas a ejecutivos y técnicos de diferentes faenas, y una encuesta de conjoint analysis a 31 personas⁶

⁶ Entrevistas encuestas detalladas en el área de anexos.

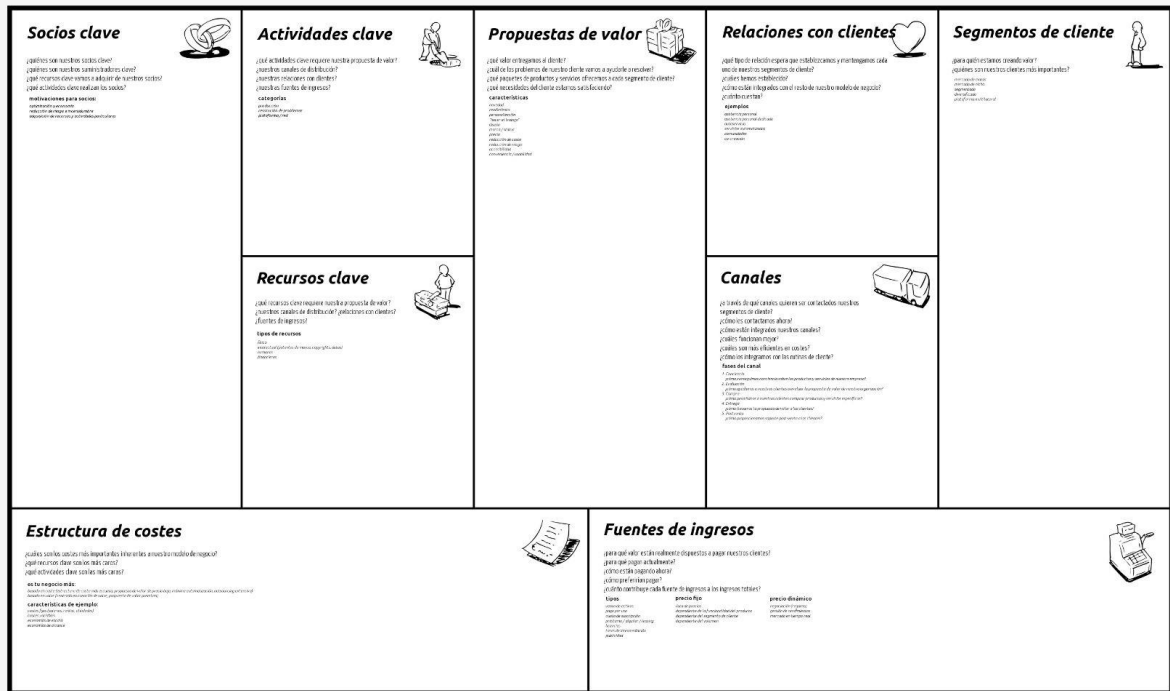
4.3 Formulación del Modelo de Negocios

El primer approach hacia el plan de negocios se realizó por medio de un análisis de las propuestas de valor del producto hacia los clientes. Las perspectivas principales para esta etapa son:

- o Indicar los Factores Críticos de Éxito
- o Revisión final de la Propuesta de Valor

Para esta área se utilizó un análisis Business Model Canvas⁷. Este análisis busca (después de haber obtenido información relevante acerca del posible cliente o mercado) formar la propuesta de valor del producto, y revisar cada una de sus áreas claves. Generalmente este tipo de herramientas pasa por un número de iteraciones, pues cada vez que se avanza en el proyecto muchas de sus condiciones cambian. Estos cambios se producen ya sea por la decisión de un nuevo camino para alguna de las áreas, un nuevo canal de promoción, limitaciones en los recursos claves, entrada de un nuevo socio, etcétera.

Ilustración 5 Business Model Canvas



Fuente: Osterwalder & Pignaur 2009

⁷ Mencionado en el área de marco conceptual

Terminado el modelo de negocios es posible empezar con el plan, ya que con el modelo se puede tener un espectro completo de los factores de éxito a tomar en cuenta cuando se elabora el negocio en cuestión. Las fuentes de información utilizadas son las mismas que se usaron para el análisis estratégico.

4.4 Planificación Estratégica

Se creará un plan de negocios en los cuales se evaluarán todos los aspectos del producto, además de la factibilidad económica de su iniciativa comercial.

- o Formulación de un Plan de Marketing: Se desarrollará a través de utilizar Marketing Mix⁸, el cual estudiará los factores tomados en el modelo de negocios y los transformará en la definición de sus características.

- o Formulación de un Plan de Operaciones: Proceso en el cual se revisarán las tareas que se requieren para la instalación de un producto en un proceso minero y su mantención.

- o Formulación de un Plan de Ventas: Este plan se necesita para entender los canales de llegada a los clientes además de los contratos pertinentes.

- o Estimación de RRHH a utilizar

- o Formulación de un Plan de Financiero y Evaluación Económica: Se desarrollará un flujo de caja correspondiente a los primeros 5 años de funcionamiento de la herramienta. No se debe hacer un balance a más años ya que se está hablando de una herramienta TI, por lo cual es muy posible que el espectro del mercado cambie en un mediano plazo.

4.5 Entregables Empresa

Además del trabajo académico, se acordó con Navigo Mining la entrega de una copia de esta memoria, un informe de presentación a Corfo+Innova de este mismo proyecto y una presentación final para esta entidad y la consultora.

⁸ Análisis 3C y 4P indicados en el marco conceptual.

5 ALCANCES

Existen bastantes alcances tomados por este proyecto:

- Los estudios se rendirán antes de la construcción del modelo, por lo que las decisiones tomadas en este informe pueden variar en la implantación del producto.
- Todo el material creado será propiedad de la empresa Navigo Mining, por lo que tanto sus datos como sus escritos deben permanecer de forma confidencial académicamente.
- Los nombres y empresas de los individuos encuestados deben permanecer en anonimato, ya que las empresas mineras tienen burocracias no convencionales al trabajo de esta memoria en cuanto a comunicados. También (en el caso de la encuesta de Conjoint) una encuesta anónima permite un llenado menos sesgado de las respuestas.

6 RESULTADOS ESPERADOS

Como resultado de las tareas realizadas en este proyecto de título se espera:

- Un estudio de mercado bien logrado el cual ayude a potenciar las posibles ventajas que tendrá el producto al momento de ser ofrecido a sus clientes. Una buena oferta de valor que sea a la vez bien vendida significaría rentabilidades mayores.
- Obtener un análisis, tanto interno como externo, del producto a vender, logrando comparar sus fortalezas con las oportunidades existentes con el sentido de explotarlo, además de revisar sus debilidades y amenazas con el objetivo de encontrar una solución a tiempo.
- Un informe final para Navigo Mining referido a un Plan de negocios para la comercialización de modelos predictivos creados desde un generador automático. Este plan debe tener subplanes funcionales acordes al proyecto (marketing, finanzas, recursos humanos, operaciones).
- Una evaluación económica consecuente con los estudios realizados, con la cual se determinará la proyección del producto.

7 MODELO DE NEGOCIOS (ANÁLISIS ESTRATÉGICO DE MERCADO)

7.1 Casos de Negocio previos

2009-2012

a) Validación de los modelos predictivos (caso CODELCO Andina)

La construcción de modelos predictivos, desarrollados por Navigo Group, habilitó a los profesionales de CODELCO Andina para tomar medidas en forma coordinada, conducentes a evitar pérdidas de producción. La ventana de tiempo entre el evento causal y el evento predicho fue por lo general al menos de una hora. Este tiempo se considera por lo general suficiente para tomar medidas que permitan mitigar los efectos y evitar o disminuir las potenciales pérdidas. Para probar el concepto se realizaron pruebas preliminares que, de acuerdo a CODELCO Andina, en conjunto con la nueva plataforma tecnológica, habrían significado una disminución en la variabilidad productiva de más de un 50%, lo que habría impactado en un aumento en la producción cercano a un 3,7%. La generación de ingresos adicionales, debido a lo dicho anteriormente, ascendía a más de 40 millones de dólares al año.

2013

b) Adjudicación de fondos (CONICYT) para estudio de modelos predictivos

Se obtuvieron fondos por 2 años para realizar investigación aplicada en la generación de modelos predictivos geometalúrgicos que tengan la capacidad de integrar datos provenientes procesos geológicos y metalúrgicos con la finalidad de generar un modelo que prediga la producción de cobre en tiempo a real a la salida de la planta y que entregue causalidad sobre las variables que afectan la volatilidad en la producción.

c) Aumento en la confiabilidad (caso Barrick Zaldívar)

Dentro de la empresa minera Barrick Zaldívar (a través de variadas reuniones con la dirección ejecutiva, la gerencia de operaciones y la jefatura de metalurgia) se encontraron oportunidades para aplicar modelos predictivos en el proceso de lixiviación. La oportunidad detectada se basó en crear un modelo

matemático que fuese capaz de estimar la concentración de cobre en la salida de la pila de lixiviación. La solución propuesta fue determinar la concentración de cobre para los paños⁹ entre 10 y 60 días de antigüedad en la pila dinámica¹⁰, con 1 día de antelación y con un error inferior al 5%. Se realizó un análisis de factibilidad por medio de un modelo de validación k-fold cross validation¹¹, que es una técnica utilizada para evaluar los resultados de un análisis estadístico. El resultado obtenido fue un error cuadrático medio de 0,151 con una desviación de 0,077, esto es un error menor al 5%, por lo que con esto se logra el objetivo, logrando mejorar considerablemente la confiabilidad de los modelos predictivos.

7.2 Análisis de producto con Business Model Canvas

Para la primera aproximación hacia los atributos y alcances del producto, se formuló llegar a las primeras cogniciones a través de un Business Model Canvas. Este modelo busca dar nociones del producto a través de un brainstorm, el cual reúne las siguientes bases: segmentos de mercado, propuesta de valor, canales, relaciones con el cliente, fuentes de ingreso, recursos clave, actividades clave, asaciones claves y estructura de costos. El resultado de este análisis se puede resumir en la Ilustración 6, donde se muestra de manera cruda el Business Model Canvas logrado en la última reunión del tema con Navigo Mining. Una versión más detallada sería la siguiente¹²:

- 1) Segmentos de mercado: Se definen los diferentes grupos a los cuales se dirige el producto. Los modelos predictivos están pensados para su uso en la industria minera, más específicamente, en la minería del cobre como primer acercamiento. Debido a que es una herramienta que otorga información en tiempo real, la cual ayuda a tomar decisiones más informadas, está dirigido específicamente a los departamentos de planificación y operaciones.
- 2) Propuesta de valor: Se define el conjunto de beneficios que otorga el producto para el mercado antes definido (minería del cobre). Las principales propuestas de valor se dividen en dos grupos: una mejor planificación para cada cliente y decisiones en tiempo real.

⁹ Paño: Corresponde a un parte de la pila (un acopio de material chancado).

¹⁰ Pila dinámica: Una pila corresponde a un acopio de material chancado, en particular la pila dinámica es una pila renovable donde su piso es reutilizable, de modo que terminado el ciclo de lixiviación se retira el ripio para reemplazarlo por material fresco.

¹¹ Modelo de validación k-fold cross validation: Los datos de muestra se dividen en K subconjuntos. Uno de los subconjuntos se utiliza como datos de prueba y el resto (K-1) como datos de entrenamiento. El proceso de validación cruzada es repetido durante k iteraciones, con cada uno de los posibles subconjuntos de datos de prueba. Finalmente se realiza la media aritmética de los resultados de cada iteración para obtener un único resultado.

¹² Muchos de los datos expuestos acá se complementan con el área de Plan de Negocios. Lo que busca esta área es dar una idea al lector de los temas tocados en cada base.

- Una mejor planificación: Los modelos predictivos, al otorgar mayor información para tomar mejores decisiones, ayuda a la reducción de la variabilidad, un mayor control de variables, e incentivos a adoptar una cultura anticipativa, entre otros. Una menor variabilidad implica un mejor control de las acciones dentro de la mina-planta, lo que desemboca en un uso eficiente de insumos, maquinaria y personal.
 - Decisiones en tiempo real: revisión de las causalidades de una producción baja en tiempo real, predicción de posibles eventos que afecten en la producción, cuantificación de impactos por posibles decisiones.
- 3) Canales: Se definen los modos en que Navigo Mining se comunicará con las empresas mineras para proporcionarles la propuesta de valor antes definida. En este módulo se analizaron tanto los canales de distribución como los de comunicación. Se determinaron cuáles eran los canales actuales que utiliza la empresa, como también los canales que están en evaluación para ser utilizados. En este ámbito se consideran:
- Canales utilizados: Ofrecer el producto directamente a los clientes, presentándolo como una oportunidad en proyectos mineros. Esto es apoyado por la utilización de la página web como canal. Se posee en este momento una base de datos gigante de los actores más importantes en el rubro en Chile. Si es necesario una visita a su lugar de trabajo, la empresa mandará gratuitamente a vendedores y expertos para que realicen un diagnóstico.
 - Canales posibles: publicaciones en revistas mineras, exposición en eventos, congresos, y seminarios; utilizar Google adWords y SEO¹³ para potenciar las visitas a la página web, revisar licitaciones de posibles proyectos en Q market; uso de una red de consultores que necesiten apoyo o envió de emails informativos a posibles clientes.
- 4) Relaciones con el cliente: Se establecen los diferentes tipos de relaciones que se pueden establecer con los clientes. A través de la plataforma se mantendrá un contacto permanente con la empresa, la cual se estará comunicando por medio telefónico y mail. Por último se tiene el contrato de confidencialidad por parte de Navigo Mining para con la minera. Además, una vez que el producto es adquirido por el cliente, se efectuarán capacitaciones para el uso del producto de forma previa a la puesta en marcha.

5) Fuentes de ingreso: Estos se dividen en 2 grupos.

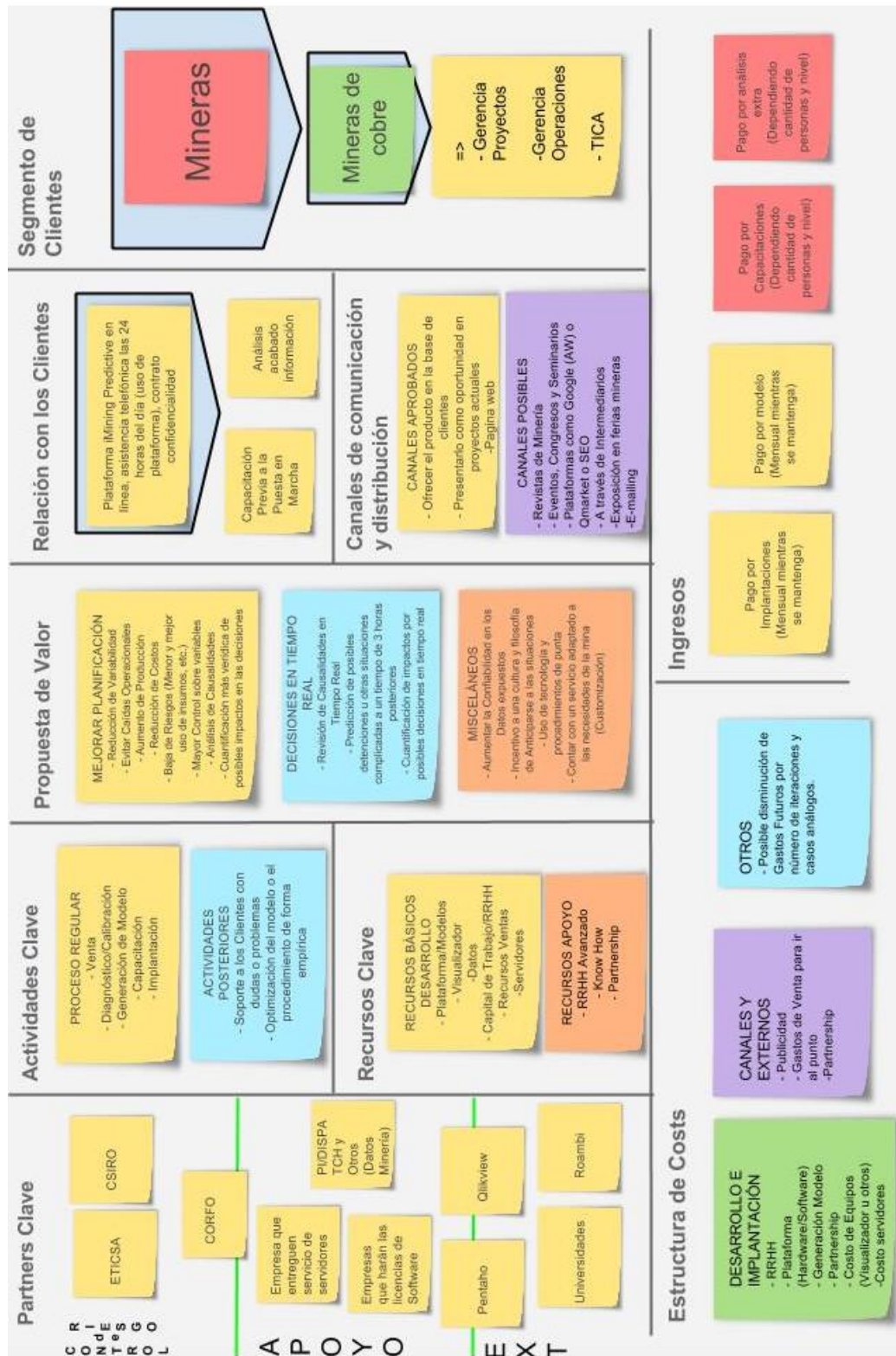
¹³ Sus siglas en español significan optimización del motor de búsqueda. Se basa en analizar y optimizar para que al ingresar ciertas palabras en Google aparezca el producto dentro de los primeros resultados

- Ingresos por la venta del producto: Por cada modelo que esté trabajando en la minera se genera una tarifa mensual, además de del monto cobrado por la implantación de cada modelo.
 - Ingreso derivado de cada venta: Se cobrará por el servicio de la capacitación a las personas que utilizaran el producto, donde cada cliente determinará la cantidad de personas a capacitar. Además se obtendrá un ingreso en el caso en que la empresa requiera un análisis de los resultados obtenidos por el producto.
- 6) Recursos claves: Se definen los activos más importantes para que un modelo de negocios funcione.
- Recursos claves para para el desarrollo son: modelos predictivos, plataforma que utilizaran los modelos, visualizador de la información, datos necesarios para el funcionamiento de los modelos, el capital de trabajo, y por último los servidores que se utilizarán.
 - Recursos de apoyo: Recursos humanos avanzados en las áreas del conocimiento, en conjunto con habilidades altamente específicas y experticia en el ámbito.
- 7) Actividades claves: Se describen las acciones más importantes que se deben emprender para que el modelo de negocio funcione. Las actividades claves analizadas son:
- Venta: Actividad en la cual los canales de comunicación son vitales. Existirá un grupo de vendedores apoyados de técnicos, los cuales se encargarán de presentar el producto y guiarlo a través de un proceso en el cual al cliente le interese. Luego de ello se encargarán de la negociación más varios procesos más pre-implantación.
 - Diagnóstico/Calibración: Actividad en la que se pone a prueba el generador de modelos y se empiezan a hacer los primeros testeos con el meta-algoritmo. En esta actividad también se evalúan los beneficios estimados para el cliente (en la etapa previa sólo se le presentaban datos generales).
 - Implantación en el sistema: Es vital que el modelo se acople de buena manera a la plataforma usada por el cliente, con el objetivo de no complicarlo.
 - Capacitación y Gestión del Cambio: Se trata de incorporar la práctica del modelo dentro de la minera en cuestión. Una integración completa del nuevo proceso a las prácticas antiguas permite un mejor uso y mayor impacto en el día a día del cliente.
 - Soporte: Se ofrece un servicio de soporte para el cliente, el cual está basado en estar a su disposición las 24 horas por cualquier problema que tenga.
 - Optimización del modelo y mejora continua: Siempre se estará evaluando el desempeño de la solución con cada iteración que haya en las ventas e implantaciones. El feedback del cliente también es muy importante en esta actividad.

- 8) Asociaciones claves: En este módulo se describen la red de proveedores y socios que contribuyen al funcionamiento del modelo de negocios. Las asociaciones claves visualizadas en el modelo de negocios se dividen en 3 grupos: asociaciones que permiten controlar el riesgo, asociaciones de apoyo en ciertas tareas y asociaciones con empresas que permitan externalizar procesos.
- 9) Estructura de costos¹⁴: Este último modulo describe todos los costos que implica el producto. Los costos que se deben tener en cuenta se dividen en dos grandes conceptos:
- Construcción de Meta-Modelo (Sólo primeros 2 años): Existen costos de construcción los cuales existe una parte financiada por Innova Corfo.
 - Desarrollo e implantación: Se consideran los costos asociados al desarrollo la herramienta como su futura instalación (expertos, vendedor a cargo, costos de herramienta en implantación)
 - Canales y externos: Se consideran los costos necesarios para desarrollar el plan de promoción, gastos de venta y, en caso de generar una asociación, se analizará los costos que esta tendrá para la empresa.
 - Costos de operación: Costos mensuales por la plataforma cloud, el soporte, costo de servicio de servidores y por la búsqueda de nuevos clientes (vendedores).

¹⁴ Detalle en Evaluación Económica

Ilustración 6 Business Model Canvas Realizado



7.3 Análisis FODA

Análisis enfocado a mostrar los enfoques internos y externos del negocio por medio de mostrar sus fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas.

Fortalezas

- Otorga al cliente la capacidad de adelantarse a escenarios mineros, por medio de revisar variables de forma predictiva, además de las causalidades de su desempeño.
- Reducir la variabilidad del sistema por medio de mejoras en los puntos bajos de producción al nivel del proceso (subida de producción en los puntos de malas prácticas).
- Modelos con uso de Inteligencia Artificial para con algoritmos que se adaptan al avanzar del proyecto. De esta forma, las predicciones mejoran con el tiempo.
- Ayuda al cliente a evitar caídas operacionales.
- Reducción de Inversión y Costos de Mantenimiento por uso de Cloud Computing¹⁵ (Mell & Grance, 2011).
- Actualizaciones y Soporte de manera remota.
- Incentivos a una cultura anticipativa, que permita trabajar en base a la producción actual y no a las bajas en esta materia.
- Adaptabilidad a las necesidades del cliente.

Oportunidades

- La información de los modelos podría a futuro ser ocupada por el área de planificación minera para poder formar el plan maestro anual.
- El hecho de utilizar una plataforma Cloud Computing permite un manejo remoto de los datos de faena, por lo que facilita los proyectos si es que se quieren llevar a otros países. El mercado potencial para este trabajo es Chile, pero la instalación de esta herramienta no significaría un costo muy distinto para otros países (por su estructura SaaS).
- Implantación análoga en otros tipos de negocios.
- Existe un mercado potencial fuera de la industria del cobre y minería, ya que el manejo de variables a través del metamodelo podría ser utilizado para datos de producción de manufactureras, información bancaria, estadísticas de la bolsa de comercio, etc.

¹⁵ Cloud computing: es un modelo que permite el acceso bajo demanda a través de la red a un conjunto compartido de recursos de computación configurables (por ejemplo red, servidores, almacenamiento, aplicaciones y servicios) que pueden ser rápidamente provisionados con el mínimo esfuerzo de gestión o interacción del proveedor del servicio.

Debilidades

- Fuerte inversión de infraestructura para Navigo Mining, ya que se deben contratar servidores externos en servidores, tener pantallas de monitoreo y poseer nuevo personal técnico. Es bueno destacar que aún siendo fuerte esta inversión para Navigo Mining, se compensa totalmente con los costos disminuidos en el tiempo que posee contar con un herramienta Cloud, ya que cuenta con mantenciones y actualizaciones con costos más reducidos que otros métodos.
- Dependencia del desempeño de la empresa proveedora de los servidores, ya que a cualquier error de ellos el sistema se vería bastante comprometido.
- Ingresos vulnerables a fallos de seguridad, disponibilidad y rendimiento, ya que la mayoría de los procesos se encontrarían en la web. Herramientas del estilo SaaS pueden estar abiertas a hackeos o caídas digitales.
- Tiempo de implantación depende mucho de las plataformas de datos que esté ocupando el cliente
- Aumento de error estadístico si los datos poseen mucho ruido desde su fuente.
- Altos costos de investigación y desarrollo.

Amenazas

- Existencia actual de sustitutos sin los mismos alcances, pero que aún ofrecen un valor análogo al cliente.
- Mercado inmaduro del modelo de servicio SaaS¹⁶ (Mell & Grance, 2011) y poca credibilidad de él en negocios cerrados al cambio.
- Entrada de nuevos competidores al cabo de unos años que se basen en la misma idea.

¹⁶ SAAS: es la abreviación en ingles de *Software as a Service*, software como un servicio, este es un modelo de distribución de software donde las aplicaciones se alojan en un *Cloud Computing*, estas aplicaciones son accesibles desde varios equipos del cliente a través de una interfaz, tales como un navegador web o un programa diseñado para la interfaz.

7.4 Análisis de Fuerzas de Porter

1. Rivalidad entre competidores

Existen muchas empresas consultoras dedicadas a promover la integración de tecnología en la industria de la minería. Podemos distinguir que solo unas pocas de ellas apuntan a mejorar la productividad por medio de análisis predictivo. Sobre el análisis que ellas realizan, no se comparten los mismos alcances del producto que Navigo Mining quiere ofrecer. Eso sí, vale destacar que plataformas con diferentes alcances pueden terminar siendo competidores potentes, ya que las empresas mineras podrían encontrar que sus productos pueden actuar de sustitutos menos complejos (independiente de tener menores funcionalidades). Las principales empresas competidoras son Honeywell y Ventyx. Al igual que Navigo Mining, estas empresas deben trabajar sobre las plataformas existentes dentro de cada faena y adaptarlas para que pueda “entrar” la herramienta a instalar. A diferencia de estas dos empresas, la oferta de valor de Navigo Mining va mucho más allá, ya que se ofrece la mejor confiabilidad en términos de errores estadísticos en el mercado. También se ofrece un servicio de tiempo de implantación muy bajo, pues las empresas que ofrecen estos modelos deben empezar de cero cada vez que entran a un proceso, mientras que Navigo Mining posee modelos con inteligencia artificial que permiten estimar de manera rápida el mejor modelo en cada situación.

2. Amenaza de la entrada de nuevos competidores

El meta-algoritmo del modelo predictivo tendrá el resguardo por medio de la ley de propiedad intelectual.

En la actualidad las empresas que prestan servicios para optimizar los procesos en la minería de cobre están tendiendo a utilizar los modelos predictivos dentro de sus ofertas, pero sin una integración entre procesos y también sin utilizar modelos adaptativos (modelos con aprendizaje).

La principal barrera de entrada corresponde a la inversión necesaria para desarrollar los modelos predictivos, ya que para desarrollarlos se debe invertir en un alto gasto en investigación y desarrollo. La mayoría de empresas no están dispuestas a invertir en esto ya que tienen soluciones más básicas que le permiten solventar sus proyectos. El gran problema es que son muy limitadas y tienen márgenes de error demasiado altos. Una investigación y desarrollo de dos años puede estar fácilmente sobre los 400 mil dólares¹⁷.

En la actualidad, existen empresas internacionales que trabajan fuera de Chile con modelos predictivos para todo tipo de empresas y que en un futuro podrían entrar en la minería Chilena, pero sus costos son más elevados y tienen menos expertise en cuanto a la minería local.

¹⁷ En el caso de este Proyecto, esta inversión estuvo en el orden de los 456 mil dólares.

3. Poder de negociación de los proveedores

La plataforma a ofrecer cuenta con un servicio de Cloud Computing y otros servicios en línea que tienen una necesidad de contar con un almacenamiento en servidores establecidos. Navigo Mining no cuenta con instalaciones de este tipo, por lo que se debe externalizar en los mismos clientes o en empresas partner. El funcionamiento de estos servidores es vital para la plataforma, por lo que se deben hacer contratos estrictos acerca de su desempeño.

4. Poder de negociación de los compradores

Debido a que se trata de un producto complejo y de innovación, los compradores tienen un gran poder de negociación debido al desconocimiento de esta nueva tecnología, es decir, su desconocimiento por asuntos de innovación podría formar un paradigma de que ellos divisen más riesgos de los que existen realmente. Sin embargo, con el transcurso del tiempo, la tendencia debería cambiar y los mismos compradores serán los que buscarán esta nueva tecnología a medida que se vaya haciendo conocida.

5. Amenaza de posibles productos sustitutos

En la actualidad no existen productos que tengan los mismos alcances dentro de la industria minera. Existen modelos predictivos que aportan con métodos de regresiones multivariantes a la mina, pero nada que trabaje con inteligencia artificial (lógica difusa, algoritmos evolutivos, entre otros), los cuales permiten que el modelo vaya calibrándose continuamente con la producción minera. La propuesta de valor de esto se traduce en tiempos de implantación mucho menores, que la herramienta se adapte con el tiempo haciendo cada vez haga mejores predicciones, y por último, por su naturaleza SaaS, permite al cliente acceder a un precio bastante más barato que un trabajo de consultoría continuo en terreno. También los rangos de confiabilidad que prometen son bastante menores a los planteados por Navigo Mining (ofrecen 60% de confiabilidad normalmente contra el 80% de Navigo Mining). Estos rangos han sido verificados en experiencias anteriores. Es importante destacar que, independiente que existan mejores soluciones, muchas veces el renombre, trayectoria con el cliente y personas con currículums importantes hace que un cliente prefiera a otra empresa.

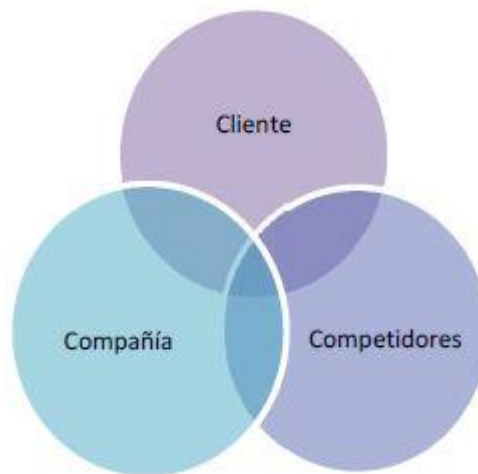
8 PLAN DE NEGOCIOS

Esta parte se dividirá en 4 áreas primordiales: Plan de Marketing, Plan de Operaciones, y la Evaluación Económica.

8.1 Plan de Marketing

8.1.1 Análisis 3C

Ilustración 7 Análisis 3C



Fuente: Elaboración Propia

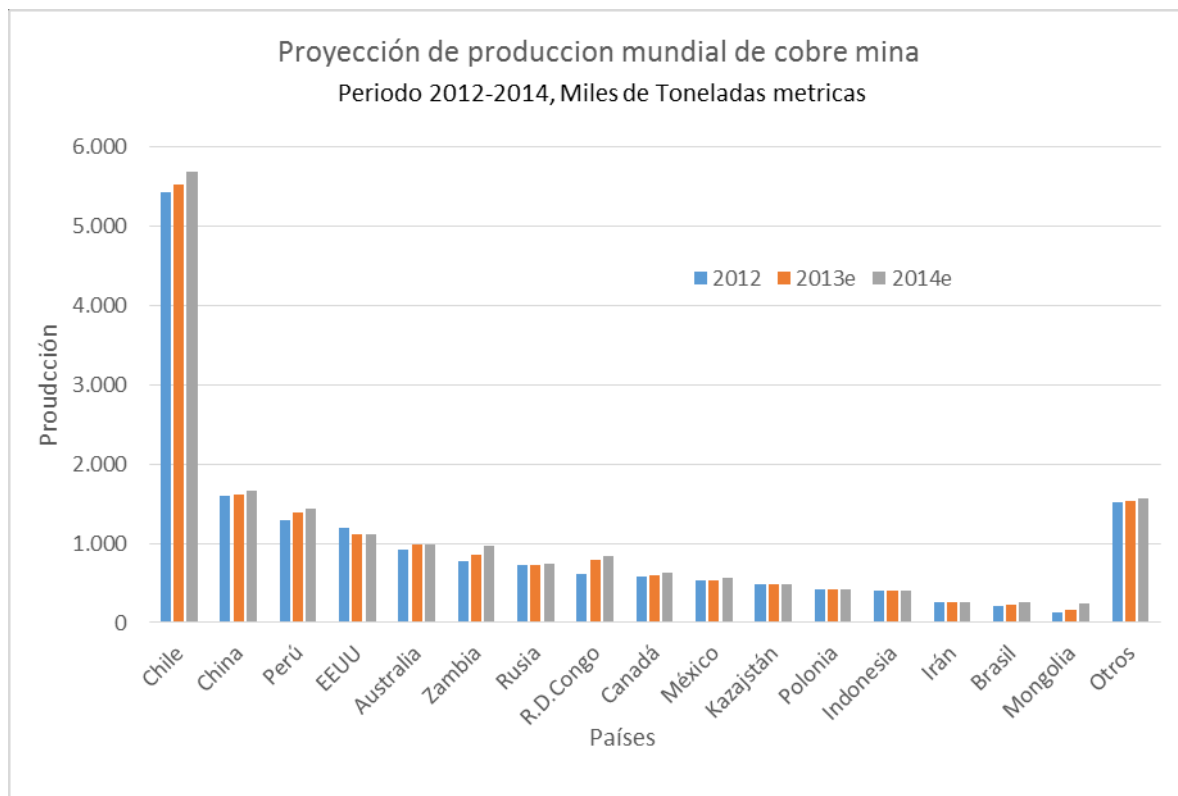
A) CLIENTE¹⁸

Se decidió por dar prioridad a la industria nacional del cobre en el caso de los clientes. La empresa cuenta con buena imagen entre las mineras nacionales, además de contar con una red de contactos sólida para poder

¹⁸ La información otorgada en esta área es un complemento a los antecedentes ya entregados en el área de Introducción.

hacer ventas futuras. También se tomó esta decisión pues la producción mundial de cobre tiene su mayor producción en Chile (Ilustración 8).

Ilustración 8 Proyección mundial de Cobre



Fuente: Elaboración propia en base a datos de Cochilco

También, Chile es el país que está invirtiendo la mayor cantidad de dinero en minería, llegando a US\$80.000MM en los próximos 7 años como se muestra en la Ilustración 3.

En este momento existen 26 faenas chilenas de cobre en la “Gran Minería”¹⁹. Estas faenas tienen procesos con numerosas variables a tomar en cuenta, tanto en mina como plantas. Un modelo predictivo puede aplicarse a una variable, por lo cual cada faena puede implementar más de un modelo si lo necesita. En experiencias anteriores se han instalado hasta 5 modelos en un solo proceso. Las empresas pertenecientes a este grupo son Anglo American Chile, Antofagasta Minerals, Barrick Gold, BHP Billiton, Codelco, Freeport- MacMoran Copper & Gold, Teck y Xstrata Copper/Anglo American Chile/Mitsui.

¹⁹ Definición otorgada en el área de introducción.

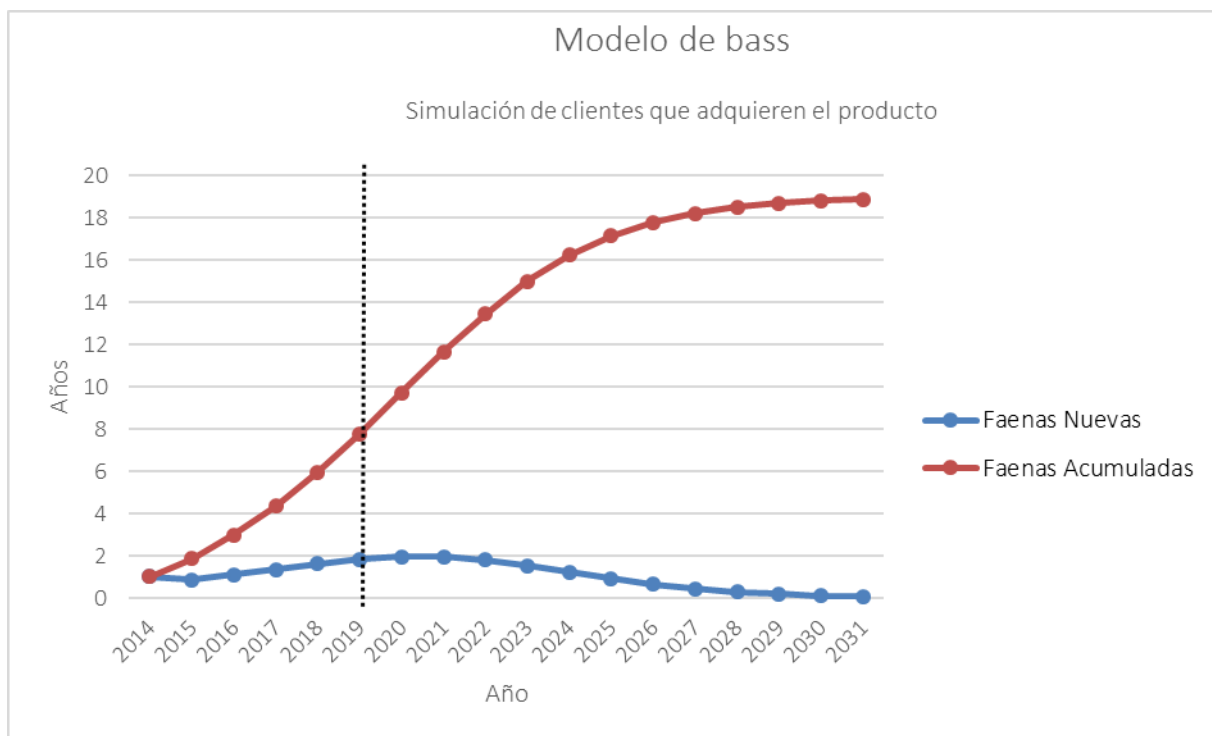
Para calcular la posible demanda, se efectuó una simulación de Bass [10] la cual, a través de coeficientes otorgados, puede estimar la adopción de un producto innovador entre cierta cantidad de clientes. La simulación de Bass es ocupada generalmente para estimar la adopción de un producto nuevo por parte de una cantidad definida de clientes potenciales, usando coeficientes de “adopción por innovación” y “coeficiente de imitación”. La fórmula final calculada por Frank Bass es:

$$S_{(t+1)} = p \cdot N + (q-p) \cdot Q(t) - (q/N) \cdot Q(t)^2$$

Los factores utilizados son la adopción de clientes que se tendrá en el año o faenas a adquirir (S_x), el mercado total (N), coeficiente de imitación (p), coeficiente de innovación (q) y clientes acumulados hasta la fecha (Q_t). Es importante decir que la información para el primer año no se calcula, sino que se declara. Se tomó como supuesto que se tendría una sola faena en el año 2014, que correspondería a la minera de prueba. Los coeficientes se calcularon con datos encontrados en internet que se han dado a diferentes proyectos TI y luego se simularon por año. Es muy importante que la simulación es correcta para proyecto con no muchos años a usar, ya que no tiene un control importante sobre posibles “desertores” del producto cuando está más avanzada.

Se calculó la siguiente curva para los años 2014 a 2019:

Ilustración 9 Modelo de Bass



Fuente: Elaboración propia, Navigo Mining.

La simulación trabaja como una ecuación que maneja la adopción de clientes dependiendo de factores como el tamaño total de muestra, si existe un tiempo siendo monopolio y el tipo de proyecto. Al ser un proyecto de innovación y de tecnología, se tienen factores bastante bajos en la ecuación, ya que son más riesgosos y duran menos tiempo que otro tipo de proyectos. Aún así, el modelo arrojó una visión bastante realista de la adquisición de nuevos clientes. Como se ve en el gráfico, el año 2019 se estima que se tendrán como clientes a 8 de las 26 faenas, con las cuales se pueden vender diferentes tipos de modelos por cada una²⁰. El hecho de llevarse casi un cuarto de los clientes no es una meta poco realista, ya que en realidad uno se lleva una muestra bastante más pequeña siendo que cada faena tiene muchos procesos de diferentes variables. Un modelo contratado sólo responde sólo a una de cientos de variables. Se estima la venta máxima de dos modelos por faena anuales.

Si otras empresas crean sustitutos fuertes, no se vería muy cambiada la demanda por el producto de Navigo Mining para el año 2019. La cantidad de procesos existentes en minería es tanta que hay espacio para las otras soluciones y en un tiempo tan corto es muy difícil que otras empresas puedan diseñar un sustituto.

²⁰ El cálculo de la cantidad de modelos se encuentra en el área de evaluación económica.

B) COMPETIDORES

Existen muchas empresas consultoras dedicadas a promover la integración de tecnología en la industria de la minería. Podemos distinguir que solo unas pocas de ellas apuntan a mejorar la productividad por medio de análisis predictivo. En Chile existen diferentes plataformas que buscan optimizar los recursos y gestiones en la minería. Debido a la escasa información sobre los productos y servicios que ofrecen, se puede distinguir a dos grandes competidores: Honeywell y Ventyx, que usarían modelos predictivos para optimizar la producción en minería.

- **Honeywell** (Honeywell, 2013): Es una compañía americana multinacional que produce, dentro de todo su espectro de productos y servicios, servicios de ingeniería para la minería. La aplicación Controller Honeywell Profit permite una fácil implementación de control multivariable y estrategias de optimización. Sin embargo, solo posee modelos de control predictivos enfocados en solo un proceso. Su nivel de penetración en el mercado no es tan fuerte aún en el mercado chileno, pero está en vías de crecimiento por su renombre internacional. Sus soluciones no interactúan directamente con la producción minera y van más por el lado del control de detenciones operacionales.

- **Ventyx** (Ventyx, 2013): Es una empresa creada por 3 empresas: Ventyx, Mincom y ABB Network control, para crear un software empresarial industrial y proveedor de soluciones, respaldado por el alcance global de ABB. Ventyx optimiza los activos y las operaciones de sus clientes para variados tipos de industrias. En la industria de la minería, Ventyx posee un software que entrega información de las propiedades del mineral en tiempo real para ser usado por modelos de control predictivos en el área de planta. Estos modelos de control, a diferencia de los presentados por Navigo Mining, sólo pueden alertar a la empresa con rangos predefinidos, los cuales no se calibran automáticamente.

Además existe una serie de empresa que ofrecen plataformas que buscan optimizar la productividad en la mina, pero sin el uso de modelos predictivos como Accenture²¹, IBM²², Gemcom Software²³, CAE Mining²⁴, Metso²⁵, entre otras.

²¹ <http://www.accenture.com/cl-es/Pages/index.aspx>

²² <http://www.ibm.com/cl/es/>

²³ <http://es.gemcomsoftware.com/>

²⁴ <http://www.cae.com/mining/>

²⁵ http://www.metso.com/corporation/home_eng.nsf/WebWID/WTB-090508-2256F-F9794?OpenDocument#.UmUn5flWym5

Existen 3 ventajas que las empresas existentes no están tomando en cuenta:

1. Los modelos predictivos al ser empaquetados trabajan con datos de toda la operación minera.
2. Los modelos predictivos generan información sobre el futuro en base a la situación presente y generan KPI que luego son comparados contra los valores deseados de los mismos (en tiempo real).
3. Los software existentes no tienen capacidades predictivas ni detectan causalidades entre procesos.

Si se toman en cuenta los alcances que abarca la plataforma iMining®²⁶ por el lado de los modelos predictivos (en manera estricta), no existen competidores conocidos en el mercado.

Por el lado de los productos establecidos, se encuentra PI Systems de OSI Systems. PI System está ampliamente extendido a través de la industria. PI lee directamente los sensores de los distintos equipos a través del proceso de producción de la planta y permite mostrar ciertos indicadores, pero no realiza integración con la mina ni efectúa análisis de causalidad o análisis predictivos.

Solo posee algunos modelos de regresión lineal para variables de un mismo proceso, no integra múltiples procesos en la cadena.

²⁶ Servicio de Modelos predictivos de Navigo Mining

C) COMPAÑÍA

Navigo Mining es una empresa basada en el conocimiento (EBC) ²⁷ que fue constituida a principios del 2012 por Navigo Group, empresa con más de 10 años de trayectoria en el rubro de integración de tecnología.

Navigo Mining diseña e implementa estrategias de gestión integrada de operaciones, para compañías líderes en la explotación sustentable de recursos naturales a nivel mundial. Entre sus clientes se encuentran Barrick, Codelco, Amsa entre otros, presentes con operaciones de gran envergadura en América Latina.

Su principal producto es una plataforma, iMining®, que es la primera suite de productos enfocada en la gestión integrada de operaciones mineras. Navigo Mining es líder en diseño e implementación de estrategias de gestión integrada de operaciones

El equipo de Navigo Mining está compuesto por profesionales de primer nivel, Doctores en ciencia e ingeniería, y expertos con años de experiencia en el sector de los recursos naturales.

La experiencia lograda en los últimos años ha permitido asegurar el éxito de los desafíos planteados por el Sector Público en el ámbito de las tecnologías de la información y la comunicación.

Se destaca también el trabajo realizado con organismos tales como la Secretaria General de la Presidencia, la Comisión de Probidad y Transparencia, el Servicio Nacional de Capacitación y Empleo, el Servicio de Impuestos Internos, entre otros.

La visión de Navigo Mining es ser una empresa de excelencia a nivel mundial en inteligencia operacional para el desarrollo sustentable y eficiente de la industria minera e industrias de apoyo, basado en la innovación tecnológica, la eficiencia operacional y la gestión de la complejidad.

La misión de Navigo Mining es apoyar a sus clientes en la gestión de sus operaciones, ayudándolos a diseñar e implementar estrategias pragmáticas de gestión integrada.

²⁷ Empresas basadas en el conocimiento: Son empresas que se crean para la explotación de productos o servicios que requieren el uso de capacidades y/o conocimientos desarrollados a partir de la actividad investigadora, el desarrollo tecnológico y la innovación, en la que participan activamente miembros de la comunidad universitaria que dieron origen a dichas capacidades o conocimientos, como base del proyecto empresarial.

8.1.2 Análisis de Marketing mix (4P)

El análisis 4P (o marketing mix) en marketing busca definir de manera coherente los cuatro elementos centrales para que un cliente perciba valor en un servicio o producto. Los cuatro elementos son: Producto, Precio, Promoción, Posicionamiento.

Ilustración 10 Marketing Mix



Fuente: Elaboración Propia

A) PRODUCTO

El generador automático de modelos predictivos se venderá como iMining® Predictive, un producto diseñado por la Consultora Navigo Mining. Predictive es un módulo de la suite iMining®, la cual persigue proveer información de apoyo a la toma de decisiones en tiempo real para todo el proceso minero, mine-to-port²⁸ con una perspectiva integrada. El módulo iMining® Predictive es capaz de predecir información para un proceso minero en un tiempo próximo determinado. Este producto se apoya en un meta-algoritmo de generación automática de modelos predictivos, basados en métodos de regresión logística, redes bayesianas y algoritmos de retro propagación del gradiente. Esta predicción se muestra en dos tipos de modelos: Clasificación y Predicción. El

²⁸ Mine to port: Es un término utilizado en la minería, que hace referencia al proceso desde que el material sale de la mina hasta que es enviado a puerto para su comercialización.

modelo de clasificación corresponde a mostrar, por medio de alarmas, la posibilidad de una baja en la productividad. Esto quiere decir que, si alguna variable muestra que a futuro su valor estará fuera de los rangos establecidos ya antes estudiados, se encenderá una alarma. El modelo de predicción entrega valores con un cierto intervalo de confianza²⁹, al cual previamente se le asigna (en conjunto con el cliente) el tamaño de su rango.

Para este proyecto de investigación se construirá un generador automático de modelos, el cual escaneará la información de la minera para elegir los algoritmos más adecuados para su análisis. Las ventajas de contar con una generación automática es que puede ser replicado con facilidad entre diferentes procesos y faenas, y además se puede implementar en un menor tiempo. El modelo estará las 24 horas del día funcionando, emitiendo la predicción en valores y los reportes pertinentes. Esta información es esencial para que los tomadores de decisiones puedan realizar medidas preventivas y así evitar caídas de producción o cualquier otra eventual situación.

La plataforma iMining® Predictive genera los siguientes beneficios para los clientes son:

- Gestionar en forma anticipativa.
- Optimizar ciertos costos y mejorar la rentabilidad del negocio.
- Ahorrar tiempo valioso que se pierde “apagando incendios”.
- Supervisar el proceso en forma anticipativa y detectar patrones irregulares desde sus orígenes.
- Facilitar la gestión de los jefes de turno.
- Obtener gran capacidad analítica en sus operaciones, sin necesidad de un equipo de expertos matemáticos y estadísticos.
- Evaluar los eventos imprevistos en cuanto a impacto y frecuencia.
- Agilizar los procesos de identificación, evaluación y anticipación de eventos no deseados en las operaciones.
- Detectar comportamientos anómalos no detectados.
- Controlar en tiempo real los resultados esperados.
- Priorizar en forma dinámica la gestión de las operaciones

De acuerdo a la entrevista realizada a variados expertos³⁰, no se les ha ofrecido ningún producto con los mismos alcances. Los entrevistados también mostraron un alto interés en estas características.

Para poder analizar los atributos y niveles de la plataforma, se utilizaron los resultados obtenidos en el Conjoint Analysis³¹ realizado. El estudio arroja la proporción de importancia de los clientes hacia cierto atributo, el cual se expresa en porcentajes. Estos resultados se pueden apreciar en la tabla 2:

²⁹ Intervalo de confianza: números entre los cuales se estima que estará cierto valor desconocido con una determinada probabilidad de acierto.

³⁰ Detalle de entrevistas en el área de Anexos.

³¹ Detalle de encuesta en el área de Anexos

Tabla 2 Resultado Conjoint por importancia de atributos

CVA OLS Run Summary Results		
Number of Respondents	10	
Average Importances	Average Importances	Standard Deviation
Precio	7,60902	7,65188
Tiempo de implementacion	12,62285	30,36759
Analiza causalidad?	55,57574	29,70881
Confiabilidad de la prediccion	24,19238	21,11202

Fuente: Datos de resultados del Sawtooth Software (Formato propio del programa)

El resultado de la encuesta demuestra que no se tiene mucha importancia por los precios establecidos del producto, por lo que se podría cobrar aún más al cliente de lo que se veía en la encuesta³². Esa condición de precio se podría cumplir siempre y cuando el programa pueda otorgar un análisis de causalidad de buen nivel de lo que está pasando en la planta al momento que hay una alarma. La confiabilidad es lo segundo en términos de la oferta de valor para el cliente según la encuesta.

De acuerdo a las encuestas y entrevistas realizadas, además de lo averiguado bibliográficamente y el know how de la consultora, la plataforma iMining Predictive que se ofrece a los clientes posee las siguientes características:

Visualización: La plataforma iMining Predictive se visualiza por medio de dashboards³³ y reportes en línea. La plataforma será implementada en la salas de controles y en equipos que posea el área de procesos, debido a la encuesta a expertos que se realizó.

Distribución del software: El software se distribuirá de forma online y se ofrecerá por medio de un modo SaaS, lo que quiere decir que el cliente podrá acceder a él a través de internet. El soporte lógico y los datos que se manejan se alojan en un servidor externo a Navigo Mining.

³² Resultado que se analizará en el área del precio.

³³ Dashboard: Corresponde a una interfaz gráfica dinámica que se orienta a mostrar indicadores de gestión, es decir son gráficos de datos que permanentemente se actualizan y se visualizan según opciones definidas por el usuario final.

Tiempo de implantación: El tiempo de implementación de la plataforma en cada cliente será variable, debido que para poder implementarla se necesitan los datos de la mina y la operación. Se debe acoplar el modelo a las plataformas existentes en la faena del cliente para su futuro funcionamiento. Por ello, el tiempo depende en cómo están hospedados sus datos y la complejidad que manejan sus plataformas. El tiempo puede ir desde un mínimo de 2 meses hasta un máximo de 6 meses para que el modelo esté operando. Por lo analizado en la encuesta, este atributo no es tan relevante para el cliente (un 12% de importancia entre 4 atributos), pero de todas formas se debe buscar el menor tiempo de implantación dentro de lo posible.

Análisis de causalidad: El modelo está preparado para entrega análisis de causalidad; esto quiere decir que además entregar la variable que se desea predecir, el modelo será capaz de entregar las variables críticas que explican la variable, por lo que el tomador de decisiones dispondrá de más información a su disposición sabiendo de antemano qué variables de atacar para llegar a la producción planificada. Esta es la principal característica que los clientes desean según el estudio realizado por medio de análisis conjunto. Este análisis arrojó para esta característica una importancia de más de un 50%, lo que nos hace concluir que es imprescindible poseerla.

Confiabilidad del modelo: Esta característica corresponde al nivel de confiabilidad de la predicción con que el modelo entrega su predicción. Esta depende de varios factores tales como el tiempo de anticipación con el que se desea predecir una variable, el proceso afectado, los datos que se disponen, si se trabaja en un proceso continuo o discreto, etc. Es por esto que se debe distinguir entre el modelo de predicción y el modelo de clasificación. El modelo de predicción entrega un valor con un cierto intervalo de confianza, asignándole una probabilidad de acierto, la cual debe ser negociada con el cliente. Mientras mayor confianza se desea, mayor debería ser el rango del intervalo elegido. El modelo de clasificación tiene por definición error tipo 1³⁴ y error tipo 2³⁵. El error tipo 1 en el modelo de clasificación es cuando una alarma no suena, siendo que debería haber alertado. El error tipo 2 es cuando en el modelo de clasificación una alarma se acciona, siendo que debería no debería haber funcionado. Estos dos errores se configuran con cada cliente de acuerdo a que es mejor para él. Esta característica tuvo un 24% de importancia para los clientes, por lo que es primordial enfocarse en obtener una confiabilidad lo más alta posible.

Tiempo de predicción: Dependiendo de las variables del proceso que se desea predecir, se analiza el tiempo con el que se hará la predicción. Por ejemplo, en el proceso de lixiviación se puede predecir con 7 días de anticipación que pasará con la concentración de cobre.

³⁴ Error tipo 1: es el error que se comete cuando el investigador no acepta la hipótesis nula siendo esta verdadera en la población.

³⁵ Error tipo 2: es el error que se comete cuando el investigador no rechaza la hipótesis nula siendo esta falsa en la población

B) PRECIO

Para determinar el precio se utilizó el método del Conjoint Analysis, el cual es una herramienta de investigación de mercado que permite medir el valor relativo de cada atributo en un producto. Esto ayuda a determinar qué combinación de estos atributos maximiza la probabilidad de elección por parte del consumidor. Como se explicó anteriormente en la metodología, se determinaron los atributos de la plataforma y sus niveles (estos van en orden de mejor a peor desde el punto de vista del cliente).

Tabla 3 Atributos de Encuesta

Atributos	Niveles
Precio ³⁶	US\$ 100.000 US\$ 200.000 US\$ 300.000
Tiempo de implantación	2 meses 6 meses
Causalidad	Analiza No analiza
Confiabilidad	80% 90%

Fuente: Elaboración propia

Se consideró a priori un precio entre US\$100.000 y US\$300.000 dólares, pues la empresa Navigo Mining ha vendido modelos predictivos entre US\$120.000 a US\$160.000 normalmente. Este precio le ha ayudado a solventar los proyectos y además a poder competir en el mercado, pero siempre con la duda si deberían cobrar más dinero.

El programa que se utilizó para realizar el análisis conjunto fue Sawtooth Software SSI WEB V6.6. Se escogió este programa debido a que es una herramienta con prestigio a nivel mundial en investigación de mercado. Como ya fue mencionado en la metodología, el método utilizado para realizar el análisis conjunto fue un Conjoint Value Analysis³⁷ (CVA), esto debido a que el mercado es reducido (a nivel de número total de faenas en Chile) y solo se deseó entrevistar a personas con un cargo crucial en el rubro (Orme, 2009). El número de atributos a estimar era 4 dentro de los cuales se encuentra el precio. La encuesta se realizó a 31 personas que actualmente trabajan en empresas de la gran minería en Chile, con cargos que van desde gerentes hasta supervisores. La encuesta se desarrolló y distribuyó de forma online, por medio

³⁶ El precio es un pago que se realiza anualmente.

³⁷ Conjoint Value Analysis: es un método del análisis conjunto en el cual las comparaciones se hacen en una escala gradual de preferencia. Al entrevistado se le pide que diga el grado de preferencia entre dos perfiles.

de la página web “Encuesta Fácil”³⁸, donde cada encuestado tenía que marcar su preferencia entre dos productos hipotéticos por pregunta.

La elección de atributos a preguntar dentro de la encuesta vino dada por ser los más cotizados al momento que una empresa minera busca un modelo predictivo. Esto se corroboró con la entrevista a expertos desarrollada para este informe. A la vez, esta información tomó sentido para la gente en Navigo Mining, quienes llevan trabajando en modelos predictivos de manera sostenida por dos años.

- Análisis de resultados³⁹

Para poder llegar a estimar la importancia de cada atributo, se debió determinar previamente el rango de utilidad de cada uno. El rango de cada atributo “i” es calculado como:

$$Rango_i = \max_j \alpha_{ij} - \min_j \alpha_{ij} \quad (\text{Ecuación 1})$$

Donde α_{ij} es la utilidad estimada del atributo “i” en el nivel “j”.

Dado esto, se determina para cada entrevistado la importancia relativa, la cual viene dada por la ecuación:

$$Importancia_i = \frac{Rango_i}{\sum Rango_i} \quad (\text{Ecuación 2})$$

Solo resta determinar la disposición a pagar por cada atributo y cada nivel. Esta disposición se puede calcular por la siguiente ecuación para el nivel “j” del atributo “i”:

$$Disposición\ a\ pagar_{ij} = \frac{(\text{precio max} - \text{precio min})}{Rango_{precio}} * (\alpha_{ij} - \min_k \alpha_{ik}) \quad (\text{Ecuación 3})$$

Donde **precio max** y **precio min** es una estimación del precio máximo y mínimo que se debería cobrar por la plataforma iMining® Predictive. De esta forma, la disposición a pagar por aumentar en uno el nivel de utilidad se pondera por la utilidad parcial, es decir, por cada una unidad de utilidad que aumento en algún atributo, se debe cobrar $\frac{(\text{precio max} - \text{precio min})}{Rango_{precio}}$.

Se puede apreciar que el atributo con mayor importancia es el análisis de causalidad (55% de importancia). Luego le sigue confiabilidad de la predicción (24% de importancia), tiempo de implantación (13% de importancia) y finalmente el precio (8% de importancia). Esto arrojó conclusiones interesantes, las cuales se explican por la poca importancia que tienen las mineras en un

³⁸ www.”encuestafacil”.com

³⁹ Las variables correspondientes a estas evaluaciones se encuentran en el área de anexos.

precio a ese nivel, además de la baja relevancia por los tiempos si es que ellos se mueven en rangos menores de 6 meses. Se entrevistó nuevamente a los anteriores encuestados, con lo que se pudo confirmar que el precio que le se otorgó al producto es demasiado bajo en contraste con el beneficio que agrega esta herramienta al cliente. Entre pasadas experiencias, el potencial que se obtuvo en una implementación fue del orden de los 40 millones de dólares el primer año.

Calculando la utilidad relativa y la disponibilidad a pagar con la ecuación 3 por cada atributo, nos da la siguiente información:

Tabla 4 Utilidad Relativa y Disposición a pagar por atributo

Atributo	Niveles	Utilidad Relativa	Disposición a Pagar
Tiempo de Implementación	2 meses	17,82	US\$33.178,6
	6 meses	0	0
Análisis de Causalidad	Si	207,65	US\$146.078,5
	No	0	0
Confiabilidad	90%	74,2	US\$63.588,6
	80%	0	

Fuente: Elaboración propia con datos de los resultados de Sawtooth Sowftware.

De la tabla anterior, podemos observar el dinero a pagar por cada atributo. La máxima disposición a pagar viene dada por un producto que contiene: una implementación en 2 meses, con análisis de causalidad y confiabilidad de la predicción del orden del 90%. Si sumamos esta rentabilidad se calcula el siguiente precio:

$$\begin{aligned} \text{Disposición a pagar (anual)} &= \text{US\$33.178,6} + \text{US\$146.078,5} + \text{US\$63.588,6} \\ &= \text{US\$ 242.845,7} \end{aligned}$$

La cantidad a pagar expuesta por el análisis conjunto sería cercana al máximo que se podría cobrar en un mercado sin competidores hasta ahora y una vez que el producto sea completamente conocido por el mercado. De todas formas al haber utilizado un precio tan bajo para el producto puede haber ocasionado un sesgo no menor en la utilidad del precio, por lo que la disposición a pagar es un aproximado.

Luego de varias reuniones enfocadas en buscar el precio con el que se lanzará el producto teniendo en mente que el precio utilizado para la encuesta estaba por debajo de la disposición a pagar por los clientes, se llegó al conceso de un precio US\$200.000 anuales, debido a 3 principales razones:

- El supuesto de que Navigo Mining será la única empresa ofreciendo el producto siempre no es verdadero, por esta razón se debe optar a un precio más competitivo.
- Se trata de un producto nuevo, por lo que en una primera instancia no se puede cobrar el máximo, sino más bien un precio asequible para que permita el word-of-mouth⁴⁰

C) PROMOCIÓN

El mix promocional a utilizar por Navigo Mining es una mezcla de distintos tipos de comunicaciones en marketing. Consiste en la combinación específica de herramientas de publicidad, ventas personales, relaciones públicas y marketing directo que la empresa utiliza para alcanzar sus objetivos de venta. Las ventas personales son el principal medio de promoción que se tiene en la consultora, ya que la publicidad no vale de nada sin este paso. El mix de promoción utilizado es el siguiente:

- Ventas personales
 - **Contactos existentes:** Se intenta vender a los contactos ya existentes, a través de ofrecerle el producto de manera presencial o remota.
 - **Base Instalada de Clientes:** Se busca vender el producto a empresas con las cuales Navigo Mining tiene otros proyectos vigentes.
 - **Red de Consultores:** Es una red que se crea para que se pueda vender el producto por medio de otras consultoras o personas.
- Relaciones públicas
 - **Revistas mineras:** El objetivo de estar en las revistas es poder dar a conocer a los productos de innovación para la minería, y transformarse en un referente en cuanto a tecnología de punta para ella. De esta forma se podrá captar la atención de diferentes empresas de la industria de la minería.
 - **Exposición en eventos:** Introducir iMining@Predictive a través de presentaciones en distintos eventos, seminarios o congresos.

⁴⁰ Word-of-mouth: es una promoción libre de pago en que un cliente satisfecho con el producto le cuenta a otros lo mucho que le gusta el producto.

- Publicidad

- **Ferias mineras:** El objetivo de participar en ferias mineras es mostrar nuestros avances en el ámbito de la innovación a la industria de la minería.
- **Página web:** Entrega una presentación del producto y que, de esta forma, el cliente puede llegar a conocer sus características y beneficios.
- **Google Adwords:** Se trata de una herramienta que cuando los usuarios realizan una búsqueda en Google introduciendo las palabras clave, tales como “modelos predictivos”, aparece un anuncio en los resultados de la búsqueda como un link promocionado.
- **Qmarket:** Es un mercado que utilizan las empresas mineras para comprar distintos productos, por lo que estar dentro de ese mercado es muy importante.
- **SEO (search engine optimization):** Sus siglas en español significan optimización del motor de búsqueda. Se basa en analizar y optimizar para que al ingresar ciertas palabras en Google aparezca el producto dentro de los primeros resultados. Se diferencia de Google Adwords en que el link aparecerá en un mejor lugar en la búsqueda, pero no necesariamente al principio como un link promocional.

- Marketing Directo

- **E-Mailing:** Envío de emails con información del producto a posibles clientes (levantamiento previo de mails en minería).

Los planes de promoción actuales están resumidos en la siguiente tabla:

Tabla 5 Tabla Resumen de Promoción

Mezcla de promoción	Actividad	Actualidad	Futuro (5 años)
Publicidad	Ferias mineras	Se expondrá en conjunto con Entel y CSIRO, en EXPONOR 2014.	Exponer en EXPOMIN y EXPONOR y en ferias de otros países.
	Página web	Puesta en marcha en octubre del 2013	Agregar acceso a la plataforma iMining® por medio de la página web
	Publicidad en Google (AdWords)	Se está evaluando la participación en Google Adwords	Se espera que al escribir ciertas palabras relacionadas a modelos predictivos en Google aparezca la publicidad de Navigo Mining
	Qmarket	Se está gestionando la participación en Qmarket	Se espera estar en Qmarket, por las razones expuestas anteriormente.
	SEO	Se está diseñando la estrategia.	Se pretende aparecer en la primera página siempre, con al menos 5 de los términos más importantes
Ventas personales	Venta directa con contactos ya establecidos	Se utiliza la red de contactos actual para vender el producto de forma directa	Se espera aumentar la red de contactos, para de esta forma vender de forma directa a más potenciales clientes
	Base instalada de clientes	Se intenta vender a clientes que tiene otros proyectos con Navigo Mining	A medida que se vayan generando proyectos externos se contara con más potenciales clientes
	Red de consultora independiente	Se está diseñando la estrategia apropiada para utilizar a un externo que venda la plataforma.	Partnership
Relaciones publicas	Revistas mineras	Se está evaluando como obtener un espacio dentro de las revistas.	Estar en las 5 revistas especializas top de la región
	Exposición en eventos	Se expone en eventos donde se ha recibido invitación para hablar de innovación	Se espera aumentar la cantidad de invitaciones a eventos, para convertirse en un referente de la innovación en minería
Marketing directo	E-mailing	Se envían emails de promoción de los productos a la red de contacto actual.	Fortalecer red de contactos en cantidad y calidad de la relación.

D) PLAZA

La plaza o distribución consiste en la transferencia de la plataforma iMining® Predictive desde Navigo Mining hacia los clientes. Esta comprende el almacenamiento, transporte y posicionamiento del producto en el punto de venta idóneo.

La plataforma está almacenada en un servidor externo, el cual será contratado por Navigo Mining para obtener un servicio de calidad certificada. La plataforma debe estar en línea las 24 horas del día, los 365 días del año.

Debido a que el producto es una plataforma en línea, no necesita de transporte para ser enviado a los distintos clientes. Un consultor de Navigo Mining o un encargado de una empresa intermediaria debe instalar la plataforma en la mina para subir los datos de la empresa al servidor.

Hasta ahora la forma más efectiva de vender la plataforma es por medio de un “puerta a puerta”, debido a que se trata de un producto complejo, el cual se debe adaptar a las necesidades del cliente. Las reuniones de negociación pueden ser presenciales o de forma remota, dependiendo de cada cliente. Otra forma de vender el producto es por medio de Qmarket (como ya se describió en la sección promoción del Mix de marketing) donde el cliente podría licitar un servicio de predicción de variables pidiendo la participación de Navigo Mining como proveedor de este.

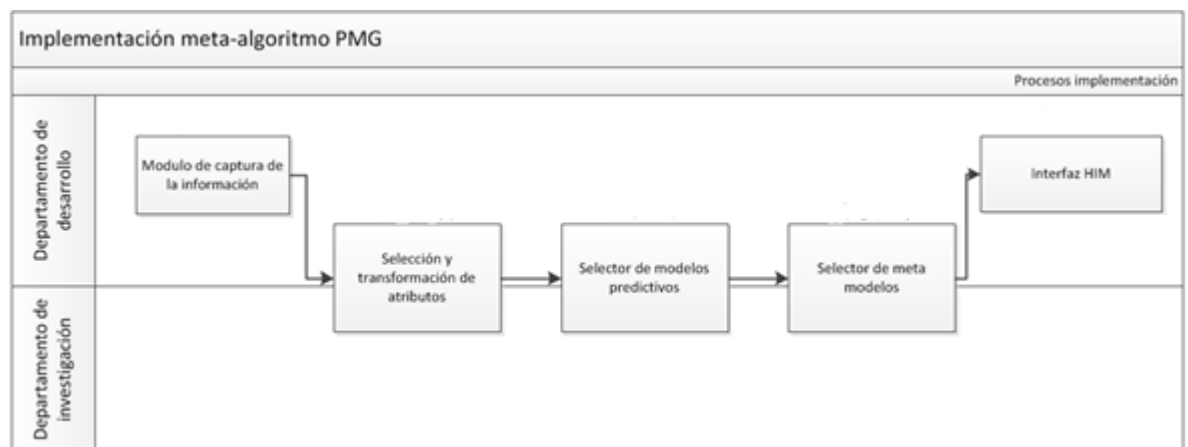
En un futuro se espera poder vender la plataforma por medio de un intermediario que sea capaz de implementar la plataforma en cada cliente, y Navigo Mining solo sea responsable de la administración de la plataforma. Esta visión se toma desde el punto de vista nacional, regional y, más adelante, internacional. Esta visión de futuro no se toma en cuenta para la evaluación económica de este trabajo ya que pertenece a otro tipo de investigación, el cual podría darse en una memoria nueva para la empresa.

8.2 Plan de Operaciones

8.2.1 Construcción del meta-algoritmo (2014-2015)

Para poder implementar el meta-algoritmo del generador de modelos predictivos, se requieren de 5 procesos fundamentales. Estos son llevados a cabo tanto por desarrolladores como investigadores, los cuales aportan con su expertise al proyecto. Esta construcción es la definitiva del producto. Se realiza una sola vez y no tiene que ver con las ventas del producto posterior. La implementación del meta-algoritmo predictivo puede observarse en la Ilustración 11.

Ilustración 11 Modelo de Construcción de Meta algoritmo



Fuente: Elaboración propia, Navigo Mining

8.2.2 Implantación y Mantención

Después de haber realizado la construcción, se procederá a vender el producto. Después de haber producido la venta (detallada en el área de plan de venta), se procederá a la implantación:

- **Primeras visitas a terreno:** Un consultor senior y uno junior procederán a entender las plataformas usadas en la mina y las prácticas de control en ellas
- **Instalación de software en las plataformas seleccionadas:** Se instalará el modelo para su primera calibración, dependiendo de la

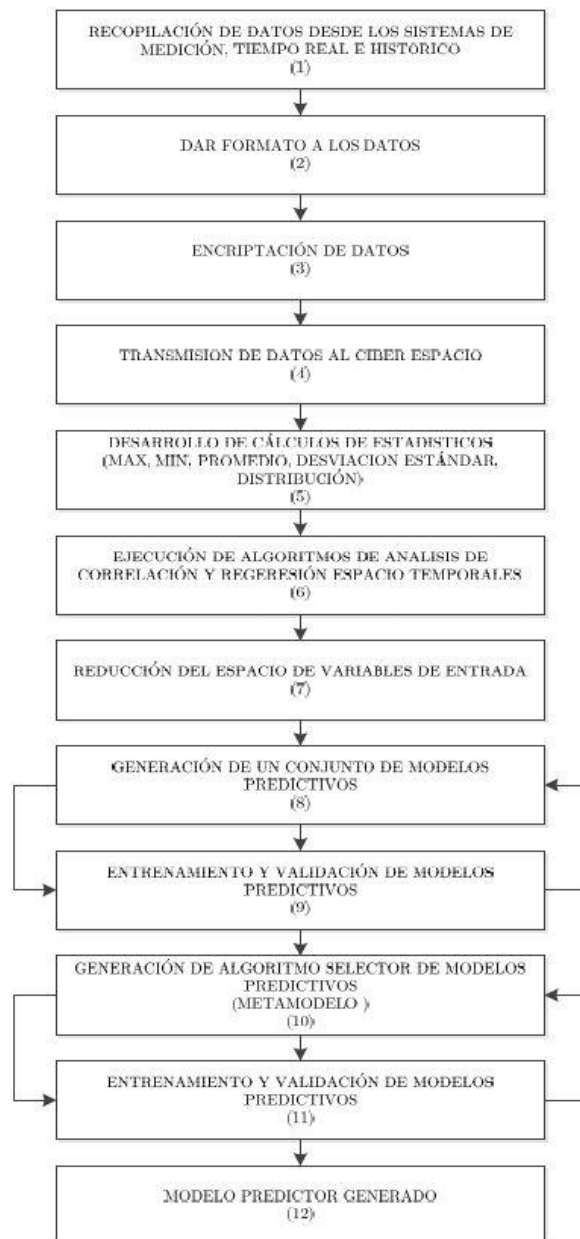
variable que elija el cliente. Es posible (en casos muy raros) que no sea viable la instalación de un modelo predictivo.

- **Generación de charlas con el equipo de trabajo:** Dependiendo de la variable en cuestión, se capacitará al personal a cargo en cuanto a la herramienta a ocupar.
- **Revisión de las primeras calibraciones:** Se efectuará un periodo de prueba de no más de un mes en el cual se testeará el modelo elegido por la plataforma.
- **Gestión de prácticas en el servicio minero:** Integrar las nuevas prácticas al personal por medio de simulaciones y ensayos.
- **Monitoreo de primeros meses de trabajo:** Se monitoreará la actividad del funcionamiento del SAAS de manera intensiva hasta que se asegure su estabilidad.
- **Soporte de Uso:** Se tendrá un servicio de 24 horas al día de soporte básico, realizado por técnicos. En el caso de una situación grave se involucrará al vendedor a cargo y al consultor a cargo de la implantación.

8.2.3 Funcionamiento operacional e implantación del Meta Modelo Predictivo

El siguiente diagrama explica el comportamiento del modelo al momento de efectuar sus análisis. Funciona como un modelo ETL (Extracción, Transformación y carga de datos) en el cual toma la información “cruda”, la analiza, la limpia y encripta, la vuelve analizar y por último se calibra; eligiendo el modelo más adecuado para poder hacer la predicción.

Ilustración 12 Funcionamiento Operacional de Meta Algoritmo



8.2.4 Soporte

Se ofrecerá un soporte las 24 horas para el funcionamiento del producto. El cliente tendrá la oportunidad de llamar a Navigo Mining si es que ocurre cualquier emergencia. Se utiliza un sistema de 24 horas ya que los clientes mineros trabajan de esa misma manera. Se tendrá a una persona de soporte cada 6 modelos, personas las cuales tengan un entrenamiento técnico que les permita solucionar problemas de bajo y medio nivel para el cliente. En el caso que ocurra una complicación más fuerte, el técnico de soporte puede redirigir a un experto o al encargado de la etapa de implementación del producto, dependiendo de su disponibilidad.

8.3 Recursos humanos y plan organizacional

Los recursos humanos necesarios se dividen de acuerdo a cada uno de los procesos necesarios desde el desarrollo hasta que esté implementado. Los procesos se pueden dividir en 3 a nivel macro: construcción del meta-algoritmo (una sola vez), venta del meta-modelo (por cliente), implantación y mantención del modelo (por cliente).

1. Construcción del meta-algoritmo de generación de modelos predictivos:

Los recursos humanos necesarios para poder construir el meta-algoritmo de generación de modelos predictivos se muestran en la Tabla 6. La cantidad específica de recursos humanos con la dedicación estimada⁴¹ fueron corroborados con el gerente general de la empresa al momento de ser planteados. Se usa un nivel de “dedicación” ya que, por políticas de Navigo Mining, los consultores deben trabajar en distintos proyectos a la vez, ya que ciertas tareas no necesitan muchas horas a la semana.

Tabla 6 RRHH Construcción Meta-Algoritmo

RECURSOS HUMANOS		
Nombre y Especificación del cargo	Tiempo Dedicado	
	Nº H/H	% Dedicación (*)
Investigador 1	486	15%
Ingeniero de Negocios Mineros	486	15%
Investigador 2 (incremental)	3240	100%
Investigador 3 (Incremental)	2916	90%
Ingeniero 1 (Incremental)	3240	100%
Ingeniero 2 (Incremental)	3240	100%
Programador (Incremental)	3240	100%
Investigador (Arquitectura tecnológica)	351	15%
Especialista en Minería (Incremental)	486	15%
Dirección del Proyecto	486	15%

Fuente: Elaboración propia, Navigo Mining.

⁴¹ DEDICACIÓN: Se refiere a que pueden estar en otros proyectos de la consultora a la vez, dependiendo de su porcentaje.

Tabla 7 Horas hombres totales necesarias por tarea

Proceso	Investigadores	Desarrolladores
Modelo de captura de la información (3 meses)	810 horas hombre	1080 horas hombre
Selección y transformación de atributos	1080 horas hombre	1440 horas hombre
Selector de modelos predictivos acordes	1620 horas hombre	2160 horas hombre
Selector de metamodelo acorde	1620 horas hombre	2160 horas hombre
Interfaz HIM ⁴²	1080 horas hombre	1440 horas hombre

Fuente: elaboración propia, Navigo Mining

2. Venta del modelo:

Los recursos humanos necesarios para poder vender el modelo son dos vendedores (por la cantidad pronosticada de demanda que tendrá el producto). Se requiere de un profesional de nivel Consultor Senior. Los datos de sus horas hombre están detallados en la siguiente tabla:

Tabla 8 RRHH para el proceso de Venta 2014-2015

RECURSOS HUMANOS		
Nombre y Especificación del cargo	Tiempo Dedicado	
	Nº H/H	% Dedicación (*)
vendedor 1	486	15%
vendedor 2	486	15%

Fuente: Elaboración propia, Navigo Mining

De acuerdo a los procesos establecidos para la venta, se requiere de personas con características muy específicas, ya que el vendedor debe tener experiencia en venta de productos complejos para la minería. Para los años posteriores al año 2015 se poseerá una fuerza de ventas mayor⁴³. Se espera vender entre 2 a 6 modelos anuales entre el año 2016 y 2019, por lo que se deberá doblar el número de vendedores y usar una dedicación de un 100% (distinto al 15% puesto en la tabla) de su tiempo en ello.

⁴² Interfaz Humano-Máquina

⁴³ Revisar Sección Evaluación Económica.

3. Implantación y mantención del modelo:

Para la implantación se necesita un consultor senior y uno junior para que puedan ir a terreno a hacer un diagnóstico de la plataforma y las prácticas de toma de datos en la minera. Entregan su información a encargados de Navigo en la instalación del meta-modelo. Luego de la instalación, se requiere que estos consultores integren las prácticas de uso de esta herramienta para el uso del modelo. Estas personas se necesitan por cada modelo instalado.

En el caso del soporte, se contará con técnicos las 24 horas al día, con 3 turnos intercambiando días y noches. Se necesitan 2 personas por cada turno hasta el año 2018, donde se deberá subir su cantidad en un técnico más. Para asuntos graves o de mayor complejidad, se debe tener a un consultor de experiencia a cargo el cual pueda ser llamado en estos casos. Los contratos del personal de soporte son permanentes y se agregará gente dependiendo del crecimiento del número de modelos implantados.

4. Administración

Se decidió por tomar un presupuesto definido para la administración de proyecto ya que Navigo Mining espera mantener un número fijo de personas. El presupuesto anual será de US90.000 dólares para administración el cual se otorgará a costos ejecutivos (un jefe de área de iMining Predictive más los subordinados que él disponga con el presupuesto), además de una secretaria.

8.4 Plan de Ventas

El proceso de venta viene denominado por las siguientes etapas:

- **Contactar al cliente:** Se debe contactar al cliente de manera telefónica, email o personalmente.
- **Entregar información al cliente sobre el producto:** Se entrega información al cliente donde se especifica las características, beneficios y entre otros de la plataforma iMining® Predictive.
- **Generar reuniones técnicas y de negocios con el cliente:** Se realizan reuniones técnicas donde el vendedor debe mostrar los beneficios que tendrá la implantación de la plataforma, como además analizar cuáles son los requerimientos, como además la disponibilidad de datos que tenga el cliente. Una vez realizado eso, se analiza la parte de negocios, donde se analizan los beneficios económicos, como además el costo que con lleva la implantación de la plataforma.
- **Generar una pre-venta:** Una vez analizados los requerimientos del cliente, se genera una posible solución al problema por medio de la plataforma iMining® Predictive. Luego un técnico de Navigo Mining se reúne con el cliente para explicar la solución propuesta.

- **Creación de una oferta:** Una vez conversada la propuesta con el cliente, Navigo Mining genera una oferta especificando detalladamente que se realizará, cuáles serán los beneficios estimados y los costos asociados a la plataforma.
- **El cliente analiza la oferta:** El cliente tiene un plazo de 30 días para firmar la oferta, luego de este plazo se deberá generar una nueva oferta. En caso de que el cliente no este conforme con la oferta, puede generar una contra oferta hasta llegar a una oferta en consenso entre ambas partes.
- **Generar un contrato con el cliente:** Una vez firmada la oferta, se genera un contrato especificando detalladamente responsabilidades, metas, etc. Luego de la firma del contrato se inicia el proceso de la implementación de la plataforma iMining® Predictive.

Bajo este proceso se crea el plan de ventas:

- **Lista de Clientes:** Navigo Mining posee una red de contactos muy fuerte y una muy buena imagen en sus proyectos. Al momento de la realización de esta memoria, Navigo Mining tenía una base de datos con la información de más de 250 actores influyentes en el rubro de la minería.
- **Plan gratuito para sujetos de prueba:** Para los primeros dos años de construcción se necesitan mineras donde probar la herramienta. Se ofrece un servicio gratuito durante la construcción del generador automático, en el cual se contará con un servicio de alarmas y causalidad que ayude al cliente. El cliente al término de la construcción tendrá derecho a negociar con valores mucho menores los modelos utilizados, y será totalmente invitado a contratar más modelos. No se les cobra ya que ser sujeto de prueba es un punto muy importante en la construcción del meta-algoritmo, y un buen trabajo podría otorgar validez al momento de vender a nuevos clientes.
- **Tiempos de venta e implantación por cliente:** Como parte de propuesta de valor está otorgar tiempos de implantación más cortos de los que existen en el mercado hoy en día (alrededor de un año) Navigo Mining está dispuesto a apostar por tiempos menores a los 6 meses, en los cuales el vendedor a cargo deberá responder cada pregunta del cliente, deberá sincronizar los momentos de visita a la mina, deberá coordinar las reuniones de prueba y por último debe estar revisando nuevas oportunidades en cada trabajo que se efectúa⁴⁴.

⁴⁴ En la consultoría de mejora continua es muy probable encontrar nuevos quiebres en el proceso a partir de la instalación de una solución.

8.5 Evaluación económica

8.5.1 Supuestos.

Para poder desarrollar una evaluación económica para los modelos predictivos de generación automática, se debieron tomar los siguientes supuestos:

1. El pronóstico de los clientes que adoptaran los modelos predictivos viene dado por, como se mencionó en la metodología, el Modelo de Bass (Bass, Krishnan, & Jain, 1994). El Modelo de Bass se utiliza para visualizar cómo se comportará un producto innovador dentro del mercado, donde el producto será adquirido por el cliente⁴⁵ y copiado por imitadores⁴⁶. El pronóstico de demanda de los modelos predictivos de generación automática estimados por el Modelo de Bass se muestran en la Tabla 13 y gráficamente en la Ilustración 9. Bajo el supuesto de que solo se tomará el periodo 2014-2019 se tendrán comunicaciones y tratos con 8 faenas chilenas.
2. Cada cliente (bajo simulación) llegará a tener un máximo de 6 modelos. Un cliente puede llegar a tener más modelos, pero por asuntos de probabilidades es conveniente entregar un techo al proyecto (al menos en 4 años de operación). Cada cliente podrá contratar hasta 2 modelos por año.
3. Los costos de diagnóstico e implementación bajarán anualmente para el caso real (aprendizaje). En el caso de la simulación los costos se mantendrán.
4. El primer modelo en una empresa costará más que los siguientes, por motivos de costos de implantación (se ignora este costo a los siguientes modelos por una misma faena)
5. La evaluación económica mostrada está hecha bajo una mirada de NavigoMining+Innova, es decir, los recursos obtenidos con Innova son parte de los costos totales.
6. La evaluación económica esta expresada en dólares.
7. Los costos por modelo para la empresa incluyen 24 horas todos los días de un operador de sistema al mes (el área de soporte debe trabajar en las noches y los fines de semana con un sistema de turnos).
8. Los costos por entrada se basan en el trabajo a tiempo completo de 1 consultor que trabaja el 100% del tiempo y 1 investigador que trabaja un 50% del tiempo hábil.
9. Los costos de Empresa vienen calculados por los sueldos de administración.

⁴⁵ Clientes que aún no han utilizado el producto y que comenzarán a usarlo debido a su difusión a través de la promoción u otros factores externos.

⁴⁶ Clientes que aún no han utilizado el producto y que comenzarán a usarlo debido a su difusión por clientes que ya han utilizado el producto

10. La probabilidad de que un cliente decida agregar un segundo modelo a su faena y la probabilidad de que un cliente decida agregar un tercer modelo a su faena, son un 50% y un 70% respectivamente.

8.5.2 Costos

Los costos se dividen en 3 etapas cronológicas:

- Etapa 1: Costos necesarios para validar el modelo de negocios y diseñar en detalle el proyecto de empaquetamiento en su segunda etapa
- Etapa 2: Costos necesarios para construir un meta-algoritmo de generación automática de modelos predictivos.
- Etapa 3: Costos operacionales que van desde 2016 en adelante; para esta evaluación económica solo se toma el periodo 2016-2019⁴⁷.

Tabla 9 Costos totales Fase 1 (Investigación Año 2014)

PARTIDAS DE COSTO/ ÍTEM	INNOVA CHILE	BENEFICIARIA	TOTAL
Recursos Humanos (\$CLP)	7.223.832	10.214.391	17.438.223
Gastos de Operación (\$CLP)	2.240.557	0	2.240.557
Gastos de Inversión (\$CLP)	2.200.000	0	2.200.000
Gastos de Administración (\$CLP)	750.000	0	750.000
Total Etapa 1:(\$CLP)	12.414.389	10.214.391	22.628.780
% Cofinanciamiento:	55%	45%	100%

Fuente: Elaboración propia, Navigo Mining

Como se denota en las tablas, el costo total está dividido en un área de Innova Chile y de Navigo Mining. Esto se debe a que la empresa ganó un fondo Innova con la presentación de este proyecto, gracias a la información que se creó en este trabajo de tesis.

Tabla 10 Costos Totales Fase 2 (Construcción 2014-2015)

PARTIDAS DE COSTO/ ÍTEM	INNOVA CHILE	SOLICITANTE	TOTAL
Recursos Humanos (\$CLP)	134.816.400	43.424.100	178.240.500
Gastos de Operación (\$CLP)	14.820.000	0	14.820.000
Gastos de Inversión (\$CLP)	2.200.000	0	2.200.000
Gastos de Administración (\$CLP)	8.000.000	0	8.000.000
Total Etapa 2: (\$CLP)	159.836.400	43.424.100	203.260.500
% Cofinanciamiento	79%	21%	100%

Fuente: Elaboración propia, Navigo Mining

⁴⁷ Estos costos se encuentran más detallados en el área de anexos.

Antes de pasar a la Evaluación, se debe ver cuánto vale cada modelo:

- Valor Implantación: Existe un valor de base por primera instalación y un valor de implantación general por cada modelo. El valor de ellos depende de los sueldos que recibirán el desarrollador y el investigador por este trabajo de diagnóstico. Contiene el viático por un posible viaje dentro de Chile.
- Costo por servicio Cloud: El servicio Cloud por modelo no es muy fuerte ya que la cantidad de información que se genera y ocupa el modelo es adecuada para un plan Amazon de empresa
- Costo Hardware: Cálculo por monitores a utilizar por el proyecto más gastos varios.
- Costo de Actualización mensual: Va en el pago de dos investigadores en el año para desarrollar la actualización y la instalación por medio de las personas de soporte. Por estos años y según la estimación efectuada no se llegará a tener más de 3 personas de nivel técnico en el área de soporte para el año 2019.
- Costos por Venta: Se refiere a los pagos a los vendedores que se tienen anualmente tanto por su trabajo por el modelo, como su continuación buscando nuevos clientes.
- Costos por Implementación de práctica: Forma de integrar el método en la minera. Su costo se estimó de proyectos de gestión del cambio de la empresa

Tabla 11 Costos totales (Fases anteriores más la Operación)

Costos por año (US\$)	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Presupuesto Etapa 1	45.385					
Presupuesto Etapa 2	203.831	203.831				
Costo por Instalación Base Modelo (1 desarrollador, 1 investigador)			14.989	14.989	14.989	22.483
Costo por implantación modelos (sin base)			57.538	86.307	143.845	143.845
Costo por Servicio Cloud Mensual			1.000	2.500	4.500	7.000
Costo Hardware		2.507	4.000	4.000	4.000	6.000
Costo Total Soporte/Actualización Modelos Mensual			104.991	157.061	226.489	313.273
Costo Empresa			90.000	90.000	90.000	90.000
Costo por Venta			125.093	156.366	198.064	302.308
Costo por Implementación de Práctica			80.000	120.000	200.000	200.000
TOTAL	249.216	206.338	477.610	631.223	881.886	1.084.909

Fuente: Elaboración propia, Navigo Mining

8.5.3 Ingresos

Los ingresos por venta de los modelos predictivos de generación automática vienen dados por 2 ítems:

- Mensualidad pago por modelo: Como ya se habló previamente el cliente deberá pagar anualmente US\$200.000 por cada modelo.
- Pago por implantación: El costo que con lleva implantar la plataforma iMining® Predictive se traspasará a cada cliente, este costo se estima en US\$ 20.000.

Por lo tanto los ingresos para el periodo 2014-2019 se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 12 Ingresos

Ingresos	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Mensualidad Pago de Primer Modelo			400.000	800.000	1.200.000	1.600.000
Pago por primer modelo adicional				200.000	400.000	600.000
Pago por segundo modelo adicional					280.000	560.000
Pago por tercer modelo adicional						280.000
Total	0	0	400.000	1.000.000	1.880.000	3.040.000

Fuente: Elaboración Propia

- Estos datos se deben a lo obtenido en la simulación de Bass:

Tabla 13 Simulación de Demanda

Año	Cientes (faenas)	Cientes acumulados	Acumulado General	Modelos nuevos por año
2016	2	2	2	2
2017	2	4	5	3
2018	2	6	9	5
2019	3	8	14	5

Fuente: Elaboración Propia

8.5.4 Flujo de Caja⁴⁸

La evaluación económica para el producto tiene por objetivo identificar las ventajas y desventajas asociadas a la inversión a efectuar antes de la implementación del mismo. Para evaluar la rentabilidad financiera de la inversión se utilizan diferentes criterios. Para este producto en particular se utilizaron dos: Valor Actual Neto (VAN) y Tasa Interna de Retorno (TIR).

- Valor Actual Neto: Corresponde al valor neto presente de los beneficios netos que genera el proyecto durante el periodo 2014-2019, descontados a la tasa de descuento (para este proyecto se utiliza una tasa de descuento del 15%).
- Tasa Interna de Retorno: Corresponde a la rentabilidad promedio anual que genera el capital que permanece invertido en él. Esta se define como aquella tasa de descuento que iguala a 0 el VAN.

La tasa de descuento normal en la minería es de poco riesgo. Muchas empresas mineras utilizan un 8% para los proyectos que tienen, pues las ganancias son de gran tamaño. Como este producto es de innovación y viene por un externo a una empresa minera, se eligió un 15% de tasa, lo cual es normal para productos de esta índole.

La evaluación económica está expresada en dólares, cuya conversión (para fecha 14 de julio de 2014) es de 553,7 pesos chilenos. El resultado de la evaluación económica arroja un VAN de US\$1.128.568 con una TIR de un 62,1%.

- El proyecto es altamente rentable (TIR=62,1%) en la medida en que cada uno de los supuestos dejen de serlo y se transformen en hechos. Los supuestos tomados presentan una situación bastante realista de lo que podría ser un caso mínimo, por lo que Navigo Mining (en su feedback) expresa que se encuentra bastante satisfecho con el resultado.
- Un VAN de 1,13 millones de dólares valida a priori la realización de los modelos predictivos de generación automática. Los beneficios reales se verán reflejados a medida que se vayan implantando los modelos desde el año 2016.
- Estos niveles de VAN y TIR no son raros para el mundo de minería, pues se ha dado mucho con leves gastos en temas de gestión pueden alcanzar resultados bastante fructíferos.

Tabla 14 Flujo de Caja Obtenido

Año	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Flujo de Caja (\$US)	-249.216	-206.338	-77.610	368.777	998.114	1.955.091

⁴⁸ Detalle de la obtención del flujo se encuentra en el área de anexos.

8.5.5 Sensibilidad de Resultados

El análisis de sensibilidad, es el proceso de modificar la hipótesis de los valores de las constantes en el modelo y examinar los resultados debidos a su variación. Para este informe se realizó una simulación de Montecarlo⁴⁹, la cual también es conocida como Simulación de Sensibilidad Multivariable (MVSS), la cual realiza la modificación de ciertos valores para automáticamente determinar el VAN en cada escenario. Para este caso se modificaron las siguientes variables:

Los riesgos más importantes de este negocio radican en:

- Contar con una menor cantidad de clientes estimada.
- Deserción de clientes a través de los años.
- Cada cliente logrado adquiera una cantidad menor de modelos que la estimada o decida mantener un número fijo.
- No tener un precio competitivo, con lo cual se debería modificar.
- Aumento en los costos de proveedores de Cloud y servidores.

Se obtuvieron los siguientes resultados de las simulaciones de acuerdo a los riesgos expuestos:

- Si se baja el precio puede llegarse a un límite de US\$123.815 anuales (el precio normal es US\$200.000 anuales) para que el VAN llegue a 0. Bajando el precio un 20%, en el caso que se quiera descontar ante alguna eventualidad, la TIR aún logra un buen valor de un 40,57% y un VAN de US\$536.033.
- Si se sube el precio al calculado en el área de plan de marketing (\$US242.000 aproximadamente), el VAN sube a US\$1.750.730 y su TIR sube a 80,55%. Esto abre una oportunidad en el caso que se logren mejores metas con respecto a la demanda estimada.
- En el caso que las empresas no pidan más modelos adicionales después del primero que compran, la baja del VAN no es tan significativa, llegando a US\$724.560 con una TIR de 51%. Esto se debe a que en los supuestos tomados, cada faena no obtenía más de 2 o 3 modelos para el año 2019.

⁴⁹ Charnes 2007

- El mínimo de clientes para obtener un VAN positivo es de 3 faenas divididas en los 4 años de operación que mantengan al menos 1 modelo cada una. Bajo estas condiciones, el VAN a lograr es de US\$92.237 en 4 años de funcionamiento y una TIR cercana al 18,6%, cifras que no dejarían satisfecha a Navigo Mining para continuar el proyecto. Los clientes es una cifra entera, por lo que si sólo se logran 2 de ellos empezando en los primeros dos años de funcionamiento entonces el proyecto no es rentable.
- Si se varían las probabilidades de obtener un nuevo modelo por parte de una misma faena a un 30% para el primer modelo y 50% para la obtención de un segundo modelo, la esperanza con respecto al VAN es de US\$888.448 con una TIR de un 55%.

9 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La industria minera presenta bastantes oportunidades en lo que es gestión integrada y herramientas de mejora continua. No existe en este momento una cultura de prevención en cuanto a anomalías de producción en varias faenas nacionales importantes. Muchas de estas ellas tienen una cultura de trabajos “apaga incendios”, es decir, que actúan muchas veces por los problemas que tienen en tiempo real en vez de prevenirlos. Chile es un país que tiene una muy buena situación minera, pero aún no una muy refinada en términos de mejorar continuamente, por lo que la industria debe apuntar a un mejor orden y así poder crear mejores ventajas competitivas. La mirada de un tercero, como es la de las consultoras, es una manera constructiva de poder lograr esto.

El generador automático de modelos predictivos es una herramienta bastante versátil y eficaz en términos de evitar anomalías, pero debe ir acompañada de que el personal a cargo sepa y pueda controlar de buena manera este instrumento. Muchas consultoras proponen muchos proyectos de mejoras, pero al momento de alcanzar las metas prometidas, estos consultores se van y el personal minero no integró las prácticas necesarias antes de su partida. Más que tener un buen producto, también es importante que el cliente pueda incorporarlo para que éste pueda sacarle provecho. La mayor recomendación para Navigo Mining es que si tiene un producto de alta línea, no sólo pueda demostrar su eficacia, sino que también pueda lograr que el cliente lo introduzca en su quehacer diario.

En términos de rentabilidad, el negocio se ve como una gran oportunidad para Navigo Mining, mientras no tenga problemas en el área de construcción ni en como acoplar esta solución a las plataformas existentes en las minas. Solucionando esos problemas, el producto ofrecerá una solución a los mineros que les permita implementar una herramienta útil de manera simple y rápida. Muchos proyectos mineros de tecnologías de la información fracasan por la mala adaptación a los sistemas existentes, por lo que se debe hacer un buen estudio del funcionamiento de las plataformas actuales.

En conclusión se tiene un proyecto bastante prometedor y que podría mejorar la situación de varias faenas con respecto a sus pérdidas, ya que muchas de ellas dependen de variabilidad de su producción. Mejorar la variabilidad de producción permite un gasto menor en insumos, menos detenciones de maquinaria, menos descoordinaciones entre los diferentes procesos de la planta y una mejor planificación mina, la cual se base en metas más reales. El hecho de hacer buen uso de las acciones antes nombradas podría reducir bastante el costo del cobre a producir.

Como visión a futuro, Navigo Mining debería tener una mirada a los mercados internacionales. Las plataformas no varían mucho entre las minas de procesos similares, aún en otros países, además de que gracias a que es un servicio SaaS, es posible tratar de forma remota mucha de las negociaciones previas, mantener el sistema y actualizarlo cuando se necesite.

Este último proyecto como estudiante de la Universidad de Chile ayudó bastante a usar de forma práctica todos los conocimientos obtenidos en la Escuela ya que, en mi opinión, unas de las cualidades más importantes de un ingeniero en el campo laboral es tener buena observación y una mirada de análisis; es poder ver soluciones y oportunidades en cierto mercado o quiebre para luego crear valor en algo que por sí sólo difícilmente pueda crearse, venderse o mostrarse.

10 BIBLIOGRAFÍA

- [1] «PROCHILE,» 2013. [En línea]. Available: www.prochile.gob.cl/importadores/es/oferta-exportable/mineria/mineria.php.
- [2] «Consumo de Energía,» *Revista Minería Chilena*, n° 342, pp. 171-173, 2009.
- [3] «BALANZA COMERCIAL- EXPORTACIÓN MINERA,» 2012. [En línea]. Available: www.bcentral.cl.
- [4] NAVIGO MINING, *Intelligence4Mining Predictive Flotation Model*, 2013.
- [5] NAVIGO MINING, *Modelos Predictivos en Lixiviación*, 2013.
- [6] HONEYWELL, 2013. [En línea]. Available: https://www.honeywellprocess.com/library/marketing/case-studies/SuccessStory_Codelco_APC.pdf.
- [7] SAWTOOTH SOFTWARE, «Sawtooth Software,» 2013. [En línea]. Available: <http://www.sawtoothsoftware.com/about-us/our-story>.
- [8] VENTYX, «Ventyx,» 2013. [En línea]. Available: <http://www.ventyx.com/es/industry/mining>.
- [9] L. ABURTO, *Apuntes IN58B "Ingeniería en Marketing"*, 2010.
- [10] F. BASS, T. KRISHNAN y D. JAIN, «Why the bass model fits witouth decision variable,» *Marketing science*, vol. 13, n° 3, p. 1994, 1994.
- [11] S. BLANK, *Why the Lean Start Up Changes Everything*, Harvard Business Review, 2013.
- [12] J. CHARNES, *Financial Modeling with Crystal Ball and excel*, New Jersey: John Wiley and sons, 2007.
- [13] FUNDACIÓN CHILE, *Fuerza Laboral en la Gran minería Chilena*, 2011.
- [14] M. HITT, *Administración Estratégica*, México D. F..
- [15] A. HUMPHREY, *SWOT Analysis for Management Consulting*, 2005.
- [16] H. JARMANE, «Cochilco,» 1967. [En línea]. Available: www.cochilco.cl/transparencia/pdf/Ley16624.pdf.
- [17] T. GRANCE y P. MELL, «The National Institute of Standars and Technology definition of Cloud computing,» Estados Unidos, 2011.
- [18] CONSEJO MINERO, «Consejo Minero,» 2013. [En línea]. Available: www.consejominero.cl/wp-content/uploads/2013/10/mineria-encifras_1013.pdf.
- [19] R. MUHR, «Desafíos de la Innovación Minera del Futuro,» de *Gestión Minera del Siglo XXI*.
- [20] K. OHMAE, «Lacpa (3C Model),» 2007. [En línea]. Available: www.lacpa.org.lb/Includes/Images/Docs/TC/TC278.pdf.
- [21] B. ORME, «Sawtooth software,» 2009. [En línea]. Available: <http://www.sawtoothsoftware.com/download/techpap/whichmth.pdf>.
- [22] A. OSTERWALDER y Y. PIGNEUR, *Generación de modelos de negocios*, Barcelona: Deusto, 2011, pp. 10-51.
- [23] J. VELASQUEZ, *Apuntes IN69B "Métodos y SIstemas de Administración"*, 2011.

11 ANEXO

11.1 Entrevista a Expertos

Se realizó una entrevista de 7 preguntas a 13 personas de alto rango en 6 faenas mineras diferentes, desde superintendentes de minas hasta gerentes de operaciones. Por motivos del anonimato acordado con los entrevistados no se darán sus nombres, pues el dar información por parte de una empresa minera se requiere de ciertos trámites no convencionales para el desarrollo de esta memoria. Las entrevistas duraron entre 15 minutos a una hora según fue el interés de los entrevistados en la herramienta. Los primeros 3 minutos de la entrevista sirvieron para introducir el producto a los entrevistados.

Las preguntas principales fueron las siguientes⁵⁰:

- 1) ¿Le han ofrecido o ha visto algo similar?
Resultado: 12 de los 13 encuestados respondieron que sí les habían ofrecido algo similar, pero que estos productos no tenían los mismos alcances y no con el nivel de confiabilidad que se les estaba ofreciendo ahora. Se veían interesados en el hecho que fuera adaptable y que fuera a través de un sistema de Cloud.
- 2) ¿En qué procesos de minería sería interesante implementar esta herramienta?
Resultado: Dependió más del tipo de faena en la cual se encontraba el entrevistado. Conminución, Flotación, Lixiviación y Electro-obtención fueron nombrados. 9 de los 13 entrevistados estaban de acuerdo de que sólo tenía uso en la planta, ya que el área de mina era un proceso continuo y de difícil alteración. Los entrevistados estaban más interesados de ver alarmas sobre la producción y las posibles detenciones de maquinaria.
- 3) ¿Qué área de personal debería estar a cargo de la herramienta?
Resultado: 7 de los entrevistados concordaron en que los gerentes de operaciones debían ser los encargados, 2 dijeron que deberían estar a cargo de los jefes de turno, 3 que deberían estar a cargo el área de control de gestión de la planta y sólo 1 dijo que debía depender de la variable en cuestión. Fuera de quién estaba a cargo, 12 personas estaban de acuerdo que los datos debían ser visualizados desde los jefes de turno hacia arriba.
- 4) ¿Cómo deberían ser visualizados los resultados? (paneles de control, móviles, etc)

⁵⁰ Vale destacar que el flujo de las entrevistas con los entrevistados hizo que las sesiones no fueran estándares, pero siempre se mantuvieron los mismos temas a tomar en cuenta.

Resultado: Los 13 entrevistados concordaron que debían verse en los paneles de control generales de la planta. Sólo 4 de los entrevistados estaban interesados en una versión móvil (tablets u otros).

- 5) ¿Qué área de personal estaría a cargo de los análisis de los datos obtenidos? ¿Estaría dispuesto al contrato fijo de un ente externo?

Resultados: Los 13 entrevistados no tienen problemas con los análisis externos de los datos ya que todos cuentan con trabajos de consultoría similares en otros datos de sus faenas respectivas. Eso sí, advierten que eso depende más que nada del precio que tienen estos servicios y si es que la faena ya tiene personal disponible para hacer los análisis.

- 6) ¿Qué otra función interesante le gustaría que tuviera la herramienta?

Resultados: Más que otra función, muchos estaban preocupados por la adopción de la herramienta por parte de los trabajadores, por lo cual la herramienta debe tener funciones a nivel operador y que se puedan usar diariamente sin causar confusiones o problemas de información. Dos de los entrevistados estaban interesados si la herramienta podría dar índices de la variabilidad económica que tiene cierta alarma apagada en la mina.

- 7) ¿Qué le parece el hecho que los datos de la herramienta pasen por manos de un externo?

Resultado: Cuatro de los entrevistados estaban bastante reacios con la idea de que todos los datos de manera continua pasaran por las manos de un externo, ya que con sus trabajos actuales los externos sólo pueden pedir información a través de solicitudes que pasan por la faena. Todos concordaban que es posible hacerlo siempre y cuando las políticas de los contratos por posibles daños a las plataformas o pérdidas de información sean buenas.

A los 13 entrevistados les interesó seguir informándose acerca de la herramienta y 1 de ellos aceptó adaptar una versión de prueba mientras se construían los modelos predictivos.

11.2 Encuesta Conjoint Analysis

La encuesta realizada se efectuó a 31 personas de diferentes rangos mineros, desde superintendentes de mina hasta gerentes de operaciones. Las preguntas eran comparaciones entre dos productos como se ve en la Ilustración 13. El tamaño de la muestra fue sacado por la fórmula de la Ecuación 4:

$$NTA/C \geq 500 \quad (\text{Ecuación 4})$$

Donde N es el número de encuestados, T de preguntas (fueron 14 preguntas realizadas), A es el número de alternativas por bloque (se dieron 4 alternativas), C es el máximo de niveles en un atributo (3 niveles en el atributo precio) y se usa la constante 500 como un buen nivel de coeficiente en comparación. Los datos se ven en la tabla 15 :

Tabla 15 Atributos Encuesta CVA

Atributos	Niveles
Precio ⁵¹	US\$ 100.000 US\$ 200.000 US\$ 300.000
Tiempo de implantación	2 meses 6 meses
Causalidad	Analiza No analiza
Confiablez	80% 90%

Fuente: Elaboración propia

⁵¹ El precio es un pago que se realiza anualmente.

Ilustración 13 Tipos de Pregunta

	Producto 1	Producto 2
Precio (Pago anual)	US\$ 300.000	US\$ 200.000
Tiempo de implementación	6 meses	2 meses
Analiza causalidad?	No	Sí
Confiabilidad de la predicción	90%	80%

*3. Cual de estos dos productos prefiere?

- Totalmente el producto 1
 Levemente el producto 1
 Levemente el producto 2
 Totalmente el producto 2

Bajo esta premisa, N debería ser mayor o igual a $(3 \cdot 500 / 14 \cdot 4)$ lo que da un total de 27 personas. Como se entrevistaron a 31 se está en un buen rango.

El programa que se utilizó para realizar el análisis conjunto fue Sawtooth Software SSI WEB V6.6, se escogió este programa debido a que es una herramienta con prestigio a nivel mundial en investigación de mercado (Sawtooth Software, 2013). Como ya fue mencionado en la metodología, el método utilizado para realizar el análisis conjunto fue un Conjoint Value Analysis⁵² (CVA), esto debido a que el mercado es reducido (a nivel de número total de faenas en Chile) y solo se deseó entrevistar a personas con un cargo crucial en el rubro (Orme, 2009). El número de atributos a estimar era 4 dentro de los cuales se encuentra el precio. La encuesta se realizó a 31 personas que actualmente trabajan en empresas de la gran minería en Chile, con cargos que van desde gerentes hasta supervisores. La encuesta se desarrolló y distribuyó de forma online, por medio de la página web "Encuesta Fácil"⁵³, donde cada encuestado tenía que marcar su preferencia entre dos productos hipotéticos por pregunta. De acuerdo a esto los resultados, por medio del método de mínimos cuadrados ordinarios⁵⁴ en el *Conjoint Analysis*, estos se expresan en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**¹⁶. En la

17 se puede apreciar que el coeficiente de correlación promedio, R cuadrado⁵⁵, es de 0,836. Por esto se puede afirmar con este indicador que se validan resultados expuestos.

⁵² Conjoint Value Analysis: es un método del análisis conjunto en el cual las comparaciones se hacen en una escala gradual de preferencia. Al entrevistado se le pide que diga el grado de preferencia entre dos perfiles.

⁵³ www."encuestafácil".com

⁵⁴ Mínimos cuadrados ordinarios: Es un método para estimar los parámetros desconocidos en un modelo de regresión lineal, que minimiza la suma de cuadrados de las distancias verticales entre las respuestas observadas en el conjunto de datos y las respuestas predichas por la aproximación lineal.

⁵⁵ R cuadrado: Es un parámetro para el estudio de una distribución bidimensional, que nos indica el grado de dependencia entre las variables x e y. Su valor oscila entre -1 y 1, donde 1 significa que todos los puntos se encuentran sobre la recta existiendo una correlación que es perfecta y directa, mientras que -1 significa todos los puntos se encuentran sobre la recta existiendo una correlación que es perfecta e inversa.

Tabla 16 Resultados de utilidades relativas encuesta

CVA OLS Run Summary Results		
Number of Respondents	10	
Average Utilities (Zero-Centered Diffs)	Average Utilities	Standard Deviation
100.000	17,12407	17,55816
200.000	-3,81206	9,51083
300.000	-13,31202	14,32999
2 meses	25,24570	60,73518
6 meses	-25,24570	60,73518
Si	111,15148	59,41763
No	-111,15148	59,41763
90%	48,38477	42,22405
80%	-48,38477	42,22405
Average Importances	Average Importances	Standard Deviation
Precio	7,60902	7,65188
Tiempo de implementacion	12,62285	30,36759
Analiza causalidad?	55,57574	29,70881
Confiabilidad de la prediccion	24,19238	21,11202

Fuente: Datos de resultados del Sawtooth Software

- **Coefficiente de correlación:**

Tabla 17 Coeficientes de correlación obtenidos

The average R-Squared was 0.83637.
The median R-Squared was 0.93946.

Respondent	R-Squared	RMS Corr	Standard Errors						
1	0.99982	0.19027	----	0.01282	0.01167	----	0.00848	----	0.00855
2	0.86435	0.19027	----	0.20127	0.18316	----	0.13313	----	0.13418
3	0.46270	0.19027	----	0.69794	0.63514	----	0.46164	----	0.46529
4	0.99982	0.19027	----	0.01282	0.01167	----	0.00848	----	0.00855
5	0.99960	0.19027	----	0.01344	0.01223	----	0.00889	----	0.00896
6	0.26779	0.19027	----	0.47249	0.42997	----	0.31252	----	0.31499
7	0.99982	0.19027	----	0.01282	0.01167	----	0.00848	----	0.00855
8	0.95046	0.19027	----	0.16258	0.14795	----	0.10754	----	0.10839
9	0.89087	0.19027	----	0.22176	0.20181	----	0.14668	----	0.14784
10	0.92847	0.19027	----	0.19441	0.17691	----	0.12859	----	0.12961

Fuente: Datos entregados por Sawtooth Software

- Introducción Utilizada

El texto que se usó como introducción a la encuesta fue el siguiente:

“La siguiente encuesta consta de 11 preguntas en las cuales usted deberá marcar su preferencia entre dos productos con ciertas características. La encuesta toma un tiempo promedio de 10 minutos

El producto a analizar son los modelos predictivos para la minería. Estos son herramientas que por medio de inteligencia artificial pronostican las posibles variables críticas futuras (por ejemplo la producción en el proceso de lixiviación) en un periodo de tiempo determinado. Tienen por objetivo entregar en tiempo real información sobre variables críticas en un tiempo próximo. Gracias a esta información, el tomador de decisiones tiene la información necesaria para realizar acciones pro-activas ante la oportunidad, tomando decisiones más certeras.

LOS BENEFICIOS ASOCIADOS A LOS MODELOS SON:

- Optimizar costos y mejorar la rentabilidad del negocio.
- Supervisar el proceso en forma anticipativa y detectar patrones irregulares desde sus orígenes.
- Facilitar la gestión de los jefes de turno
- Agilizar los procesos de identificación, evaluación y anticipación de eventos no deseados en las operaciones.
- Controlar en tiempo real los resultados esperados.

LAS CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO A EVALUAR:

**PRECIO: Es el costo anual que tendría para usted contar con el modelo predictivo.*

**TIEMPO DE IMPLEMENTACIÓN: Es el periodo de tiempo que toma implementar el modelo predictivo.*

**ANÁLISIS DE CAUSALIDAD: La opción de que el modelo predictivo posea la capacidad de entregar las variables críticas que influyen en eventualidades.*

**CONFIABILIDAD DE LA PREDICCIÓN: Es el porcentaje de certeza del modelo predictivo.”*

- Tabla de Respuestas

El sistema lee como 1 si estaba muy convencido del “producto1” y 4 si estaba muy convencido del “producto2”. Los números 2 y 3 quedaban para los “levemente convencidos”. Las respuestas de las encuestas se encuentran en la siguiente tabla:

Tabla 18 Respuestas Encuesta Conjoint Analysis

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	1	4	1	4	4	1	4	1	4	1	4	1	4	4
2	4	3	3	3	1	1	3	1	2	4	4	2	4	2
3	4	3	3	2	2	2	3	1	2	3	4	1	4	4
4	4	1	4	1	1	4	1	1	4	4	4	2	4	2
5	4	4	4	1	1	1	4	1	1	4	4	2	3	4
6	4	3	3	2	1	2	3	1	2	4	4	4	4	4
7	4	2	3	2	1	3	2	3	2	4	2	2	3	4
8	4	4	4	1	1	1	4	1	1	4	4	1	4	4
9	4	3	3	2	1	2	3	1	1	4	4	2	4	4
10	4	3	3	2	2	2	3	1	1	4	4	1	4	4
11	4	3	3	2	2	2	3	1	1	4	4	1	4	4
12	4	3	3	2	2	2	3	1	2	3	4	2	4	4
13	4	2	3	2	1	3	2	3	2	4	2	4	1	4
14	4	4	4	1	1	1	4	1	1	4	4	1	4	4
15	4	3	3	2	1	2	3	1	1	4	4	4	4	4
16	4	4	4	1	1	1	4	1	1	4	4	1	4	4
17	4	3	3	2	1	2	3	1	2	4	4	2	4	4
18	4	1	4	1	1	4	1	1	4	4	4	2	4	2
19	1	4	1	4	4	1	4	1	4	1	4	2	3	4
20	4	3	3	3	1	1	3	1	2	4	4	2	4	2
21	4	2	3	2	1	3	2	3	2	4	2	1	4	4
22	4	3	3	2	1	2	3	1	1	4	4	1	4	4
23	1	4	1	4	4	1	4	1	4	1	4	4	4	4
24	4	3	3	2	2	2	3	1	1	4	4	1	4	4
25	4	1	4	1	1	4	1	1	4	4	4	1	4	4
26	4	3	3	2	1	2	3	1	2	4	4	2	4	4
27	4	3	3	3	1	1	3	1	2	4	4	1	4	4
28	4	2	3	2	1	3	2	3	2	4	2	4	1	4
29	4	4	4	1	1	1	4	1	1	4	4	2	4	4
30	4	3	3	2	2	2	3	1	2	3	4	4	1	4
31	4	4	4	1	1	1	4	1	1	4	4	2	4	4

11.3 Tablas de Evaluación Económica

Tabla 19 Costo RRHH por Venta, Implantación y Mantenimiento

RECURSOS HUMANOS									
Area y Especificación del cargo	Tiempo Dedicado (anual)						Costo Unitario	Beneficiaria	TOTAL
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	\$/ HH	\$	\$
	N° H/H	N° H/H	N° H/H	N° H/H	N° H/H	N° H/H			
Venta (Vendedor)	2592	3240	4104	6264	7560	9072	24063	389.820.600	389.820.600
Implantación (Consultor)	720	1080	1800	1800	2160	2520	36095	194.913.000	194.913.000
Implantación (Soporte)	360	540	900	900	1080	1260	7500	20.250.000	20.250.000
Soporte (operador de sistema/24horas)	8760	8760	8760	8760	8760	8760	4000	140.160.000	140.160.000
Soporte (Consultor)	480	1199	2158	3357	4795	6474	36095	259.624.116	259.624.116
Total M\$								1.004.767.716	1.004.767.716

Tabla 20 Costos Generales por cliente nuevo

COSTOS GENERALES			
Ítem (*)	Breve descripción de la difusión	Costo por Cliente US\$	TOTAL (mensual) U\$
Servicio Cloud	Servidor cotizado en amazon		15.000
Hardware	Conector	2.000	18.000
Base plataforma	Instalar la plataforma en cliente	7.494	67.449
Hardware	Monitor para visualizar funcionamiento (3 plasmas de 50")		1.504
Hardware	Notebook (soporte)		1.003
Total M\$			102.956

Tabla 21 Flujo de Caja Final

Items considerados en la evaluación económica		2013	2014	2015	2017	2018	2019
A) Costos	US \$	249.216	206.338	477.610	631.223	881.886	1.084.909
Presupuesto E tapa 1		45.385					
Presupuesto E tapa 2		203.831	203.831				
Costo por Instalación Base Modelo (1 desarrollador, 1 investigador)				14989	14989	14989	22483
Costo por implantación modelos (sin base)				57538	86307	143845	143845
Costo por Servicio Cloud Mensual				1000	2500	4500	7000
Costo Hardware			2.507	4000	4000	4000	6000
Costo Total Soporte/Actualización Modelos Mensual				104991	157061	226489	313273
Costo Empresa				90000	90000	90000	90000
Costo por Venta				125093	156366	198064	302308
Costo por Implementación de Práctica				80000	120000	200000	200000
B) Beneficios		0	0	400.000	1.000.000	1.880.000	3.040.000
Mensualidad Pago de Primer Modelo				400.000	800.000	1.200.000	1.600.000
Pago por primer modelo adicional					200.000	400.000	600.000
Pago por segundo modelo adicional						280.000	560.000
Pago por tercer modelo adicional							280.000
Pago por cuarto modelo adicional							
Probabilidad de Obtener un modelo adicional	50%						
Probabilidad de Obtener más de un modelo adicional	70%						
Total Beneficios	US\$						
Flujo de Caja		-249.216	-206.338	-77.610	368.777	998.114	1.955.091
Tasa de descuento	15%						

VAN US\$ **1.128.568**

TIR **62,08%**

11.4 Apoyos Institucionales

Los apoyos institucionales son 3 respectivamente:

- Navigo Mining: Empresa consultora constituida a principios del 2012 por Navigo Group, empresa con más de 10 años de trayectoria en el rubro de integración de tecnología. Navigo Mining, más que un apoyo como sí, se trata del cliente para este documento de memoria. Por ello, la empresa aportará de manera monetaria, con su experiencia, documentos, disposición del personal para responder preguntas y su base de datos de clientes mineros para el logro de esta memoria.
- CORFO: Dentro del trabajo realizado en la empresa Navigo Mining es buscar apoyo monetario y de “imagen” de CORFO. La corporación de Fomento de la Producción apoyará monetariamente si es que se cumple con la entrega de ciertos avances requeridos por ellos, ya que este proyecto fue postulado para la corporación. El hecho de ganarse el apoyo de Corfo significa una imagen de confianza para los posibles clientes del producto.
- Universidad de Chile: Académicamente, la Universidad de Chile aportará con los documentos de memorias previas escritas en sus diferentes facultades como también con el posible apoyo de sus docentes siendo requerida su asistencia. Fuera de estos profesores, a la vez se cuenta con los profesores de comisión que tienen total apoyo en la memoria, viéndolo también con un fin evaluativo.

