



# Timing:

Desarrollando las soluciones de la operación minera del futuro



**CARLO CALDERÓN  
BECERRA**

Ingeniero Civil en Computación por la Universidad de Chile. Fundador de Timing; actualmente ocupa los cargos de CTO (Chief Technology Officer) y CPO (Chief Product Officer).

✉ [carlo.calderon@timing.com](mailto:carlo.calderon@timing.com)



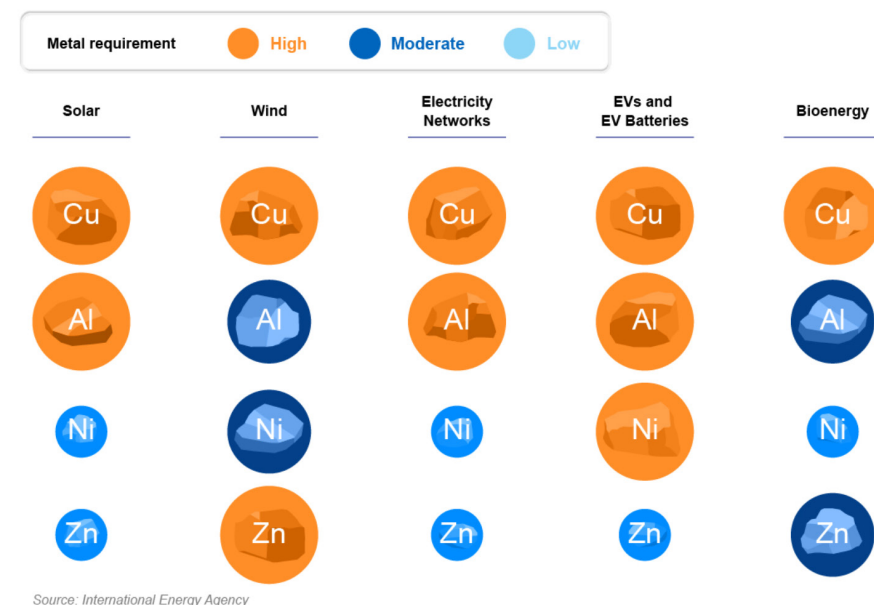


**RESUMEN.** La transición energética global nos exige encontrar nuevas formas de aumentar significativamente la productividad en la industria minera, y la tecnología, en particular, el desarrollo de software, puede desempeñar un papel clave en lograr estos objetivos. En este artículo, presentamos cómo Timining ha enfrentado este desafío, construyendo un equipo de primer nivel para desarrollar soluciones únicas que se utilizan en las principales minas del mundo. También describimos los desafíos que surgen al emprender en esta industria, nuestras motivaciones, cómo surgió la compañía y los aprendizajes adquiridos a lo largo del camino. Finalmente, discutimos las oportunidades para que las nuevas generaciones de ingenieros contribuyan al desarrollo del país a través de la construcción de tecnologías digitales aplicadas a esta industria.

Somos una compañía chilena fundada en 2011, especializada en el desarrollo de software para la industria minera; nuestro enfoque se centra en mejorar la productividad y seguridad de las operaciones mineras.

Explicándolo de manera simple, nuestros productos de software ayudan en los procesos relacionados con la extracción y movimiento de los materiales, ya sea en los rajos, botaderos y otras grandes infraestructuras, donde la geometría y su distribución geográfica es relevante.

Nuestras soluciones están diseñadas para proporcionar información en tiempo real que permita la toma de decisiones rápida y efectiva en la mina. Para ello, nos inspiramos en juegos de estrategia como Simcity, Starcraft, Año 1800 y otros. Nos gusta pensar que, si logramos hacer un juego suficientemente entretenido y que represente con fidelidad el proceso mine-



**Figura 1.** Requerimientos de distintos minerales en el proceso de transición a energías limpias.

ro, podríamos mejorar sustancialmente la productividad en la industria (¡seguro que los mineros aprenderían estrategias de sus hijos gamers!).

Menos formalmente, podríamos decir que somos un grupo de ingenieros e ingenieras que están desarrollando la nueva generación de soluciones digitales para operar las minas del futuro.

## ¿Por qué nos motiva la minería?

Nuestra motivación inicial fue sencilla: la industria minera presenta muchos desafíos técnicos y operacionales que resultan muy interesantes y entretenidos para los ingenieros. Sin embargo, a medida que nos adentramos en la industria, comprendimos su papel fundamental en la sociedad y en los desafíos que enfrentamos como humanidad en las próximas décadas.

Para mí hay dos motivaciones para mantenernos en la minería y no salir arrancando después de cada frustración, porque en este camino hay muchas. La primera, tiene que ver con el desafío de descarbonización y transición energética (hacia energías limpias) que tiene la civilización. Para esto, se necesitan muchos más minerales de los que estamos extrayendo hoy: carbón claramente no, pero sí cobre, níquel, oro, cobalto, etc. (ver Figura 1). Esta necesidad de nuevos minerales es más desafiante si consideramos que cada vez es más difícil desarrollar nuevos proyectos mineros. Además, son cada vez más escasos los profesionales dispuestos a trabajar en las minas. En consecuencia, la productividad y automatización son la principal solución para cubrir las necesidades de minerales que tiene este desafío global. ¡Y nosotros estamos al medio de todo eso! Entonces, hacer bien nuestro trabajo tiene un enorme impacto en este desafío global.

La segunda motivación y quizás un poco más personal, tiene que ver con aportar



## **Una motivación [...] personal tiene que ver con aportar [...] a cambiar la matriz productiva del país: dejar de vender concentrado de cobre [para] construir un ecosistema de compañías que puedan vender tecnología asociada a la industria minera.**

en el desafío de cambiar la matriz productiva del país. Ya lo hicieron Australia y Canadá con éxito, hoy venden más tecnología minera que minerales. Esto no significa dejar de vender concentrado de cobre, sino más bien construir un ecosistema de compañías que puedan vender tecnología asociada a la industria minera.

La cantidad de tecnología que vendemos asociada a la minería es aún muy pequeña en comparación con la de Australia y Canadá; el desafío que tenemos a largo plazo es complejo, pero creemos que es posible. En Chile, a diferencia de la mayoría de los países, la industria minera tiene la capacidad de atraer a los mejores profesionales. Esto no sucede en casi ningún lugar del mundo, pues la minería no es atractiva para los más talentosos. En consecuencia, contando con el mejor capital intelectual; un ecosistema colaborativo: mineras, proveedores, universidades y Estado; y fomentando la ambición de los emprendedores de convertirse en actores globales, podemos allanar el camino para cambiar la matriz productiva del país.

En este desafío, hay trabajando equipos de organizaciones públicas y privadas, entre otras, Alta Ley, Fundación Chile, Andes Mets, Aprimin, etc. Creo que en conjunto debemos trabajar en mira de dos objetivos: ambición global y capacidad real de colaboración.

---

## **¿Cómo comenzó todo?**

El viaje de Timining comenzó en el año 2011, cuando mi socio Nolberto Contador y yo nos unimos para crear productos de software para la industria minera. Pero en realidad, mi aventura en el desarrollo de software para la minería comenzó mucho antes, durante mis años como estudiante en el DCC.

Como muchos estudiantes, comencé desde muy temprano pituteando y buscando trabajos que me permitieran tener algunos ingresos. Fue así como descubrí un anuncio en las murallas de la Escuela que buscaba a un programador para el Departamento de Ingeniería de Minas; supongo que ahora todo es digital, pero en el 2000 pegaban de todo en las murallas. Sin pensarlo dos veces, postulé y comencé a trabajar en el proyecto de investigación del Departamento. En esa época, el precio del cobre estaba en mínimos históricos, lo que significaba que había muy pocos proyectos de investigación en la industria minera. Pero descubrí algo súper interesante: en la minería hay problemas entretenidos y complejos. Resolverlos puede tener un gran impacto y es casi seguro que el problema no está resuelto.

Soy un apasionado tanto por la computación como por la matemática; me encontré con la suerte de que los problemas asociados a "la mina" son fundamentalmente geométricos. Así que poco a poco, comencé a desarrollar software 3D para Codelco y otras mineras durante unos ocho años, antes de crear Timining.

---

## **¿Emprender o no emprender?**

Para mí la pregunta de emprender o no, no tiene sólo que ver con querer montar una empresa, creo que la pregunta es:

¿cómo puedo desarrollar mejor mi carrera? Incluso si piensas en el desarrollo profesional como algo bien técnico, desde el punto de vista de las ciencias de la computación, recomendaría pasar un periodo importante en una start-up con grandes ambiciones, pues permite entender la importancia de muchas disciplinas complementarias a la nuestra para lograr resultados importantes.

El emprendimiento es una montaña rusa emocional. Puede ser agotador, pero también te brinda la oportunidad de aprender sobre todo tipo de cosas. Aunque, por supuesto, no te conviertes en el mejor en cada una de ellas, pero tienes que ser capaz de enfrentar y resolver todos los problemas que se presentan.

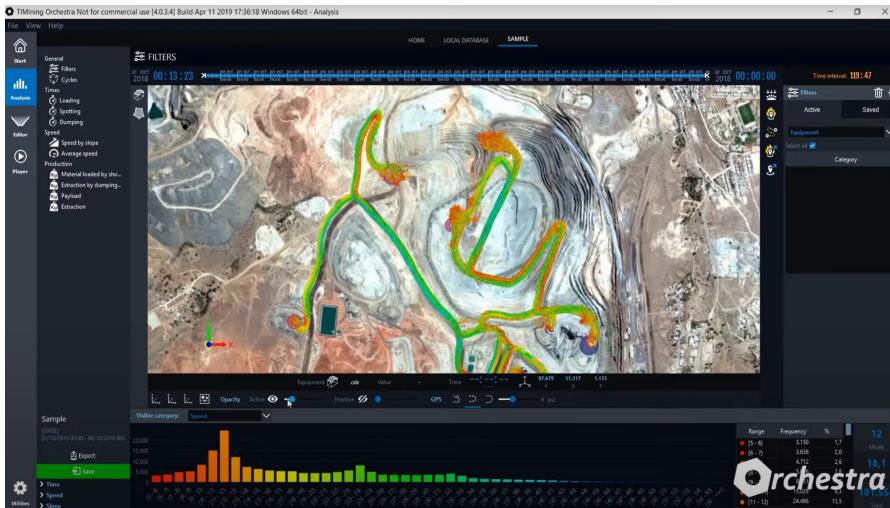
Al poco andar me di cuenta de que nadie puede construir grandes productos solo. A pesar de que me encantaba trabajar en solitario, pronto entendí que para enfrentar grandes desafíos necesitaba un gran equipo. Atraer y retener a los mejores es fundamental para lograrlo.

Descubrí también que una de las cosas que me gusta, es crear un espacio en el que los ingenieros puedan abordar los problemas más importantes que enfrenta la industria. Quiero que con estos equipos podamos moldear el futuro de la minería.

---

## **¿Por qué tuvimos que crecer?**

Entre 2013 y 2016 estábamos creciendo en la medida que nuestros ingresos lo permitían, invirtiendo en nuevos productos y mejorando los existentes. El 2016 contratamos una consultora que nos ayudaría en la gestión de la innovación. Típicamente estas consultorías permiten a las empresas identificar nuevos productos y servicios, pero nuestro caso fue totalmente al revés, estábamos haciendo



**Figura 2.** Orchestra. Arriba: el análisis de variables espacio-temporales; abajo: resultados de la simulación.

demasiadas cosas. ¿Qué nos recomendaron? ¡Enfóquense! Durante la consultoría descubrimos que teníamos una real oportunidad de convertirnos en uno de los líderes en tecnología digital para la minería a nivel global, pero para lograrlo teníamos que hacer unas pocas cosas y ser los mejores en ellas. Esto quizás ha sido una de las decisiones importantes que he tenido que tomar, como ingeniero me gusta construir soluciones y resolver problemas, este ca-

mino era quizás menos entretenido en el día a día, pero sumamente desafiante en muchas otras dimensiones.

Un buen equipo de trabajo era clave para el éxito de Timing en estos nuevos desafíos y estaba solo en la dirección de la empresa; de esa manera sería imposible ser un actor global. Lo primero que se me ocurrió fue ofrecerle a mi consultor, que era uno de los dueños de su consultora, que viniera a Timing a continuar

su carrera como socio. No fue fácil para ninguno de los dos, pero creo que es una de mis mejores decisiones en el ámbito laboral. Como resultado, Nicolás Jubera cerró su consultora y aceptó el desafío de construir un nuevo Timing con alcance global.

Aunque muchos no lo recomendaban, decidimos arriesgarnos. Nicolás se transformó en mi primer jefe y el desafío sería aprender a convivir laboralmente. Tuvimos que trabajar en respetar y aceptar nuestras debilidades y enfocarnos en sumar las fortalezas para construir un Timing 2.0.

Con Nicolás como CEO, el primer año nos enfocamos en ordenar la compañía, estructurar el área de ventas y cambiar el modelo de negocios a suscripción, lo que era incipiente en la industria minera en ese momento. Al final de ese periodo, nos dimos cuenta de que el capital sería la restricción al crecimiento y decidimos levantar capital para llegar rápido a muchos lugares y generar el impacto deseado con nuestros productos.

En resumen, tuvimos que crecer para jugar en la liga global y lograr el impacto que queríamos con nuestros productos. Hoy estamos en ese proceso, construyendo en equipo con la actitud y ambición de jugar en cualquier liga; es la única manera de ser referentes en la industria.

## ¿Qué hacemos en Timing, entonces?

En Timing, creamos soluciones de software que transforman datos en *insights* para mejorar las decisiones de los expertos mineros. Pero para entender mejor lo que hacemos, creo que es más interesante conocer algunos de los desafíos que enfrentamos en la construcción de nuestro "gemelo digital" de la mina en tiempo real.





Una operación minera, al menos la parte donde se extrae el mineral, es como una pequeña ciudad donde los vehículos tienen que llevar rocas de un punto a otro. Desde el punto de vista logístico no es muy complejo, sin embargo, hay un montón de detalles que sumados hacen difícil la interpretación de los datos y en consecuencia la construcción de un modelo fiel.

Tenemos la misión de construir un modelo digital de la mina en tiempo real, suena interesante y a simple vista, con todo sensorizado, bastaría con leer dichos sensores y construir un modelo. Sin embargo hay varios detalles, les contaré algunos de los que hemos tenido que enfrentar en este modelamiento.

Los que han usado Uber, entenderán que no es lo mismo que el GPS sea interpretado a uno o al otro lado de la calzada, podríamos tomar una mala decisión, es cierto que no es de vida o muerte, pero es bastante desesperante ver que la espera puede pasar dos a quince minutos y luego volver a dos, una frustración sólo comparable con el *progress bar* de Windows 95. En la mina, inferir incorrectamente el lado de la calzada, podría generar errores importante en la estimación de llegada de los camiones e impactar en la asignación completa de la flota. Además los caminos tienen pendientes típicamente del 10%, luego las velocidades en uno u otro sentido son diferentes, en consecuencia podríamos inferir erróneamente la calidad del camino.

Otro ejemplo es lo volátil de la infraestructura vial. En general los mapas digitales consideran la infraestructura vial como algo relativamente estable; es cierto que aplicaciones como Waze tienen la posibilidad de cerrar caminos, pero en la mina esto sucede con alta frecuencia y no solamente cierre de caminos, sino que se crean todos los días nuevas extensiones de caminos o simplemente desaparecen. Construir un modelo e inferir la infraestructura vial desde los datos es parte del desa-

## En Chile, a diferencia [del resto de] los países, la industria minera tiene la capacidad de atraer a los mejores profesionales.

fío, si queremos tener un modelo digital de la mina para apoyar la operación en tiempo real.

Un problema que es muy particular del proceso minero, es que la topografía cambia continuamente, desaparecen y aparecen volúmenes. Por ejemplo, los drones, que usan típicamente la superficie proporcionada por algún servidor de mapas, suponen que esto no cambia; por lo tanto pueden chocar con un cerro que no estaba allí según los planos. Por otro lado, si tratamos de ubicar una pala (grandes equipos mineros que extraen material) en el mapa, obtendríamos una posición bajo la tierra. En consecuencia, el modelo tiene que considerar todos estos casos para poder ser razonablemente fiel a la realidad y que los usuarios puedan confiar en él para apoyar sus decisiones.

Estos son sólo algunos ejemplos de las dificultades que enfrentan nuestros equipos en la construcción de un modelo en tiempo real. Los dolores de cabeza son también la motivación de nuestros equipos de ingeniería.

---

### Nuestras soluciones: ¿qué hacen?, ¿quiénes las usan?

---

Nuestros clientes son las grandes mineras de todo el mundo, hoy estamos en 41 minas distribuidas en 8 países (Chile, Perú, Colombia, Brasil, Australia, Indonesia, Sudáfrica e islas Feroe). Y aunque estamos orgullosos de que nuestras soluciones están siendo usadas en muchos lugares, aún nos falta aumentar la presencia para lograr ser una compañía de alcance global.

En nuestro historial, hemos desarrollado siete productos que se utilizan en diferentes áreas de la operación minera. **Geomecánica** es la encargada de monitorear y dar una alerta temprana a la operación cuando alguna zona del rajo presenta peligro de derrumbe, **Aris** simplifica el monitoreo geotécnico integrando en un único entorno 3D los datos de todos los sensores de la mina, complementado su análisis con información topográfica, estructural, modelo geotécnico y la operación.

En esta misma área se usa **Tangram**, para identificar inestabilidades de forma georreferenciada en topografías reales, indicando cuáles bloques son inestables y prevenir futuros derrumbes. Por último, estos mismos usuarios utilizan **SICT** para medir automáticamente las desviaciones de los taludes construidos con respecto al diseño, habilitando la gestión de iniciativas que busquen mejorar los ángulos de taludes en minería.

Las áreas de planificación utilizan **Delta**, para identificar y monitorear desviaciones en la secuencia del plan minero a partir de topografías reales y las geometrías planificadas, realizando automáticamente los cálculos de cumplimiento espacial. Además, utilizan **Orchestra** (ver Figura 2) para el análisis y simulación del proceso de carguío y transporte. Con este software pueden visualizar de manera geoespacial los datos y hacer múltiples análisis para la detección de oportunidades de mejora, además de simular el proceso de carguío y transporte, a partir de datos reales (por ejemplo, velocidad de los camiones), obteniendo así modelos confiables para la validación de planes mineros y evaluación de múltiples escenarios operacionales.

**Drillit** permite monitorear en tiempo real el proceso de perforación y tronadura,



**El emprendimiento es una montaña rusa emocional. Puede ser agotador, pero también te brinda la oportunidad de aprender sobre todo tipo de cosas.**

así como el estado de avance y cumplimiento del plan de perforación; realiza un QA/QC (Quality Assurance/Quality Control) automático de las perforaciones y carguío de explosivos.

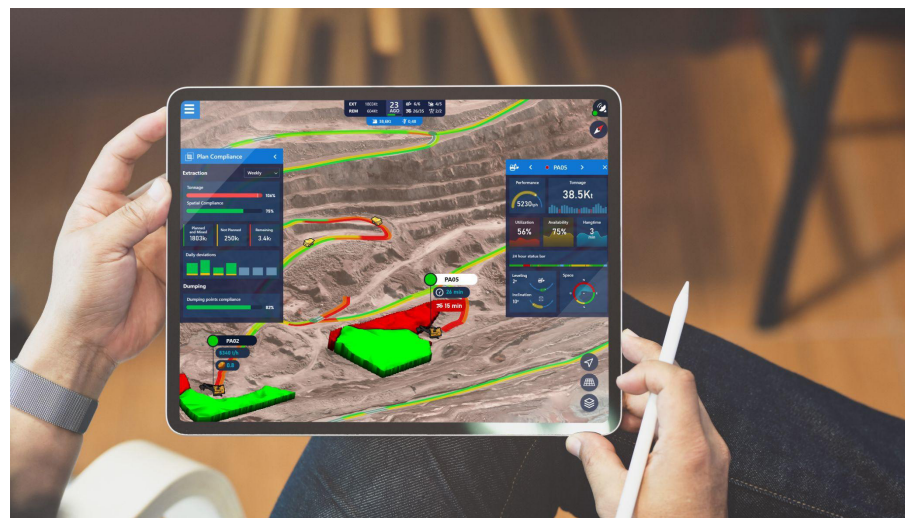
Los últimos años desarrollamos **Timing Aware** (ver Figura 3), un sistema para que todas las personas que trabajan en la operación de la mina puedan entender en tiempo real qué es lo que está pasando y entender dónde se están produciendo posibles pérdidas (ineficiencias) o situaciones donde se está operando fuera de lo planificado, para tomar acciones correctivas. Construimos un *gemelo digital 3D* de las minas, permitiendo evaluar *online* la *performance* de la operación a través de distintos algoritmos.

Basado en nuestra tecnología del gemelo digital de la mina, estamos trabajando en apoyar decisiones cada vez más complejas, creando indicadores que cruzan datos de la performance de los equipos con cálculos sobre las geometrías de la mina.

Utilizando nuestros productos logramos ayudar a aumentar la productividad de manera importante en nuestros clientes, generando ahorros que en algunos casos llegan a decenas de millones de dólares anuales.

## Conclusiones

Sin duda que la industria minera tiene un gran desafío por delante para cumplir con la necesidad de minerales que la sociedad necesita; las tecnologías digitales más que nunca jugarán un rol



**Figura 3.** Timing Aware. Arriba: en una sala de control; abajo: en un dispositivo móvil, para monitorear la mina desde cualquier otro sitio.

clave para lograr mejorar dramáticamente la productividad.

Chile y sus ingenieros están en una posición privilegiada para desarrollar soluciones de alto impacto con alcance global. La combinación única de grandes minas que utilizan las mejores prácticas y los ingenieros más talentosos crea un entorno ideal para la innovación en minería. Si no está resuelto aquí es altamente probable que no esté resuelto y las start-ups en los grandes polos tecnológicos, no piensan ni de cerca en minería.

A pesar de que emprender es un camino único y no hay recetas exactas, es importante tener una mentalidad de aprendizaje constante y construir equipos con personas que complementen nuestras debilidades.

Como empresa, aún queda camino por recorrer, pero esperamos poder ser un ejemplo para las nuevas generaciones de emprendedores y ayudar a transformar nuestro país de manera más rápida y efectiva. ■