

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD  
CATÓLICA DEL PERÚ**

**Escuela de Posgrado**



**LA BAJA PROPENSIÓN POR INNOVAR EN EL  
SECTOR MINERO. ESTUDIO DE CASO**

Tesis para obtener el grado académico de Magíster en Gestión y  
Política de la Innovación y la Tecnología  
que presenta:

*Walter Orson Lazo Pazce*

**Asesor:**

*Aníbal Eduardo Ismodes Cascón*

**Lima, 2023**

### Informe de Similitud

Yo, Anibal Eduardo Ismodes Cascón, docente de la Escuela de Posgrado de la Pontificia Universidad Católica del Perú, asesor(a) de la tesis/el trabajo de investigación titulado:

LA BAJA PROPENSIÓN POR INNOVAR EN EL SECTOR MINERO. ESTUDIO DE CASO, del/de la autor(a) / de los(as) autores(as) Lazo Pazce, Walter Orson.

dejo constancia de lo siguiente:

- El mencionado documento tiene un índice de puntuación de similitud de ...16..%. Así lo consigna el reporte de similitud emitido por el software *Turnitin* el 06/06/2022.
- He revisado con detalle dicho reporte y la Tesis o Trabajo de Suficiencia Profesional, y no se advierte indicios de plagio.
- Las citas a otros autores y sus respectivas referencias cumplen con las pautas académicas.

Lugar y fecha:

Lima, 15 de mayo 2023

Apellidos y nombres del asesor / de la asesora: <u>Ismodes Cascón Anibal Eduardo</u>	
DNI: 07713779	Firma 
ORCID: 0000-0001-8975-8800	

## Resumen

La cultura de innovación en Perú es débil, la cual se refleja en que las empresas privadas no tienen interés en invertir en innovaciones. En el rubro de la minería se puede notar que; a pesar de que el Perú tiene más proyectos, mayor cantidad de reservas y mayor oportunidad de crecimiento en minería; Chile logra generar no solo un mayor PBI por producción minera, sino que además en los últimos años está siendo reconocido a nivel mundial como desarrollador y proveedor de tecnologías aplicadas a la minería.

El gobierno chileno, como ejemplo de la otra cara de la moneda, ha venido adoptando prácticas transformativas y con un principal énfasis en el rubro minero, lo cual ha permitido que surjan empresas y startups con propuestas de soluciones innovadoras; en cambio el Perú sigue con su modelo minero tradicional, el cual se refleja en que sólo sigue replicando los casos de éxito de introducción de nuevas tecnologías en otras operaciones mineras. Perú al adoptar servicios de proveedores principalmente extranjeros con soluciones validadas, no permite o incentiva la creación u oportunidad de desarrollo de un mercado basado en proveedores locales y cuyas soluciones se basen en innovación y desarrollo tecnológico para la minería; manteniendo el modelo minero tradicional. Por ello las empresas mineras peruanas son altamente vulnerables a los precios de los minerales en el mercado global.

Sumado a ello, al no haber sido creada la solución que proponen los proveedores mineros de forma específica para el problema que se presenta en una minera local, incrementa la percepción de riesgo de las empresas mineras peruanas por incorporar esa nueva tecnología; y, por consiguiente, solo un pequeño porcentaje de empresas mineras se anima a invertir en innovación.

El presente trabajo aborda esta problemática, exponiendo la situación actual de Perú y Chile, para lograr entender las metodologías que se siguieron o no y que permitió a Chile ser un país reconocido a nivel mundial como uno de los que viene desarrollando más proyectos innovadores en el sector minero, con respecto al Perú, quien mantiene un modelo de minería tradicional.

## Agradecimiento

A mis padres, Magda y Walter, por su apoyo a lo largo de toda mi vida. Cada uno de mis logros es gracias a su determinación de sacarse un pan de la boca, para que yo lo pueda tener todo. Sin ellos, hoy no estaría en donde estoy.

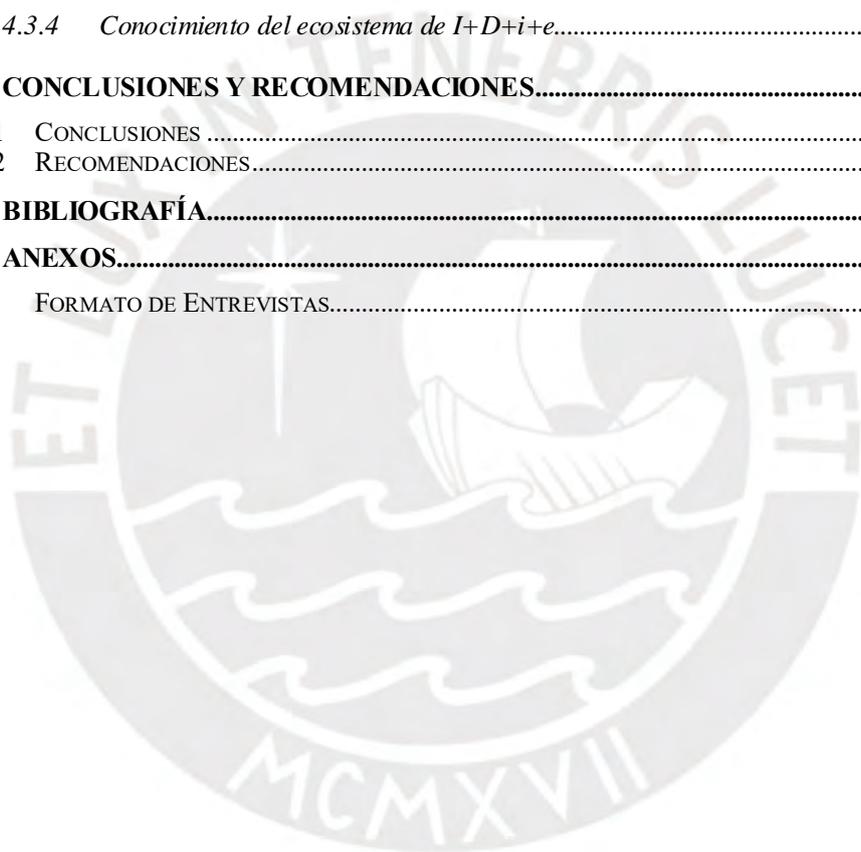
A mi compañera Olga, por haberme mostrado el camino correcto lleno de amor y felicidad para llegar a ser una mejor persona cada día y por ser ese impulso final que necesitaba para terminar la presente tesis.



# Índice

<b>LISTA DE TABLAS</b> .....	<b>7</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	<b>8</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>9</b>
<b>1 CONTEXTO E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	<b>13</b>
1.1 CONTEXTO: DESARROLLO DE LA MINERÍA EN EL PERÚ.....	13
1.2 CONTEXTO: DESARROLLO DE LA MINERÍA EN EL MUNDO .....	19
<b>2 MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>32</b>
2.1 CONCEPTO: MEDICIÓN DE LA INNOVACIÓN.....	32
2.2 MEDICIÓN DEL IMPACTO DE LA INNOVACIÓN EN MINERÍA. INNOVACIÓN ABIERTA .....	33
2.3 DEFINIENDO: EL MODELO DE INNOVACIÓN ABIERTA .....	35
2.3.1 <i>Modelo de Innovación Abierta: Networking</i> .....	37
2.3.2 <i>Modelo de Innovación Abierta: Mentorship</i> .....	38
2.3.3 <i>Modelo de Innovación Abierta: Tech Scouting</i> .....	38
2.3.4 <i>Modelo de Innovación Abierta: Club Deal</i> .....	39
2.3.5 <i>Modelo de Innovación Abierta: Idea Contest</i> .....	40
2.3.6 <i>Modelo de Innovación Abierta: Corporate Accelerator</i> .....	41
2.3.7 <i>Modelo de Innovación Abierta: Venture Capital</i> .....	42
2.3.8 <i>Modelo de Innovación Abierta: Joint Venture</i> .....	42
2.3.9 <i>Modelo de Innovación Abierta: Corporate Venture Capital</i> .....	44
2.4 DEFINIENDO: EL MODELO DE INNOVACIÓN NO ABIERTA.....	44
2.5 CONCEPTO: DEFINICIÓN DE NORMAS REFERIDAS A METODOLOGÍAS DE INNOVACIÓN .....	45
2.5.1 <i>Norma NTP 732.003</i> .....	45
2.5.2 <i>Norma ISO 56 000</i> .....	46
2.6 EJEMPLOS DE INNOVACIÓN ABIERTA EN EL SECTOR MINERO EN CHILE.....	46
2.6.1 <i>Reómetro en Línea: Caso de éxito en Chile, mediante la tipología de innovación abierta</i> 46	
2.6.2 <i>Cambio de palmetas de Trommel Automatizada: Caso de éxito en Chile, mediante la tipología de innovación abierta</i> .....	49
<b>3 METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN</b> .....	<b>52</b>
3.1 METODOLOGÍA Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN .....	52
3.1.1 <i>Unidad de Análisis</i> .....	52
3.1.2 <i>Objetivo de la Investigación</i> .....	52
3.1.3 <i>Preguntas de la Investigación</i> .....	53
3.1.4 <i>Proposiciones de la Investigación</i> .....	53
3.1.5 <i>Muestras de la Investigación</i> .....	54
3.1.6 <i>Proceso de recolección de la información para la Investigación</i> .....	54
<b>4 ESTUDIO DE CASO, RESULTADOS</b> .....	<b>56</b>
4.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO – PRIMER ESCENARIO: GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN EN 8 PROCESOS EN LA UNIDAD MINERA “A” DE UNA GRAN EMPRESA MINERA DE PERÚ.....	56
4.1.1 <i>Desarrollo y Antecedentes de la Etapa 01 del Proyecto de gestión de la información de producción</i> .....	58

4.1.2	<i>Desarrollo y Antecedentes de la Etapa 02 del Proyecto de gestión de la información de producción</i> .....	58
4.1.3	<i>Beneficios y Logros del Proyecto de gestión de la información de producción</i> .....	60
4.2	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO – SEGUNDO ESCENARIO: GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN EN PROCESOS CRÍTICOS EN LA UNIDAD MINERA “C” DE UNA GRAN EMPRESA MINERA DE PERÚ.....	62
4.2.1	<i>Desarrollo y Antecedentes de la Etapa 02 del Proyecto de gestión de la información de producción</i> .....	64
4.2.2	<i>Aprendizajes del Proyecto de gestión de la información de producción</i> .....	64
4.3	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO – TERCER ESCENARIO: PRESENTACIÓN DE ENCUESTAS, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	65
4.3.1	<i>Perfil e información del entrevistado</i> .....	65
4.3.2	<i>Indicadores y nivel de innovación</i> .....	66
4.3.3	<i>Grado de interés y participación</i> .....	68
4.3.4	<i>Conocimiento del ecosistema de I+D+i+e</i> .....	71
<b>5</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	<b>73</b>
5.1	CONCLUSIONES .....	73
5.2	RECOMENDACIONES.....	75
<b>6</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>76</b>
<b>7</b>	<b>ANEXOS</b> .....	<b>79</b>
A.	FORMATO DE ENTREVISTAS.....	80



## Lista de tablas

Tabla 1: Costo de principales productos mineros 2000 - 2022 .....	16
Tabla 2: Inversiones Mineras en el Perú, en el intervalo del 2000 al 2022.....	16
Tabla 3: Costo de principales productos mineros 2011 - 2017 .....	17
Tabla 4: Costo de principales productos mineros 2018 - 2022 .....	17
Tabla 5: Perfil e Información del Entrevistado, Encuesta (Parte 1).....	66
Tabla 6: Indicadores y Nivel de Innovación, Encuesta (Parte 2).....	67
Tabla 7: Grado de Interés y participación, Encuesta (Parte 3).....	70
Tabla 8: Conocimiento del Ecosistema de I+D+i+e, Encuesta (Parte 4).....	72



## Lista de figuras

Figura 1: Herramientas, utensilios y armas fabricados durante las culturas preincas e incaicas. Fuente: ( <a href="http://www.iimp.org.pe">http://www.iimp.org.pe</a> ). Consulta: octubre 2019 .....	14
Figura 2: Egresados de la Escuela de ingeniería civil y de minas de Lima que trabajaron de forma conjunta con profesionales extranjeros, impulsando el fortalecimiento de la minería. Fuente: ( <a href="http://www.iimp.org.pe">http://www.iimp.org.pe</a> ). Consulta: octubre 2019.....	14
Figura 3: Aporte al PBI según actividad económica – 1995.....	15
Figura 4: Inversión en I+D en relación con el PBI en países y regiones.....	18
Figura 5: Proyectos mineros alrededor del mundo.....	19
Figura 6: Cartera de Proyectos según país de procedencia de principal inversionista .....	20
Figura 7: Operaciones Mineras a nivel mundial (Top 40).....	21
Figura 8: Porcentaje de exportaciones a America Latina 2016 .....	23
Figura 9: Confianza empresarial para las inversiones de inversionistas de EEUU y la Zona Euro, a Julio de 2019.....	23
Figura 10: Precios del Zinc, Cobre y Oro, a Julio de 2019.....	24
Figura 11: Exportaciones de Perú al año 2017 .....	25
Figura 12: Exportaciones de Chile al año 2017 .....	26
Figura 13: Fomento a los proyectos mineros según la incertidumbre debido a las regulaciones ambientales .....	28
Figura 14: Fomento a los proyectos mineros según las condiciones de desarrollo comunitario.....	29
Figura 15: Fomento a los proyectos mineros según la estabilidad política .....	30
Figura 16: Principales riesgos de la industria minera global.....	31
Figura 17: Modelo de innovación tecnológica interactivo según Kline.....	32
Figura 18: Top 10 riesgos de negocio y de oportunidades.....	33
Figura 19: Modelo de Innovación Abierta.....	35
Figura 20: Cuadro Sinóptico de los Modelos de Innovación Abierta.....	36
Figura 21: 9 Modelos de Innovación Abierta .....	37
Figura 22: Desarrollo de programas en minería - Universidad de Queensland .....	47
Figura 23: Concepto de la solución desarrollada por MIRS - Cambio de palmetas de Trommel Automatizada .....	51
Figura 24: Diagrama de la metodología de investigación realizada .....	53
Figura 25: Producción Minera Metálica y de Cobre (Variación en % Interanual) ...	56
Figura 26: Un Dashboard obtenido - Resultado: Información en tiempo real de peso izado por nivel en el Winche, a fecha 29 de Marzo 2017 .....	60
Figura 27: Relación de Beneficios alcanzados con el Proyecto de Gestión de la información de producción.....	61
Figura 28: Información del sistema de control en U.M. "A" .....	63

## Introducción

El desarrollo del sector minero en el Perú ha permitido que la minería se convierta en el motor de crecimiento económico del país. La relación que se ha venido desarrollando entre el Perú y el rubro minero viene de hace varios siglos. En la época preinca e incaica, las riquezas del subsuelo tales como los minerales solo cumplían un rol ornamental. Fue recién desde el virreinato que se empezó a hacer un aprovechamiento de los minerales para la economía. Y apenas de 1990 en adelante se inicia con un impulso para el desarrollo de la minería en el país, el cual fue posible también al modelo económico que se propuso como cambio y la apertura a nuevos mercados, lo que hizo que la minería se convierta en el pilar fundamental de la economía peruana hasta hoy en día.

Tal como se muestra en la información estadística del INEI, el aporte de la minería e hidrocarburos al PBI en el año 1995 fue de 5.63%. Ese año fue una primera muestra de lo que el desarrollo económico basado en la actividad minera podía ofrecer al país. Entre los años 1994 y 2000 la contribución del sector minero e hidrocarburos se mantuvo en un promedio de 5.71%, a diferencia del promedio que se presenta en el intervalo del 2001 al 2010, que subió a un 10.51%. Este incremento significativo se explica con facilidad debido al aumento que tuvieron los precios de los principales minerales a nivel global. Principalmente en el año 2004 se notó un incremento considerable en el precio en el mercado global de los minerales, que siguió en pendiente positiva hasta el 2010-2011. Esto permitió que haya una mayor inversión para el desarrollo de proyectos y expansión o ampliaciones de los proyectos que ya venían operando.

Este crecimiento sostenido durante los periodos indicados permitió un desarrollo en distintos frentes, tales como:

- Crecimiento económico sostenido,
- Generación de empleo (169 mil puestos de trabajo directos y 6.25 puestos de trabajo indirectos por cada directo),
- Generación de divisas (cerca al 62%), y
- Transferencias al tesoro público y a las regiones en las que se llevan a cabo las operaciones mineras (por más de 4,000 millones de soles).

A pesar de estos buenos indicadores, las empresas e inversionistas que se involucran en minería en el Perú siempre se han enfrentado a muchos desafíos, los cuales están vinculados directamente a temas sociales y medioambientales. Peor

aún, la caída de los precios a nivel mundial de los minerales a partir del año 2011 cambia por completo el panorama para el desarrollo de la minería.

Además de los desafíos sociales y ambientales ya expuestos, la caída en los precios que se presentó al cierre de la década del 2010 hubiera sido detonante para que las empresas e inversionistas en el sector minero incentiven un cambio en su modelo tradicional, buscando soluciones en base al desarrollo de proyectos innovadores para mejorar sus niveles de competitividad, así como también mejorar la productividad, reduciendo sus impactos negativos al medio ambiente e involucrando de mejor manera a los actores interesados (tales como comunidades aledañas y proveedores locales). Eso hubiera sido posible con incremento significativo en sus áreas de investigación y desarrollo (I+D) o en sus fondos para el desarrollo de capacidades en las localidades cercanas con innovación y emprendimiento (i+e). Lamentablemente, desde el año 2013, la cantidad que ha invertido el país en programas I+D+i+e ha sido de 0.13% del PBI en promedio, una de las más bajas de Latinoamérica.

Este debería de ser visto como un desafío y una oportunidad a la vez, pues otros países en la región y a nivel mundial han logrado grandes cambios en sus motores de crecimiento económico gracias a una mayor inversión en I+D+i+e en distintos rubros económicos.

Si bien, Perú no logró sacarle provecho a esa situación que se presentó a partir del año 2011, Chile sí lo hizo. Actualmente, Chile es uno de los países de la región que es considerado un referente en el desarrollo de proyectos innovadores, en donde se viene reforzando su oferta local gracias a empresas incubadas que ofrecen soluciones basadas en “nuevas tecnologías” para aplicaciones en minería.

Al igual que el Perú, el rubro minero es extremadamente estratégico para Chile, ya que actualmente representa aproximadamente el 13% del PIB; aglomera el 60% de las exportaciones; y, viene generando el 11% de empleos. Para contribuir con ese crecimiento de forma sostenible, han impulsado una gestión para reforzar el sector y a la creación de proveedores locales mediante un modelo de innovación abierta y con programas de colaboración a gran escala, implementado mediante el “Programa de Innovación Abierta en Minería: Expande”, que es parte de la estrategia de desarrollo económico a nivel nacional. El programa descrito se basa en un modelo colaborativo público-privado, y tiene como objetivo conectar desafíos que las empresas mineras presentan con proveedores (empresas ya consolidadas, en etapa

temprana o startups) que ofrezcan soluciones con base científica tecnológica que ya cuenten o que estén dispuestas a desarrollar soluciones de alto impacto y que les permita obtener valor agregado a largo plazo y de forma sostenible, generando así un ecosistema idóneo para la creación de nuevas industrias del conocimiento.

El Programa Expande se viene desarrollado desde hace 10 años, y apunta como objetivo central al SmartMining, para lo cual requiere de la participación y colaboración de los principales actores del ecosistema de innovación y emprendimiento de Chile, así como a las entidades estatales, empresas del sector minero y las universidades.

Según las estrategias presentadas por el gobierno chileno, descritas en la “Agenda de Productividad, Innovación y Crecimiento” (2014-2018), “Agenda de Impulso Competitivo” (2010-2014), y la “Agenda de Productividad” (2000-2010), el enfoque principal de este país es la de “fortalecer las ventajas competitivas en la actividad productiva minera y en el sector de proveedores mineros”. La estrategia apunta a un fortalecimiento de proveedores locales, que desarrollen capacidades no solo para proveer a un mercado local, sino también que tengan la capacidad de exportar bienes y servicios para el sector minero. Dicha estrategia ya viene generando un fuerte impacto en el Perú, pues a la fecha las empresas proveedoras de soluciones basadas en tecnología chilenas tienen como principal destino el mercado peruano desde el año 2012.

En cuanto a minería se refiere, desde el año 2000 Chile ha venido adoptando prácticas transformativas en sus procesos, lo que ha generado un ecosistema idóneo para que aparezcan y se desarrollen empresas locales que ofrecen productos y servicios basado en soluciones innovadoras; mientras que Perú ha seguido su modelo tradicional, replicando tecnologías y adquiriendo productos y servicios de empresas extranjeras con soluciones ya validadas, lo que impide el desarrollo de un mercado interno basado en soluciones innovadoras en el rubro minero.

Ante este escenario, el presente trabajo tiene por finalidad explorar los factores que impiden el desarrollo de innovaciones en el sector minero. Se espera que este estudio de caso contribuya a impulsar un ecosistema que permita generar soluciones innovadoras basadas en desarrollo tecnológico y que puedan ser aplicados al rubro minero en el Perú.

En el primer capítulo se brinda el contexto y la hipótesis de la investigación, presentando cómo es que se ha venido desarrollando la minería en el Perú y el mundo, y como país de referencia para hacer un contraste se elabora un análisis de Chile.

En el segundo capítulo se trabaja en el marco teórico sobre el cual se sustenta las ideas y conceptos teóricos sobre el tema de estudio. Se inicia con la descripción de la medición de la innovación que permite identificar el impacto que genera la introducción de innovación en las actividades de las empresas: Para ello se toman los conceptos presentados por exponentes en innovación para tener un punto de inicio para el análisis según la tipología de innovación abierta. Se expone también los 9 modelos de innovación abierta y dos ejemplos a modos de casos de éxito en Chile, en los cuales se trabajó con la tipología de innovación abierta.

En el tercer capítulo se expone la propuesta de la metodología de investigación. Se explica el por qué trabajar un estudio de caso. Se trata de estudiar a través de entrevistas, para conseguir una adecuada cantidad de datos que permita realizar una mejor identificación y análisis de los factores que podrían estar frenando el desarrollo de estrategias basadas en innovación y que si se superan, podrían contribuir en el replanteamiento del modelo minero tradicional en el Perú, incentivando la innovación.

El cuarto capítulo expone los datos e información recabada. Primero se presenta la descripción de un caso de éxito en Perú, un ejemplo concreto que se trabajó con una empresa minera peruana, con una tipología de innovación no abierta, desarrollando todo el contexto de este. Luego, se muestran las entrevistas realizadas, así como el respectivo análisis y discusión que se propone, como parte de los resultados obtenidos.

Por último, en el quinto capítulo se brindan las conclusiones y recomendaciones que se basan en los hallazgos realizados en la presente investigación, que buscan un aprendizaje en cuanto al entendimiento y a posibles estrategias para trabajar en los factores que influyen en el replanteamiento del modelo minero tradicional, para impulsar un ecosistema que permita la innovación mediante el desarrollo soluciones basadas en innovaciones tecnologías para aplicaciones en el sector minero.

**Palabras clave:** Minería, Innovación, Tecnología.

## 1 Contexto e hipótesis de la investigación

### 1.1 Contexto: Desarrollo de la Minería en el Perú

FACTOR ECONÓMICO: El desarrollo del sector minero en el Perú ha permitido que la minería se convierta en el motor de crecimiento económico del país.

La relación que se ha venido desarrollando entre el Perú y el rubro minero viene de hace varios siglos. En la época preinca e incaica, las riquezas del subsuelo tales como los minerales solo cumplían un rol ornamental (Benavides Ganoza, 2013, págs. 7-10), prueba de esto son las reliquias encontradas y compuestas por piezas y ornamentos de orfebrería de las que hacían uso las altas clases sociales de las distintas culturas y comunidades altoandinas que ocupaban el actual terreno peruano en la antigüedad (Chavín 900 a.C., Vicus 900 a.C. – 300 d.C., Paracas 700 – 500 a.C., Nasca 100 d.C., Mochica 80 d.C., Tiahuanaco 1540 a.C. – 1200 d.C., Wari 550 – 900 d.C. y el Imperio Incaico 1200 – 1533 d.C.), las cuales eran trabajadas en oro, plata y cobre principalmente, demostrando el alto grado de conocimiento en la minería metálica y desarrollo de la metalurgia, tal como se aprecia en la *figura 1* (Instituto de Ingenieros de Minas del Perú, 2019).





**Figura 1: Herramientas, utensilios y armas fabricados durante las culturas preincas e incaicas.**  
Fuente: (<http://www.iimp.org.pe>). Consulta: octubre 2019

Es desde el virreinato que se empieza a explotar las riquezas del subsuelo, para generar riqueza. Como menciona Fernando Villaran, entre los siglos XVI y XVII la actividad que tuvo un preponderante apogeo desde los inicios de la era colonial fue la minería, enfocada principalmente en la explotación de oro y plata (Fernando Villaran, 2015).

Entre las décadas de 1950 y 1960, la minería permitió un fortalecimiento empresarial debido a que grupo de profesionales peruanos y extranjeros empezaron a trabajar de forma conjunta e hicieron comprender que era necesario trabajar en nuevas técnicas para la explotación minería (Instituto de Ingenieros de Minas del Perú, 2019).

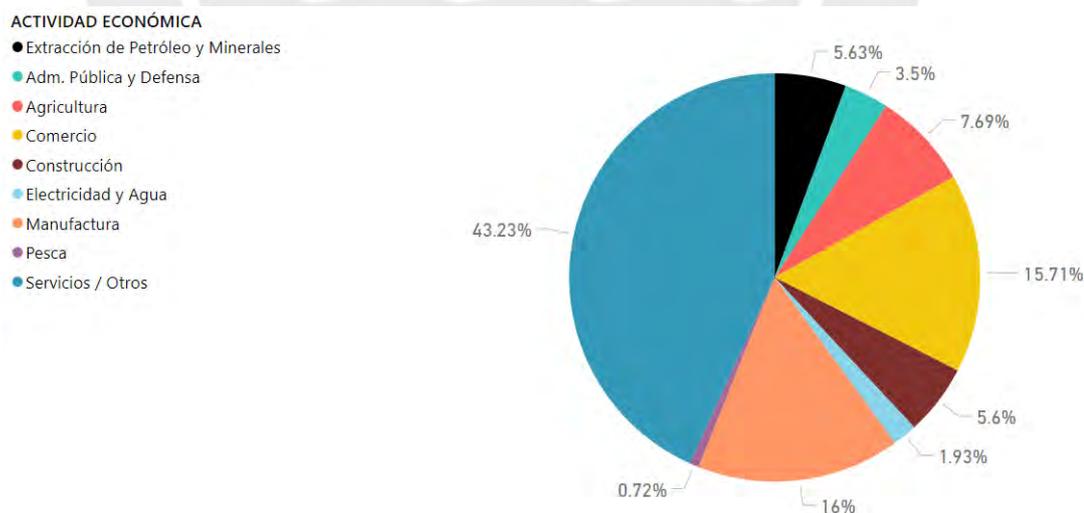


**Figura 2: Egresados de la Escuela de ingeniería civil y de minas de Lima que trabajaron de forma conjunta con profesionales extranjeros, impulsando el fortalecimiento de la minería.**  
Fuente: (<http://www.iimp.org.pe>). Consulta: octubre 2019

Entre las décadas de 1970 y 1980 las condiciones políticas frenaron su crecimiento.

Apenas de 1990 en adelante se inicia con un impulso para el desarrollo de la minería en el país (Benavides Ganoza, 2013, págs. 7-10), el cual fue posible también al modelo económico que se propuso como cambio y la apertura a nuevos mercados, lo que hizo que la minería se convierta en el pilar fundamental de la economía peruana hasta hoy en día (Instituto de Ingenieros de Minas del Perú, 2019). El presente análisis muestra el desarrollo de la minería a partir de la década de los 90.

Tal como se muestra en la información estadística del INEI, el aporte de la minería e hidrocarburos al PBI en el año 1995 fue de 5.63%, tal como se muestra en la *figura 3*. Ese año fue una primera muestra de lo que el desarrollo económico basado en la actividad minera podía ofrecer al país. Entre los años 1994 y 2000 la contribución del sector minero e hidrocarburos se mantuvo en un promedio de 5.71%, a diferencia del promedio que se presenta en el intervalo del 2001 al 2010, que subió a un 10.51%. Este incremento significativo se explica con facilidad debido al aumento que tuvieron los precios de los principales minerales a nivel global, tal como se muestra en la *tabla 1* (Peru Top Publications, 2011) y principalmente en el año 2004 se notó un incremento considerable en el precio en el mercado global de los minerales, que siguió en pendiente positiva hasta el 2010-2011. Esto permitió que haya una mayor inversión para el desarrollo de proyectos y expansión o ampliaciones de los proyectos que ya venían operando, tal como se puede observar en la *tabla 2*.



**Figura 3: Aporte al PBI según actividad económica – 1995**  
**Fuente: Elaborado a partir de los cuadros estadísticos del INEI**  
**(<https://www.inei.gov.pe/estadisticas/>). Consulta: marzo 2018**

**Tabla 1: Costo de principales productos mineros 2004 – 2010**

<b>Cotización de principales productos mineros 2004 - 2010 (Promedio anual)</b>						
<b>Año</b>	<b>Cobre - (cUS\$ por libras)</b>	<b>Estaño (cUS\$ por libras)</b>	<b>Oro (US\$ por onzas troy)</b>	<b>Plata (US\$ por onzas troy)</b>	<b>Plomo (cUS\$ por libras)</b>	<b>Zinc (cUS\$ por libras)</b>
2004	130.00	384.69	409.85	6.69	40.21	47.53
2005	166.88	334.78	445.47	7.34	44.28	62.68
2006	304.90	398.29	604.58	11.57	58.50	148.56
2007	322.91	659.47	697.15	13.41	117.03	147.07
2008	315.29	838.59	871.71	15.02	94.74	84.99
2009	233.55	618.02	972.98	14.65	77.92	75.04
2010	341.74	924.72	1225.26	20.16	97.39	97.97

Fuente: Las Minas del Perú 2011 – 2013. Peru Top Publications 2011

**Tabla 2: Inversiones Mineras en el Perú, en el intervalo del 2000 al 2022**

<b>PERIODO</b>	<b>PLANTA BENEFICIO</b>	<b>EQUIPAMIENTO MINERO</b>	<b>EXPLORACIÓN</b>	<b>INFRAESTRUCTURA</b>	<b>DESARROLLO Y PREPARACIÓN</b>	<b>OTROS</b>	<b>TOTAL</b>
2000	364,712,526	134,006,849	53,822,254	235,452,422	47,233,302	179,336,591	1,014,563,944
2001	203,780,068	439,041,747	75,252,292	347,989,506	127,548,743	215,782,073	1,409,394,430
2002	87,638,714	96,554,214	48,579,876	124,155,763	29,345,195	42,398,074	428,671,836
2003	43,234,625	49,350,861	29,833,129	53,040,773	18,433,272	41,018,096	234,910,756
2004	64,309,155	56,722,253	47,032,189	46,008,521	12,574,359	94,914,087	321,560,564
2005	30,458,306	161,210,851	83,709,674	252,961,181	29,544,632	277,352,585	835,237,230
2006	63,538,746	124,092,578	102,387,499	640,626,630	64,837,125	273,461,734	1,268,944,312
2007	63,768,994	125,551,262	136,592,095	336,788,377	50,179,973	197,918,361	910,799,062
2008	141,038,944	176,688,012	167,839,351	321,482,441	131,980,228	328,783,686	1,267,812,661
2009	319,825,374	499,659,327	393,600,074	376,380,329	196,060,821	504,747,514	2,290,273,440
2010	416,011,993	518,078,947	615,815,227	827,591,969	510,276,007	443,780,328	3,331,554,471
2011	1,124,827,734	776,151,268	869,366,744	1,406,825,781	788,187,748	1,412,256,088	6,377,615,364
2012	1,140,068,755	525,257,850	905,401,645	1,797,233,970	638,740,607	2,491,504,593	7,498,207,420
2013	1,414,373,690	789,358,144	776,418,375	1,807,744,001	404,548,165	3,671,179,592	8,863,621,966
2014	889,682,461	557,607,616	625,458,907	1,463,521,224	420,086,095	4,122,853,398	8,079,209,701
2015	446,220,610	654,233,735	527,197,097	1,227,816,025	374,972,373	3,594,226,251	6,824,666,091
2016	238,198,426	387,635,216	377,040,495	1,079,332,226	349,652,787	902,976,247	3,334,835,398
2017	288,970,985	494,979,585	493,151,013	1,587,982,495	389,701,253	723,545,746	3,978,331,076
2018	1,425,437,360	660,548,271	431,269,530	1,080,570,099	755,185,111	608,828,124	4,961,838,494
2019	1,337,608,412	1,040,705,741	355,681,265	1,336,519,800	1,117,881,994	720,097,787	5,908,494,999
2020	1,440,816,623	744,024,629	215,749,759	858,753,509	389,591,504	676,445,238	4,325,381,262
2021	1,405,729,204	748,310,151	329,447,136	1,400,582,093	592,090,719	765,976,827	5,242,136,130
<b>2022 (ene-abr)</b>	<b>378.367.630</b>	<b>134.333.564</b>	<b>110.632.250</b>	<b>341.455.531</b>	<b>223.071.351</b>	<b>255.261.113</b>	<b>1.443.121.439</b>

Fuente: Base de datos del Ministerio de Energía y Minas, datos disponibles hasta abril 2022.

FACTOR SOCIAL: Este crecimiento sostenido durante los periodos indicados permitió un desarrollo en distintos frentes (Ministerio de Energía y Minas, 2018, págs. 100 - 120)., tales como:

- Crecimiento económico sostenido,
- Generación de empleo (169 mil puestos de trabajo directos y 6.25 puestos de trabajo indirectos por cada directo),
- Generación de divisas (cerca al 62%), y
- Transferencias al tesoro público y a las regiones en las que se llevan a cabo las operaciones mineras (por más de 4,000 millones de soles).

A pesar de estos buenos indicadores, las empresas e inversionistas que se involucran en minería en el Perú siempre se han enfrentado a muchos desafíos, los cuales están vinculados directamente a temas sociales y medioambientales. Peor

aún, la caída de los precios a nivel mundial de los minerales a partir del año 2011, la cual se muestra en la *tabla 3*, cambia por completo el panorama para el desarrollo de la minería.

**Tabla 3: Costo de principales productos mineros 2011 - 2017**

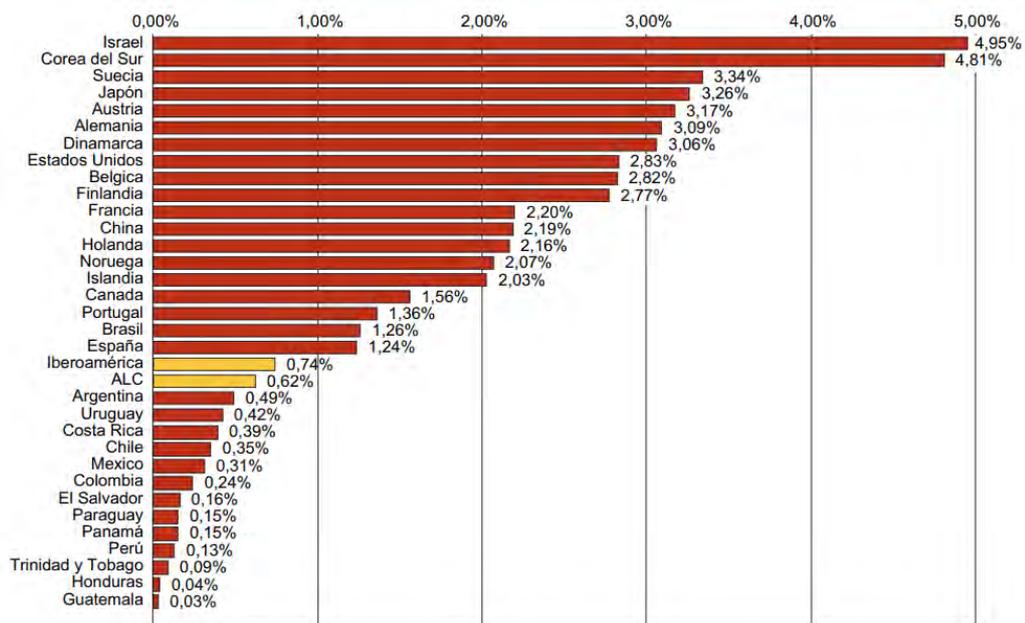
<b>Cotización de principales productos mineros 2011 - 2017 (Promedio anual)</b>						
<b>Año</b>	<b>Cobre - (¢US\$ por libras)</b>	<b>Estaño (¢US\$ por libras)</b>	<b>Oro (US\$ por onzas troy)</b>	<b>Plata (US\$ por onzas troy)</b>	<b>Plomo (¢US\$ por libras)</b>	<b>Zinc (¢US\$ por libras)</b>
2011	400.20	1,183.96	1,569.53	35.17	108.97	99.50
2012	360.55	958.08	1,669.87	31.17	93.54	88.35
2013	332.31	1,012.24	1,411.00	23.86	97.17	86.65
2014	311.16	994.08	1,266.09	19.08	95.07	98.07
2015	249.44	728.97	1,161.06	15.73	81.05	87.65
2016	220.57	815.68	1,247.99	17.14	84.82	94.80
2017	279.61	911.66	1,257.23	17.06	105.12	131.17

**Fuente:** Base de datos del Ministerio de Energía y Minas. Consulta: mayo 2018.

**Tabla 4: Costo de principales productos mineros 2018 - 2022**

<b>PERIODO</b>	<b>COBRE</b>	<b>ORO</b>	<b>ZINC</b>	<b>PLATA</b>	<b>PLOMO</b>	<b>ESTAÑO</b>	<b>HIERRO</b>	<b>MOLIBDENO</b>
	Ctvs. US\$/lb. <i>LME</i>	US\$/oz tr <i>LBMA</i>	Ctvs. US\$/lb. <i>LME</i>	US\$/oz tr <i>London Fix</i>	Ctvs. US\$/lb. <i>LME</i>	Ctvs.US\$/lb <i>LME</i>	US\$/TM <i>TSI</i>	US\$/lb <i>LME</i>
2018	295.9	1,268.9	132.5	15.7	101.7	914.1	69.5	11.9
2019	272.1	1,393.7	115.5	16.2	90.7	845.6	93.4	11.3
2020	280.3	1,771.0	102.8	20.5	82.8	778.3	108.9	8.7
2021	422.6	1,799.2	136.4	25.1	100.1	1,482.3	159.2	15.9
<b>2022</b>								
Ene.	443.4	1,816.3	163.7	23.1	106.3	1,896.3	131.2	19.0
Feb.	450.9	1,857.7	165.3	23.5	104.3	2,001.1	142.0	19.0
Mar.	464.4	1,947.4	180.3	25.2	107.0	2,007.1	150.2	19.2

**Fuente:** Base de datos del Ministerio de Energía y Minas, datos disponibles hasta abril 2022.



**Figura 4: Inversión en I+D en relación con el PBI en países y regiones**  
**Fuente: El estado de la ciencia. Principales indicadores de ciencia y tecnología Iberoamericanos / Interamericanos, 2020.**

FACTOR POLÍTICO: Además de los desafíos sociales y ambientales ya expuestos, la caída en los precios que se presentó al cierre de la década del 2010 hubiera sido detonante para que las empresas e inversionistas en el sector minero incentiven un cambio en su modelo tradicional, buscando soluciones en base al desarrollo de proyectos innovadores para mejorar sus niveles de competitividad, así como también mejorar la productividad, reduciendo sus impactos negativos al medio ambiente e involucrando de mejor manera a los actores interesados (tales como comunidades aledañas y proveedores locales). Eso hubiera sido posible con incremento significativo en sus áreas de investigación y desarrollo (I+D) o en sus fondos para el desarrollo de capacidades en las localidades cercanas con innovación y emprendimiento (i+e). Lamentablemente desde el año 2013, tal como se aprecia en la *figura 4*, la cantidad que ha invertido el país en programas I+D+i+e ha sido de 0.13% del PBI en promedio (Equipo Técnico de la Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología- Iberoamericana e Interamericana, 2020, pág. 24),, una de las más bajas de Latinoamérica.

Este debería de ser visto como un desafío y una oportunidad a la vez, pues otros países en la región y a nivel mundial han logrado grandes cambios en sus motores de crecimiento económico gracias a una mayor inversión en I+D+i+e en distintos rubros económicos.

## 1.2 Contexto: Desarrollo de la Minería en el Mundo

En el presente contexto, cabe identificar el desarrollo de la minería en el mundo. En la *figura 5* se muestra la ubicación de los proyectos mineros que se vienen ejecutando (en cualquiera de sus fases: prefactibilidad, factibilidad, ingeniería al detalle, construcción y operación), en donde se puede identificar la gran cantidad de estos.



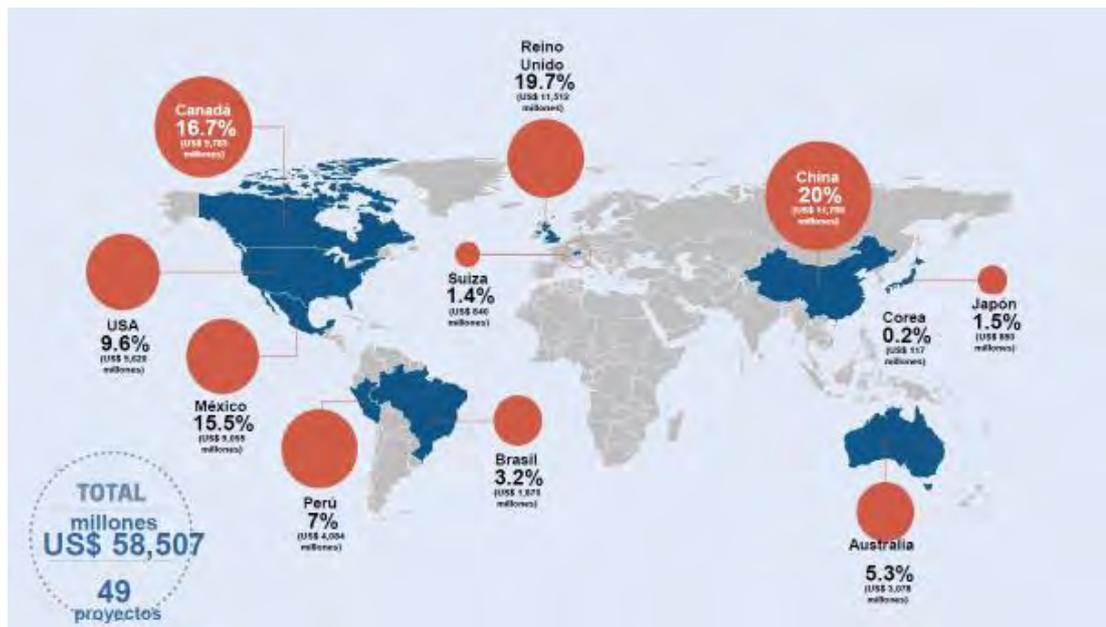
**Figura 5: Proyectos mineros alrededor del mundo**

**Fuente: Informe elaborado por el Instituto de Ingeniería y Minas del Perú a marzo del 2018.**

Las estrategias que se llevan a cabo en cada proyecto minero siguen los lineamientos del principal inversionista. Tal como se muestra en la *figura 6*, del total de 49 proyectos mineros del Perú en cartera, el 20% del capital proviene de China. En segundo lugar, se encuentra Reino Unido, con un 19,7% del capital, seguido por Canadá con un 16,7% y México, con un 15,5%.

Esta mención es importante, debido a que 3 de esos 4 países cuentan con operaciones mineras en sus territorios, tal como se muestra en la *figura 7*; quienes comparten parte del conocimiento adquirido en sus operaciones locales, para intentar replicar los desarrollos tecnológicos en las operaciones foráneas.

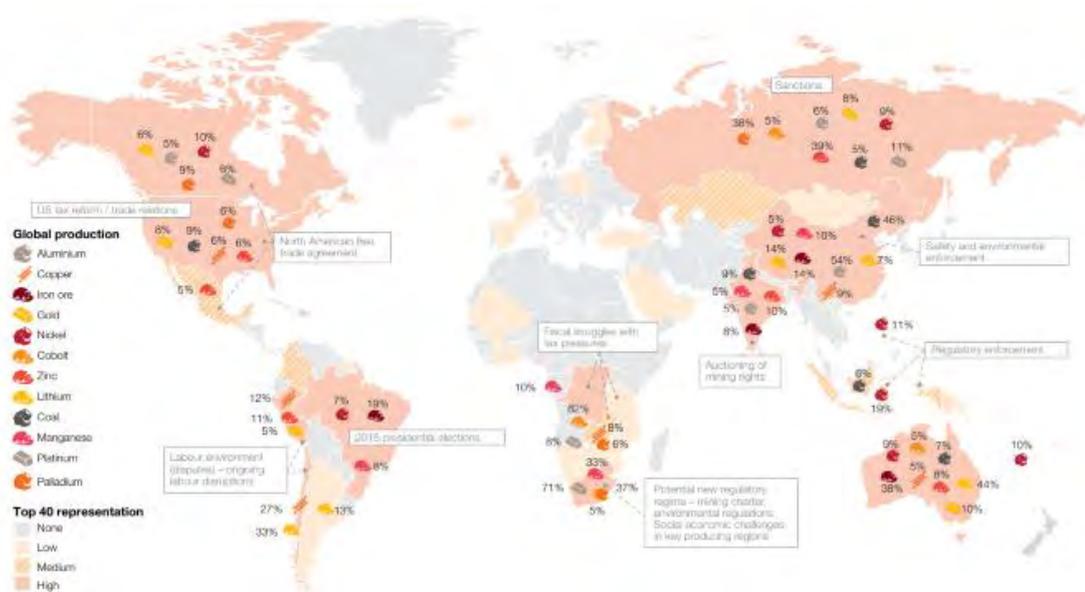
Un ejemplo de ello se encuentra en el proyecto de ingeniería para la instalación de un equipo de última generación para el proceso de concentrado de mineral que se llevó a cabo a la par en México y Perú el año 2017 (Directorio de Southern Cooper Corporation, 2017, págs. 9, 10). El Grupo México S.A.B., en sus operaciones de Buenavista (procesamiento de Zinc y Cobre en México) y Toquepala (procesamiento de cobre en Perú) ha realizado una inversión de USD \$1,613 millones para incrementar la capacidad de producción anual mediante la instalación de los equipos mencionados.



**Figura 6: Cartera de Proyectos según país de procedencia de principal inversionista**  
**Fuente: Luis Fernando Gala Soldevilla, elaborado en setiembre 2018 en base al informe de la Dirección de Promoción Minera del MINEM al 1ero de marzo del 2018.**

Sin embargo, esto no es suficiente para entender el nivel de innovación que se viene desarrollando a nivel mundial. La inversión realizada por el Grupo México S.A.B. no consistió en el desarrollo de un proyecto innovador. Todo lo contrario, fue un comportamiento común del rubro minero, quienes “hace más de una década vienen haciendo lo mismo, con la esperanza de obtener resultados diferentes” (Deloitte Touche Tohmatsu Limited, 2018).

En el caso de Perú, Chile es uno de sus referentes para el desarrollo de “nuevas tecnologías”, a pesar de que el Perú cuenta con el liderazgo en capacidad de producción y reservas en distintos productos metálicos y no metálicos. En una entrevista ofrecida por el director general de RTM (Real Time Management, Consultora) Cristophe De Greift al diario El Comercio en donde se presenta el tema de la timidez con la que se aborda la adopción de nuevas tecnologías tales como AI, IoT y robótica por las empresas peruanas, Cristophe menciona que: “El Perú debería destacar en minería, sin embargo, no tengo conocimiento de que seamos un referente” (Mendoza Riofrío, 2018).



**Figura 7: Operaciones Mineras a nivel mundial (Top 40)**  
**Fuente: Mining Report 2018 – PWC Global**

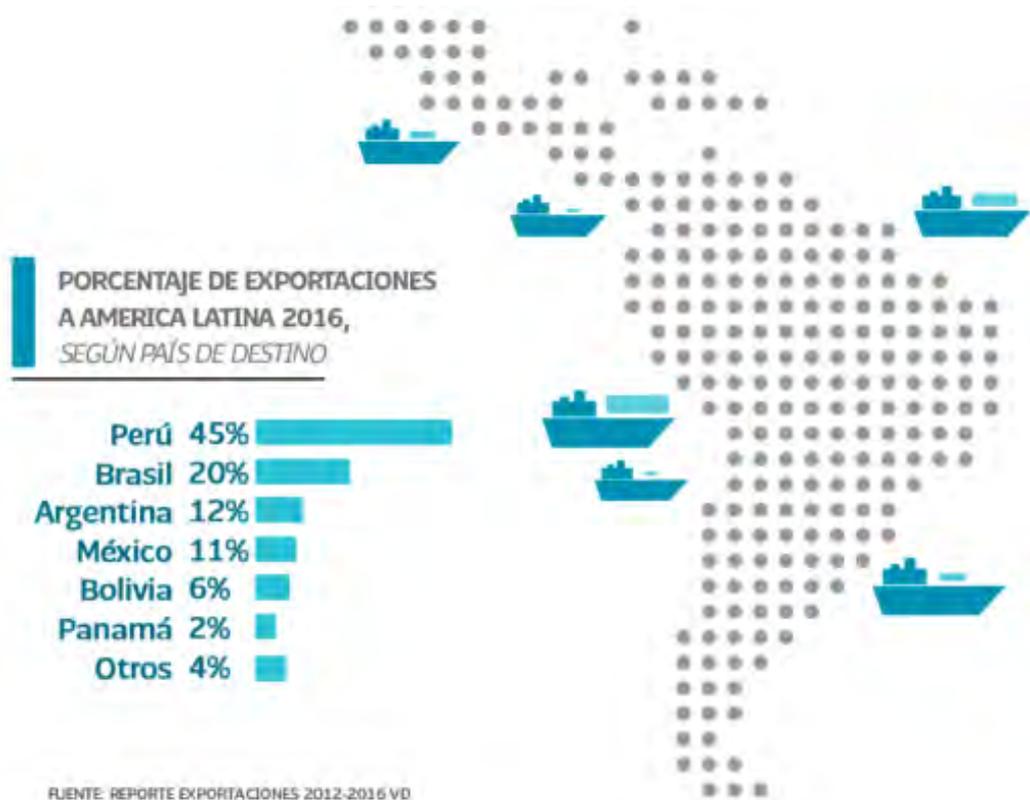
Al igual que el Perú, el rubro minero es extremadamente estratégico para Chile, ya que actualmente representa aproximadamente el 13% del PIB, equivalente al PBI; aglomera el 60% de las exportaciones; y, viene generando el 11% de empleos (Villarino, 2015). Para contribuir con ese crecimiento de forma sostenible, han impulsado una gestión para reforzar el sector y a la creación de proveedores locales mediante un modelo de innovación abierta y con programas de colaboración a gran escala, implementado mediante el “Programa de Innovación Abierta en Minería: Expande”, que es parte de la estrategia de desarrollo económico a nivel nacional. El programa descrito se basa en un modelo colaborativo público-privado, y tiene como objetivo conectar desafíos que las empresas mineras presentan con proveedores (empresas ya consolidadas, en etapa temprana o startups) que ofrezcan soluciones con base científica tecnológica que ya cuenten o que estén dispuestas a desarrollar soluciones de alto impacto y que les permita obtener valor agregado a largo plazo y de forma sostenible, generando así un ecosistema idóneo para la creación de nuevas industrias del conocimiento (Kulka, 2018).

El Programa Expande se viene desarrollado desde hace 10 años, y apunta como objetivo central al SmartMining, para lo cual requiere de la participación y colaboración de los principales actores del ecosistema de innovación y emprendimiento de Chile, así como a las entidades estatales, empresas del sector minero y las universidades (CORFO, Antofagasta Minerals, BHP, Codelco, Fondo de

Inversión Estratégica FIE, Programa Nacional de Minería Alta Ley de Transforma, Ministerio de Economía, Ministerio de Minería, Fundación Chile y BID-FOMIN).

Según las estrategias presentadas por el gobierno chileno, descritas en la “Agenda de Productividad, Innovación y Crecimiento” (2014-2018), “Agenda de Impulso Competitivo” (2010-2014), y la “Agenda de Productividad” (2000-2010), el enfoque principal de este país es la de “fortalecer las ventajas competitivas en la actividad productiva minera y en el sector de proveedores mineros” (Grupo Editorial Editec SPA, 2017). La estrategia apunta a un fortalecimiento de proveedores locales, que desarrollen capacidades no solo para proveer a un mercado local, sino también que tengan la capacidad de exportar bienes y servicios para el sector minero. Dicha estrategia ya viene generando un fuerte impacto en el Perú, pues a la fecha las empresas proveedoras de soluciones basadas en tecnología chilenas tienen como principal destino el mercado peruano desde el año 2012, como se puede ver en la *figura 8* (ProChile, Ministerio de Relaciones Exteriores, 2018).

En cuanto a minería se refiere, desde el año 2000 Chile ha venido adoptando prácticas transformativas en sus procesos, lo que ha generado un ecosistema idóneo para que aparezcan y se desarrollen empresas locales que ofrecen productos y servicios basados en soluciones innovadoras; mientras que Perú ha seguido su modelo tradicional, replicando tecnologías y adquiriendo productos y servicios de empresas extranjeras con soluciones ya validadas, lo que impide el desarrollo de un mercado interno basado en soluciones innovadoras en el rubro minero. Esto, sumado a un debilitamiento de la economía global (OECD, 2019), tal como se ve en la *figura 9*, se espera menores precios de forma sostenible en los minerales (Banco Central de Chile, 2019), tal como se muestra en la *figura 10*. Este escenario nuevamente es una oportunidad para replantear el modelo minero tradicional.



**Figura 8: Porcentaje de exportaciones a America Latina 2016**  
**Fuente: ProChile, Ministerio de Relaciones Exteriores, 2018**



**Figura 9: Confianza empresarial para las inversiones de inversionistas de EEUU y la Zona Euro, a Julio de 2019**  
**Fuente: Main Economic Indicators, Volume 2019 – Issue 8, Modificado. 2019**



**Figura 10: Precios del Zinc, Cobre y Oro, a Julio de 2019**  
**Fuente: Banco Central de Chile – Base de datos estadísticos, Modificado. 2019**

Tal como se presentó en el capítulo 1.1, las políticas económicas del Perú han logrado su objetivo: ser un país minero, en donde más del 70% de las exportaciones son materia prima y productos que se basan en la extracción de minerales, según lo mostrado en la *figura 11*. A diferencia de Chile, en donde las exportaciones de materia prima y productos que se basan en la extracción de minerales llegan a ser el 56%, según lo mostrado en la *figura 12*, gracias a los programas de diversificación y fortalecimiento de sus proveedores, lo que permite fortalecer otros sectores.

Otro punto relevante sería el alto riesgo que perciben las empresas mineras peruanas por incorporar nuevas tecnologías, aún no validadas en la industria. A esto se suma que al no haber sido diseñada la solución que proponen los proveedores mineros de forma específica para el problema que se presenta en una minera local, es menor la probabilidad de que las mineras adopten estas potenciales soluciones.

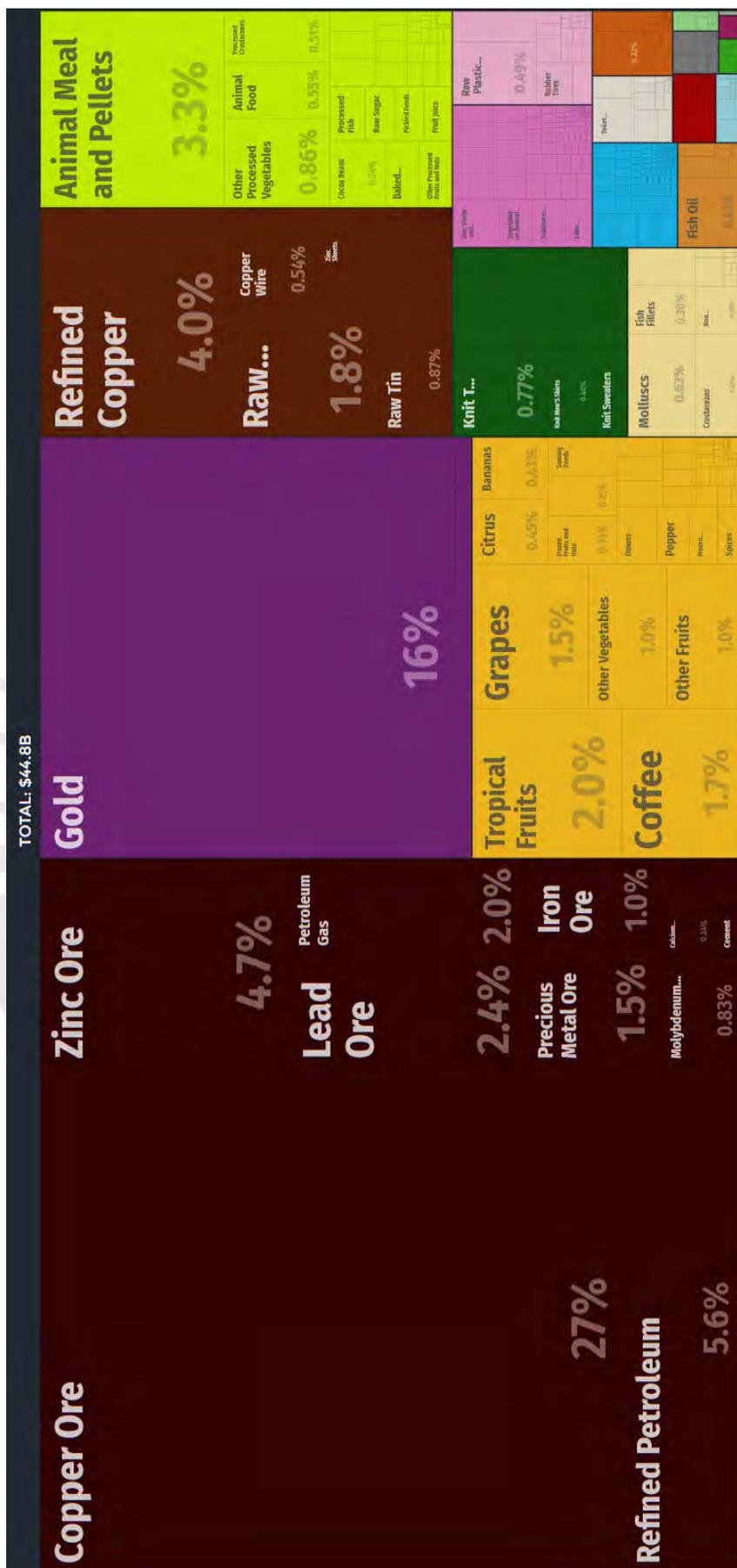


Figura 11: Exportaciones de Perú al año 2017  
Fuente: The observatory of economics complexity (OEC), Consulta a Noviembre 2019



Esa forma de hacer negocios por parte de las empresas e inversionistas es una de las causas por la cual las comunidades donde operan las mineras tienen una mala percepción, pues ven a las empresas extractivas como un enemigo por su bajo involucramiento con la sociedad en general. Si se considerara la adopción de nuevas tecnologías en sus procesos, las empresas mineras no solo serían generadoras de empleos indirectos, sino que también podrían optimizar sus procesos para ser más responsables con sus entornos, reduciendo su impacto al medio ambiente (Orson Lazo, 2022).

La mala percepción de las comunidades donde operan las mineras se relaciona con el bajo interés por la exploración y nuevos proyectos mineros en el Perú por parte de inversionistas y vinculado directamente a la estabilidad política, comparado con otros países como Chile y Canadá (quien figura con la ciudad de Quebec), reflexión a la que se llega al apreciar las *figuras 13, 14 y 15*. En dichas figuras se muestra que el porcentaje de empresas mineras/exploradoras encuestadas que apoyaría o participaría en la inversión de un proyecto minero en Perú sería menor del 10%, debido a la incertidumbre de que el proyecto prospere (Fraser Institute, 2021), llegando incluso a 0% por la estabilidad política.

En un estudio realizado por Deloitte, Glenn Ives indica que “a medida que cada vez se pone más en duda la propuesta de valor de la industria minera, las empresas mineras están empezando a ver que no podrán tener éxito en el futuro a menos que cambien la forma de operar. Se trata de más que simplemente mejorar la eficiencia. Se trata de restablecer la confianza con las partes interesadas y colaborar para idear mejores propuestas” (Deloitte Touche Tohmatsu Limited, 2018, pág. 03). Y, para que ello sea posible y se puedan lograr propuestas más sólidas, sostenibles y responsable, se tiene que estar dispuesto a explorar nuevas tecnologías y dejar de hacer siempre lo mismo (Orson Lazo, 2022).

Y estos 3 factores (regulaciones ambientales, desarrollo comunitario y estabilidad política) resultan relevantes para el presente análisis, pues son parte de los principales riesgos que presenta la industria minera a nivel global, tal como se aprecia en la figura 16 (KPMG International, 2020).

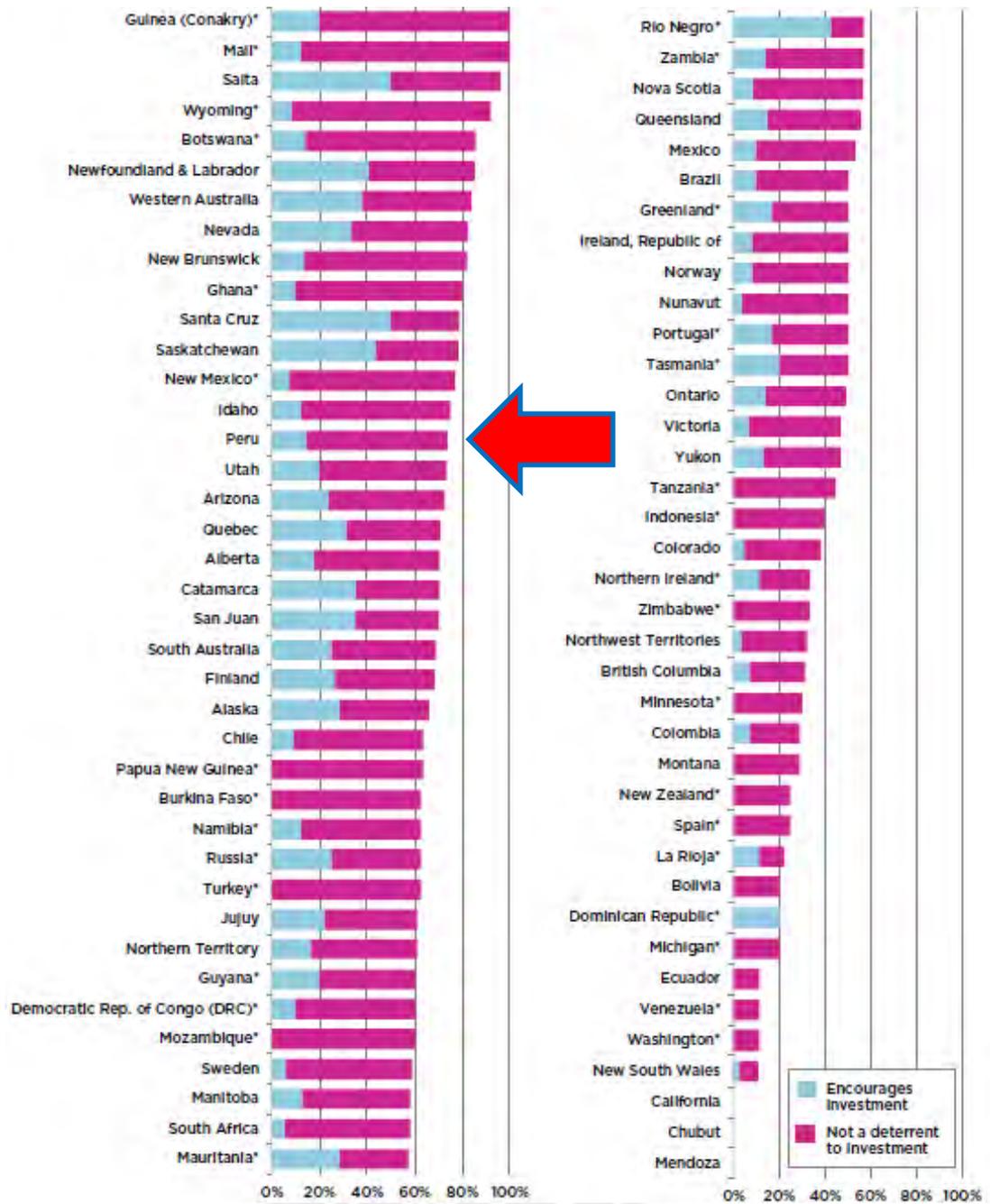


Figura 13: Fomento a los proyectos mineros según la incertidumbre debido a las regulaciones ambientales  
Fuente: Fraser Institute, 2021

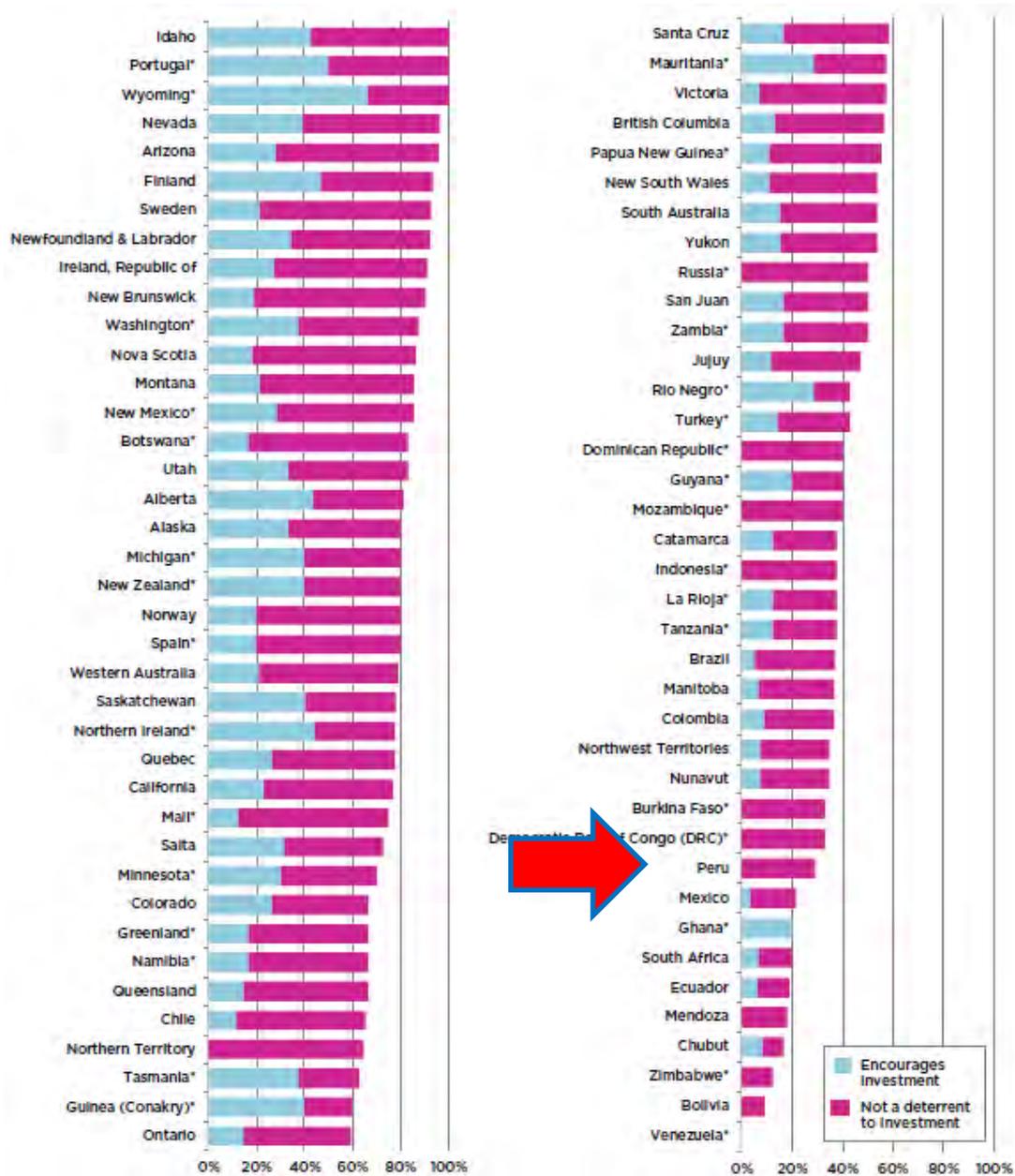


Figura 14: Fomento a los proyectos mineros según las condiciones de desarrollo comunitario  
Fuente: Fraser Institute, 2021

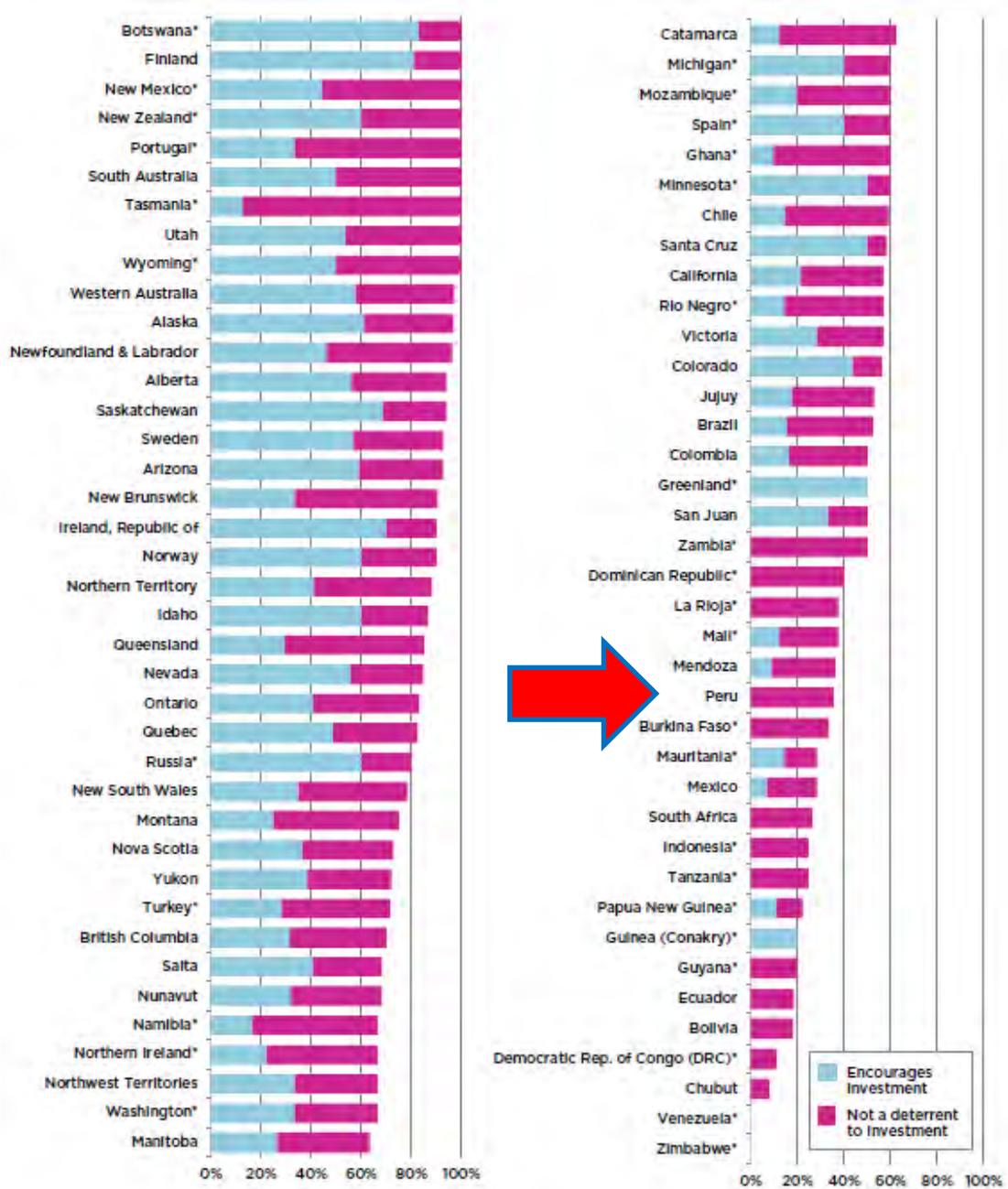


Figura 15: Fomento a los proyectos mineros según la estabilidad política  
Fuente: Fraser Institute, 2021



**Figura 16: Principales riesgos de la industria minera global**  
Fuente: 2020 KPMG Global Mining Survey, 2020

## 2 Marco teórico

### 2.1 Concepto: Medición de la Innovación

En el presente capítulo se desarrolla el concepto general de la medición de la Innovación que se lleva a cabo en una empresa y que se define, según la cuarta edición del Manual de Oslo (OECD/Eurostat, 2018), a través de propuestas formuladas por distintos autores; para identificar el impacto que genera la introducción de innovación en las actividades de la empresa. Esto servirá como base para identificar la medición más adecuada para la presente tesis.

Como concepto fundamental para la medición de la innovación se expone la “Teoría de la Innovación” de Kline y Rosenberg (Kline & Rosenberg, 1986) referente a su modelo de cadena – eslabón y a la “Teoría de los sistemas de innovación” presentados en la segunda edición del Manual de Oslo (OECD, Statistical Office of the European , 1997) referentes a lo postulado por Freeman (Freeman, 1995), Lundvall (Lundvall, 1992) y Nelson (Nelson, 1993). Acá se enfatiza en que la innovación no es un proceso lineal y secuencial, sino que involucra muchas interacciones y retroalimentación para la creación de conocimiento y su posterior uso, tal como se muestra en la figura 17 (Universidad del Zulia, 2017). Además, explica que “la innovación se basa en un proceso de aprendizaje que cuenta con múltiples entradas y requiere de una capacidad de resolución de problemas continua”.

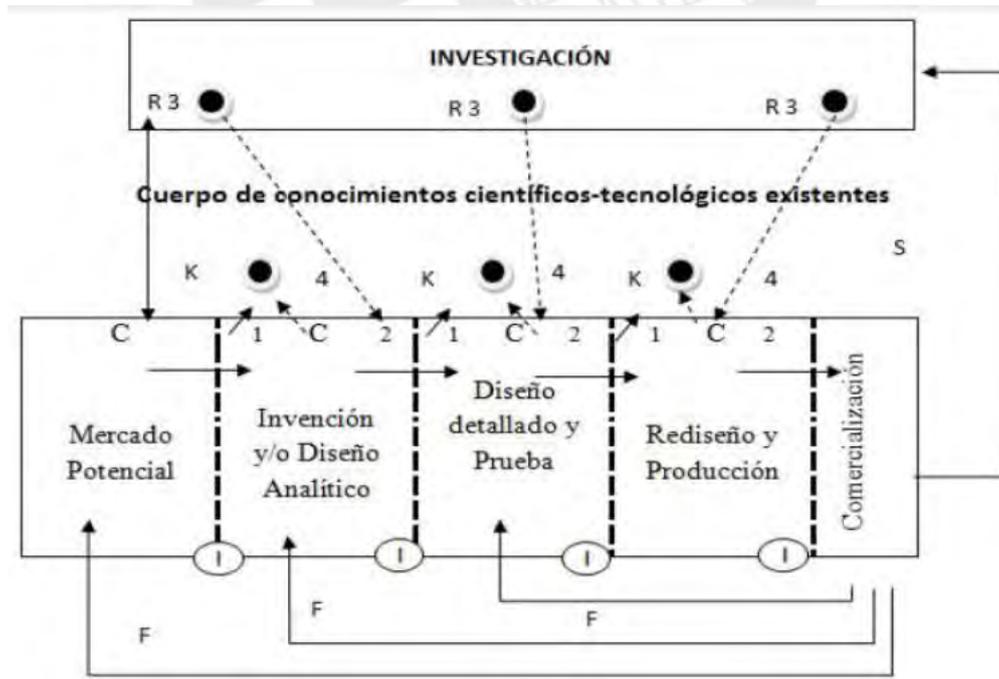


Figura 17: Modelo de innovación tecnológica interactivo según Kline  
Fuente: Universidad del Zulia, 2017

En particular, para el sector minero, la innovación ha sido identificada como uno de los principales riesgos de negocio y de oportunidades, tal como se puede apreciar en la figura 18 (EY Global Mining, 2021). La innovación ha ayudado en gran medida a manejar la reducción de costos, mejorar la economía de los recursos y permitir la eficiencia de los procesos, y el método de innovación abierta se orienta en gran medida a este sector, pues se basa en la colaboración que permite la reducción de costos para lograr el desarrollo de innovaciones.

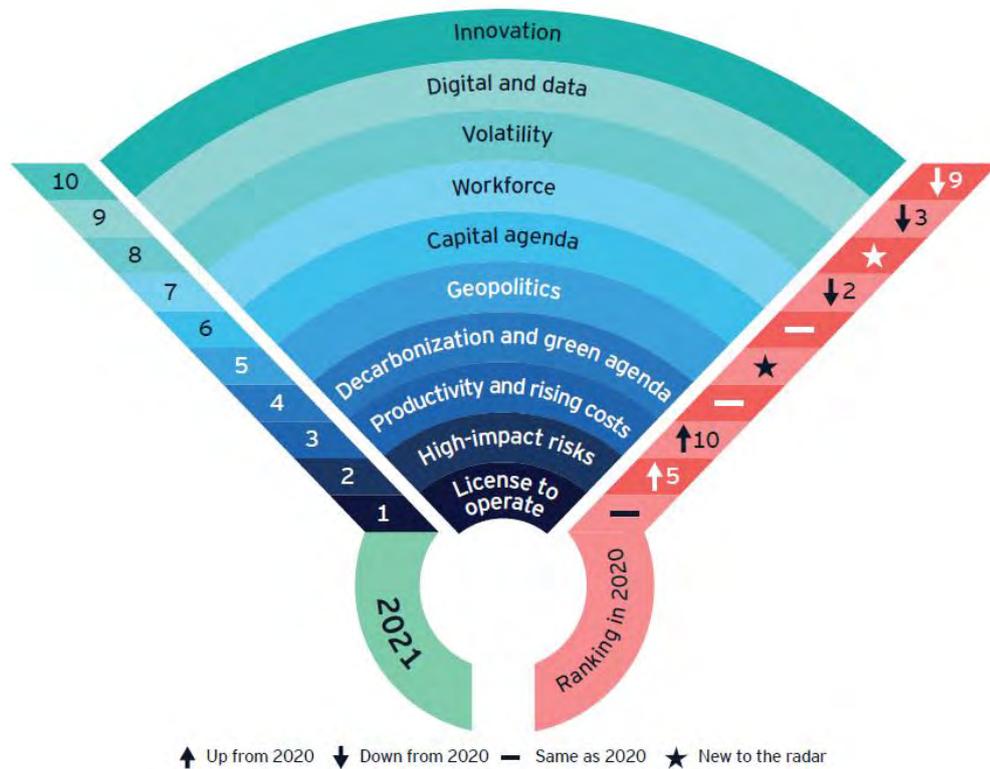


Figura 18: Top 10 riesgos de negocio y de oportunidades  
Fuente: EY Global Mining, 2021

## 2.2 Medición del impacto de la innovación en minería. Innovación abierta

Como se pudo apreciar en la figura 11 (MIT Media Lab, Standard International Trade Classification and Alexander Simoes, 2019), las grandes empresas mineras peruanas son principalmente productoras de “commodities” (tales como los concentrados de cobre, zinc y otros) exportándolos como materia prima (que representa el 62% del total que exporta Perú al año) y en donde los precios de dichos commodities dependen del mercado, por lo que sus procesos de producción deben de ser muy eficientes, para lograr la calidad solicitada por el mercado a los costos más bajos. Este es el principal motivo por el cual las empresas mineras invierten en tecnologías especializadas, las cuales ya han sido probadas, validadas y que

demuestran el mejor performance en entornos similares a la operación en donde van a ser utilizadas. Dichas tecnologías validadas provienen de países referentes en desarrollo tecnológico, tales como Alemania, EE. UU., Canadá, Australia, Japón, Corea del Sur y Chile (Expande, FCH, EY Advisory, 2019). Sin embargo, este ejercicio no permite la generación de un ecosistema que impulse el desarrollo de soluciones innovadoras que puedan ser implementadas por empresas proveedoras locales.

Ahí surge la necesidad de cambiar el modelo minero tradicional, por un modelo como el que siguió Chile, basado en innovación. Como se expuso, Kline y Rosenberg (Kline & Rosenberg, 1986) postulan que la innovación es un proceso de aprendizaje. Esta es una característica con la que no cuentan las empresas mineras peruanas, que mantienen un modelo de minería tradicional y para quienes representa un alto riesgo introducir innovaciones no validadas.

Por dicha contradicción, ya en los últimos 10 años las empresas mineras peruanas han venido adquiriendo tecnologías creadas, probadas y validadas en Chile, gracias a programas nacionales chilenos de impulso y desarrollo de innovaciones en torno al rubro de la minería. Tal como se mencionó en el punto 1.2, Chile ha venido adoptando prácticas transformativas en sus procesos, lo que ha generado un ecosistema idóneo para que aparezcan y se desarrollen empresas locales que ofrecen productos y servicios basados en soluciones innovadoras, en base a una tipología de innovación abierta.

En los últimos 10 años Chile ha venido impulsando el desarrollo de una minería inteligente (SmartMining) a nivel de productores y proveedores, con la participación y cooperación entre los principales representantes del ecosistema de emprendimiento e innovación de Chile (CORFO, Ministerio de Economía de Chile, Ministerio de Minería de Chile, BID Lab, Corporación Alta Ley del Gobierno Chileno; y las empresas mineras: Codelco, BHP, Antofagasta Minerals y el recientemente ingresado, Collahuasi); y desde el 2015 ha apostado por un proceso de innovación abierta aplicada a la industria minera que fue posible con el apoyo de "BID Lab" y que actualmente cuenta con herramientas prácticas y de alto valor reconocidas en el ecosistema de innovación global (Expande, FCH, EY Advisory, 2019).

Por ello, para entender el impacto de la innovación con topología de innovación abierta en el sector minero, se trabajará con la definición de innovación abierta, luego se revisará dos casos de éxito en Chile a modo de ejemplos de innovación abierta.

### 2.3 Definiendo: El modelo de Innovación Abierta

En forma resumida, la innovación abierta es la que se da en conjunto y colaboración para resolver un problema o una necesidad. Se puede dar entre empresa-proveedor, empresa-academia, academia-aceleradora, etc; dándose de varias formas y entre varios actores. Dicha colaboración permite el crecimiento de todas las partes, ahorro de recursos y que sea una innovación en conjunto.

Esta se entiende a partir del concepto de innovación abierta propuesto en la cuarta edición del Manual de Oslo (OECD/Eurostat, 2018), donde resaltan que la eficiencia de las actividades de innovación impulsadas por las empresas mejora a medida que se mantiene como elemento importante el flujo de conocimiento que entra y sale de dicha empresa (Kline & Rosenberg, 1986) (Teece, 1986).

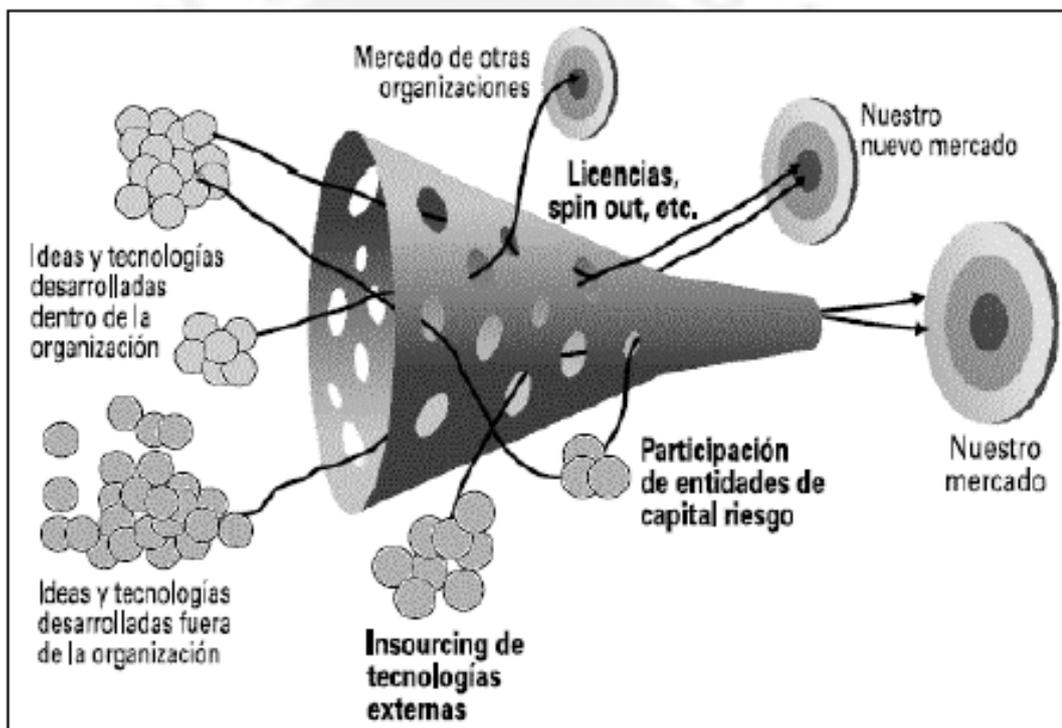


Figura 19: Modelo de Innovación Abierta  
Fuente: Openbasque, 2014

El concepto de innovación abierta (Chesbrough, 2003) se enfoca en las ventajas: Para el caso de las empresas que impulsan y ejecutan proyectos de innovación abierta, aprovechar y hacer uso del conocimiento que entra y sale deliberadamente

les sirve para acelerar la innovación interna; y para el caso de agentes externos que participen en los proyectos, se ven beneficiados por el crecimiento de sus mercados al hacer uso de dicha innovación.

Innovación Abierta	Modelo: Networking	Descripción: Hacer crecer la red de contactos.
		Ventaja: Aumenta capacidades y facilita aprendizaje en conjunto.
		Desventaja: Debe ser desarrollado constantemente.
	Modelo: Mentorship	Bajo involucramiento del area de operaciones y financiamiento.
		Descripción: Empresas establecidas apoyan a startups.
		Ventaja: Crecimiento mas rapido de la startup.
	Modelo: Tech Scouting	Desventaja: Mayor nivel de habilidades y esfuerzo.
		Involucramiento intermedio de operaciones y bajo de financiamiento.
		Descripción: Identificar tecnologías para su adopción.
	Modelo: Club Deal	Ventaja: Integración rápida de tecnologías.
		Desventaja: Sujetas a licencia y requieren mayor colaboración.
		Alto involucramiento de operaciones y bajo de financiamiento.
	Modelo: Idea Contest	Descripción: Compra en conjunto de startups para reducir riesgo.
		Ventaja: Adquirir startups grandes y reducir deuda por inversión.
		Desventaja: Alcanzar consenso con respecto a las operaciones de negocio.
	Modelo: Corporate Accelerator	Involucramiento intermedio de financiamiento y bajo de operaciones.
		Descripción: Eventos para identificar ideas y soluciones.
		Ventaja: Concursos abiertos que involucran a la comunidad.
	Modelo: Venture Capital	Desventaja: Implementar las ideas que surgen.
		Involucramiento a nivel medio del area de operaciones y financiamiento.
		Descripción: Acelerar el desarrollo comercial de una Startup.
	Modelo: Join Venture	Ventaja: Ofrece financiamiento, asesorías y red.
		Desventaja: Atraer potencialmente startups fuertes.
		Alto involucramiento de operaciones y medio de financiamiento.
	Modelo: Coporate Venture Capital	Descripción: Inversión de fondos para obtener participación y acceso.
		Ventaja: Financiamiento, apoyo integral y conocimiento de causa.
		Desventaja: Tener un socio adecuado para seguir creciendo.
Modelo: Coporate Venture Capital	Involucramiento alto de financiamiento y bajo de operaciones.	
	Descripción: Asociación de entidades que contribuyen con recursos.	
	Ventaja: Acceso a nuevos mercados, capacidad de compartir habilidades.	
Modelo: Coporate Venture Capital	Desventaja: La cantidad de inversión es bastante elevada.	
	Involucramiento alto de financiamiento e intermedio de operaciones.	
	Descripción: Inversión de fondos corporativos en StartUps.	
Modelo: Coporate Venture Capital	Ventaja: Única gran empresa que proporciona financiamiento y tutoría.	
	Desventaja: Falta de cooperación por objetivos distintos.	
	Alto nivel de involucramiento de Operaciones y Financiamiento.	

**Figura 20: Cuadro Sinóptico de los Modelos de Innovación Abierta**

**Fuente:** Elaboración a partir de los 9 principales modelos de innovación abierta identificados en base a ecosistemas de países mineros y tecnológicos (Expande, FCH, EY Advisory, 2019).

Sin embargo, el término “abierto” se presta a varias interpretaciones en el contexto de la ciencia y la innovación. Esta amplitud de interpretaciones funciona como un “paraguas” útil para generalizar las existentes y posibles formas en las cuales se da el flujo de conocimiento a través de los límites de las empresas que se muestran activas a la innovación. Por ello, se trabajará en los 9 principales modelos de innovación abierta identificados en base a ecosistemas de países mineros y

tecnológicos (Expande, FCH, EY Advisory, 2019). En la *figura 20* se muestra un cuadro sinóptico de los 9 tipos de innovación abierta y en la *figura 21* se muestra los modelos, en una matriz que mide la innovación abierta según el nivel de participación de las áreas financiera y operativa.



**Figura 21: 9 Modelos de Innovación Abierta**  
 Fuente: Expande, FCH, EY Advisory, 2019

### 2.3.1 Modelo de Innovación Abierta: Networking

El modelo de “Networking” o “red de contacto” (Expande, FCH, EY Advisory, 2019) propone el intercambio de apoyo, recursos, conocimiento e información. Por lo general, consiste en organizar o asistir a eventos o talleres, para hacer crecer la red con especialistas que manejen temas específicos. El modelo tipo Networking permite aumentar la capacidad de los actores, facilitando su aprendizaje de forma conjunta y fomentando la metodología de trabajo basado en resolución de problemas.

El principal desafío que enfrenta este modelo es que debe ser desarrollado de forma continua. Así mismo, tampoco hay forma de asegurar a los participantes que los eventos y talleres permitan interacciones más efectivas, donde sólo por coincidencia se podría dar un contacto entre actores claves.

La implementación de un proyecto de innovación abierta con un modelo Networking incluye la definición de la estrategia, objetivos y problemas a tratar; identificación de las fuentes y los actores claves; lanzamiento informal de eventos para interacciones previas; gestionar formalmente la red para crear una comunidad sólida y, en última instancia, mejorar su uso e implementación, cumpliendo con los requerimientos y oportunidades del mercado.

### **2.3.2 Modelo de Innovación Abierta: Mentorship**

El modelo “Mentorship” o “Mentoría” (Expande, FCH, EY Advisory, 2019) es una herramienta que las empresas utilizan para ayudar a los startups a superar los problemas que se presentan cuando introducen nuevas tecnologías en sus procesos y/o actividades.

Su implementación es limitada en el tiempo y requiere de una inversión financiera baja. Una desventaja de este modelo es que requiere de un nivel intermedio de habilidades y un requerimiento de esfuerzo extra a nivel operativo por parte del mentor.

Estudios han demostrado que los startups que reciben apoyo a través del modelo de Mentorship ven incrementada su base de clientes 3.5 veces más rápido y logran obtener ingresos equivalentes a 7 veces más dinero, comparado con startups que no cuentan con mentoría. Sin embargo, el principal desafío que enfrenta este modelo es conseguir una buena combinación entre startup y empresa mentora, para lograr una relación mutuamente beneficiosa.

La implementación de un proyecto de innovación abierta con un modelo Mentorship incluye el diseño del programa, estrategias para atraer a los participantes, conectar mentores con aprendices, revisar el progreso de las mentorías y medir sus resultados.

### **2.3.3 Modelo de Innovación Abierta: Tech Scouting**

El modelo de “Tech Scouting” o “Exploración Tecnológica” (Expande, FCH, EY Advisory, 2019) incluye en su metodología el identificar tecnologías emergentes para permitir una fácil adquisición y adopción por parte de las empresas para satisfacer requerimientos internos.

La forma en la que se obtiene la información de las tecnologías emergentes puede ser realizado por operadores internos o externos y debe tener como enfoque la identificación de tecnologías que se ajusten a los requerimientos de la empresa. El rango del presupuesto que se debe de asignar anualmente para desarrollar este modelo en una empresa de forma interna es de entre 200 mil y 500 mil dólares. Si se quiere realizar de forma externa y contratar a un tercero para identificar las tecnológicas, puede tener un costo alrededor de los 150 mil dólares al año.

Uno de los principales desafíos de este modelo radica en que se puede volver tedioso lograr la integración de forma rápida de las tecnologías que son identificadas y que se ajusten a la estrategia y criterios de la empresa.

La implementación de un proyecto de innovación abierta con un modelo Tech Scouting incluye definir de forma clara las áreas de búsqueda, selección de procedencia, recopilación y tratamiento de datos, así como la selección y evaluación de las tecnologías. Esta última etapa implica la toma de decisiones para poder definir las inversiones que se van a realizar, y esta depende de si las tecnologías identificadas están disponibles, o si requieren de una licencia o de una mayor colaboración.

#### **2.3.4 Modelo de Innovación Abierta: Club Deal**

El modelo “Club Deal” o “Trato Colectivo” (Expande, FCH, EY Advisory, 2019) es una actividad que se refiere a una compra colectiva de un startup que realizan empresas que forman parte de un mismo “club” (grupo, alianza, corporación), quienes comparten participación de dicho startup adquirido para reducir el riesgo. Es posible implementar este modelo de innovación abierta mediante la coinversión en uno o varios startups.

Como ventaja de este modelo se tiene la capacidad de adquisición para comprar startups ya consolidadas, reduciendo el riesgo; así como reducir las deudas por la inversión. Pero como desafíos se encuentran las reglas de gobernanza que permitan la definición de su funcionamiento en el futuro; y que se llegue a un consenso con respecto a las operaciones del negocio. Además, deben de contemplarse los riesgos que pueden surgir con la salida o entrada de miembros al “club” de empresas que hicieron la adquisición.

La implementación de un proyecto de innovación abierta con un modelo Club Deal tiene como actividades la definición de la estrategia que se va a seguir y el análisis de la inversión, definir la participación de los involucrados, seleccionar a los socios, así como la diligencia y negociación.

### **2.3.5 Modelo de Innovación Abierta: Idea Contest**

El modelo de “Idea Contest” o “Concurso de Ideas” (Expande, FCH, EY Advisory, 2019) es el más conocido de los modelos de innovación abierta y consiste la organización de eventos realizado por las empresas que tienen como objetivo identificar ideas y soluciones de un entorno externo. Existen dos tipos: Hackathon y Call4Ideas.

El modelo Idea Contest tipo Hackathon se lleva a cabo en un espacio de uso común, donde los desarrolladores de soluciones, personal vinculado a la academia y empresarios colaboran de forma intensiva durante un período de tiempo específico para implementar una idea de negocio; y en el cual se incluye el desarrollo de productos (a nivel de hardware y/o software) y diseño gráfico. Generalmente el ganador recibe un premio.

El modelo Idea Contest tipo Call4Ideas involucra a la comunidad para competir por un premio que se otorga a aquel que logre desarrollar una solución a un reto propuesto por la empresa organizadora. Es un concurso en el que cualquiera puede participar y donde se seleccionan las ideas o soluciones propuestas que cuenten con mayor valoración. Luego, la empresa brinda soporte para financiar e implementar el proyecto. Dependiendo del desafío, se pueden lograr entre 150 y 200 ideas o soluciones, de las cuales entre 40 a 80 pasan la fase de preselección, siendo seleccionadas entre 10 y 20 ideas, de las cuales de 1 a 5 son implementadas.

Hay dos desafíos principales que se identifican en los modelos tipo Hackathon: lo complicado que puede resultar la implementación de las ideas que surgen durante los eventos y la inversión necesaria que requiere dicha iniciativa según los beneficios que podría generar. Con respecto al modelo tipo Call4Ideas, la empresa organizadora tiene que enfrentar una serie de desafíos, por ejemplo, con respecto a la confidencialidad de los desafíos y la decisión de quién conservará la propiedad intelectual.

Para la implementación de un proyecto de innovación abierta con un modelo tipo Hackathon se requiere llevar a cabo la planificación y diseño del evento, generar interés en el ecosistema mediante campañas de comunicación y marketing, la ejecución del evento y clausura del mismo. Para la implementación de un proyecto de innovación abierta con un modelo tipo Call4Ideas es sumamente importante definir el desafío, realizar la convocatoria, seleccionar las ideas e integrar una o más soluciones.

### **2.3.6 Modelo de Innovación Abierta: Corporate Accelerator**

El modelo de “Corporate Accelerator” o “Corporación Aceleradora” (Expande, FCH, EY Advisory, 2019) es un programa estructurado que se establece para acelerar el proceso de desarrollo comercial de un startup en solo unos meses.

Este modelo ofrece financiamiento, brinda asesorías estratégicas y tácticas, da acceso a una red y recursos compartidos. A cambio se puede solicitar un interés variable en acciones (patrimonio) del startup. El periodo de seguimiento puede durar entre uno y seis meses; y se seleccionan entre diez y cuarenta startups para el programa. Se propone realizar entre 1 o 3 convocatorias al año y se realizan inversiones de entre 50 mil y 150 miles dólares por startup. Se estima que la participación de capital de las empresas que implementan un Corporate Accelerator puede variar entre el 3% o el 10% de cada startup.

Las empresas que implementan un Corporate Accelerator pueden contar con dos tipos de modelos operativos. El primer modelo es de tipo Financiero, el cual se enfoca en obtener un retorno económico a través de la inversión en un startup con el objetivo final de generar su salida exitosa al mercado. El segundo modelo es de tipo Estratégico, el cual busca como objetivo el integrar nuevas tecnologías a la organización.

Los desafíos que se presentan en ambos tipos de modelos son dos. El primero se refiere a los grandes esfuerzos que se requieren en los aspectos administrativos para su implementación. El segundo se refiere a atraer potenciales startups fuertes, con ideas disruptivas que generen tracción en el mercado. Este modelo ha recibido críticas, puesto que han demostrado ser menos efectivos en comparación con Aceleradoras en Etapas Tempranas (Early-Stage Accelerator), debido a que generan una gran influencia en determinar qué innovaciones tienen éxito y cuáles no.

La implementación de un proyecto de innovación abierta con un modelo Corporate Accelerator incluye la definición de la metodología para la selección del startup, la generación de un contrato, desarrollar un programa de aceleración, finalización del programa y seguimiento que se le dará a los startups.

### **2.3.7 Modelo de Innovación Abierta: Venture Capital**

El modelo de “Venture Capital” o “Capital de Riesgo” (Expande, FCH, EY Advisory, 2019) es el más practicado de forma común para abordar la innovación abierta, a pesar de que solo implica el financiamiento del startup, apoyo integral y conocimiento de causa para las inversiones. Para ello, el Venture Capital busca que empresas inviertan fondos, para que obtengan participación y acceso a un conjunto de startups.

Sus factores determinantes para el éxito son la capacidad de inversión y, en algunos casos, el coaching o acompañamiento/entrenamiento que se le da al startup. Actualmente se está implementando esta metodología con objetivos más estratégicos.

Por lo general, el fondo de capital de inversión actúa como intermediario; cobrando al inversionista un 2% de la inversión como comisión administrativa y un 20% de la rentabilidad generada por el startup al momento de generar su salida exitosa al mercado. Estos Venture Capital tienen una vida útil de diez años, cinco de los cuales se consideran como su etapa de desarrollo y en los que se llevan a cabo las inversiones.

Uno de los principales desafíos para este modelo es que se logre identificar a los mejores startups para invertir en ellos. Otro de los desafíos está relacionado con la búsqueda de un socio adecuado para realizar las inversiones y para la obtención de financiación para su correcto funcionamiento a futuro.

La implementación de un proyecto de innovación abierta con un modelo Venture Capital incluye el diseño y la planificación del fondo de inversión con respecto a la estrategia financiera y operativa, el monto de la inversión y su gestión, así como el inicio de operaciones.

### **2.3.8 Modelo de Innovación Abierta: Joint Venture**

El modelo de “Joint Venture” o “Capital en Conjunto” (Expande, FCH, EY Advisory, 2019) consiste en la creación temporal de una asociación entre dos o más entidades

que aportan a la ejecución del proyecto con distintos tipos de recursos y comparten las ganancias o pérdidas por igual o según acuerdo. En general, se forma cuando las empresas que se asocian tienen capacidad de complementarse y llevar a cabo el desarrollo de un proyecto; o los montos de inversión y / o los riesgos exceden la capacidad financiera de cada empresa por separado.

La duración promedio de un Joint Venture es entre cuatro y siete años, sin embargo, hay algunos casos en los que duran más de quince años.

Este modelo es una metodología útil para lograr la implementación de proyectos con tipología de innovación abierta entre dos o más empresas de tamaños relativamente equivalentes y que generalmente se encuentran en una etapa de desarrollo bastante maduro.

Cuenta con cuatro fortalezas principales por las cuales dos o más compañías podrían implementar este modelo. La primera fortaleza está relacionada con el acceso a nuevos mercados. La segunda fortaleza está relacionada a la capacidad de compartir habilidades operativas, lo que da un impulso a su escalabilidad y eficiencia. La tercera fortaleza es el acceso a habilidades y capacidades específicas que están fuera del alcance de cada una. Y la cuarta fortaleza se refiere a la capacidad de compartir el riesgo y el capital para invertir, razón principal que las empresas utilizan con frecuencia para apoyar la implementación de este modelo.

Si bien el Joint Venture trae muchos beneficios, también hay que tener ciertas consideraciones antes de su implementación.

Aunque se comparte el riesgo y el capital, el total de inversión necesaria para participar en un Joint Venture es siempre un monto bastante fuerte. Otro factor crítico que se debe de considerar es la relación entre los participantes. Finalmente, se debe de definir con mucha claridad la participación y distribución de futuros beneficios entre los miembros del Joint Venture, lo cual es extremadamente importante.

La implementación de un proyecto de innovación abierta con un modelo Joint Venture incluye la definición de la estrategia, así como su principal propósito o alcance, la definición de las directrices, para integrar la gestión y el inicio de operaciones.

### **2.3.9 Modelo de Innovación Abierta: Corporate Venture Capital**

El modelo de “Corporate Venture Capital” o “Capital de Riesgo Corporativo” (Expande, FCH, EY Advisory, 2019) es el modelo en el cual se invierten fondos corporativos en startups. Este modelo generalmente es impulsado por una única gran empresa que proporciona financiamiento y tutoría. Mediante un Corporate Venture Capital (CVC), la gran empresa que impulsa el programa obtiene acceso a un gran portafolio de startups que ayudan a fortalecer su capacidad innovadora, dándole la oportunidad de acceder a nuevas tecnologías.

El presupuesto para invertir en cada startup puede variar entre 25 mil a 75 mil dólares. El tiempo promedio en el que una gran empresa implementa y opera este modelo varía entre 2 a 5 años. Es importante tener en cuenta que el 15% de las empresas que implementan un CVC solo están interesadas en obtener un beneficio estratégico, el 5% en un beneficio financiero, mientras que más del 60% apunta a retornos financieros y estratégicos. Los principales objetivos estratégicos son: mapear las innovaciones emergentes, identificar una nueva ventana de oportunidad de mercado y mejorar el nivel de innovación en las unidades de negocios internas existentes.

Sin embargo, un modelo CVC enfrenta diferentes obstáculos. Primero, la falta de cooperación entre la gran empresa y los startups participantes puede ser un factor que afecta negativamente la capacidad de transferir información entre ellas. La gran empresa tiene objetivos diferentes en comparación con los startups. Por lo tanto, esta diferencia puede hacer que las partes no contribuyan a un trabajo en conjunto.

La implementación de un proyecto de innovación abierta con un modelo Corporate Venture Capital incluye la definición estratégica y de propósito, la selección de los startups, su operación y administración y posterior cierre de programa.

### **2.4 Definiendo: El modelo de Innovación No Abierta**

En forma resumida y tal como lo expone Roberto Deza en su tesis de “Innovación abierta desde la demanda, el caso del programa de proveedores de excelencia de compañía minera”:

“La Innovación Abierta es un concepto desarrollado por Chesbrough (2003) y puede ser entendido como la antítesis del modelo tradicional de integración vertical de los procesos de innovación en la empresa (denominado Innovación Cerrada), en el que las actividades de investigación y desarrollo (I+D) se realizan internamente,

promoviendo el desarrollo de productos y procesos que posteriormente son elaborados y comercializados por la propia organización. Este modelo se basa en el principio de que el éxito en la innovación requiere el completo control interno del proceso, con el fin de evitar “fugas de conocimiento” (knowledge spillovers) de las que se puedan beneficiar los competidores.” (Deza Vargas, 2017).

Este modelo muchas veces resulta perjudicial, pues obliga a la empresa a ampliar su foco de atención (core del negocio), para diversificar e incluir en su oferta de productos y/o servicios aquellos que resulten de las innovaciones que logren de forma interna. A diferencia de la innovación abierta, la innovación no abierta debe de invertir mayor cantidad de recursos y esfuerzos, para lograr dicha diversificación. En cambio, en el modelo de innovación abierta, los productos y/o servicios que resultan de las innovaciones alcanzadas son comercialmente aprovechadas por las empresas externas que apoyaron a crear dicha innovación, dejando así que la principal empresa que impulsó dicha innovación abierta siga enfocándose en su rubro específico (core del negocio), sin desgastar esfuerzos ni recursos en mercados inexplorados, invirtiendo mejor su tiempo y esfuerzo en seguir mejorando para lograr mayor productividad a menores costos, mayor seguridad en las operaciones y mejor eficiencia en sus procesos; factores que son críticos en la minería (Anglo American, 2020).

## **2.5 Concepto: Definición de normas referidas a metodologías de innovación**

### **2.5.1 Norma NTP 732.003**

Esta norma es parte de los requisitos del sistema de gestión de la I+D+i desarrollados por el comité técnico de la dirección de normalización INACAL (Dirección de Normalización - INACAL, 2018).

La norma recomienda que el proceso de I+D+i en las organizaciones debe tener características propias y diferenciadas que el directorio debe de tener en cuenta para lograr implementarla y mantenerla. Las características indicadas por esta norma para el proceso I+D+i pueden ser:

- El uso continuo de datos, información, y conocimientos, así como su transformación y generación,
- El uso de la vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva y el impulso de la creatividad en la identificación y caracterización de ideas,
- La gestión del riesgo y de la incertidumbre en la obtención de resultados,

- La gestión de la propiedad industrial e intelectual y la protección que se requiera para la misma,
- La estructura abierta de la unidad I+D+i, la motivación y la expectativa de los miembros que la componen y constante comunicación con las partes interesadas y en un proceso de ingeniería simultánea y no secuencial.

### **2.5.2 Norma ISO 56 000**

Esta norma ha sido desarrollada por el comité técnico ISO / TC 279, gestión de la innovación de AFNOR, miembro ISO para Francia.

La norma recomienda a las organizaciones a capturar las mejores ideas y mejorar continuamente para mantenerse al día con la competencia, pues cualquiera sea la naturaleza o tamaño de las organizaciones, estas necesitan evolucionar continuamente para sobrevivir y esta norma les permite hacerlo de manera estructurada y efectiva.

El liderazgo que se sugiere en la norma es el de crear líderes e incentivar estructuras planas, el proceso de transformar oportunidades, riesgos, o problemas en soluciones, adhiriendo valor de forma constante y con círculos virtuosos de retroalimentación. La puesta en marcha de esta norma requiere el ciclo planear – actuar – corregir – medir.

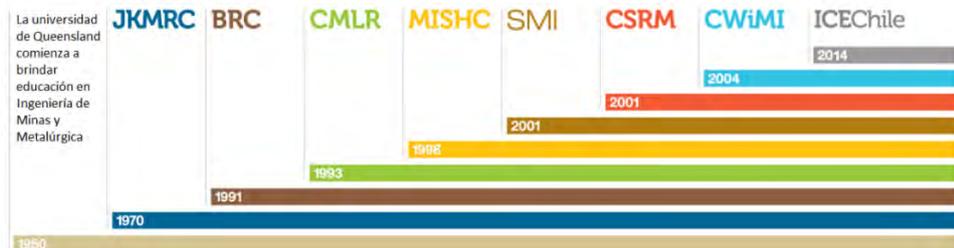
## **2.6 Ejemplos de Innovación Abierta en el sector minero en Chile**

### **2.6.1 Reómetro en Línea: Caso de éxito en Chile, mediante la tipología de innovación abierta**

El proyecto denominado “Reómetro en Línea” fue un desarrollo tecnológico que se inició a implementar el año 2014, mediante la colaboración entre la SMI U. Queensland, UdeC, SMI-ICE-Chile y la empresa KONATEC SpA (Diario Concepción, 2019).

SMI U. Queensland es el “Instituto de Minería Sostenible” de la Universidad de Queensland-Australia, creada a principios del 2001. La Universidad de Queensland fundó su escuela profesional de ingeniería de minas y metalúrgica en la década de 1950, y ya desde ese año se propuso como objetivo el desarrollar una escuela de minería con enfoque en investigación y desarrollo (I+D), trabajando con asociaciones industriales de Queensland, de Australia y del mundo (University of Queensland, 2019).

La SMI U. Queensland es el instituto de I+D en minería, y se creó con la participación de más de 20 empresas mineras de todo el mundo, así como otros socios comerciales y gubernamentales, teniendo como principal encomienda el “Proyecto de Desarrollo de Minería, Minerales y Sostenibilidad” (Mining, Minerals and Sustainable Development Project). (University of Queensland, 2019).



**Figura 22: Desarrollo de programas en minería - Universidad de Queensland**  
Fuente: <https://smi.uq.edu.au/>. Consulta: enero, 2019

La Universidad de Concepción de Chile (UdeC) es una de las universidades de la región del Bio-Bio en el centro de Chile, caracterizada por impulsar el desarrollo de conocimiento aplicado. El departamento de metalurgia de la UdeC ha sido reconocido en primer lugar a nivel de todo Chile por su destacada formación de profesionales para el sector productivo minero. (Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, 2018). Este departamento, junto con la SMI U. Queensland, empezaron a gestionar una alianza desde el año 2010, concretándose en el año 2013, con la creación de la SMI-ICE Chile.

La SMI-ICE Chile (Centro de Excelencia Internacional en Chile del Instituto de Minería Sostenible de la Universidad de Queensland) es el resultado de una alianza entre dos instituciones referentes en el rubro minero, el cual fue apoyado por el “Programa de Atracción de Centros de Excelencia Internacional de I+D para la Competitividad” de CORFO. El objetivo principal de este centro de investigación aplicada es el de desarrollar nuevas tecnologías que permitan implementar mejoras cuantificables en la producción minera, construyendo capacidades locales en investigación y permitiendo transferencia tecnológica entre Australia y Chile; abordando los principales desafíos y retos del sector minero (SMI-ICE-Chile, 2019). Esta iniciativa fue financiada al momento de su creación por un monto mayor a los 20 millones de dólares (USD \$20MM USD), cuyos aportantes fueron CORFO y las principales empresas mineras de Chile y Australia; entre ellas Codelco, BHP Billiton, Xstrata Copper, Antofagasta Minerals, Barrick y Anglo American.

Gracias a dicho entorno que se dio para el desarrollo de empresas y proyectos con base científica-tecnológica en el rubro de la minería, se creó KONATEC SpA. el año 2014, una spin-off que nació como un grupo de investigación de procesos mineros de la UdeC, quienes trabajaron en forma conjunta con SMI-ICE-Chile y propusieron el desarrollo de un proyecto que les permitiera conocer en el momento oportuno las cualidades reológicas de los minerales en la producción de cobre (Diario Concepción, 2019).

Esta tecnología permite medir el nivel de interacción o agregación que se da entre las partículas en la etapa de suspensión del mineral; determinando las propiedades reológicas. Las operaciones de procesamiento se ven afectadas por el comportamiento reológico de las pulpas minerales, y al conocer dicha interacción se puede mejorar la eficiencia de las plantas de procesamiento del concentrado del mineral.

En octubre del 2018 se firma el contrato de licencia de la tecnología “Reómetro en línea”, suscrito por la Universidad de Concepción (UdeC), el SMI-ICE-Chile y la empresa KONATEC SpA.

Este es un claro ejemplo de la alta propensión por innovar en las grandes empresas mineras de Chile, quienes apuestan, junto al gobierno y la academia, a la creación de un ecosistema que permita la generación de soluciones innovadoras.

Ya para enero del 2019 se firmó la licencia para su comercialización. En la última entrevista brindada por Sandra Araya, directora ejecutiva de la oficina de transferencia y licenciamiento de la UdeC, a fines de enero del 2019 indicó que “Esperamos que a esta iniciativa le vaya bien en la etapa de validación final para que las empresas se convenzan de que funciona y quieran contratarles su servicio...”. Y apenas en marzo del 2019, consiguió su primer contrato, para trabajar con una de las empresas mineras más grandes de Chile, gracias a la inyección de capital por parte de CORFO (Equipo Kona-Tec, 2019).

Este es un claro ejemplo de la baja percepción de riesgo que tienen las grandes empresas mineras de Chile por introducir tecnologías innovadoras en sus procesos y/u operaciones, de una solución desarrollada por una empresa proveedora local.

## **2.6.2 Cambio de palmetas de Trommel Automatizada: Caso de éxito en Chile, mediante la tipología de innovación abierta**

El proyecto denominado “Cambio de palmetas de Trommel Automatizada” fue un desarrollo tecnológico que se inició a implementar el año 2010, mediante la colaboración entre la Minera Escondida, el Gobierno de Chile, otras de las principales empresas mineras de Chile, Kuka Roboter, ACOTEC y MIRS.

Minera Escondida es la mayor productora de cobre del mundo, ubicada en el desierto de Atacama en la zona norte de Chile. Forma parte del grupo BHP Billiton. Desde el año 2010 viene impulsando de forma interna el “Programa de Innovación en Abastecimiento”, hoy en día conocida como el “Programa Proveedores de Clase Mundial” que lo trabajan de forma conjunta BHP y Codelco (El Mercurio, 2018).

Esta iniciativa respondía a los desafíos planteados por el “Programa Nacional de Minería Alta Ley” del Gobierno de Chile, cuyo objetivo principal es atender los desafíos de productividad, seguridad y respeto al medio ambiente; creando, fortaleciendo y dinamizando el ecosistema de innovación minero. Dicha ley, a partir del 2015, se constituyó e institucionalizó como una corporación con alcance a nivel nacional (Corporación Alta Ley, 2018), integrando la participación de CORFO.

KUKA Roboter GmbH es una de las empresas más reconocidas a nivel mundial en la fabricación de robots industriales y sistemas para soluciones automatizadas (Kuka Iberia S.A.U., 2018). Estos robots vienen siendo usados para el desarrollo de soluciones automatizadas a nivel mundial, buscando reemplazar principalmente la intervención humana en actividades de alto riesgo; y en la minería, un gran porcentaje de las actividades en las cuales hay intervención humana son de alto riesgo.

ACOTEC S.A. es una empresa proveedora de clase mundial, con sede principal el Reino Unido y más de 30 años de experiencia en la fabricación y comercialización de recubrimientos para aplicaciones con abrasivos y corrosión (Acotec NV, 2018)

En el caso de MIRS, es una de las empresas integradoras y desarrolladoras de soluciones mediante el uso de plataformas robóticas para la minería e industria pesada; buscando reducir el costo operativo, aumentar la confiabilidad del proceso, aumentar la calidad del producto final y mejorando la seguridad y salud ocupacional (Mining and Heavy Industry Robotics, MIRS, 2018).

Fue en el año 2007 que nace MIRS, gracias al área tecnológica de la empresa High Service Corp e inicialmente a un Joint Venture con Codelco, Nippon Mining & Metals Co Ltd. y KUKA Roboter GmbH. Debido al potencial y beneficios asociados que ofrecía esta empresa para brindar soluciones al sector minero, CORFO brindó un apoyo financiero denominado “Línea de apoyo”. Actualmente MIRS ya cuenta con operaciones en Chile (Santiago, Antofagasta y Calama), Perú (Lima) y EEUU (Salt Lake City).

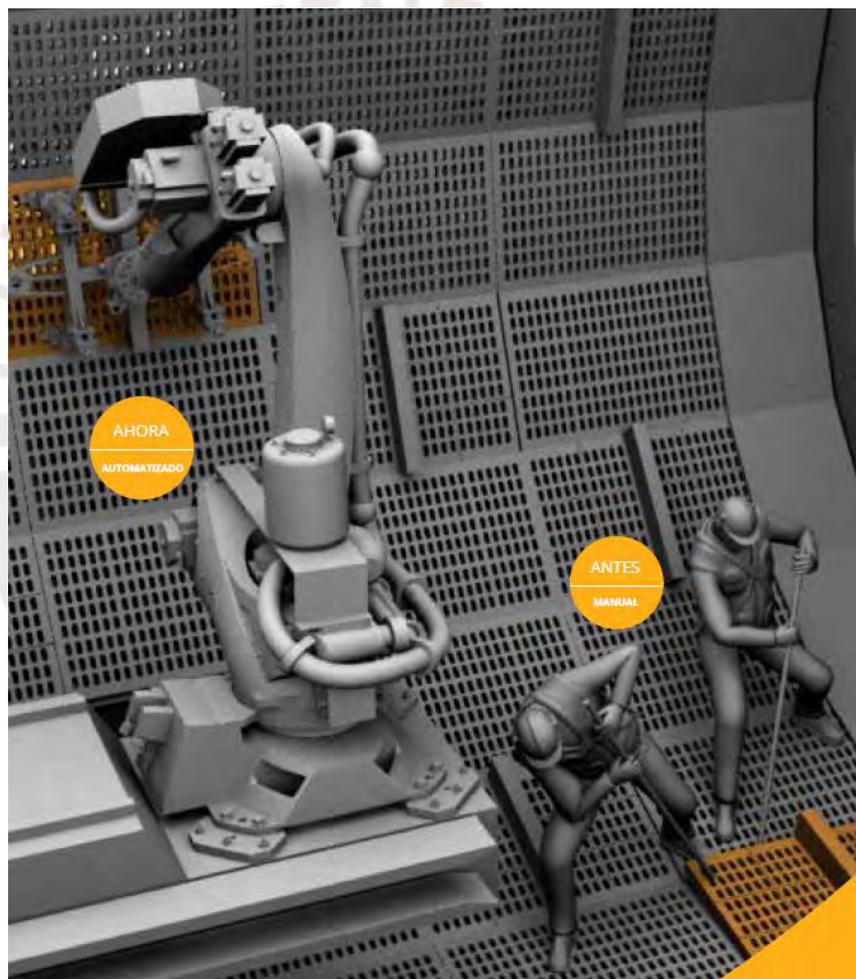
Desde el 2010 MIRS lleva a cabo el proyecto de “Cambio de palmetas de Trommel Automatizado” para la Minera Escondida, buscando como principales objetivos: i) aumentar la productividad; ii) incrementar los recursos y reservas de minerales por el control de impurezas; y, iii) la eliminación de la intervención directa de los operadores, mejorando la seguridad y confiabilidad del proceso (Fundación Chile, FCH, 2017)

El proyecto se trabajó en las 4 etapas que MIRS define como el “proceso de creación de nuevos productos”: i) ingeniería conceptual; ii) prueba piloto; iii) prueba industrial; y, iv) elaboración de equipamiento final. El 2010 se inició con la exploración de oportunidades y colaboración (etapa i). Luego del avance del prototipo, el 2013 se hicieron las primeras pruebas piloto (etapa ii), permitiendo diseñar y fabricar componentes adicionales para mejorar su rendimiento. Ya para el 2014, junto a ACOTEC se llevó a cabo la prueba industrial (etapa iii) a escala real y con todos los componentes que integraban la solución. En el 2015 se trabajó en la ingeniería al detalle (etapa iv) para que se pueda hacer uso del equipo en la planta de la Minera Escondida.

Es apenas el 2016, luego de llevar a cabo las 4 etapas del proceso de creación de nuevos productos que son ejecutados para controlar y reducir los riesgos inherentes de incorporar una innovación en procesos productivos y operaciones críticas en minería, que el cliente de MIRS solicita la fabricación y suministro de todo el sistema. A la fecha de publicación del libro de resultados de casos de innovación, en donde se presenta este proyecto, en el 2017, se continuaba realizando las pruebas de pre-operación (Fundación Chile, FCH, 2017).

Este es otro claro ejemplo de la alta propensión por innovar en las grandes empresas mineras de Chile, quienes colaboran y contribuye entre “competidores” para lograr, mediante la coo-petición sacar adelante proyectos innovadores. La coo-petición es

una estrategia que se referir a la colaboración que existe entre las empresas privadas cuyos core de negocios son similares (Breznitz, 2007). Se puede creer que estas empresas competirían entre sí, ya sea para lograr mejor cuota de mercado, mayor retención de clientes, o para este caso específico de dos empresas mineras de conseguir un mejor producto (commodities) a un menor costo. Sin embargo, en Chile, al igual que en Israel, las empresas con el mismo core de negocio no compiten entre sí, todo lo contrario, colaboran de forma efectiva y eficiente para que puedan mejorar y crecer (coo-petir). Esto, sumado al apoyo del gobierno e instituciones, hace que el ecosistema en Chile siga siendo muy robusto para apoyar proyectos innovadores con base científica – tecnológica.



**Figura 23: Concepto de la solución desarrollada por MIRS - Cambio de palmetas de Trommel Automatizada**  
**Fuente: Fundación Chile - FCH, 2017**

Se puede notar, también, que el apoyo no se brindó únicamente el primer o segundo año. En ambos ejemplos, se nota que el tiempo que toma llevar al mercado una innovación con base científica-tecnológica exitosa es más de 5 años.

### **3 Metodología de investigación**

#### **3.1 Metodología y diseño de la investigación**

La metodología por emplear es el método de estudio de caso holístico, a través de una investigación descriptiva – cualitativa. Se estudiarán dos escenarios en un caso de una empresa minera peruana, ejecutadas en el periodo 2015-2018 y los primeros 6 meses del 2019; y muestras múltiples de 5 empresas mineras mediante entrevistas.

Para llevar a cabo la metodología de estudio de caso holístico, se analizó la documentación de los dos escenarios elaborados con relación a la implementación de la misma tecnología; y como muestras múltiples se analizó las entrevistas a los representantes de las empresas mineras ligados al desarrollo de proyectos e innovación.

##### **3.1.1 Unidad de Análisis**

Se analizaron los dos escenarios del caso de la Gran Empresa Minera estudiada, utilizando los tres factores descritos en el marco teórico: económico, social y político. Así mismo, se analizarán las encuestas resultado de las muestras múltiples, para identificar la presencia de factores determinantes que permitan la generación de proyectos innovadores.

##### **3.1.2 Objetivo de la Investigación**

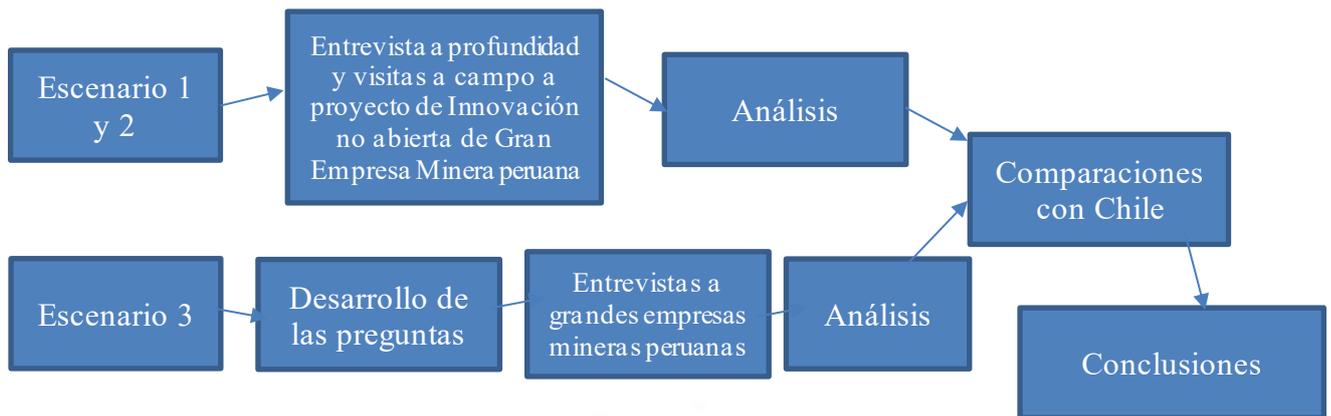
a) **Objetivo general**

Identificar y analizar, a partir de un estudio de caso, cuáles son los factores económicos, sociales y políticos que permiten u obstaculizan la implementación de proyectos con soluciones tecnológicas innovadoras en las Empresas Mineras peruanas.

b) **Objetivos específicos**

- Describir cualitativamente los escenarios del caso de estudio para evaluar cómo influyen los factores en su implementación u obstaculización.
- Identificar cómo los factores determinantes de la innovación difieren entre las Empresas Mineras peruanas encuestadas.
- Determinar las conclusiones para los estudios de caso evaluados de la empresa minera.
- Presentar recomendaciones sobre la metodología utilizada.

En la *figura 24* se presenta un diagrama sobre el trabajo realizado:



**Figura 24: Diagrama de la metodología de investigación realizada**  
Fuente: Elaboración propia a partir de la metodología trabajada

### 3.1.3 Preguntas de la Investigación

En la presente tesis se busca ayudar a resolver la siguiente interrogante: ¿por qué las grandes empresas mineras peruanas perciben un alto factor de riesgo en la introducción de nuevas tecnologías innovadoras en sus procesos y/u operaciones, desarrolladas por empresas proveedoras locales y/o extranjeras con soluciones no validadas?

Así mismo, las principales preguntas de investigación de esta tesis son:

- ¿Cuáles son los factores determinantes que impactan positiva o negativamente en el desarrollo de proyectos de innovación con base científica – tecnológica trabajados bajo la topología de innovación abierta en las empresas mineras peruanas?
- ¿Cuántos son los proyectos de innovación con base científica – tecnológica trabajados bajo la topología de innovación abierta que se llevan a cabo en las Empresas Mineras peruanas encuestadas? Y en caso no se lleve a cabo ninguna, ¿Cuáles son los factores determinantes de la innovación que difieren con respecto a la empresa con el caso de estudio expuesto?
- ¿Las empresas mineras peruanas con las que se ha trabajado llevan a cabo programas para la gestión de la innovación?

### 3.1.4 Proposiciones de la Investigación

Las principales proposiciones de este estudio son:

- Los factores determinantes de la innovación difieren entre la empresa minera peruana evaluada con el caso de estudio y las otras empresas mineras peruanas encuestadas.

- El conocimiento de los conceptos de innovación y el ecosistema difieren entre la empresa minera peruana evaluada con el caso de estudio y las otras empresas mineras peruanas encuestadas.
- La gran mayoría de las empresas mineras peruanas encuestadas y las analizadas no llevan a cabo un proceso de gestión de la innovación dentro de sus empresas.

### **3.1.5 Muestras de la Investigación**

Se seleccionó el proyecto de una Gran Empresa Minera peruana en base a la tecnología utilizada y a la metodología que permitió su implementación en el primer y segundo escenario. Los criterios que se utilizaron para la selección del caso de estudio son los siguientes:

- Iniciativas tecnológicas innovadoras implementadas dentro del periodo del 2015 al 2018 y el primer semestre del 2019 (1S2019).
- Desarrollo de tecnologías innovadoras relacionadas a productos o procesos.
- Iniciativa tecnológica innovadora implementada que se encuentre documentada ya sea de manera escrita, oral o visual.

Así mismo, para el levantamiento de información vía encuestas (muestras múltiples), se seleccionó a las empresas mineras peruanas que son clasificadas por la Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía del Perú como las “Principales Empresas Mineras Productoras del 2018” (SNMPE, 2018)

### **3.1.6 Proceso de recolección de la información para la Investigación**

La información del caso de estudio fue recolectada en función al involucramiento en la ejecución del segundo escenario del proyecto en mención durante el 2018 y 1S2019; y con la retroalimentación provista por la empresa proveedora/desarrolladora local que llevó a cabo la implementación de la tecnología en el primer escenario durante el periodo 2015 – 2018 y el 1S2019.

Así mismo, para las muestras múltiples se recolectó información en base a entrevistas estructuradas llevadas a cabo entre el 14 de enero y el 16 de agosto del 2019. Las entrevistas se llevaron a cabo de forma presencial en las instalaciones de las respectivas empresas, con los mandos gerenciales y jefaturas involucrados en el desarrollo, operación y planificación en la introducción de tecnologías para los procesos administrativos y operativos (de mina y planta).

El diseño de las encuestas se elaboró en función a la experiencia laboral adquirida desde la fecha de egreso de la carrera de ingeniería mecatrónica, en la cual aborde varis proyectos de investigación y desarrollo orientado a la introducción de nuevas tecnologías e innovación en distintos rubros industriales, entre los cuales se colaboró con el sector minero.

Por último, una parte de la información presentada en esta tesis se recolectó de fuentes primarias y secundarias de datos y documentos expuestos en medios de comunicación internos o externos a las empresas y cuya disponibilidad es pública.

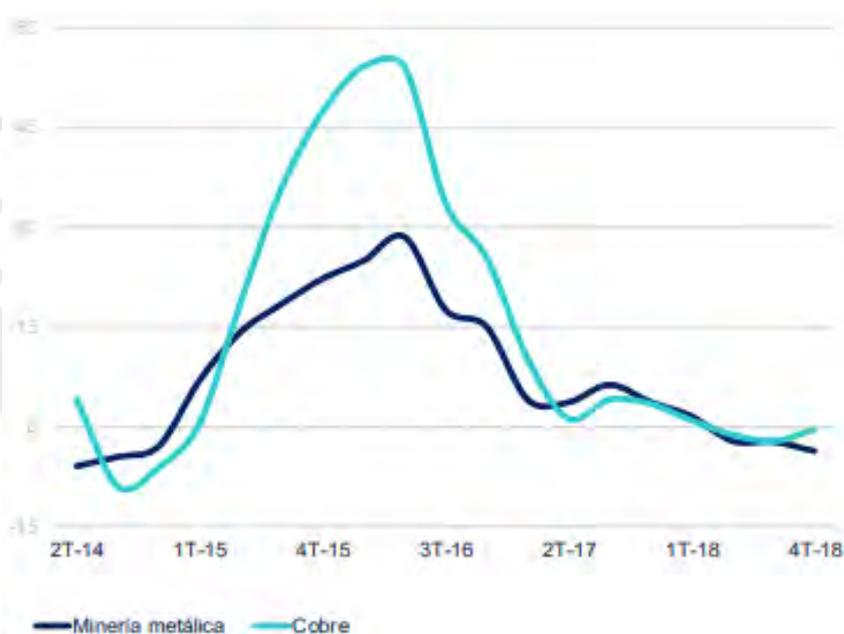


## 4 Estudio de Caso, resultados

Tal como se indica en la metodología de trabajo, los resultados que se presentan se basan en la información provista por Una Gran Empresa Minera y el proyecto que desarrollo en función a la metodología de innovación no abierta, y a las encuestas elaboradas con las empresas mineras.

### 4.1 Descripción del proyecto – Primer Escenario: Gestión de la información en 8 procesos en la Unidad Minera “A” de una Gran Empresa Minera de Perú

A partir de finales del 2015, se experimentó una reducción en la producción minera, a causa del menor volumen extraído, problemas con la baja ley de mineral, problemas geotécnicos y agotamiento de algunas operaciones (BBVA Banco Continental, 2019), tal como se aprecia en la *figura 25*.



**Figura 25: Producción Minera Metálica y de Cobre (Variación en % Interanual)**  
Fuente: BBVA Banco Continental, 2019

Esta fue una de las razones por las cuales el directorio de la Gran Empresa Minera Peruana estudiada decidiera apostar por invertir en nuevas tecnologías para mejorar sus procesos y reducir costos que les permita mantener su operación sostenible en el tiempo. Junto a una empresa desarrolladora/proveedora local se propuso introducir un paquete de soluciones de la firma Wonderware, software especializado para la gestión y la digitalización del modelo de negocio (Wonderware - Aveva Group plc, 2018).

Fue así como en abril del 2016 se inició con el desarrollo de una solución denominada: “Proyecto de gestión de la información de producción”.

Este proyecto hizo uso de una tecnología innovadora que se lleva a cabo mediante la instalación de un sistema para el control de la eficiencia en los equipos a analizar (mediante instrumentación, aprovechando hardware de automatización en los equipos) y con una infraestructura para el almacenamiento y tratamiento de datos (en servidores locales y/o en la nube, aprovechando el hardware de TI de la compañía) y se enfocó en los siguientes objetivos técnicos:

- Implementación del estándar corporativo.
- Estandarización de la gestión de información en la corporación.
- Mejorar el registro de datos y de eventos para un mejor análisis.
- Implementar un Data Center Industrial Corporativo para la historia de datos de producción.
- Implementar un sistema de inteligencia de negocio (BI) basado en reglas del negocio para reducir la variación del proceso y mejorar la producción.
- Proveer reportes instantáneos e indicadores claves (KPI) de todo el proceso en tiempo real accesibles vía intranet e internet.

Los Productos y Soluciones aplicados fueron los siguientes:

- Wonderware System Platform.
- Wonderware InTouch for System Platform.
- Wonderware MES Performance.
- Wonderware Intelligence.

Este proyecto es considerado una solución innovadora, ya que permitió introducir un nuevo método organizativo en las prácticas internas de la Gran Empresa Minera Peruana estudiada; ya que de acuerdo al Manual de OSLO: “Una innovación es la introducción de un nuevo, o significativamente mejorado, producto (bien o servicio), de un proceso, de un método de comercialización o de un nuevo método organizativo, en las prácticas internas de la empresa...” (Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos - OECD, 2005); así también como se evidencia de lo presentado en el acápite 2 de la presente tesis.

El proyecto se llevó a cabo en dos etapas, las cuales se detallan en los acápites 3.2.1 y 3.2.2. Sus principales impulsores fueron la Gerencia Corporativa de TI, Gerencia Corporativa de Producción y Superintendencia de Mantenimiento de la U.M. “A”. Los colaboradores de la Gran Empresa Minera Peruana estudiada que coordinaron el

desarrollo con la empresa desarrolladora/proveedora local y que impulsaron el proyecto fueron el Superintendente de Mantenimiento y uno de los Coordinadores de Proyectos de TI. En el 2015 no existía área para la gestión de la innovación en la Gran Empresa Minera Peruana estudiada.

#### **4.1.1 Desarrollo y Antecedentes de la Etapa 01 del Proyecto de gestión de la información de producción**

En abril del 2016 se inició con la ejecución de un proyecto piloto en la Unidad Minera (U.M.) “B” y duró 4 meses.

En esta se llevó a cabo una visita a campo, levantamiento de información y configuración de la infraestructura necesaria para iniciar con el desarrollo del sistema. Durante el levantamiento de información se encontraron parámetros que no correspondían a los que deberían ser utilizados para el cálculo de los indicadores, como también eventos que no eran registrados y que podían alterar el resultado final. Por ello, la Gerencia Corporativa de Producción brindó los parámetros reales con los que se debían de trabajar y con dichos valores se configuró el sistema implementado. La empresa desarrolladora/proveedora local fue quien implementó el desarrollo respectivo, encontrando finalmente una subutilización de activos, consumos de energía por reprocesos, indicadores de rendimiento de equipos por debajo del reportado, entre otros.

La Gerencia Central y la Gerencia de TI luego del resultado del Proyecto Piloto decide llevar a cabo la implementación de un Proyecto de Gestión de Información en la U.M. “A”.

#### **4.1.2 Desarrollo y Antecedentes de la Etapa 02 del Proyecto de gestión de la información de producción**

En agosto del 2016 se da inicio al diseño del sistema y modelamiento que fue desarrollado por la empresa desarrolladora/proveedora local. Para un mejor desempeño del sistema, el modelo a través de objetos y el scripting necesario desarrollados permitían la reutilización de la ingeniería para la escalabilidad del sistema, haciendo posible replicar la tecnología en otras de las U.M. Esta etapa duró 6 meses y se ejecutó con un plan de trabajo para la integración de los datos de diferentes procesos de la U.M. “A” que incluyen:

- Área de Winches
- Área de Ventilación
- Sistemas de Energía
- Área de Chancado
- Área de Molienda
- Área de Flotación
- Área de Cianuración
- Sistemas de Bombeo

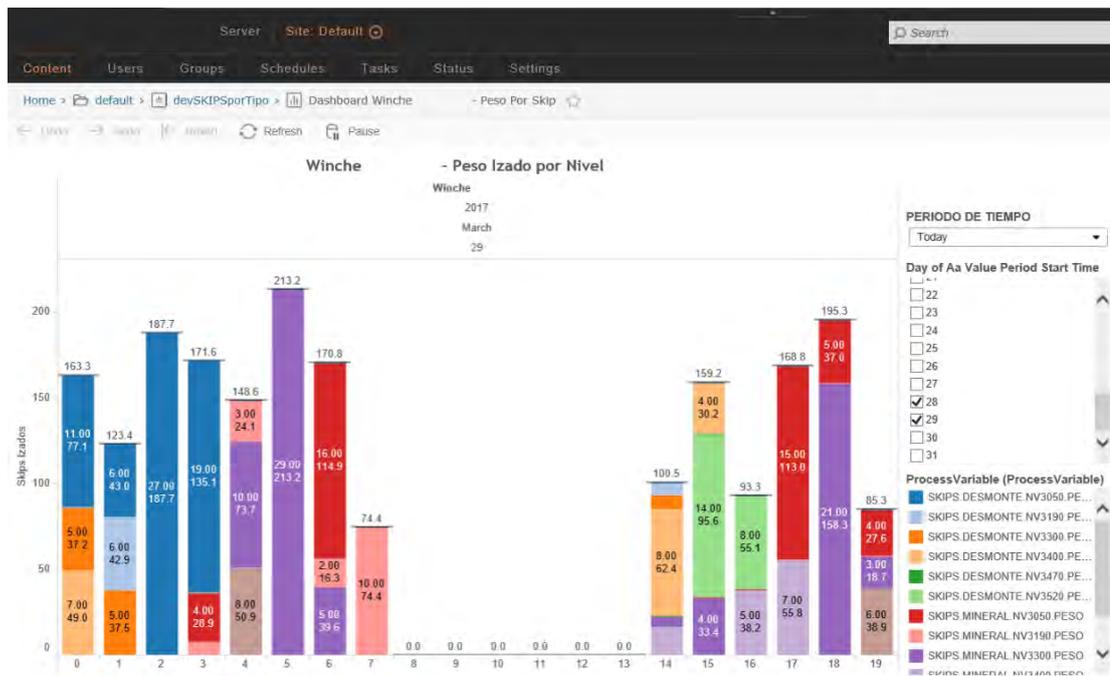
El desarrollo de Dashboards se manejó en conjunto con el personal de la U.M. “A”, tomando como referencia en algunos casos los reportes que manejaban en Microsoft Excel.

Los dashboards consisten en pantallas que muestran información útil a cada colaborador de la empresa, priorizando los datos que necesita cada función, ya sea a nivel administrativo, planta, operación o gerencial.

Los resultados obtenidos fueron:

- Implementación de los estándares corporativos.
- Una nueva plataforma para la integración de todas las Unidades de la corporación.
- Un sistema de gestión de datos corporativo con infraestructura y tecnología de vanguardia.
- La información correcta que permitió que las personas adecuadas mejoren el rendimiento de la planta incluso cuando no están en la U.M.
- Identificación de cuellos de botella (por ejemplo: problemas de subutilización de activos).
- Visibilidad completa de los indicadores para análisis, cambios y mejoras rápidas.

En la *figura 26* se muestra un Dashboard con información de peso izado por winche, monitoreado en tiempo real, como ejemplo.



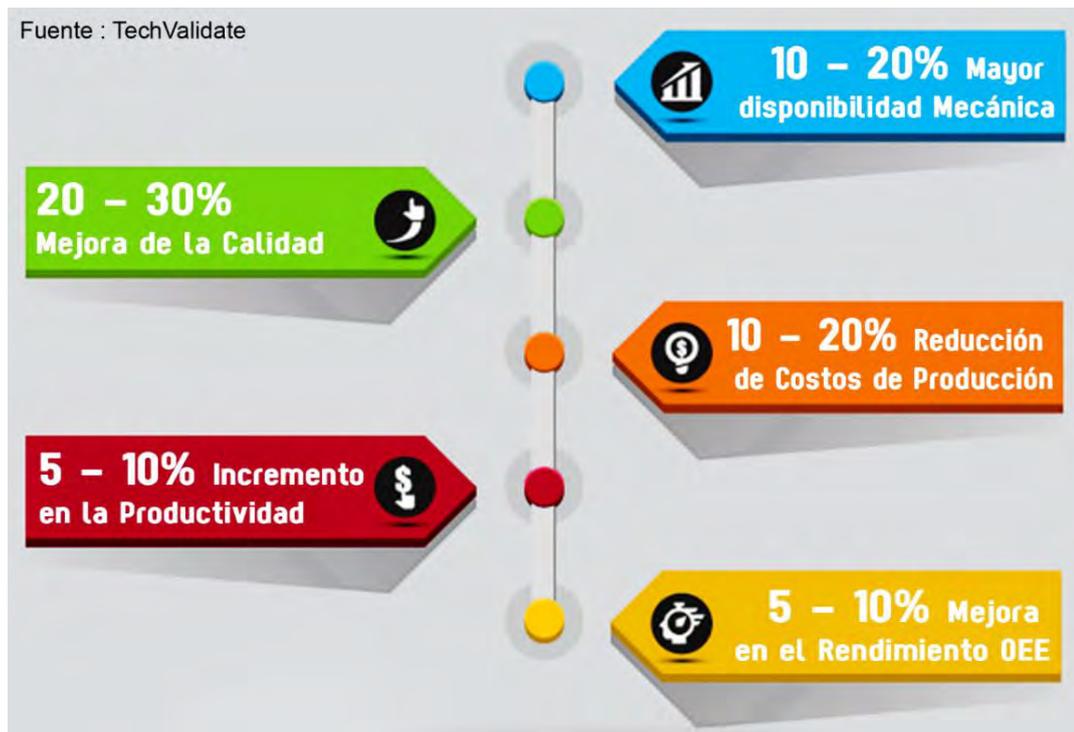
**Figura 26: Un Dashboard obtenido - Resultado: Información en tiempo real de peso izado por nivel en el Winche, a fecha 29 de Marzo 2017**  
**Fuente: Elaboración a partir de los Dashboards del Proyecto de gestión de la información de producción en la U.M. “A”, 2017**

### 4.1.3 Beneficios y Logros del Proyecto de gestión de la información de producción

El Proyecto de gestión de la información de producción fue desarrollado mediante una metodología común de contratación de servicios para atender una necesidad específica, no mediante una metodología con tipología de Innovación Abierta. Sin embargo, en su desarrollo se involucró a una empresa desarrolladora/proveedora local, a una empresa extranjera y a nivel interno de la empresa se involucraron las Gerencias de TI, Gerencia de Operaciones y Gerencia Central.

Con respecto a la inversión que se requirió para su implementación, la etapa 1 demandó un total aproximado de USD \$50,000.00 para su desarrollo y tomó 1 mes recuperar la inversión (aplicando mejora continua al equipo al que se le aplicó el sistema). En el caso de la etapa 2, demandó un total aproximado de USD \$500,000.00 para su desarrollo.

En la etapa 2 el impacto en la operación se sintió a tan solo dos meses de iniciar el monitoreo de parámetros, ya que con dicha infraestructura se tenía información correcta referente a cuál era la situación actual del proceso y de las máquinas evaluadas; se identificaron problemas en el proceso y/o máquinas; y, se brindaron recomendaciones y propuestas de solución.



**Figura 27: Relación de Beneficios alcanzados con el Proyecto de Gestión de la información de producción**

Fuente: TechValidate, 2017

En la *figura 27* se muestra un resumen de la relación de beneficios alcanzados en el servidor TechValidate al hacer uso de tecnologías y plataformas de AVEVA (Aveva Group plc, 2017), tal como el sistema de control instalado en la U.M. “A” que se expone en el presente caso.

Con el incremento en la productividad de entre 5 y 10%, el FACTOR ECONÓMICO resulta verse beneficiado, puesto que la introducción de nuevas tecnologías en los procesos permite ser más eficiente y obtener como resultados mayor producción e ingresos.

Así mismo, la implementación del proyecto permitió abordar las principales preocupaciones de las empresas mineras con sus colaboradores y las comunidades aledañas, logrando:

- Mejorar las condiciones y la eficiencia laborales.
- Reducción de desperdicios/mermas.

Con ello, el FACTOR SOCIAL resulta verse beneficiado, puesto que la mejora en las condiciones laborales significaba una menor exposición de los colaboradores a tareas de alto riesgo. Antes de la implementación del sistema de control, los

colaboradores se tenían que acercar a los equipos a levantar la información del proceso, y muchos de los equipos en planta se encuentran en entornos de altas temperaturas y expuesto a ambientes con partículas pesadas y peligrosas para el cuerpo humano por largas exposiciones a las mismas. Además, con la reducción de desperdicios y mermas, las comunidades vecinas ya no estarían expuestas al mismo nivel de contaminantes que se sacaban como desperdicios/mermas del proceso, ya que una vez instalado el sistema se trabajaron en mejoras inmediatas para evitar reprocesos o consumos excesivos de energía por trabajar fuera de valores nominales, logrando la reducción de desperdicios y mermas.

Con respecto al FACTOR POLÍTICO, no se logró medir ningún impacto inmediato como resultado de la instalación del sistema de control a nivel externo (políticas a nivel país, estado). Sin embargo, a nivel interno (POLÍTICAS INTERNAS DE LA COMPAÑÍA), sí se obtuvo un indicador resaltante. Los impulsores de este proyecto, el Superintendente de Mantenimiento y el Coordinador de Proyectos de TI de la U.M. “A”, quienes fueron los principales sponsors del proyecto en la empresa, se fueron de la empresa. En el caso del Superintendente, se retiró de la empresa cuando finalizó el proyecto y el Coordinador de Proyectos continuó intentando impulsar el uso del sistema. Sin embargo, el Coordinador de Proyectos fue invitado a formar parte de las personas que estructurarían una nueva área que se formaría: Gerencia de Innovación.

El desarrollo del proyecto generó un impacto positivo en la empresa, a nivel político, puesto que fue uno de los factores que incentivó a la planificación para la creación de una nueva área.

#### **4.2 Descripción del proyecto – Segundo Escenario: Gestión de la información en procesos críticos en la Unidad Minera “C” de una Gran Empresa Minera de Perú**

La empresa desarrolladora/proveedora local que había desarrollado el sistema de Gestión de la información en los 8 procesos de la U.M. “A” incluyó el provisionamiento perenne de las licencias de software para que el monitoreo en tiempo real siga funcionando luego de los 6 meses de ejecución del proyecto.

Ejemplo de ello, en julio del 2017 se comprobó que el sistema que había sido instalado en la U.M. “A” seguía operando, sin inconvenientes. Registraba la

información y la procesaba, para mostrar los Dashboards que los colaboradores de la empresa hacían uso. Con la herramienta lograban seguir identificando oportunidades de mejora para hacer más eficiente su operación.



**Figura 28: Información del sistema de control en U.M. "A"**

**Fuente: Imagen adquirida durante supervisión realizada en julio del 2017 por la empresa desarrolladora/proveedora local, 2017**

Sin embargo, para enero del 2018, el sistema ya no estaba siendo utilizado. No se hacía uso de la información procesada y los servidores estaban apagados. El proyecto con los equipos e infraestructura instalada, cuya inversión había representado un monto aproximado de USD \$500,000.00 estaban siendo desaprovechados.

El problema que se había presentado era que el Coordinador de Proyectos de TI, quien había sido el impulsor del proyecto que había quedado en la empresa, ya no trabajaba en la Gran Empresa Minera Peruana estudiada. En octubre del 2017 se le propuso cambiar de área y estaría como coordinador en la nueva área de innovación, a cargo de un nuevo gerente. Sin embargo, asuntos internos no lo convencieron en aceptar dicha propuesta y decidió retirarse de la empresa. Al retirarse, no hubo ninguna persona que se haga cargo de mantener el sistema operativo y de incentivar a los colaboradores a que sigan haciendo uso de la data con la que se generaban los reportes a gerencia. Cuando el Coordinador de Proyectos se fue, se volvió a la práctica de elaborar reportes a la gerencia de forma manual, con información que no podía ser comprobada.

La empresa desarrolladora/proveedora local intentó encontrar entre los gerentes de unidad, superintendentes, supervisores, jefes y coordinadores; alguien que se pudiera hacer cargo nuevamente de mantener operativo el sistema, invitándolos a

reuniones y explicando las bondades del sistema, pero en esa época se presentó un cambio de personal significativo en la U.M. y a nivel corporativo. No tuvo éxito hasta el mes de octubre del 2018, cuando logró contactar con la nueva gerencia de innovación. En dicha fecha se sacó adelante una reunión, en la cual entre la gerencia de innovación y la empresa desarrolladora/proveedora local se propusieron volver a reactivar el sistema en la U.M. "A".

#### **4.2.1 Desarrollo y Antecedentes de la Etapa 02 del Proyecto de gestión de la información de producción**

En diciembre del 2018, sin embargo, el entorno era desfavorable, ya que se estaban obteniendo baja ley en el concentrado de mineral de dicha U.M, por lo que no se podría aprobar ningún presupuesto para el desarrollo de proyectos. Con este panorama, no se iba a poder reactivar el sistema, puesto que necesitaba un presupuesto adicional para cubrir las horas hombre para volver a poner todos los equipos e infraestructura en marcha.

No fue hasta el mes de febrero del 2019, que se propuso llevar el sistema a la U.M. "C", otra unidad en la cual se podría aprovechar todos los equipos e infraestructura instalada. Para ello, se estaba a la espera de la aprobación del presupuesto para su ejecución. Esta alternativa se presentó, debido a que la U.M. "A" seguía generando tendencias a la baja en cuanto a producción y ley; en cambio, la U.M. "C" estaba presentando una productividad estable.

Al cierre de la presente tesis, se iniciaba con la planificación para el traslado de los equipos e infraestructura instalada y replica de la solución del sistema de control que se había trabajado en la U.M. "A", para ponerlo en marcha en la U.M. "C".

#### **4.2.2 Aprendizajes del Proyecto de gestión de la información de producción**

El Proyecto de gestión de la información de producción fue desarrollado gracias al impulso de uno de los colaboradores de la Gran Empresa Minera Peruana estudiada (y al Coordinador de Proyectos de TI, quien cumplió el rol de Project Manager) y a la participación de distintos niveles de la organización (gerenciales y operativas). Sin la participación del Project Manager ni el interés de los involucrados (por distintos temas que se presentaron en esas épocas en el ecosistema minero), el proyecto no generó beneficios luego de su salida de la empresa. Esto representó una mala señal para

incentivar a que la Gran Empresa Minera Peruana estudiada apueste por la implementación de nuevas tecnologías en otras U.M. u procesos.

Los impactos a nivel económico, social y político son muy difíciles de medir, pues se requiere que el sistema esté instalado en la nueva U.M. “C” y operando.

### **4.3 Descripción del proyecto – Tercer Escenario: Presentación de encuestas, análisis y discusión de resultados**

En este acápite se presentan los resultados de las muestras múltiples de empresas mineras, muestra el análisis de la información obtenida de las 5 entrevistas realizadas, a parte de las empresas consideradas como las “Principales Empresas Mineras Productoras del 2018” (SNMPE, 2018) las cuales se complementa con el análisis realizado a más de 20 empresas mineras en función a información que es de acceso público (webs, notas periodísticas, reportes).

No se pudo obtener mayor cantidad de entrevistas, debido a que de las 22 empresas mineras peruanas contactadas, 7 se negaron a “compartir” o “dar a conocer” sus proyectos de innovación que vienen trabajando de forma interna, dando a entender que llevan a cabo procesos de innovación no abierta. Las otras 10 empresas contactadas no entendieron la importancia de abordar temas de innovación, indicando que preferían que se contacte directamente con sus directorios a nivel internacional (para aquellas que tenían operaciones y sede central en otros países) o que se intente coordinar con sus proveedores, pues no trabajaban en ese tipo de proyectos.

#### **4.3.1 Perfil e información del entrevistado**

En la *Tabla 5* se muestran los perfiles de las personas que colaboraron con las encuestas. Se puede apreciar que de los 5 perfiles encuestados el 80% cuenta con una amplia experiencia en la actividad minera (más de 8 años de carrera profesional en el rubro). Dichos perfiles se ubican en posiciones y departamentos que son bastante similares entre distintas operaciones y empresas mineras.

**Tabla 5: Perfil e Información del Entrevistado, Encuesta (Parte 1)**

PERFIL E INFORMACIÓN DEL ENTREVISTADO						
N°	Pregunta	Empresa 1	Empresa 2	Empresa 3	Empresa 4	Empresa 5
1	Cargo	Gerente de Innovación	Gerente de Operaciones	Gerente de Proyectos	Coordinador de Automatización y Analítica	Superintendente de Mantenimiento
2	División / Gerencia	Directorio de Corporativo	Directorio de Corporativo	Gerencia Operaciones	Gerencia de Operaciones	Gerencia de Mantenimiento
3	¿Cuánto tiempo se encuentra laborando en su actual posición?	18 meses	34 meses	52 meses	6 meses	23 meses
4	¿Cuánto es el tiempo de experiencia que tiene en la actividad minera?	2 años	15 años	20 años	8 años	14 años

**Fuente: Resultados obtenidos a partir de las encuestas elaboradas entre el 14 de enero y el 16 de agosto del 2019.**

La dominancia de perfiles con amplia experiencia en el rubro, quienes son los encargados de tomar decisiones, es un factor social que se presenta en el sector minero. De las 5 empresas encuestadas y del análisis realizado a más de 20 empresas mineras para la presente tesis, se observa que las posiciones de las empresas mineras peruanas que toman decisiones son ocupadas por personas consideradas “expertas” y con amplios años de experiencia en el rubro. Este factor social será tomado para continuar con el análisis a las siguientes partes de la encuesta desarrollada.

#### **4.3.2 Indicadores y nivel de innovación**

En la *Tabla 6* se muestran los indicadores y niveles de innovación de las empresas, brindada por los entrevistados. Se puede apreciar que el 0% de las empresas encuestadas ha llevado a cabo un proyecto innovador bajo la topología de innovación abierta.

**Tabla 6: Indicadores y Nivel de Innovación, Encuesta (Parte 2)**

INDICADORES Y NIVEL DE INNOVACIÓN DE LA EMPRESA						
N°	Pregunta	Empresa 1	Empresa 2	Empresa 3	Empresa 4	Empresa 5
5	Cantidad de Proyectos de Innovación desarrollados durante los últimos 5 años	4	3	1	2	0
6	De 5: Cantidad de Proyectos desarrollados bajo la topología de Innovación Abierta	0	0	0	0	0
7	De 5: Cantidad de Proyectos desarrollados con base científica - tecnológica	3	3	1	2	0
8	Resultados: ¿Positivos o Negativos?	Positivos	Positivos	Negativos	Positivos	NA
9	De 5: Áreas involucradas en su desarrollo	Gerencia (G.) Central, G. de TI, G. de Operaciones, G. de Mantenimiento	Gerencia (G.) Central, G. de Operaciones, G. de Mantenimiento	G. de TI, G. de Operaciones	G. de Logística, G. de TI	NA

**Fuente: Resultados obtenidos a partir de las encuestas elaboradas entre el 14 de enero y el 16 de agosto del 2019.**

Si bien al menos un 80% de las empresas encuestadas han trabajado en 1 proyecto innovador y con base científica – tecnológica, ninguna lo ha llegado a desarrollar mediante la colaboración entre departamentos internos, empresas proveedoras externas, gobiernos y/o universidades. Del análisis realizado a más de 20 empresas mineras se obtuvo información relevante de dos empresas, quienes vienen desarrollando proyectos innovadores de base científica – tecnológica con topología de innovación abierta.

El primer caso es el de la empresa Nexa Resources, quien inició con operaciones en el estado de Minas Gerais en Brasil en 1956 y que actualmente cuenta con 5 operaciones en Brasil y Perú (Nexa Resources, 2018). Esta empresa inició con un programa de innovación abierta de modelo Corporate Venture Capital el 2016, que brinda fondos para el desarrollo de proyectos de emprendimientos que proponen soluciones innovadoras para distintas demandas de los procesos de minería,

metalurgia, exploración, desarrollo y economía en sus entornos de participación (Nexa Resources, 2019). Este programa ya cuenta con 4 años continuos de convocatorias abierta a todas las ideas que puedan ser presentadas por innovadores a nivel mundial. En su versión del 2018 el programa reconoció y viene financiando 3 empresas peruanas proveedoras de tecnología para la minería.

El segundo caso es el de la empresa Antamina, quien opera en el departamento de Ancash, iniciando construcción en 1998 y su exportación de minerales el 2001 (Antamina, 2018). Esta empresa ha desarrollado un programa de innovación abierta de modelo Tech Scouting; por ello viene participando activamente en los eventos, iniciativas, cursos y recibiendo reconocimientos que son llevados a cabo por parte de la Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía; quien desde hace 7 años viene promoviendo la investigación científica, desarrollo tecnológico e innovación en el sector minero energético (SNMPE, 2019). Cabe destacar el proyecto denominado “qEYE, Sistema Aéreo No Tripulado para Seguridad”; proyecto con base científica – tecnológica trabajado bajo la tipología de innovación abierta entre un startup peruano (qAIRa), una universidad local (Pontificia Universidad Católica del Perú) y la empresa minera Antamina; que consistió en brindar una solución para potenciar el monitoreo de seguridad en las operaciones mineras mediante el desarrollo de drones.

Estos escenarios dan una muestra del factor político que se presenta en el sector minero. La baja articulación entre instituciones, empresas privadas y entidades gubernamentales hacen que el ecosistema de innovación y desarrollo tecnológico en el sector minero no genere un impacto a nivel nacional. La colaboración que se expuso en los casos de éxito de Chile fue fundamental para generar un ecosistema sólido para la innovación y desarrollo, elemento que hace falta para generar dicho crecimiento en el país.

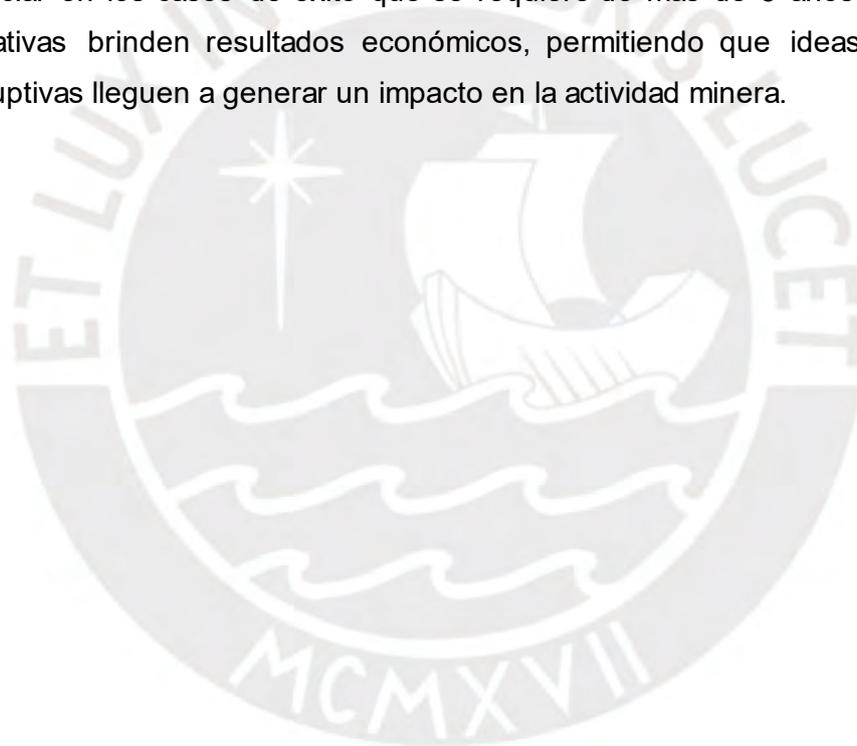
#### **4.3.3 Grado de interés y participación**

En la *Tabla 7* se muestran los grados de interés y participación del entrevistado. Se puede apreciar que el 60% de los entrevistados tiene una baja percepción de riesgo por innovar en sus actividades y procesos en la empresa minera que laboran.

Sin embargo, un común denominador en todos los entrevistados es el método que utilizan para compartir información o exigir resultados. El 100% de entrevistados indican que se debería de pasar por determinados procesos para aprobar que se comparta información con entidades externas.

Además, el 80% de las empresas encuestadas “castigan” a las iniciativas, pidiendo resultados que sean demostrables a nivel financiero, solicitando retornos por los montos invertidos en periodos de corto plazo.

Estos indicadores muestran un aspecto importante con respecto al FACTOR ECONÓMICO que se presenta en el sector minero. Si bien, es uno de los sectores que mayores ingresos genera entre las distintas actividades económicas, no están dispuestos a invertir sus ingresos en proyectos innovadores que “no hayan demostrado” resultados. Este es un común denominador que se presenta entre las 20 empresas analizadas. Suelen “castigar” a las iniciativas, pidiendo resultados de retorno de la inversión en cortos plazos, lo que hace inviables iniciativas que se encuentren en etapas muy tempranas. A diferencia de Chile, donde se puede apreciar en los casos de éxito que se requiere de más de 5 años para que las iniciativas brinden resultados económicos, permitiendo que ideas innovadoras disruptivas lleguen a generar un impacto en la actividad minera.



**Tabla 7: Grado de Interés y participación, Encuesta (Parte 3)**

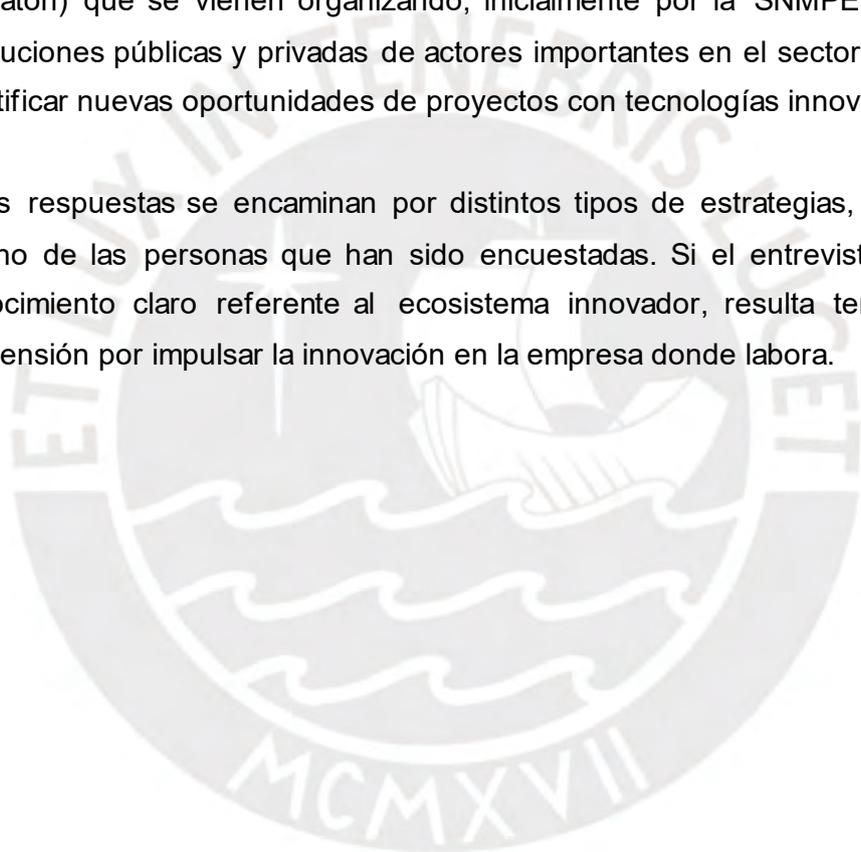
<b>GRADO DE INTERÉS Y PARTICIPACIÓN POR PARTE DEL ENTREVISTADO</b>						
<b>N°</b>	<b>Pregunta</b>	<b>Empresa 1</b>	<b>Empresa 2</b>	<b>Empresa 3</b>	<b>Empresa 4</b>	<b>Empresa 5</b>
10	Según los resultados que se alcanzaron en los proyectos y si dependiera de ti el hacer nuevos proyectos de ese tipo: ¿Estarías dispuesto a hacerlo? Si/No, ¿Por qué?	Si. Indica la importancia de trabajar en una metodología para presentar "incentivos" a los "dueños" de los retos o desafíos.	Si. Resalta la importancia de aprender nuevas tecnologías e introducirlas en etapas tempranas a los procesos.	No. Tuvieron una mala experiencia en el área, por lo que será complicado conseguir aprobación de presupuestos.	Si. Falta involucrar a más áreas, pero se va entendiendo la importancia por innovar.	No. Muy difícil justificar las inversiones a proyectos que no han mostrado resultados antes.
11	Y si pudieras involucrar a terceros ajenos a la empresa al proyecto ¿harías partícipes de forma activa a los stakeholders en estos proyectos? Si/No, ¿Por qué?	Si. Inclusive se está trabajando en un modelo de innovación abierta para involucrar a terceros.	Depende. Se tendría que contar con aprobaciones y acuerdos de confidencialidad para compartir información.	No. El know-how se debe de mantener de forma interna en la empresa.	Si. Se tendría que conseguir las aprobaciones para compartir la información de cada área involucrada.	Si. Inclusive esas empresas podrían cubrir los costos para las etapas de I + D.
12	Y en caso estuvieras dispuesto a hacer partícipe a los stakeholders: ¿bajo qué condiciones lo harías?	Se trabajaría según los términos del modelo de innovación abierta que se está implementado.	Acuerdos de resultados con cada iniciativa, dependiendo del monto a invertir.	ROI de 1o 2 años máximo.	ROI de 1o 2 años máximo.	ROI de 1o 2 años máximo. Y que no afecte las operaciones.
13	En caso de involucrar a stakeholders: ¿Tienes una baja o alta percepción de riesgo por apostar en una solución no validada?	Baja percepción de riesgo.	Baja percepción de riesgo.	Alta percepción de riesgo.	Baja percepción de riesgo.	Alta percepción de riesgo.
14	Y si de ti dependiera asignar el presupuesto para la ejecución de proyectos de innovación abierta con base científica – tecnológica: ¿Cuánto dinero estarías dispuesto a invertir en ello?	Área que no cuenta con asignación de presupuesto. Apunta por la identificación y promoción de colaboradores con áreas y presupuestos asignados que "lideren" la innovación.	Difícil de definir monto fijo. Pero coordinando con directorio se podría considerar hasta un 10% de la utilidad neta por año generado.	Dependiendo de la inversión que solicite cada iniciativa, se tendría que evaluar, para viabilizar económicamente con el departamento de finanzas.	Se evaluaría cada pedido por separado. Pero lo importante es que sepan justificar bien los montos.	Difícil de brindar respuesta. no ve tanto la viabilidad por temas económicos, sino por temas técnicos.

**Fuente: Resultados obtenidos a partir de las encuestas elaboradas entre el 14 de enero y el 16 de agosto del 2019.**

#### **4.3.4 Conocimiento del ecosistema de I+D+i+e**

En la *Tabla 8* se muestra el conocimiento del ecosistema de Investigación, Desarrollo, Innovación y Emprendimiento (I+D+i+e) brindada por los entrevistados referente a la empresa en la cual laboran y a su percepción personal. Se puede apreciar que el 100% de las empresas encuestadas estaría dispuesta a desarrollar un área de innovación (Hub de Innovación); y el 80% apuesta por invertir fondos compartidos para su desarrollo, ya sea mediante Ventures Capital (VC), fondos concursables de I+D de gobiernos/instituciones locales o extranjeras, leyes que impulsen el ecosistema (Ley 30309 del CONCYTEC) y obras por impuestos (OXI). Inclusive, en las 20 empresas mineras analizadas, hacen mención de los concursos (tipo hackaton) que se vienen organizando, inicialmente por la SNMPE y ahora por instituciones públicas y privadas de actores importantes en el sector minero, para identificar nuevas oportunidades de proyectos con tecnologías innovadoras.

Estas respuestas se encaminan por distintos tipos de estrategias, dependiendo mucho de las personas que han sido encuestadas. Si el entrevistado tiene un conocimiento claro referente al ecosistema innovador, resulta tener una alta propensión por impulsar la innovación en la empresa donde labora.



**Tabla 8: Conocimiento del Ecosistema de I+D+i+e, Encuesta (Parte 4)**

<b>CONOCIMIENTO DEL ECOSISTEMA I+D+i+e POR PARTE DEL ENTREVISTADO Y LA EMPRESA</b>						
<b>N°</b>	<b>Pregunta</b>	<b>Empresa 1</b>	<b>Empresa 2</b>	<b>Empresa 3</b>	<b>Empresa 4</b>	<b>Empresa 5</b>
15	¿Implementarías este tipo de proyectos mediante una metodología distinta que no involucre asumir el 100% del costo?	No.  Se cuenta con fondos para invertir en mejoras.	Si.  Formas de colaboración : VC, Fondos I+D, Ley 30309	Si.  Proyectos OXI.	Si.  VC.	Si.
16	¿Crees que la empresa estaría dispuesta en apostar por la creación de un HUB de innovación?	Si.	Si.	Es una posibilidad.	Si.	Es una posibilidad.
17	Y tú, ¿impulsarías la creación de un HUB de innovación?	Si.  Ya se está estructurando.	Si.	Depende.  Se debe de mostrar beneficio económico.	Si.	Depende.  ¿Qué área estaría a cargo?
18	¿Han desarrollado o estarían dispuestos en desarrollar concursos para apoyar proyectos de innovación con base científica – tecnológica?	Si.	Si.	No.  Ya lo hacen otras instituciones	Si.	No.  Ya lo hacen otras instituciones
19	Estos concursos ¿estarían dirigidos sólo a los colaboradores de la empresa, a los stakeholders, o al público en general?	Al público en general.	Al público en general.	Sólo para áreas internas.	Inicialmente para áreas internas. Conocen mejor los procesos.	Sólo para áreas internas.
20	¿Sabes de alguna empresa minera que esté llevando a cabo proyectos de innovación abierta con base científica – tecnológica?	Si.  Han realizado visitas.	Si.  Han realizado visitas..	Si.  Usan esa data para adoptar tecnologías validadas.	Si.  Sabe de algunas que se han desarrollado	No.

**Fuente: Resultados obtenidos a partir de las encuestas elaboradas entre el 14 de enero y el 16 de agosto del 2019.**

## 5 Conclusiones y Recomendaciones

### 5.1 Conclusiones

- En al menos una de las empresas encuestadas y siete que no brindaron facilidades para la entrevista, demuestran que la innovación no abierta es la metodología que ponen en práctica y diez más que muestran total desinterés por el tema. Del total de empresas mineras peruanas contactadas, aproximadamente el 82% no impulsan el desarrollo de proyectos basado en innovación abierta en sus operaciones, esto no permite que se desarrolle el ecosistema adecuado para la creación de spin-offs o startups locales que sean proveedoras de tecnología, que puedan brindar soluciones innovadoras a los procesos claves.
- Por lo presentado en el estudio de caso y en el resultado de las cinco encuestas trabajadas y la negativa por realizarla en otras diecisiete empresas, se podría indicar que las empresas mineras peruanas que continúen con el modelo minero tradicional van a cerrar las puertas a oportunidades de introducir tecnologías innovadoras disruptivas a sus procesos. Se tendría que contar con mayor cantidad de encuestados, sin embargo, la metodología de innovación no abierta con la que trabajan o su falta de interés en el tema por parte de la mayoría de las empresas mineras hace que sea complicado obtener información, pues las empresas mineras peruanas son muy celosas cuidando su información referente a proyectos que trabajan de forma interna.
- Como factor económico, la baja propensión por innovar en las empresas mineras peruanas se podría deber al alto riesgo que perciben por la introducción de nuevas tecnologías en sus procesos y/u operaciones, ya sea que trabajen con proveedoras locales o extranjeras. Castigando así a las soluciones no validadas, mediante la solicitud de resultados al corto plazo.
- Como factor social, muchos de los colaboradores que trabajan en minería en Perú, creen que la innovación quita puestos de trabajo; además, en el caso de los ejecutores de proyectos, estos presentan una resistencia de cambiar el status-quo de los procesos (“siempre se ha hecho así, para qué cambiar algo que funciona bien por siglos”); quienes no incentivan una cultura innovadora, sino que incluso la castigan.

- Como factor político, la baja o nula articulación entre actores claves en el ecosistema minero hace que los impactos positivos generados por la introducción de soluciones innovadoras no logren trascender a la entidad que permite su desarrollo. La colaboración entre las empresas mineras, las startups y entidades públicas y privadas se da en casos muy aislados, ya sea por la falsa percepción de “proteger” o “sacar ventaja” de forma exclusiva.
- Muy pocas empresas peruanas llevan a cabo programas para la gestión de la innovación. A pesar de contar sólo con empresas trabajadas (uno del estudio de caso que es parte de las cinco entrevistadas) y de la negativa de atender a la encuesta por parte de diecisiete empresas; se pudo levantar información de los medios y de sus propias páginas webs, en donde no se presenta ningún tema referido a innovación en sus procesos y/u operaciones.
- Los factores determinantes de la innovación difieren entre la empresa minera peruana evaluada con el caso de estudio y las otras empresas mineras peruanas encuestadas, permitiendo que se note la diferencia en la toma de riesgos medidos para la introducción de soluciones innovadoras.
- El conocimiento de los conceptos de innovación y el ecosistema no difieren entre la empresa minera peruana evaluada con el caso de estudio y las otras empresas mineras peruanas encuestadas. Los conceptos primordiales de innovación se manejan bien en el entorno minero, pero no se ponen en práctica mediante modelos de innovación abierta.

## 5.2 Recomendaciones

- Adaptar los criterios de la norma NTP 732.003 de gestión de la I+D+i (o la ISO 56 000) para organizar adecuadamente las actividades de gestión de la innovación en las empresas mineras.
- Se propone implementar una metodología dentro de los equipos de colaboradores de las empresas mineras (que involucre a distintas áreas y proveedores) que consista en: i) identificar las actividades necesarias para sacar adelante un proyecto innovador; ii) trabajar de forma conjunta con colaboradores de la empresa que se encuentren laborando en mina involucradas en el proceso y contratistas; y, iii) entrevistar a las partes involucradas, para conocer su percepción frente a la solución propuesta; y cómo las personas, al final de todo, son determinantes para el éxito o el fracaso para generar una cultura innovadora que permita mayor propensión a innovar en la minería peruana.
- Definir un responsable de empujar la prueba de nuevas ideas, con un presupuesto independiente, acorde al nivel de riesgo que cada empresa decida asumir.
- Trabajar un proyecto de gestión del cambio, que permita generar un vínculo de confianza entre los colaboradores de las empresas mineras, para romper paradigmas relacionados a intentar nuevos retos.
- Se debería apostar por una Innovación Abierta. Ejemplo de ello: el concurso de Nexa Resources, que apuesta por incentivar la generación de ideas innovadoras y apoya con capital de riesgo el desarrollo de nuevos proyectos que beneficien la productividad de la empresa minera, a nivel de operaciones (mina y planta) y administrativo.
- A pesar de la resistencia al cambio, en cuatro de las cinco empresas encuestadas se observan esfuerzos por introducir procesos innovadores y empujar la gestión del cambio en las personas. Las personas involucradas en dichos cambios resultan ser agentes que difunden los resultados y buscan elevar el estándar del sector. Este tipo de comportamiento se debería de replicar en las dieciocho empresas contactadas restantes.

## 6 Bibliografía

- Acotec NV. (30 de Agosto de 2018). *ACOTEC*. Obtenido de <http://www.acotec.be/>
- Anglo American. (2020). *FutureSmart Mining*.
- Antamina. (25 de Julio de 2018). *Antamina*. Obtenido de <https://www.antamina.com/>
- Aveva Group plc. (23 de Febrero de 2017). *Tech Validate*. Obtenido de <https://www.techvalidate.com/vendor-research/aveva%20>
- Banco Central de Chile. (03 de Agosto de 2019). *Base de Datos Estadísticos*. Obtenido de <https://si3.bcentral.cl/>
- BBVA Banco Continental. (23 de Febrero de 2019). *BBVA Research*. Obtenido de <https://www.bbvaresearch.com>
- Benavides Ganoza, R. (2013). *La Minería Responsable y sus aportes al desarrollo del Perú*. Lima: Compañía de Minas Buenaventura S.A.A.
- Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. (15 de Diciembre de 2018). *Programa Asia Pacífico*. Obtenido de <https://www.bcn.cl/observatorio/asiapacifico/noticias/>
- Breznitz, D. (2007). *Coopetition Regimes and State-Led Creation of New High Technology Industries*. Georgia: Georgia Institute of Technology.
- Chesbrough, H. (2003). *Open Innovation: The new imperative for creating and profiting from technology*. Boston: Harvard business school press.
- Corporación Alta Ley. (26 de Octubre de 2018). *Iniciativa Público Privada - Alta ley - Chile*. Obtenido de <https://corporacionaltaley.cl/>
- Deloitte Touche Tohmatsu Limited, M. (2018). *Monitoreo de las tendencias 2018*. Reino Unido: Deloitte.
- Deza Vargas, R. A. (2017). *Innovación Abierta desde la demanda. El caso del programa de proveedores de excelencia de Compañía Minera*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Diario Concepción. (23 de Febrero de 2019). *Economía y Negocios del Diario Concepción de Chile*. Obtenido de <https://www.diarioconcepcion.cl/economia-y-negocios/2019/02/23/konatec>
- Dirección de Normalización - INACAL. (2018). *Norma Técnica Peruana NTP 732.003*. Lima.
- Directorio de Southern Cooper Corporation, M. d. (2017). *Informe Anual 2017*. Lima.
- El Mercurio. (23 de Octubre de 2018). *Economía (Minería y Negocios)*. Obtenido de <http://www.mercurioalcala.cl/>
- Equipo Kona-Tec. (19 de Marzo de 2019). *Kona-Tec*. Obtenido de <http://kona-tec.com/>
- Equipo Técnico de la Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología - Iberoamericana e Interamericana. (2020). *El estado de la ciencia. Principales indicadores de ciencia y tecnología*. Buenos Aires, Argentina: RICYT.
- Expande, FCH, EY Advisory. (2019). *Open Innovation in Mining, Models and Implementation*. Santiago de Chile: Fundación Chile.
- EY Global Mining. (2021). *Global Mining and Metals top 10 business risks and opportunities - 2021*. EY.
- Fernando Villaran. (2015). *Historia de las patentes e invenciones en el Perú*. Lima.
- Fraser Institute. (2021). *Survey of Mining Companies 2020*. Toronto: Fraser Institute.
- Freeman, C. (1995). *The "National System of Innovation" in historical perspective*. Cambridge: Cambridge Journal of Economics.

- Fundación Chile, FCH. (2017). *Casos de Innovación de Proveedores en la Minería Chilena*. Santiago: Centro de Innovación UC Analecto Angelini.
- Grupo Editorial Editec SPA. (2017). Chile Mining será el icono del sector minero en el mundo. *Minería Chilena - Información Confiable y Oportuna*, 26.
- Instituto de Ingenieros de Minas del Perú. (28 de Octubre de 2019). *Instituto de Ingenieros de Minas del Perú*. Obtenido de <http://www.iimp.org.pe/mineria-en-el-peru/historia>
- Kline, S., & Rosenberg, N. (1986). *An Overview of Innovation*. Washington: National Academy Press.
- KPMG International. (2020). *2020 KPMG Global Mining Survey*. KPMG International Cooperative.
- Kuka Iberia S.A.U. (25 de Junio de 2018). *Kuka Robotics*. Obtenido de <https://www.kuka.com/>
- Kulka, M. (2018). *Casos de Innovación de Proveedores en la Minería Chilena*. Santiago: Centro de Innovación UC .
- Lundvall, B.-Å. (1992). *National Systems of Innovation: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*. California: Pinter Publishers.
- Mendoza Riofrío, M. (24 de Setiembre de 2018). El tímido avance hacia la industria 4.0. *El Comercio*, pág. 07.
- Mining and Heavy Industry Robotics, MIRS. (24 de Agosto de 2018). *MIRS*. Obtenido de <http://mirsrobotics.com/productos/>
- Ministerio de Energía y Minas. (2018). *Anuario Minero 2017*. Lima: Ministerio de Energía y Minas, Dirección de Promoción Minera.
- MIT Media Lab, Standard International Trade Classification and Alexander Simoes. (25 de Noviembre de 2019). *The observatory of economic complexity*. Obtenido de <https://oec.world/en/>
- Nelson, R. (1993). *National Innovation Systems: A Comparative Analysis*. Columbia: OUP USA.
- Nexa Resources. (22 de Diciembre de 2018). *Nexa*. Obtenido de <https://www.nexaresources.com>
- Nexa Resources. (16 de Mayo de 2019). *Mining Lab*. Obtenido de <http://www.mininglab.com>
- OECD. (2019). *Main Economic Indicators, Volume 2019 Issue 8*. Paris: OECD.
- OECD, Statistical Office of the European . (1997). *Oslo Manual*.
- OECD/Eurostat. (2018). *Oslo Manual 2018: Guidelines for collecting, reporting and using data on Innovation*. Luxemburg: Paris/Eurostat.
- Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos - OECD. (2005). *Manual de Oslo*. Madrid: Grupo Tragsa.
- Orson Lazo. (12 de Mayo de 2022). *nmas1.org*. Obtenido de <https://nmas1.org/news/2019/12/03/mineria-innovacion>
- Peru Top Publications. (2011). *Las Minas del Perú 2011 - 2013*. Pueblo Libre: Peru Top Publications SAC.
- ProChile, Ministerio de Relaciones Exteriores. (25 de Noviembre de 2018). *ProChile*. Obtenido de Industria proveedores de la minería: <https://www.prochile.gob.cl/int/landing/industria-proveedores-de-la-mineria/>
- SMI-ICE-Chile. (25 de Enero de 2019). *Centro de Excelencia Internacional Chile*. Obtenido de <http://www.smiicechile.cl/>
- SNMPE. (2018). *Reporte Estadístico Minero Energético*. Lima: Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía.

- SNMPE. (2019). *Memoria Anual 2018*. Lima: Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía.
- Teece, D. (1986). *Profiting from technological innovation: Implications for integration, collaboration, licensing and public policy*. Berkeley: School of Business Administration, University of California - Berkeley.
- Universidad del Zulia. (15 de June de 2017). *Modelos explicativos del proceso de innovación tecnológica en las organizaciones*. Obtenido de redalyc.org: <https://www.redalyc.org/journal/290/29055964004/html/>
- University of Queensland. (04 de Enero de 2019). *Sustainable Minerals Institute*. Obtenido de <https://smi.uq.edu.au/>
- Villarino, J. (2015). *Minería en Chile. Principales desafíos y oportunidades*. Santiago: Consejo Minero.
- Wonderware - Aveva Group plc. (03 de Agosto de 2018). *Wonderware - Engineering Industrial Software*. Obtenido de <https://www.wonderware.com/>



# 7 Anexos



## A. Formato de Entrevistas

### Entrevista Baja Propensión por Innovar en las empresas mineras (Tiempo promedio: 30 minutos)

#### Etapa 1: PERFIL DEL ENTREVISTADO

PERFIL DEL ENTREVISTADO		
1	Nombre	
2	Cargo	
3	División/Gerencia	
4	E-mail	

#### Etapa 2: PRESENTACIÓN

Buenos días/tardes/noches, mi nombre es Orson Lazo, gerente de proyectos del área de automatización y robótica de la empresa Ferrostaal Perú y alumno de la maestría en Gestión y Políticas de la Innovación y la Tecnología de la PUCP.

Me encuentro llevando a cabo mi tesis de la maestría, en donde me propuse como objetivo el estudiar la baja propensión por innovar en las grandes empresas mineras peruanas. Por ello, estoy desarrollando esta encuesta, para entender la alta percepción de riesgo que representa la introducción de nuevas tecnologías en sus procesos y/u operaciones, ya sea por empresas proveedoras locales y/o extranjeras.

Por ello, te agradecería me puedas apoyar, brindándome unos 30 minutos de tu tiempo, para formularte las 23 preguntas que integran esta encuesta, y así poder obtener información valiosa para mi tesis. Así mismo, quiero solicitar su permiso y autorización para grabar la entrevista y citar anónimamente lo que usted me diga en la presente encuesta, sólo en caso de que la reproducción exacta de sus aportes sea necesaria. Esto es importante, pues me permite mejorar el análisis posterior que haré en función a la información compartida.

#### Etapa 3: INFORMACIÓN DE CONTACTO Y DE EMPRESA

1. ¿Cuánto tiempo se encuentra laborando en su actual posición y cuáles son las funciones principales que desempeña?
2. ¿Cuánto es el tiempo de experiencia que tiene en la actividad minera?
3. ¿Con cuántos años de operación cuenta el proyecto minero en el cual se encuentra actualmente? (años que viene operando y años que le quedan por operar).

#### Etapa 4: INDICADORES Y NIVEL DE INNOVACIÓN

Para este fin, se brindará algunos conceptos, para tener noción más clara de los términos a utilizar:

- **Innovación:** Una innovación es la introducción de un nuevo, o significativamente mejorado, producto (bien o servicio), de un proceso, de un nuevo método de comercialización o de un nuevo método organizativo, en las

prácticas internas de la empresa, la organización del lugar del trabajo o las relaciones exteriores.

- **Innovación Abierta:** Es aquella innovación que se da en conjunto y colaboración para resolver un problema o una necesidad. Se puede dar entre empresa-proveedor, empresa-academia, academia-aceleradora, etc; dándose de varias formas. Dicha colaboración permite el crecimiento de todas las partes, ahorro de recursos y que sea una innovación en conjunto.
  - **Innovación con base científica – tecnológica:** Es aquella innovación que se da mediante el desarrollo o aplicación de conceptos prácticos y teóricos de materias tales como ciencias puras (física, química, biología) y ciencias aplicadas (ingeniería mecánica, ingeniería electrónica, ingeniería de control).
  - **Hub de Innovación in-house:** Es un centro/departamento/área de la empresa, que cuenta con un personal propio contratado, para llevar a cabo proyectos de innovación con base científica – tecnológica. Puede o no colaborar activamente con otras áreas de la empresa o con otros actores del ecosistema (otras empresas, proveedores, contratistas, universidades, centros de investigación).
4. ¿En los últimos 5 años (o en el tiempo que haya estado en la empresa, en caso sea menos de 5 años) se ha llevado a cabo un proyecto de innovación? En caso de no tener ningún proyecto, pasar a la pregunta 10.
  5. ¿Cuántos de estos proyectos de innovación fueron elaborados como una innovación abierta?
  6. ¿Cuántos de estos proyectos de innovación abierta fueron desarrollados como una innovación con base científica – tecnológica?
  7. ¿Cuál fue el alcance de dichos proyectos innovadores de base científica – tecnológica? Brindar detalle de cada uno (objetivos, presupuesto, partes involucradas, resultados).
  8. ¿Qué personas de la empresa participaron activamente en el desarrollo de estos proyectos? Indicar cargo y área.
  9. Según los resultados que se alcanzaron y si dependiera de ti el hacer nuevos proyectos de ese tipo: ¿Estarías dispuesto a hacerlo? Si/No, ¿Por qué?

#### Etapa 5: GRADO DE INTERÉS Y PARTICIPACIÓN

10. En caso hayas participado o no de forma activa en proyectos innovadores con base científica – tecnológica: ¿Te gustaría involucrarte en la ejecución de alguno? Si/No, ¿Por qué?
11. Y si pudieras involucrar a terceros ajenos a la empresa al proyecto (tales como proveedores, contratistas, comunidades, etc), ¿Lo harías? ¿harías partícipes de forma activa a los stakeholders en estos proyectos? Si/No, ¿Por qué?
12. Y en caso estuvieras dispuesto a hacer partícipe a los stakeholders: ¿bajo qué condiciones lo harías? Ejemplo: Que me brinden resultados en 6 meses, que me aseguren un ROI de 3 años, que no supere un monto de \$5MM, que me traigan pruebas de que ya fue validada su solución, etc.
13. En caso de involucrar a proveedores y/o contratistas: ¿Tienes una baja o alta percepción de riesgo por apostar en una solución no validada?

14. Y si de ti dependiera asignar el presupuesto para la ejecución de proyectos de innovación abierta con base científica – tecnológica: ¿Cuánto dinero estarías dispuesto a invertir en ello? Puede indicar un porcentaje de las ganancias netas al año, un monto fijo, etc.
15. ¿En cuales procesos de sus operaciones cree usted que se pueden aplicar este tipo de proyectos de innovación y cual según su opinión sería el orden de prioridad?

#### Etapa 6: CONOCIMIENTO DEL ECOSISTEMA DE I+D+i+e

16. ¿Implementarías este tipo de proyectos mediante una metodología distinta que no involucre asumir el 100% del costo? Tales como OXI (obras por impuestos), Ley N°30309 (beneficio tributario de CONCYTEC), Canon minero, APP (asociación público-privada), IPC (iniciativas privadas cofinanciadas), Innovate Perú (concursos de proyectos, desarrollo e innovación), Colaboración internacional (Concursos, JointVentures, VentureCapital).
17. ¿Conocías de todas estas opciones de poder cubrir parte o todo el costo de un proyecto innovador con base científica – tecnológica?
18. ¿Crees que la empresa estaría dispuesta en apostar por la creación de un HUB de innovación In-House? Explicar el termino HUB de Innovación In-House.
19. Y tú, ¿impulsarías la creación de un HUB de innovación in-House?
20. ¿Han desarrollado o estarían dispuestos en desarrollar concursos para apoyar proyectos de innovación con base científica – tecnológica?
21. Estos concursos ¿estarían dirigidos sólo a los colaboradores de la empresa, a los stakeholders, o al público en general?
22. ¿Sabes de alguna empresa minera que esté llevando a cabo proyectos de innovación abierta con base científica – tecnológica?

#### Etapa 7: FINALIZACIÓN DE ENTREVISTA

23. ¿Le gustaría mencionar o agregar algo que no hayamos tratado durante la presente entrevista?

Agradecerle por su tiempo y predisposición para brindarme información en cada pregunta elaborada.