



**Matrix**  
Consulting

**ENAGEA**  
GESTIÓN AMBIENTAL



# Estudio de la productividad de la gran minería del cobre Perú-Chile: desafíos de la industria en torno a transformación digital y su impacto en productividad

Powered by **rmes**  analytics

# Agenda

1. ¿Quién es **Matrix Consulting**?

---

2. ¿Qué es este Estudio?

---

3. ¿Qué impacto está teniendo la Transformación Digital en la industria?

---

# Agenda

1. ¿Quién es **Matrix Consulting**?

---

2. ¿Qué es este Estudio?

---

3. ¿Qué impacto está teniendo la Transformación Digital en la industria?

---

# Nuestro equipo.



**Mijael C. Thiele**  
Socio

- > *Experto en operaciones y proyectos mineros complejos e innovadores*
- > *+25 años de experiencia en minería liderando compañías operativas y proyectos desde etapas tempranas a puesta en marcha y operación, desde el año 2017 desarrollando consultoría estratégica en minería*

✉ [mcthielematrixconsulting.com](mailto:mcthielematrixconsulting.com)

☎ +56 9 9821 6587



**Miguel Incháustegui**  
Socio Adjunto - Perú

- > *Experto en temas estratégicos, asuntos corporativos, sostenibilidad y de valor compartido*
- > *+15 años de experiencia en minería liderando las áreas de asuntos corporativos, sostenibilidad y valor compartido de importantes empresas mineras*

✉ [minchaustegui@matrixconsulting.com](mailto:minchaustegui@matrixconsulting.com)

☎ +51 996 305 003



**Alberto Zuñiga**  
Vicepresidente

- > *Líder de la práctica Minera, experto en productividad, mejora/optimización de operaciones, performance improvement, estrategia y organización, entre otros*
- > *~10 años de experiencia en consultoría liderando proyectos a nivel regional e internacional, principalmente en minería*

✉ [azuniga@matrixconsulting.com](mailto:azuniga@matrixconsulting.com)

☎ +56 9 9439 7495



**Sebastián Morel**  
Director de proyectos

- > *Líder en temáticas de planificación de negocio, diseño de proyectos, modelos de gestión, y eficiencia operacional*
- > *+10 años de experiencia combinada entre industria y consultoría en minería*

✉ [smorel@matrixconsulting.com](mailto:smorel@matrixconsulting.com)

☎ +56 9 8209 6557

# Matrix

 | Consultoría de alta estrategia

+18 años

apoyando a las principales empresas de Latinoamérica en estrategia, eficiencia y organización.

+700 proyectos

desarrollados a nivel regional, en distintas áreas de práctica.

+70 consultores

de diversas nacionalidades con amplia experiencia en todas las industrias.

+150 proyectos en minería

Área de práctica especializada

5 oficinas

a nivel regional con equipos locales en Santiago, Bogotá, Medellín, Miami y oficina comercial en Lima.

86% de recurrencia

Nuestros clientes trabajan recurrentemente con nosotros y un 83% nos califica con nota sobresaliente.

## Equipo formado en las mejores escuelas

● Mercados con oficinas

● Mercados atendidos



HARVARD  
BUSINESS SCHOOL



# Agenda

1. ¿Quién es Matrix Consulting?

---

2. ¿Qué es este Estudio?

---

3. ¿Qué impacto está teniendo la Transformación Digital en la industria?

---

# El objetivo del Estudio es analizar la productividad e identificar las palancas accionables para generar valor sostenible en el tiempo

## Definición Matrix Consulting de productividad en minería

*La productividad es la búsqueda permanente de (1) mejorar la producción y (2) optimizar los recursos requeridos para generarla, controlando los riesgos asociados al proceso de cambio*

### ¿Cómo producir mejor?

- > Estabilidad y tonelaje de producción libre de incidentes
- > Calidad de concentrado / cátodos
- > Incrementos de vida útil
- > Margen por unidad producida

¿Cómo lograr continuidad, estabilidad y sostenibilidad del negocio (ESG creíble)?

### ¿Gestión responsable y eficiente?

- > Personas
- > Equipos
- > Insumos estratégicos (agua, energía)

**Productividad:**  
un ciclo de búsqueda permanente

# Es una iniciativa continua que mide las principales dimensiones de productividad de equipos y laboral...

No exhaustivo

Utilizamos información de los sistemas de despacho mina, sistemas de control planta en información de personal propio de terceros

Actualización de KPIs ya existentes de productividad laboral y de equipos



- > **Benchmark actualizado** y evolución de KPIs respecto a estudio entregado en 2016
- > Análisis de **estructuras corporativas**
- > **Caracterización** de prácticas operacionales por proceso unitario por operación minera
- > **Identificación y compendio** de mejores prácticas

Definición y cuantificación de nuevos indicadores más granulares de productividad laboral



- > Visión exhaustiva del proceso **"Mine-to-port"**
- > KPIs estandarizados por operación con **nuevos procesos unitarios no contemplados en último estudio**
- > **Visión más granular y a detalle** de los indicadores de productividad laboral
- > **Benchmark** con referentes internacionales

Incorporación de una dimensión de análisis y comparación mensual



- > **Promedio móvil (12 meses)** de principales indicadores
- > Periodo de evaluación **Dic 2015 – Dic 2020**
- > Incorpora una visión que toma en consideración particularidades temporales de cada participante y la sostenibilidad de los resultados

# ... hoy incorporamos nuevos indicadores para medir el índice de madurez del modelo operacional, digital, medio ambiental y sostenibilidad

No exhaustivo

Se han incorporado estos elementos adicionales para estudiar su relación con la productividad de equipos y laboral

## Índice de madurez en modelo operativo



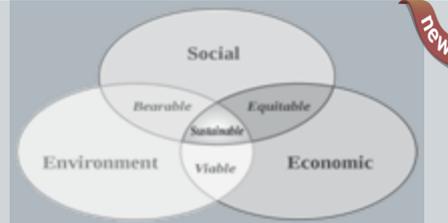
- > **Aspiraciones y metas**
  - Tableros de control y KPI's
  - Diálogos de desempeño
  - Alineamiento e incentivos
- > **Generación de valor**
  - Confirmación de procesos
  - Resolución de problemas
  - Herramientas de mejora
- > **Equipos empoderados**
  - Roles y responsabilidades
  - Liderazgo, desarrollo y capacitación
- > **Cultura de alto desempeño**
  - Misión y visión, valores y conductas

## Índice de madurez digital



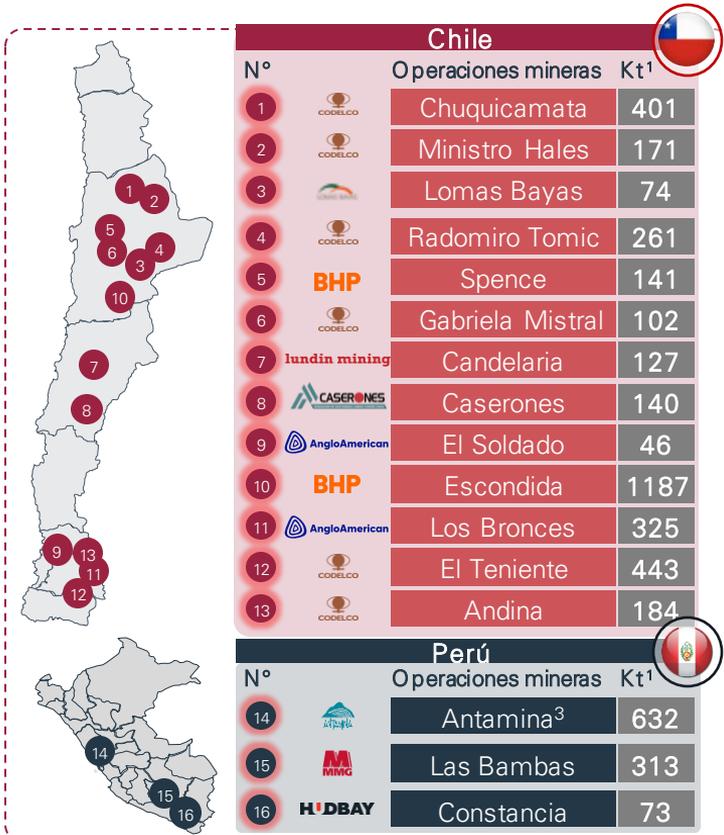
- > **Estado de adopción de la tecnología**
  - Tecnología utilizada
  - Valor agregado que genera la tecnología
- > **Capacidad de adopción de la tecnología**
  - Plan tecnológico de la organización
  - Capacidad de identificar oportunidades

## Encuesta de sostenibilidad y encuesta percepción del entorno social y desempeño ambiental



- > **Análisis multidimensional de sostenibilidad en términos sociales, medioambientales y del negocio**
  - Políticas y prácticas de paridad de género e inclusión
  - Políticas y prácticas de Desarrollo Territorial
  - Energía (consumo y eficiencia)
  - Agua (consumo y reutilización)
  - Aire y cambio climático (emisiones y carbon footprint)

# Están participando 16 operaciones mineras de Perú y Chile, y se están sumando recientemente Antapaccay y 4 operaciones de AMSA



De la producción mundial de cobre<sup>1</sup> (4.383 kt)



FTE clasificados entre propios y terceros en 6 años (2015-2020)



Encuestas respondidas y procesadas



Equipos mina y planta<sup>2</sup> analizados



Contratos de terceros analizados



Datos analizados para la construcción de indicadores



Indicadores de productividad calculados

(1) Producción anual 2020 de cobre fino; (2) Concentradora e hidrometalúrgica; (3) Antamina produjo ~630 kt Cuf equivalente  
Fuente: Experiencia Matrix Consulting



El Estudio tiene como resultado un reporte con las principales conclusiones para las operaciones participantes y la industria

Reporte con los principales aprendizajes y conclusiones

Anexo de 150 páginas con los **+400 indicadores de productividad** calculados en **+60 procesos unitarios**

Información y datos de **productividad de equipos y laboral homologada** con modelos únicos

Acceso a una licencia de **herramienta digital**, para visualizar sencillamente los indicadores que se irán actualizando

Entrega de información altamente comparable

# Con la información recolectada y *homologada* construimos indicadores para productividad laboral y de activos

Ilustrativo  
No exhaustivo

Ilustrativo - KPI levantados de productividad laboral agrupados por niveles y productividad de equipos

## Nivel Faena

**Faena:**

material movido/FTE

FTE = Full Time Equivalent, o empleado equivalente a tiempo completo. Se considera un FTE cada 2.160 horas hombre anuales

## Nivel Área

**Mina:**

material movido/FTE mina

**Planta concentradora:**

material procesado /  
FTE planta

**Planta de óxidos:**

mineral apilado /  
FTE planta

**Servicios operacionales:**

material movido /  
FTE apoyo

**Soporte administrativo:**

FTE total /  
FTE soporte

## Nivel Proceso unitario

**Perforación y tronadura:**

Metros perforados / FTE perforación

**Carguío:**

Material cargado / FTE de carguío

**Transporte:**

Movimiento mina *ajustado* /  
FTE transporte

**Planif. y programación:**

Material movido /  
FTE planificación de CP

## Nivel Rol

**Producción / Operación:**

material cargado / FTE de  
operadores equipos carguío

**Mantenimiento:**

material cargado / FTE de  
mantenedores equipos carguío

## Productividad de equipos

**Disponibilidad:**

Tiempo disponible / Tiempo  
posible

**Eficiencia:**

Tiempo utilizado / Tiempo  
posible

▼  
En total, el estudio cuenta con +400 indicadores

Se ha evaluado la percepción de los trabajadores a través de +7.000 encuestas que analizaban diferentes dimensiones del modelo operativo, nivel de madurez digital y sostenibilidad y su relación indicadores de productividad laboral y de equipos

Encuestas de percepción		
Modelo operativo	Madurez digital	Sostenibilidad
<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Aspiraciones y metas</li> <li>&gt; Generación de valor</li> <li>&gt; Equipos empoderados</li> <li>&gt; Cultura y conductas</li> <li>&gt; Palancas de productividad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Tecnología utilizada</li> <li>&gt; Valor agregado</li> <li>&gt; Plan tecnológico</li> <li>&gt; Capacidad de identificar oportunidades</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Negocio</li> <li>&gt; Social</li> <li>&gt; Ambiental</li> </ul>

**Indicadores de productividad laboral**

- > Que hacen las personas con su tiempo (propios y terceros)
- > Detalle y apertura de indicadores en 4 niveles: operación, área, proceso unitario y rol

**~120 KPIs**



**Indicadores de productividad de equipos**

- > Que hacen los equipos con su tiempo
- > Productividad de Equipos Mina (perforación, carguío, transporte, equipos auxiliares)
- > Productividad de Equipos Planta (chancado, molienda)

**~280 KPIs**

Nota: (1) FTE: "full time equivalent" considera el equivalente a número de trabajadores jornada completa  
Fuente: Análisis Matrix Consulting

Este documento es confidencial y fue preparado por Matrix Consulting; no puede ser utilizado ni reproducido sin el expreso consentimiento escrito de Matrix Consulting

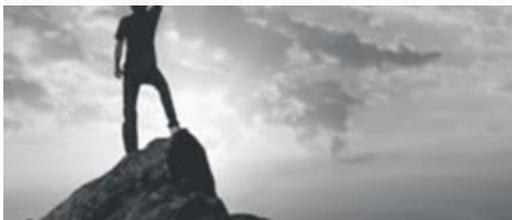
# Participar en esta iniciativa permite a las compañías apoyar y sustentar procesos claves de toma de decisiones

¿Qué permite hacer el Estudio?

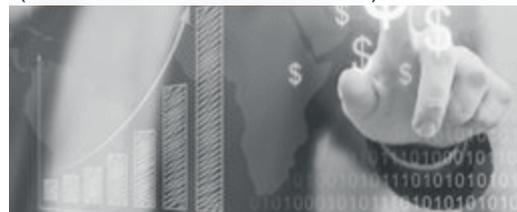
**Mejorar planificación/ejecución** con KPI's respaldados y adecuados para cada operación



**Estimar full potencial de la operación**



**Estimar mejoras y ahorros** en base a información depurada de productividad (los costos son un resultado)



**Priorizar según valor:** modelo operativo, digital, productividad, rendimientos, gastos)



Acceder a una **base de datos única** en su tipo



**Comparar con otras operaciones** el desempeño en momentos de estrés sistémico (p.e. pandemia)



# Agenda

1. ¿Quién es Matrix Consulting?

---

2. ¿Qué es este Estudio?

---

3. ¿Qué impacto está teniendo la Transformación Digital en la industria?

---

# Los resultados de productividad de equipos y laboral muestran diferencias significativas entre operaciones y se identifica el efecto de la pandemia

## Evolución de una muestra indicadores de productividad entre 2016 y 2020

(Valores en base 100 respecto al promedio alcanzado por la muestra en 2016)

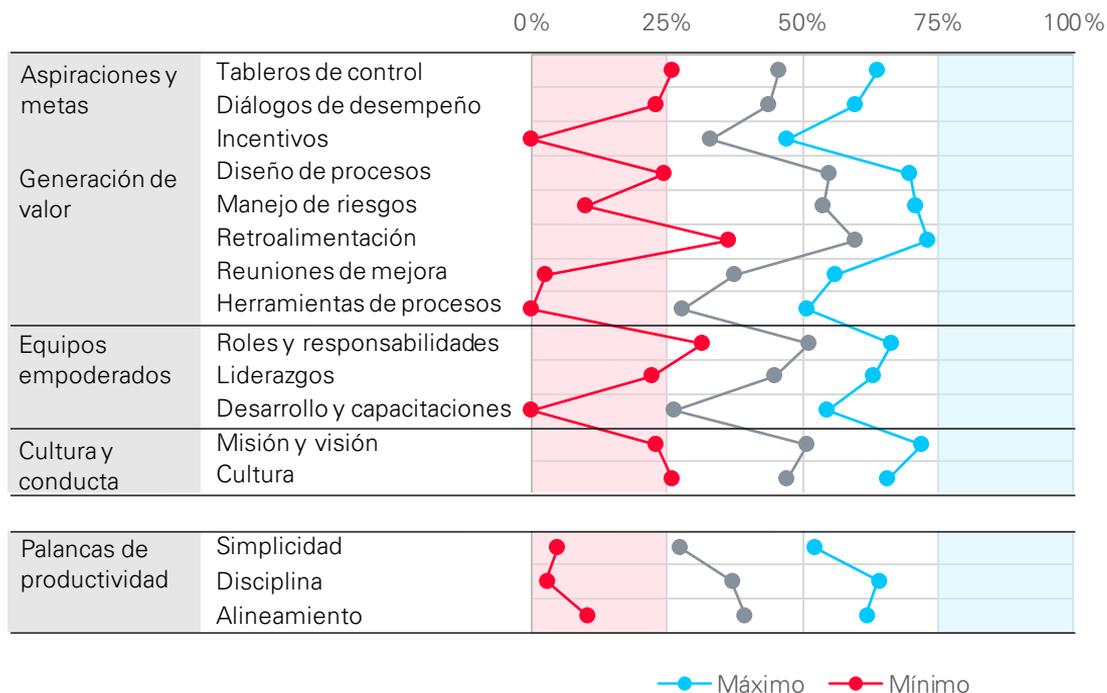


- > La dispersión de indicadores de productividad de equipos ha aumentado hasta 2,1 veces en promedio entre el valor máximo y mínimo en 2020
- > mientras en productividad laboral se observan casos que ya alcanzan hasta 11 veces esa diferencia (p.e. servicios a la operación)
- > La pandemia afectó transversalmente los indicadores de productividad tanto de equipos como laboral, incluso cambiando la tendencia positiva mostrada hasta 2018 en el caso de esta última

# Hay diferencias significativas en la madurez de los modelos operativos entre las operaciones que participan en esta iniciativa

No exhaustivo

## Resultados encuesta de Modelo Operativo



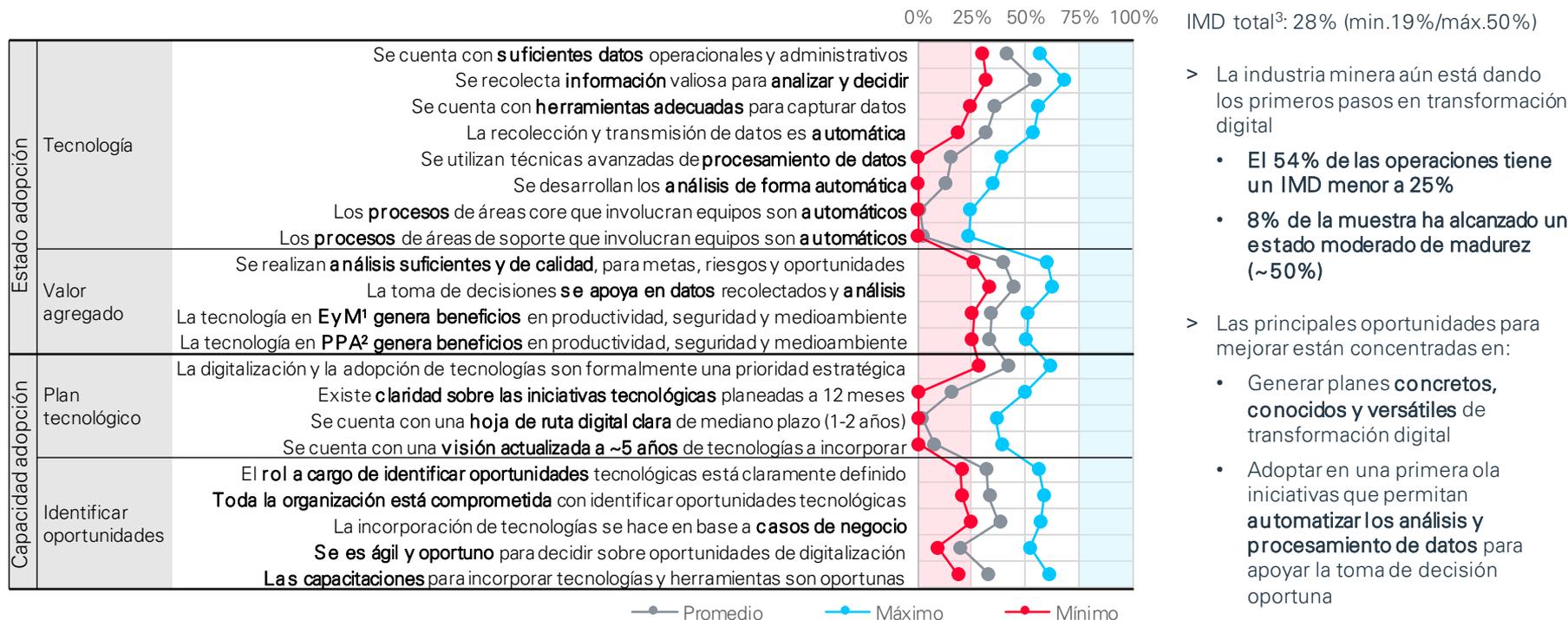
IMO promedio: 42% (min.13%/máx.61%)

- > En general, la industria minera muestra un grado medio de madurez en los modelos operativos
  - **38% de la muestra se encuentra en el rango de madurez moderado (45 a 55%)**
- > Las principales oportunidades para mejorar identificadas se centran en:
  - Desarrollar una mejora continua basada en la **simplicidad, alineamiento y disciplina operacional**
  - Desarrollar un MO **transversalmente aceptado**, basado en **instancias de revisión** y propuestas de **todos los niveles jerárquicos**
  - Potenciar **instancias de feedback** y **capacitación** con miras a los procesos operacionales
  - **Alinear incentivos**

# Para acelerar la digitalización se requiere generar una visión y hoja de ruta digital clara y compartida en toda la organización.

No exhaustivo

## Resultados encuesta de Madurez Digital

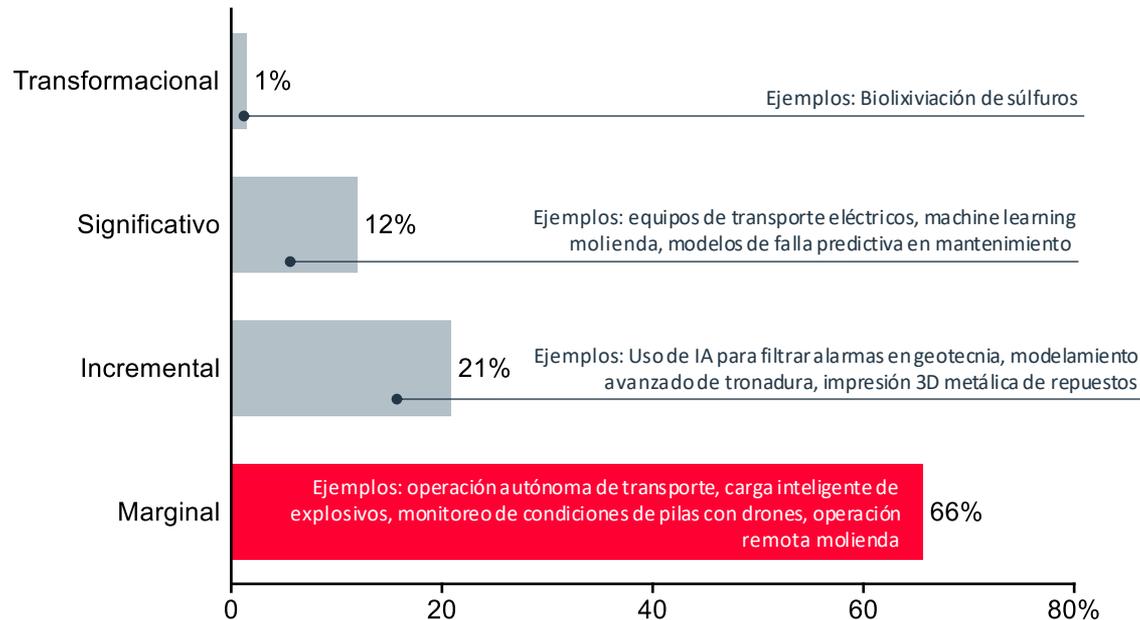


(1) Equipos y Maquinarias; (2) Procesos y procedimientos de apoyo; (3) Promedio de 13 faenas  
Fuente: Análisis Matrix Consulting

Este documento es confidencial y fue preparado por Matrix Consulting; no puede ser utilizado ni reproducido sin el expreso consentimiento escrito de Matrix Consulting

# Lo anterior toma mayor relevancia cuando expertos evalúan que 2/3 de las soluciones disponibles tienen un impacto marginal en el negocio

Distribución de ~80 soluciones tecnológicas 4.0 en minería según la mejora esperada stand-alone en el negocio  
(Hacia una minería 4.0", Cesco)



- ▼
  - Porque no se ve el beneficio como quisiéramos?
  - Que es lo podría estar explicando una percepción de aporte marginal al negocio, como por ejemplo en el caso de sistemas de transporte autónomo (AHS) ?

# A la fecha hemos identificado 7 razones que explican el buen desempeño de los referentes

No exhaustivo

## Principales hallazgos respecto a las diferencias que destacan a los referentes



1

> Modelos operativos más **simples y transversalmente conocidos** por propios y contratistas



2

> Una **comunicación permanente y consistente** de líderes con las personas en terreno



3

> Menor **tercerización** de actividades y definición clara de roles y expectativas



4

> Planificación y ejecución rigurosa de un **mantenimiento preventivo** de los equipos



5

> La **estandarización de flotas** por sobre el 90% del total de equipos



6

> Una **hoja de ruta digital** clara y conectada con los desafíos de las personas en el día a día



7

> La aplicación de los conceptos de **simplicidad, alineamiento y disciplina operacional** en todos los procesos

El estudio demostró además que la mejora permanente de la productividad está conectada con mayor **predictibilidad** de la producción y **eficiencia** en el costo, que pueden significar un salto significativo en competitividad (hasta 15 p.p. en posicionamiento en la curva C1<sup>1</sup>)

(1) C1: Costo de caja de la industria del cobre. Cálculo basado en curva 2020 según Wood Mackenzie; Fuente: Análisis Matrix Consulting

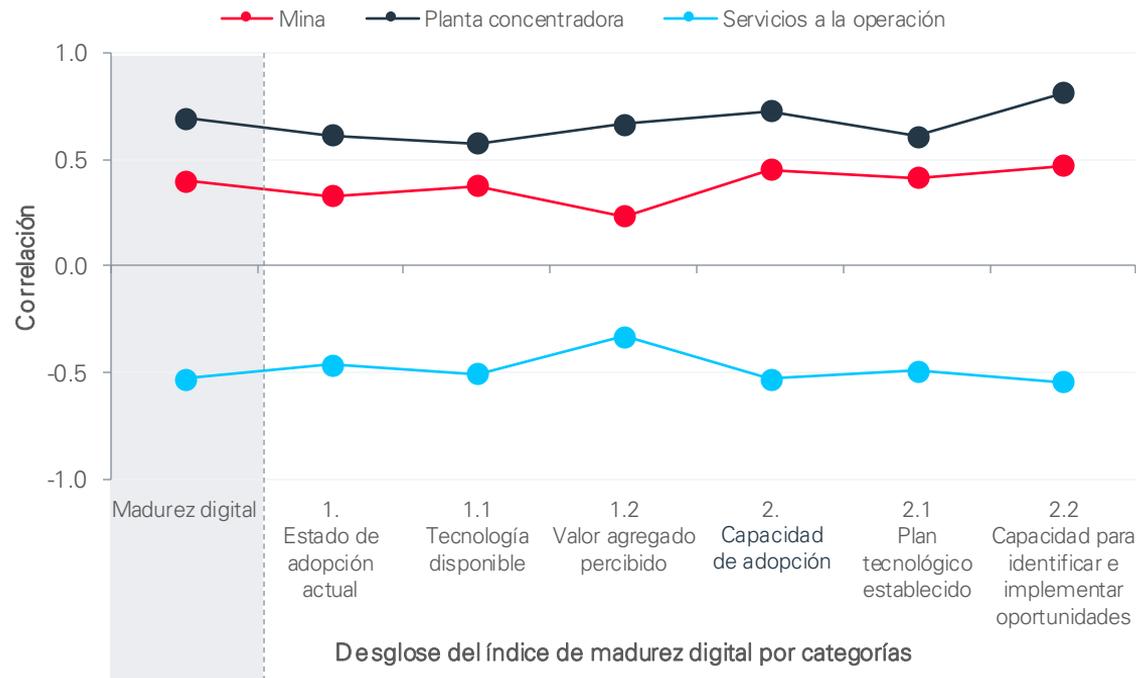
Este documento es confidencial y fue preparado por Matrix Consulting; no puede ser utilizado ni reproducido sin el expreso consentimiento escrito de Matrix Consulting

¿Qué nexos  
existen entre la  
digitalización y la  
productividad?



# Los datos del estudio muestran una correlación lineal moderada a fuerte entre la percepción de madurez digital y productividad

## Correlación entre la percepción de madurez digital y productividad laboral en áreas relevantes

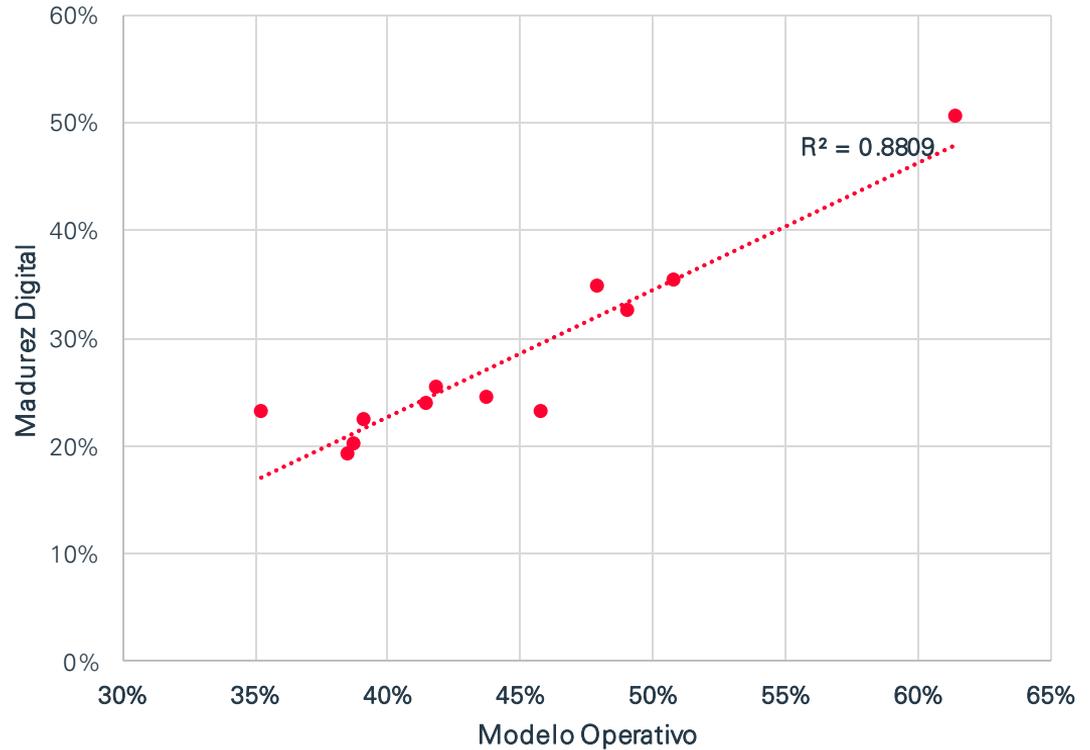


- > Particularmente **en planta**, los datos sugieren que se hace más claro para los trabajadores que soluciones tecnológicas generan mejoras en productividad explícitas, dado que lo palpan, ven y pueden medir en forma material en el flujo continuo de este tipo de procesos
- > En sentido opuesto, los servicios a la operación muestran una correlación negativa, es decir, que el avance percibido en digitalización no ha logrado aún decantar un efecto en la productividad de estas funciones, lo que sugiere la falta de un abordaje integral o sistémico

Una pista por donde lograr acelerar la adopción con éxito: mayor robustez en el Modelo Operativo se correlaciona fuertemente con una mayor Madurez Digital

Compañías que se apalancan en las dimensiones del modelo operativo son las que mayor capacidad de adopción de tecnologías tienen

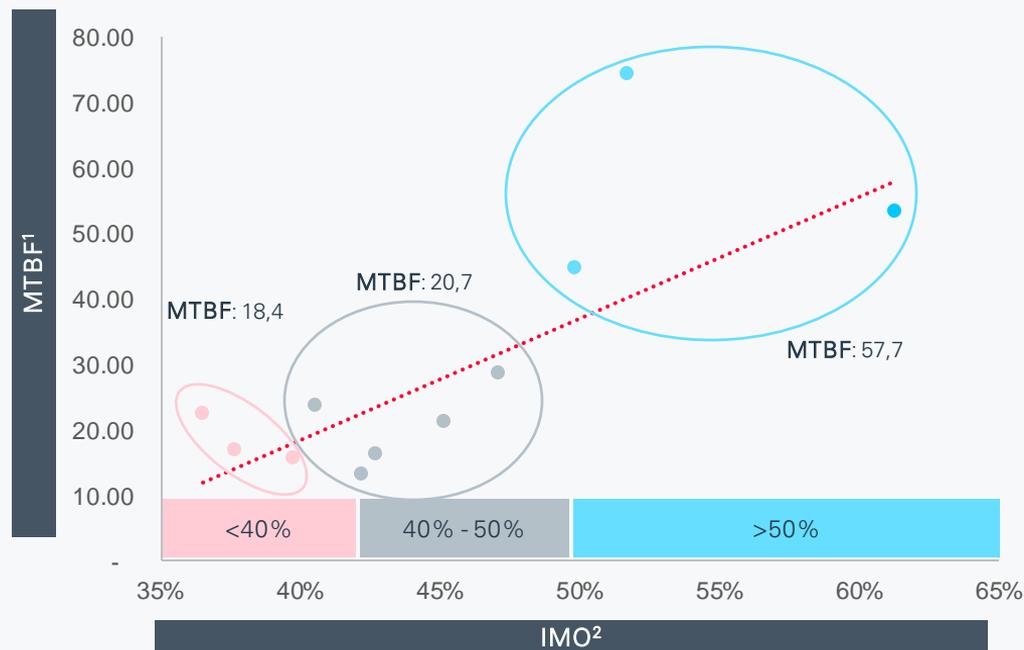
Comparación entre la Madurez Digital y la robustez del Modelo Operativo  
%, 2020



# Como ejemplo, vemos que a mayor madurez del modelo operativo mejora significativamente el MTBF (tiempo medio de fallas)



## MTBF vs Resultados Encuesta Índice de Modelo Operativo



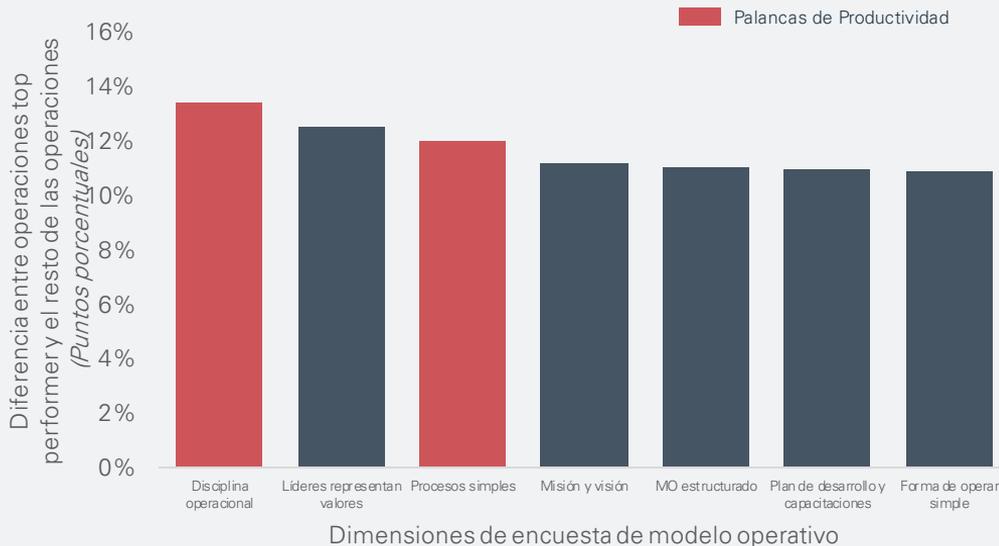
- ▶ A medida que se crece en Índice de Modelo Operativo, el promedio del MTBF es cada vez mayor en las operaciones mineras
- ▶ Tener un mayor MTBF implica que los equipos estén más tiempo disponibles para ser utilizados y por lo tanto menor cantidad de detenciones no programadas y mayor capacidad para lograr los resultados programados
- ▶ Lograr que los equipos estén comprometidos con la obtención de resultados, la metodología de trabajo, la visión y la misión de la compañía ...
  - ...permitiría lograr mayor estabilidad en la operación e indirectamente una mejor obtención de resultados.

(1) Tiempo medio entre fallas; (2) Índice de Modelo Operativo; (3) Se calculó el promedio del mineral procesado en planta durante los 72 meses del período 2015-2020 y su correspondiente desvío estándar, y luego se definió que proporción representaba el desvío respecto del promedio  
Fuente: Análisis Matrix Consulting  
Este documento es confidencial y fue preparado por Matrix Consulting; no puede ser utilizado ni reproducido sin el expreso consentimiento escrito de Matrix Consulting

# Prácticamente todas las dimensiones del modelo operativo apoyan significativamente el aumento en productividad



Dimensiones del Índice de Modelo Operativo con Mayor Rango



Nota: Los puntos porcentuales son la **diferencia en la encuesta del desempeño promedio** entre top performers productivos y bottom performers productivos. Estos dos grupos fueron generados de acuerdo a (i) la productividad en equipos y (ii) la productividad laboral medida desde los equipos

► Volviendo a la pregunta inicial: *"desafíos de la industria en torno a transformación digital y su impacto en productividad"*

Paso 1: Robustecer fuertemente la madurez del modelo operativo en todos sus ámbitos dado el impacto en productividad

Paso 2: Robustecer madurez digital con:

- visión clara a 5 años
- hoja de ruta compartida
- Claridad sobre iniciativas tecnológicas de los prox. 12 meses
- Incrementar agilidad en decisiones
- Utilizar la tecnología que se tiene (adecuadamente)

► La estrategia digital debe formar parte integrante de la estrategia general de la compañía

# Conclusiones



> **1. El Estudio de productividad permite a las operaciones utilizar información única para toma de decisiones** y mejorar su planificación a partir de una base de datos e información única para la industria, y fue construido por **Matrix Consulting** a partir de su experiencia en la industria minera



> **2. Operaciones que logran una alta productividad se caracterizan por:**

- Modelos operativos simples y transversales
- Robusta **comunicación**
- **Menor tercerización de sus actividades**
- Alta componente de **mantenimiento preventivo**
- Enfoque en la **búsqueda de la productividad**
- Hoja de ruta en la Transformación Digital



> **3. Contar con un Modelo Operativo robusto favorece la Transformación digital de las operaciones**

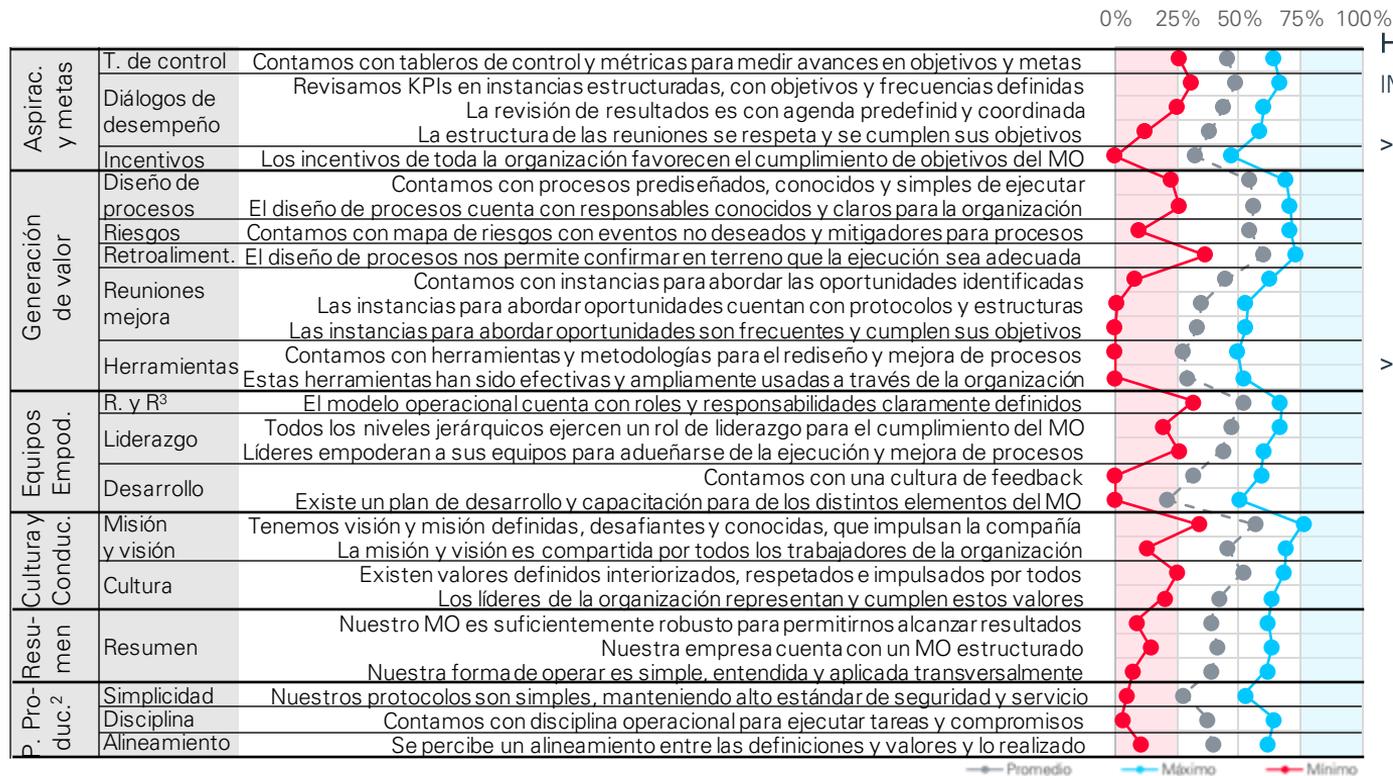
- > En paralelo , las principales oportunidades para acelerar la adopción digital se requiere profundizar en las hojas de rutas definidas y permearlas en la organización
- > Desarrollar una primera ola de iniciativas que permitan automatizar los análisis y procesamiento de datos para apoyar la toma de decisión oportuna

Matrix  
Consulting

# Los MO<sup>1</sup> se pueden robustecer con capacitación y participación, fomentando la simpleza, alineamiento y disciplina

No exhaustivo

## Resultados encuesta de Modelo Operativo



### Hallazgos relevantes

IMO total<sup>4</sup>: 42% (min.13%/máx.61%)

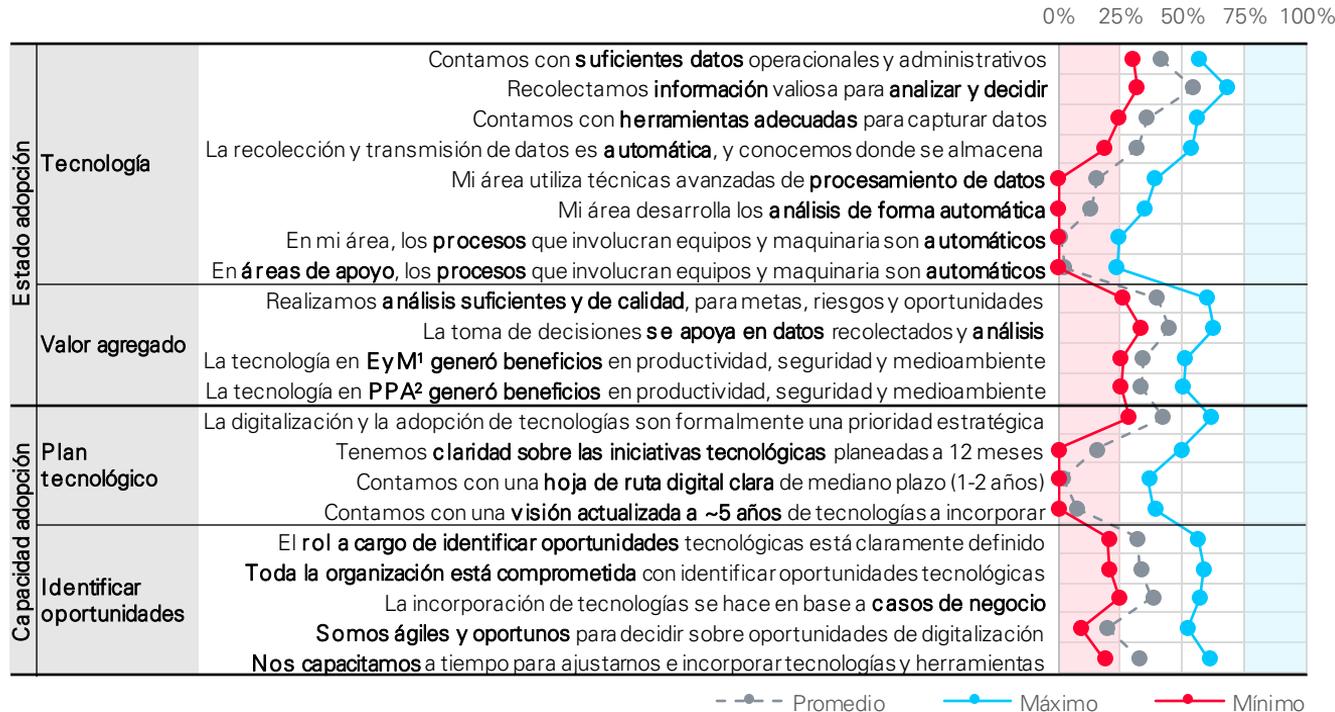
- > En general, la industria minera muestra un grado medio de robustez del los modelos operativos
  - 38% de la muestra ha alcanzado un estado moderado de robustez (~50%)
- > Las principales oportunidades para mejorar serían:
  - Desarrollar una mejora continua basada en la **simpleza, alineamiento y disciplina**
  - Desarrollar un MO **transversalmente aceptado**, basado en **instancias de revisión** y propuestas de **todos los niveles jerárquicos**
  - Potenciar **instancias de feedback** y **capacitación** con miras en procesos operacionales

(1) MO; Modelo Operativo (2) Palancas de productividad; (3) Roles y responsabilidades; (4) Promedio 16 faenas participantes Fuente: Análisis Matrix Consulting  
Este documento es confidencial y fue preparado por Matrix Consulting; no puede ser utilizado ni reproducido sin el expreso consentimiento escrito de Matrix Consulting

# En cuanto a la digitalización, las oportunidades vienen por planificar el uso de tecnología, y automatizar análisis (2/3)

No exhaustivo

## Resultados encuesta de Madurez Digital



### Hallazgos sección Estado de Adopción

IMD E. Adopción<sup>3</sup>: 30% (min.16% /máx.49%)

- > Los equipos **reportan contar con suficientes datos** para hacer análisis
  - Todas las operaciones, excepto una, tienen indicadores superiores a 25% en este tema
- > Los equipos **no utilizarían técnicas sofisticadas ni automáticas** para los análisis
  - Los promedios fueron bajo 25% en todas las preguntas
- > **Ni los procesos propios ni los de áreas de apoyo son automáticos**
  - 70% de las faenas tiene indicadores bajo 5% en estas preguntas, y los máximos desempeños son 25%

(1) Equipos y Maquinarias; (2) Procesos y procedimientos de apoyo; (3) Promedio de Estado de Adopción para 13 faenas

Fuente: Análisis Matrix Consulting

Este documento es confidencial y fue preparado por Matrix Consulting; no puede ser utilizado ni reproducido sin el expreso consentimiento escrito de Matrix Consulting