

COMPETENCIAS MANTENIMIENTO 4.0

FUERZA LABORAL DE MANTENIMIENTO EN LA INDUSTRIA CHILENA:

ESTUDIO SOBRE CARACTERÍSTICAS Y EVOLUCIÓN TECNOLÓGICA

Una iniciativa de:

CPC Confederación de la Producción y del Comercio

FCh Fundación Chile

Con el financiamiento de:

OTIC SOFOFA Capital Humano

Este estudio fue elaborado por el Centro de Desarrollo Humano de Fundación Chile y financiado por la OTIC SOFOFA con fondos del 5% del Servicio Nacional de Capacitación y Empleo, SENCE

Equipo Desarrollo Humano Fundación Chile

Hernán Araneda D., Gerente de Desarrollo Humano
Gabriela Navarro P., Directora de Trayectorias Formativas-Laborales
Verónica Cid B., Jefa de Proyectos - Estudios
Tomás Niklitschek S., Analista de Estudios
Carolina Águila O., Jefa de Proyectos - Estándares
Jairo Barraza S., Consultor Externo

Consejo de Competencias Mantenimiento 4.0, iniciativa impulsada por CPC y Fundación Chile, con el financiamiento de J.P Morgan.

Edición y diseño fueron realizados por Alder Comunicaciones.
www.alder.cl

Santiago, marzo de 2021

TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS. QUEDA AUTORIZADA SU REPRODUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN CITANDO LA FUENTE.

» ÍNDICE

INTRODUCCIÓN 4

ESTRATEGIA METODOLÓGICA 6

MUESTRA ENCUESTA 10

ANTECEDENTES 11

CAPÍTULO 1: CARACTERÍSTICAS DE LA FUERZA LABORAL DE MANTENIMIENTO 17

- » Localización 20
- » Dotación total 22
- » Rol ocupacional 23
- » Reclutamiento y selección 25
- » Desarrollo laboral 28

CAPÍTULO 2: PROSPECCIÓN TECNOLÓGICA EN MANTENIMIENTO 31

- » Tendencias tecnológicas para el Mantenimiento 4.0 33
- » La transformación tecnológica ya está ocurriendo en Mantenimiento 38
- » Impacto tecnológico en las competencias laborales de Mantenimiento 44
- » Impacto de las tecnologías sobre las competencias laborales, según ciclo de gestión de Mantenimiento 4.0 49

CONCLUSIONES 55

GLOSARIO Y ANEXOS 61



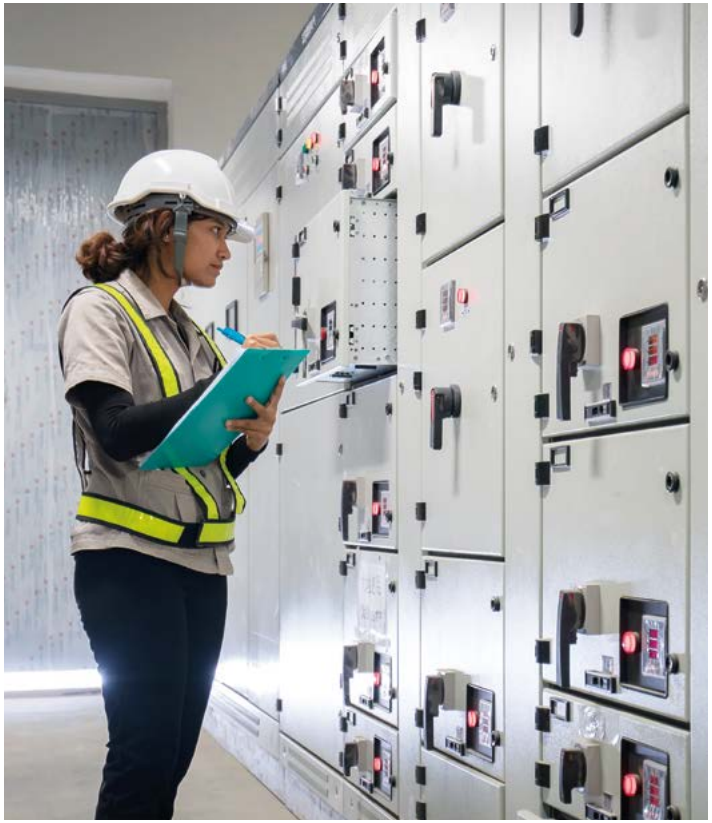
INTRODUCCIÓN

Actualmente se está gestando una nueva era. Casi sin notarlo, la evolución de la tecnología a lo largo del tiempo ha permitido crear un entorno donde los avances tecnológicos están al alcance de la mano en todos los ámbitos del diario vivir.

El concepto de Industria 4.0 es relativamente reciente y se refiere a la Cuarta Revolución Industrial, entendida como un proceso que se caracteriza por la fusión de los mundos digital, biológico y físico, y la creciente utilización de nuevas tecnologías, como la inteligencia artificial, computación en la nube, robótica e internet de las cosas, entre otras (Schwab, 2016). Estas tecnologías hacen posible que dispositivos y sistemas de distintas empresas y organizaciones se comuniquen y colaboren entre ellos, permitiendo diseñar y elaborar productos y servicios, mediante una red de negocios interrelacionados.

Ciertos ámbitos de la economía y diferentes industrias, como la minería, el comercio, la logística y la energía, por nombrar algunas, se están adaptando a esta transformación incorporando nuevas tecnologías -tanto físicas como digitales- en sus sistemas, infraestructuras y equipamientos. En este contexto de cambio hacia una industria 4.0, el Mantenimiento destaca como un desarrollo necesario para garantizar la disponibilidad y el buen funcionamiento de equipos, maquinarias y sistemas, además de asegurar la efectiva continuidad operacional.

En Chile, la incorporación de tecnologías en las áreas de Mantenimiento representa una oportunidad de lograr incrementos significativos en la productividad y mejorar aún más las condiciones de seguridad en que se desenvuelven los trabajadores. La instalación en el país de centros integrados de operación, la interoperabilidad y la disponibilidad de crecientes volúmenes de datos, abren la oportunidad de acercarse a lo que ya se conoce como Mantenimiento 4.0.



En el plano laboral, las evidencias muestran que la incorporación paulatina y creciente de las tecnologías en las cadenas productivas, está generando un impacto directo en ciertas competencias laborales, ya sea por el reemplazo de algunas funciones realizadas por personas, o como herramientas de apoyo o complemento a sus labores. En el caso del Mantenimiento, la Industria 4.0 presenta el desafío de diseñar, construir, operar y mantener los nuevos sistemas, equipos y dispositivos, para lo cual las personas deberán mejorar sus competencias en el uso de Tecnologías Digitales o bien, adquirir conocimientos nuevos. Como la tecnología seguirá evolucionando y cambiando, la formación en el futuro deberá ser un proceso de formación continua, que permita la permanente actualización de habilidades y competencias laborales.

Ante los desafíos planteados, en este documento se presentan los resultados del estudio "Fuerza Laboral de Mantenimiento en la industria chilena: características y evolución tecnológica", cuyo propósito es aportar con información relevante para avanzar hacia un capital humano con las competencias necesarias para las actividades de Mantenimiento, permitiendo a las organizaciones productivas y formativas anticiparse a los requerimientos tecnológicos emergentes.

El estudio tiene dos componentes principales:

» Describir a la fuerza laboral actual vinculada al Mantenimiento, lo que incluye la descripción de variables sociodemográficas y de indicadores de gestión del capital humano, implementados por diferentes empresas durante el último tiempo.
» Identificar las tendencias tecnológicas en uso por el sector Mantenimiento -y las que potencialmente se podrían implementar- y analizar la evolución tecnológica en las competencias laborales del Poblamiento del Marco de Cualificaciones en Mantenimiento 4.0 (PMCMto 4.0).

Ante los desafíos que presenta la Cuarta Revolución Industrial, y con el fin de analizar los retos y realizar propuestas para avanzar hacia un capital humano con las competencias necesarias para el sector Mantenimiento, este estudio se plantea como un acercamiento para comprender las implicancias de estos cambios sobre las habilidades, conocimientos y competencias que requerirá la fuerza de trabajo que participa en la cadena principal de valor del ciclo del Mantenimiento.

El estudio elaborado por Fundación Chile para el Consejo de Competencias Mantenimiento 4.0 es un proyecto financiado por medio de la OTIC SOFOFA con fondos del 5% del Servicio Nacional de Capacitación y Empleo, SENCE.

En Chile, la instalación de centros integrados de operación, la interoperabilidad y la disponibilidad de crecientes volúmenes de datos, abren la oportunidad de acercarse a lo que se conoce como Mantenimiento 4.0.

ESTRATEGIA METODOLÓGICA

Para el desarrollo de este estudio se utilizó una metodología mixta. Por una parte, incluye un enfoque cuantitativo, mediante la aplicación de una encuesta a empresas de diferentes actividades económicas que desarrollan funciones de Mantenimiento en sus instalaciones y a empresas que tienen como giro principal prestar servicios de Mantenimiento.

Por otra parte, para identificar los desafíos de transformación basados en la incorporación tecnológica, se utilizó un enfoque cualitativo con asesoría experta, para identificar la evolución tecnológica e impacto en las competencias laborales vinculadas al Mantenimiento.

El esquema a continuación resume las principales actividades desarrolladas:



- **Revisión bibliográfica y experiencia nacional e internacional.**
- **Identificación de tendencias tecnológicas para el sector Mantenimiento.**



- **Diseño del marco muestral y definición de la muestra.**
- **Elaboración de cuestionario.**
- **Aplicación de encuesta.**
- **Procesamiento y análisis de información.**



- **Análisis de naturaleza de las competencias del PMCMto 4.0*.**
- **Análisis de evolución tecnológica en las competencias del PMCMto 4.0*.**

* PMCMto 4.0: Poblamiento del Marco de Cualificaciones en Mantenimiento 4.0

ALCANCE DEL ESTUDIO

Es importante partir señalando que el Mantenimiento es una especialidad que se encuentra en diferentes industrias, contempla diversas subespecialidades (mecánico, eléctrico e instrumentación) y se desarrolla en distintos contextos (equipos fijos y móviles).

Para este estudio se ha delimitado su alcance, entendiendo al Mantenimiento como ***"todas las ocupaciones laborales técnicas que derivan de las especialidades de mecánica, electricidad y electrónica/instrumentación, las cuales se desempeñan en un sinnúmero de industrias en labores de instalación y Mantenimiento de equipos y fabricación de partes y piezas para esos equipos"*** (PMCMto 4.0; 2019).

Para la identificación y análisis de las competencias, se tomó como base las competencias laborales del Poblamiento del Marco de Cualificaciones en Mantenimiento 4.0 (PMCMto 4.0), las que fueron complementadas con competencias del Marco de Cualificaciones para la Minería. Estas fueron incorporadas al análisis para complementar aquellas competencias correspondientes a los niveles 4 y 5 del Marco de Cualificaciones Técnico Profesional para todo el ciclo de Mantenimiento (confiabilidad, planificación, ejecución).

El PMCMto 4.0 delimita las funciones propias del Mantenimiento bajo los 4 niveles de cualificaciones definidas en su ruta formativa laboral, principalmente centrada en la ejecución del Mantenimiento. Dicha ruta grafica las relaciones entre las cualificaciones y sus perfiles ocupacionales/unidades de competencia laboral. Con ello, se aborda el estudio desde una perspectiva de competencias laborales, que corresponden a todos los conocimientos, actitudes y habilidades necesarias para cumplir exitosamente las actividades que componen una función laboral, según estándares propios de cada sector productivo.



El estudio se enfoca en las áreas propias del Ciclo de Gestión del Mantenimiento:

PLANIFICACIÓN:
Generar y habilitar Planes de Mantenimiento basados en las estrategias seleccionadas, maximizando la continuidad operacional y utilizando en forma eficiente el tiempo de trabajo, los recursos y materiales.

EJECUCIÓN:
Llevar a cabo de forma eficaz y eficiente las actividades del programa de Mantenimiento, respetando tiempos y recursos, y gestionando junto a Confiabilidad las actividades no planificadas que vayan surgiendo en el camino.

CONFIABILIDAD:
Optimizar el ciclo de vida del activo, asegurando la capacidad adecuada para cumplir con las funciones para las que fue diseñado, bajo el contexto operacional en el que está inmerso.



ÁREA	PROCESO	DESCRIPCIÓN	ROL
PLANIFICACIÓN	Identificación y priorización	Recopilar los requerimientos de trabajo provenientes de los sistemas de planificación de recursos empresariales (ERP) a ser realizados durante el Ciclo de Mantenimiento, con el objetivo de generar un listado de actividades priorizadas en base al nivel de riesgo presente.	Planificador Programador
	Planificación	Elaborar un Plan de Mantenimiento donde se asignen los recursos necesarios a la lista de actividades entregada por la priorización, distribuyendo la carga de horas disponibles y gestionando la disponibilidad efectiva de los recursos.	
	Programación	Traducir el Plan de Mantenimiento y las actividades de "*Backlog*" en un programa secuenciado, de forma de optimizar la ejecución de lo planificado. Asegurar los recursos en terreno necesarios para la ejecución.	
EJECUCIÓN	Ejecución	Ejecutar el Programa de Mantenimiento establecido en el Plan, respetando procedimientos, seguridad y calidad. Gestionar las emergencias y hallazgos encontrados en el día a día. Revisar y cerrar órdenes de trabajo ejecutadas durante el ciclo.	Ayudante - Mantenedor base Mantenedor ejecutor/avanzado Mantenedor Especialista Supervisor
CONFIABILIDAD	Post-Mantenimiento	Analizar las oportunidades, brechas y fortalezas del ciclo de Mantenimiento, con el fin de incentivar la mejora continua y estandarizar mejores prácticas, velando por la optimización de planes o actividades de Mantenimiento, previo análisis del desempeño de equipos y el aporte de valor.	Mantenedor Ensayista/prueba Mantenedor analista Ingeniero en confiabilidad

MUESTRA ENCUESTA

Para realizar la encuesta, se definió un marco muestral para determinar las actividades económicas donde existen trabajadores de Mantenimiento e identificar a las empresas asociadas a estas actividades. El estudio considera a aquellos trabajadores cuya ocupación principal esté contenida dentro de la instalación y mantenimiento eléctrico/mecánico/instrumentista y control de procesos industriales, pertenecientes al sector privado y que sean empleados formales, es decir, que tengan contrato de trabajo, o den boletas y que coticen en el sistema previsional y, por último, con un nivel mínimo de educación media completa.

La encuesta se realizó entre los meses de junio y septiembre del 2020. La muestra obtenida fue de 173 empresas a nivel nacional, de 15 sectores económicos. El total de trabajadores reportado corresponde a 19.163 y de ellos, 3.347 son trabajadores de Mantenimiento.

MUESTRA OBTENIDA DE EMPRESAS Y TRABAJADORES DE MANTENIMIENTO

Sector	Empresas	Trabajadores de Mantenimiento
Agricultura	13	128
Agua	2	8
Automotriz	1	2
Comercio al por mayor y menor	4	12
Construcción	33	711
Energía	14	171
Forestal	6	31
Manufactura	11	143
Metalmecánica	22	387
Minería	21	403
Pesca	4	39
Salud	2	8
Telecomunicaciones	3	42
Transporte y almacenamiento	16	976
Otros	21	286
Total	**173**	**3.347**

ANTECEDENTES

En torno a los desafíos propios de la llamada Cuarta Revolución Industrial, en el año 2018 se articuló el Consejo de Competencias Mantenimiento 4.0, al alero de la Confederación de la Producción y del Comercio (CPC) y Fundación Chile. Este Consejo tiene un alcance multisectorial y, pese a que cada sector productivo tiene particularidades en su desarrollo y necesidades de capital humano, existe una visión transversal que permite entender al Mantenimiento como todas las ocupaciones laborales técnicas que derivan de las especialidades de mecánica, electricidad y electrónica/ instrumentación, las cuales se desempeñan en un sinnúmero de industrias en labores de instalación y mantenimiento de equipos y fabricación de partes y piezas para esos equipos (Consejo de Competencias Mantenimiento 4.0)[1].

Un dato relevante es que no existen estimaciones claras del tamaño del mercado laboral en las áreas de Instalación y Mantenimiento en Chile, dado que es una especialidad que se encuentra en muchas industrias, contempla diversas subespecialidades y se desarrolla en distintos contextos.

Parte de esta investigación buscó identificar aquellos sectores y empresas en las que se ejercen ocupaciones y empleos vinculados al Mantenimiento, ejercicio desarrollado mediante la revisión y análisis de diversas fuentes de información (CASEN 2017 y bases de datos del SII). De este modo, y considerando ciertos criterios de selección de la fuerza laboral en Mantenimiento, los datos obtenidos señalan que existen alrededor de 190 mil trabajadores, distribuidos en 13 rubros económicos (la clasificación más agregada de actividades económicas en CIIU Rev. 3), lo que da cuenta de la multisectorialidad del área de Mantenimiento.

Información referencial obtenida a través del análisis de bases de datos disponibles en el SII, muestran 343 actividades económicas para el área de Mantenimiento, con 334 mil RUT de empresas con personalidad jurídica, considerando los siguientes criterios: empresas privadas que tengan trabajadores cuya ocupación principal sea la instalación y mantenimiento eléctrico/mecánico/instrumentista y control de procesos industriales, que sean empleados formales y con un nivel educacional mínimo de secundaria completa.

Observando las características de las distintas actividades económicas, estas se pueden dividir en empresas que ofrecen servicios de Mantenimiento como parte su giro principal (reparación e instalación de maquinarias, por ejemplo) y empresas de diversos sectores que requieren y desarrollan funciones de Mantenimiento de manera interna con personal propio.



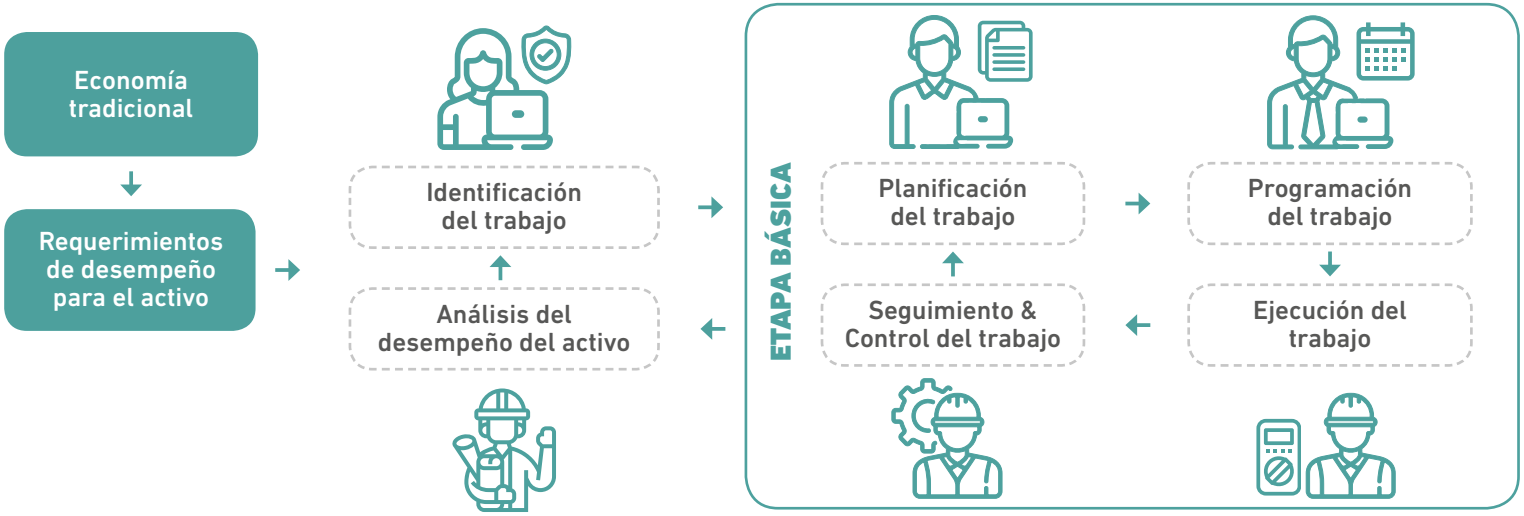
[1] Consejo de Competencias Mantenimiento 4.0, (2019). Marco de Cualificaciones Mantenimiento 4.0. Poblamiento Multisectorial.

UN MANTENIMIENTO 4.0 PARA UNA INDUSTRIA 4.0

La Gestión del Mantenimiento tiene como finalidad mantener operable los equipos e instalaciones (activos) y restablecer a las condiciones de funcionamiento predeterminado, con eficiencia y eficacia, para obtener la máxima productividad y continuidad operacional. Esto generalmente se logra mediante una combinación personalizada de softwares, prácticas y personal que se enfoca en lograr dichos objetivos.

La Gestión del Mantenimiento tradicional se puede dividir en dos etapas: una básica, que incluye las actividades rutinarias de planificación, programación, ejecución y control de los trabajos, y una segunda, que comprende las etapas de análisis del desempeño del activo y la de identificación del trabajo, que están más presentes en grandes compañías.

CICLO DE MANTENIMIENTO TRADICIONAL



Planificador(a)
Determina las intervenciones de equipos de acuerdo a requerimientos de disponibilidad operacional e historial de fallas del activo.

Planificador(a)
Elabora Planes de Mantenimiento sobre la base del manual del fabricante y fallas históricas de los activos.

Programador(a)
Elabora programa semanal sobre la base de Planes Preventivos y requerimientos emergentes por fallas recientes.

Ingeniero(a) de Confiabilidad
Realiza análisis del desempeño del activo sobre la base de fallas históricas almacenados en una base de datos.

Supervisor(a)
No conoce el desempeño de los activos en tiempo real; se entera de fallas mediante avisos en sistemas computarizados (CMMS) y alarmas en terreno.

Técnico de Mantenimiento
Realiza tareas preventivas o correctivas de acuerdo a Programa de Trabajo; mide y observa los parámetros de los activos mediante instrumentación en terreno; cierra órdenes de trabajo.

Fuente. Elaboración propia

TIPOS DE ESTRATEGIAS DE MANTENIMIENTO QUE HABITUALMENTE SE EMPLEAN:



CORRECTIVO: Las intervenciones de los equipos se programan y organizan después de ocurrida la falla. Se consideran actividades de reparación y/o cambio de piezas.



PREVENTIVO: Se planifican y programan actividades de inspección y cambio de componentes ya sea por fecha calendario, horas acumuladas de funcionamiento o bien, por ciclos de uso del activo.



PREDICTIVO: Mediante el monitoreo y análisis periódico de parámetros de un equipo se determinan su condición de uso y con ello se deciden las intervenciones. En su concepción original esta estrategia pretende "predecir" la ocurrencia de una falla.

Las funciones más habituales dentro de la Gestión del Mantenimiento son las del Planificador(a), quien elabora planes y programas de Mantenimiento; las del Técnico(a) en Mantenimiento, quien lleva a cabo las actividades programadas mediante procedimientos o pautas de trabajo, y las del Supervisor(a), quien hace seguimiento y control de los trabajos, además de informar de condiciones subestándar (inseguras) de los equipos. También están las funciones realizadas por el Ingeniero(a) en Confiabilidad, a veces denominado Ingeniero(a) de Mantenimiento, que se encuentra con más frecuencia en compañías mineras y en grandes empresas con procesos continuos, en las cuales una falla grave en sus activos críticos provoca pérdidas económicas significativas, por lo cual la estrategia de Mantenimiento Predictivo es muy relevante en sus modelos de negocios.

Uno de los desafíos que presenta actualmente la Gestión del Mantenimiento se debe a que la condición del activo se conoce de forma desfasada; es decir, cuando el tipo de falla y sus características se observan en el momento en que un Técnico en Mantenimiento o Supervisor acude directamente a terreno. Esto genera retrasos entre la detección y análisis del problema, y la toma de decisiones para intervenir el equipo afectado. Esta dependencia con la presencia física del Mantenedor u Operador de planta está impulsando y potenciando estrategias de Mantenimiento Predictivo, con técnicas de monitoreo y detección temprana de fallas a distancia.

MANTENIMIENTO PREDICTIVO

Es una estrategia que permite anticiparse a posibles incidencias o fallas en los activos y procesos de producción a través de distintas tecnologías.

Su función se puede resumir en tres aspectos:

1. Conocer las causas de cada falla para prevenir la ocurrencia de otras fallas o incidencias similares, intentando mitigar las causas que lo provocan.
2. Detección en el corto plazo de anomalías mediante el monitoreo, en tiempo real, de parámetros de los equipos.
3. Uso de datos históricos para predecir a largo plazo fallas o averías mayores.

Como parte del Mantenimiento Predictivo, también se encuentra el Mantenimiento Proactivo, que no solo predice cuando puede ocurrir una falla, sino que también busca conocer sus causas.

Predecir y analizar fallas de los activos o del equipamiento de manera temprana, además de asegurar una intervención inmediata, con la consiguiente reducción de costos, también genera una mayor eficiencia en el negocio, especialmente si existe buena coordinación y comunicación con las áreas operativas.

Para que una estrategia de Mantenimiento Predictivo se lleve a efecto en un proceso o equipamiento industrial, es necesario contar con personal capacitado y entrenado en técnicas predictivas y en el análisis de la causa de problemas.

Entre las técnicas predictivas empleadas habitualmente se pueden mencionar la identificación de zonas calientes en equipos eléctricos mediante cámaras termográficas; inspección de maquinaria rotatoria mediante equipos de medición y análisis de vibraciones, y medición de espesores de piezas mediante equipos de ultrasonido, entre otras.

INSTRUMENTACIÓN TRADICIONAL POTENCIADA POR LA TECNOLOGÍA DIGITAL

Considerando que su principio de funcionamiento no ha cambiado, la mayoría de las técnicas de instrumentación tradicional se mantendrán, pero potenciadas con Tecnologías Digitales, tales como internet de la cosas (IoT) y el almacenamiento de grandes cantidades de datos (big data) en la denominada "nube" de internet.

Junto a lo anterior, también se observa la reducción de los componentes electrónicos y su peso, lo que los hace más portables y multifuncionales, ya que pueden integrar dentro de un mismo equipo varias de las técnicas predictivas implementadas. Con los sistemas predictivos actuales, se puede detectar más prontamente una falla, gracias a los algoritmos que procesan datos reales obtenidos desde el mismo equipo, permitiendo análisis más certeros.

La incorporación de estas nuevas Tecnologías Digitales produce el natural temor de que puedan ir desplazando y reemplazando al analista predictivo. Pero en la práctica, las máquinas no pueden realizar todas las tareas y se requiere todavía de personal experto para tomar decisiones, tales como elegir dónde instalar los sensores de monitoreo en el equipo o comprender el tipo de fallas para determinar cuáles variables medir y la depuración de los datos obtenidos.

Las Tecnologías Digitales están brindando más funciones y capacidad de análisis a los instrumentos de medición tradicionales, lo que aumenta la demanda por Técnicos de Mantenimiento Predictivo polivalentes -con conocimiento en varias técnicas-, para aprovechar mejor dichos equipos multifuncionales.

Pese a que algunas empresas ya cuentan con líneas de producción automatizadas, tecnologías predictivas, softwares de Sistemas de Gestión de Activos Empresariales (EAM) y Sistemas Computarizados de Gestión de Mantenimiento (CMMS) que ayudan a la Gestión del Mantenimiento, aún se está en una etapa de transición hacia un Mantenimiento 4.0. Las nuevas tecnologías que se están implementando para realizar este Mantenimiento son principalmente la internet de las cosas (IoT), la analítica avanzada (*big data*) y la inteligencia artificial. Estas tecnologías posibilitan principalmente la medición, análisis y monitorización de parámetros que definen a los activos y el entorno de la fábrica que los rodea.

El ciclo que se presenta en la siguiente página, grafica la necesidad de revisar y actualizar las funciones tanto de los técnicos de Mantenimiento como del área de Operaciones en cuanto al monitoreo y análisis del comportamiento de activos. Lo anterior incidirá en que el o la trabajadora del futuro deberá tener competencias en el trabajo colaborativo y en equipo, la gestión del tiempo, resolución de problemas, razonamiento analítico, capacidad de buscar, filtrar y priorizar información, y, sobre todo, compartir decisiones.

CICLO DE LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO 4.0

La gráfica muestra un resumen del impacto de la transformación tecnológica en las distintas etapas del Ciclo de Gestión del Mantenimiento, principalmente en la incorporación de personal de Operaciones y en el análisis del desempeño de los activos. Desde hace unos años se cuenta con experiencias de trabajo conjunto entre Mantenedores y Operadores de Planta en tareas de mantenimiento rutinario de activos, tal como sucede en la metodología TPM (*Total Productive Maintenance*) y ODR (*Operator Driven Reliability*). Las Tecnologías Digitales están potenciando dichos roles colaborativos y, en la medida que los sensores y sistemas de monitoreo sigan bajando sus costos y aumentando su capacidad de procesamiento, se volverá una práctica habitual.



Planificador(a) e Ingeniero(a) en Confiabilidad con la ayuda de IA y *big data*, determina oportunamente las intervenciones de equipos antes que fallen para cumplir con la disponibilidad operacional requerida.

Planificador(a) elabora Planes de Mantenimiento sobre la base del manual del fabricante y de los análisis de Confiabilidad elaborados con IA y *big data*.

Programador(a) elabora programa semanal, sobre la base de Planes Preventivos y el desempeño en tiempo real del activo.

Ingeniero(a) de Confiabilidad con apoyo de IA, procesa y analiza *big data* generada continuamente por *IoT* desde los activos y almacenadas en la nube.
Supervisor(a) de Mantenimiento y de Operaciones apoya el análisis para identificar patrones de comportamiento de los activos y predecir fallas.

Supervisor(a) de Mantenimiento y de Operaciones monitorea en tiempo real, en su celular o tablet, el desempeño de los activos con datos generados continuamente por *IoT* y almacenados en la nube.

Técnico(a) de Mantenimiento realiza tareas preventivas o correctivas de acuerdo a Programa de Trabajo.
La captura continua de parámetros de los activos mediante *IoT* y almacenados en la nube.
Cierre en tiempo real, mediante *smartphones, tablets*, aplicaciones de reportabilidad.

Fuente. Elaboración propia





CAPÍTULO 1:
CARACTERÍSTICAS DE LA FUERZA LABORAL DE MANTENIMIENTO

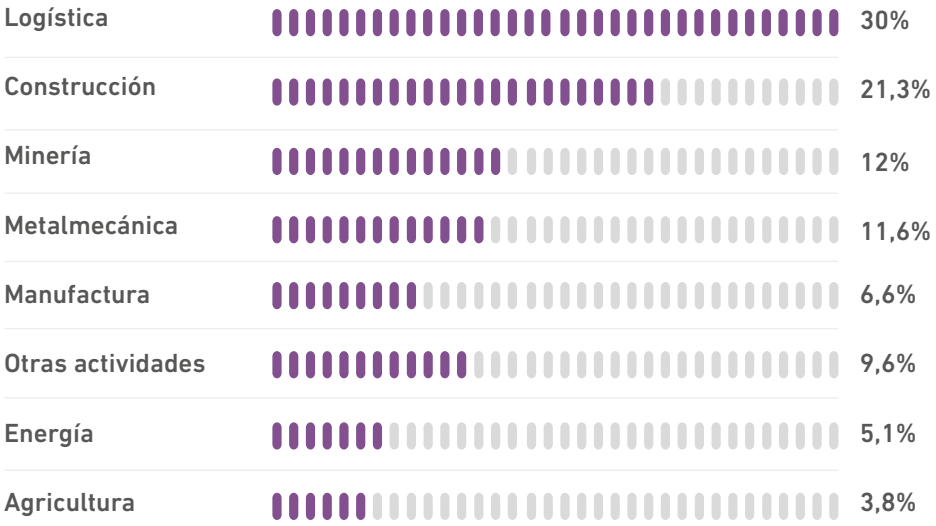
- *Localización*
- *Dotación total*
- *Rol ocupacional*
- *Reclutamiento y selección*
- *Desarrollo laboral*

A partir de la información provista por la encuesta a una muestra de 173 empresas, se pudo conocer las características de la fuerza laboral en el Ciclo de Gestión del Mantenimiento. Se examinaron una serie de indicadores que caracterizan a las empresas encuestadas, su capital humano y su gestión. Entre ellos, tipo y localización de las empresas; las características sociodemográficas de los trabajadores; requisitos de contratación, desarrollo laboral, entre otros[1].

Con los datos obtenidos de las empresas participantes, se reportó un total de 19.163 trabajadores, de los cuales 3.347 son de Mantenimiento, correspondiente al 17,4% de la dotación total.

La fuerza laboral de Mantenimiento se concentra principalmente en empresas cuyas actividades son esenciales para la economía nacional, como Construcción y Logística (también nombrada como transporte y almacenamiento, según criterio CIIU), además de industrias pesadas como Minería y Metalmecánica. De tal forma, estas cuatro industrias reúnen al 75% de los Mantenedores a nivel nacional.

1. FUERZA LABORAL DE MANTENIMIENTO SEGÚN SECTOR DE ACTIVIDAD ECONÓMICA DE LA EMPRESA

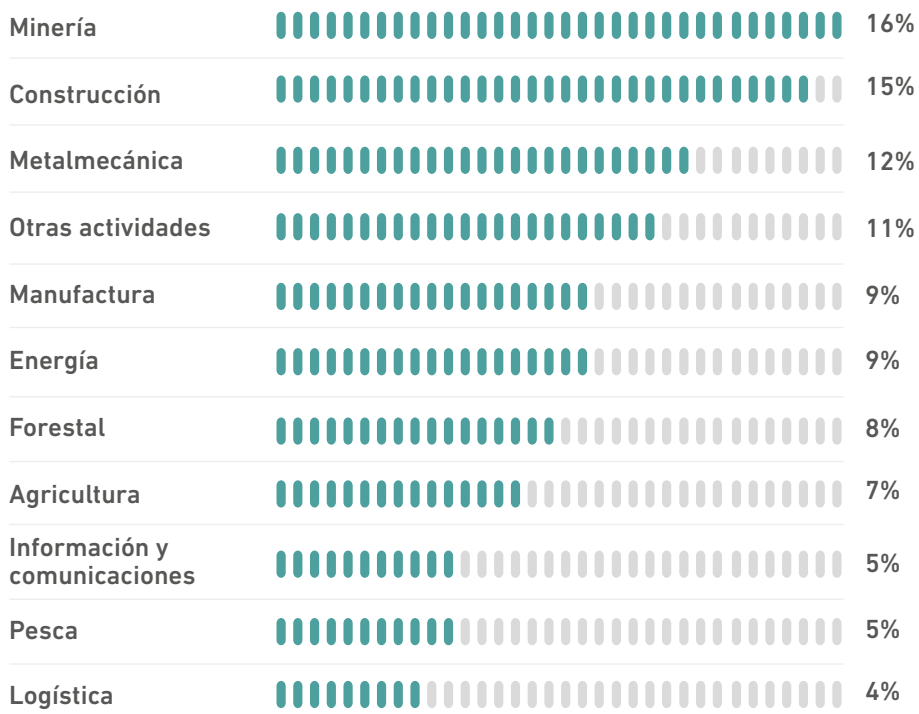


Otras industrias que incorporan fuerza laboral de Mantenimiento en la muestra son Pesca (2,4%); Información y comunicaciones (2%); Forestal (1,5%); Comercio (0,4%); Agua (0,2%) y Salud (0,2%). Paralelamente, el 2,9% estaría empleado por empresas que se identifican únicamente con actividades de servicios e ingeniería de Mantenimiento.

Es más, las actividades de Mantenimiento cobran especial relevancia al dar cuenta de que **el 48% de las empresas que emplean capital humano de Mantenimiento, se dedica a prestar servicios de Mantenimiento a otras empresas**.

[1] Ver en Anexo 1 las variables contempladas por el estudio.

2. EMPRESAS PRESTADORAS DE SERVICIOS DE MANTENIMIENTO, SEGÚN SECTOR DE ACTIVIDAD ECONÓMICA CON EL CUAL SE RELACIONAN MAYORITARIAMENTE

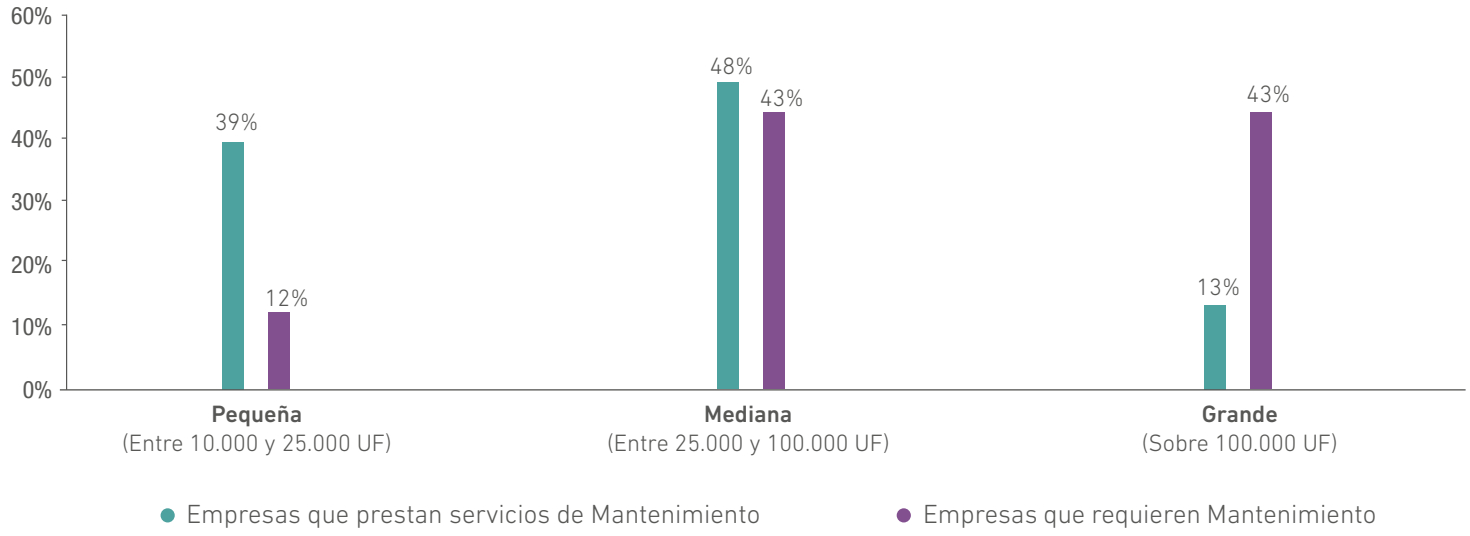


La fuerza laboral de Mantenimiento se concentra principalmente en empresas cuyas actividades son esenciales para la economía nacional.

A estas empresas, se les consultó por el sector con el cual se relacionan mayoritariamente para prestar sus servicios. Frente a esto, se encontró que **prestan servicios a casi las mismas actividades que concentran gran parte de la fuerza laboral, como Minería, con el 16% de las menciones; Construcción (15%) y Metalmecánica (12%)**. Sin embargo, les siguen cercanamente otros sectores que emplean una menor cantidad de Mantenedores, pero que igualmente tendrían demanda por estas labores, como Manufactura (9%); Energía (9%); Forestal (8%); Agricultura (7%) y Logística (4%).

Otra característica que distingue a estas empresas prestadoras de aquellas que requieren de Mantenimiento y lo realizan internamente y/o contratando servicios, es el tamaño por ventas. De este modo, las empresas prestadoras de servicios de Mantenimiento se ubican principalmente en tramos de pequeñas y medianas empresas, mientras que aquellas que requieren de Mantenimiento se encuentran mayoritariamente entre medianas y grandes empresas.

3. TIPO DE EMPRESAS PARTICIPANTES SEGÚN TAMAÑO POR VENTAS DE LA EMPRESA



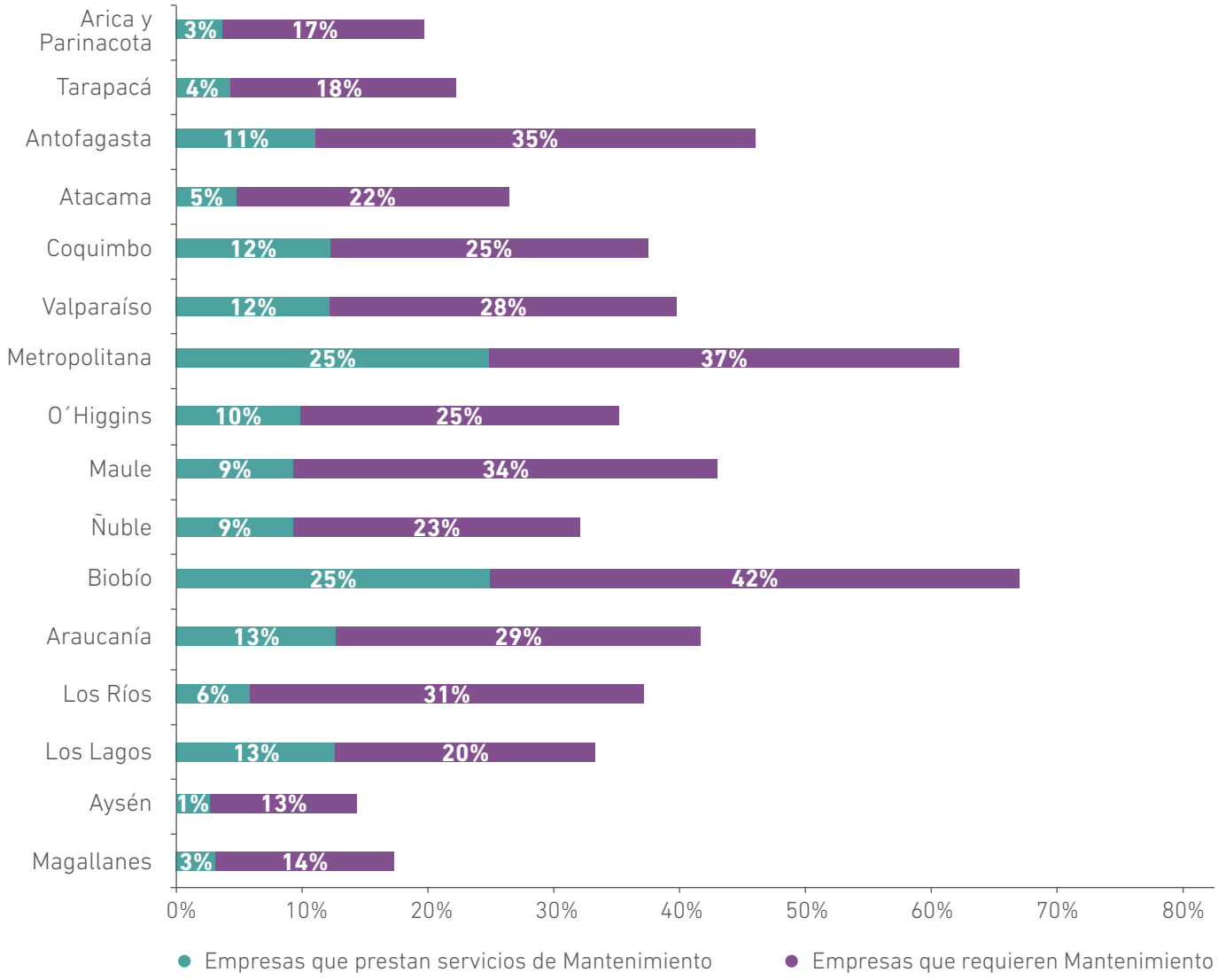
LOCALIZACIÓN

Para conocer la presencia que tienen las empresas participantes en las distintas regiones del país, más allá de la ubicación de sus casas matrices, se indagó en qué regiones tienen instalaciones u oficinas propias aquellas empresas que requieren de mantenimiento y para el caso de empresas que prestan servicios de Mantenimiento, se identificó en qué regiones lo hacen.

El análisis refleja que **las regiones con mayor presencia de las empresas participantes, considerando ambos elementos señalados, son las regiones del Biobío, Metropolitana y Antofagasta**. Específicamente, las dos primeras destacan con claridad, ya que el 25% de los participantes declara tener oficinas o instalaciones propias en cada una de esas regiones, y también concentran una porción importante de las empresas que prestan servicios de Mantenimiento.

Junto a las tres regiones mencionadas, también destaca el Maule, donde el 34% de los participantes que prestan servicios de Mantenimiento declara estar presente.

4. PRESENCIA EN REGIONES, SEGÚN EMPRESAS QUE REQUIEREN MANTENIMIENTO Y AQUELLAS QUE PRESTAN SERVICIOS DE MANTENIMIENTO



CARACTERÍSTICAS DE LA DOTACIÓN DE MANTENIMIENTO

DOTACIÓN TOTAL EN MANTENIMIENTO DE LAS EMPRESAS PARTICIPANTES: 3.347

5,3%
Mujeres

9,3%
Extranjeros

0,6%
Personas en situación de discapacidad

8,9%
60 años o más

31,3%
Menos de 1 año en la empresa

36,2%
Con formación en Mecánica

22%
Con formación en Electricidad

8,6%
Con formación en Electrónica

Si bien no existe mucha información con la cual contrastar estos indicadores, en algunos casos es posible realizar una comparación referencial. Por ejemplo, con respecto a la proporción de mujeres en Mantenimiento, la Encuesta Nacional de Empleo para el trimestre móvil más cercano a cuando se levantó información para este estudio (agosto-octubre 2020), muestra que **en sectores económicos como Minería y Construcción -que son los con menor presencia de mujeres- la participación femenina es de un 9% y 7%, respectivamente. Considerando esto, el 5,3% de presencia femenina en Mantenimiento que arroja la encuesta es bastante bajo**. Sin embargo, no lo es tanto si se lo compara con el 1,7% de participación femenina observado en los Mantenedores de las empresas mineras de la Gran Minería chilena, según lo reportado por el último estudio de Fuerza Laboral de la Gran Minería Chilena 2019-2028, del Consejo de Competencias Mineras.

Por otra parte, la proporción de trabajadores con 60 años o más muestra que el 8,9% de la fuerza laboral de Mantenimiento estaría disponible para retirarse, incidiendo directamente en la demanda de capital humano para los próximos años.

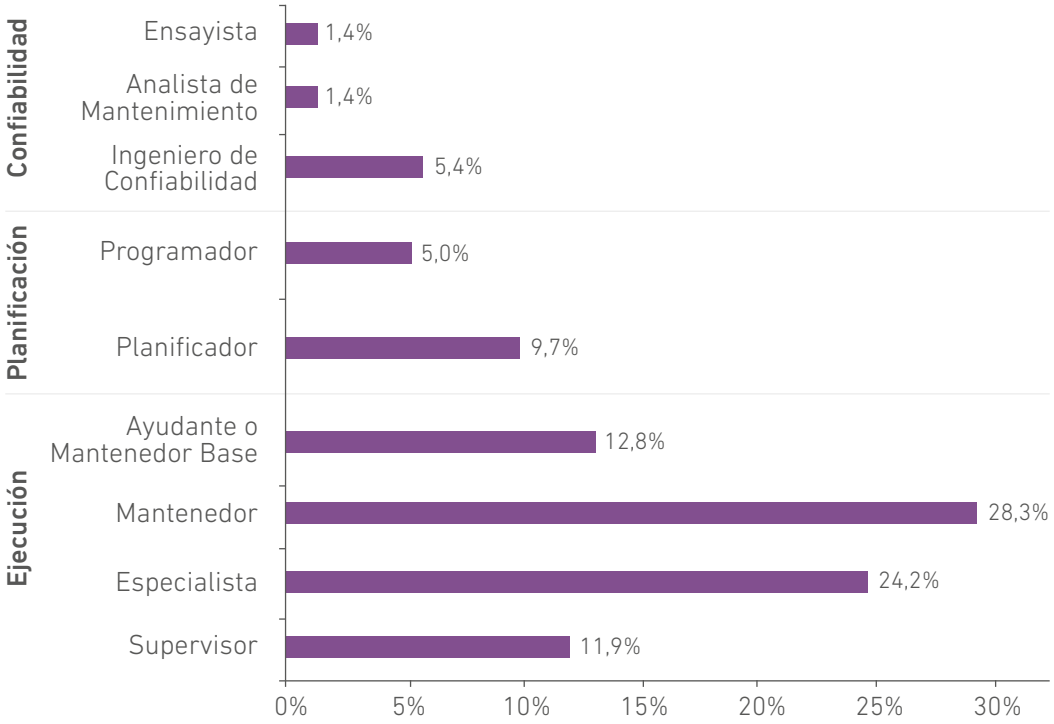
En cuanto a los nuevos trabajadores -con menos de 1 año de antigüedad-, **se estima que el 31,3% de la fuerza laboral de Mantenimiento habría sido contratada en el último año**. Aunque a simple vista este porcentaje pueda parecer alto, es necesario considerar el nivel de rotación existente para tener mayor claridad sobre la dinámica de contratación de Mantenedores.

Finalmente, es necesario destacar que las empresas encuestadas señalan que el 33% de los trabajadores de Mantenimiento no cuentan con formación en las tres principales áreas de especialidad contempladas por el estudio.

Esto puede interpretarse de diferentes maneras. Por un lado, puede indicar que parte importante de los trabajadores de Mantenimiento no requerirían de ese tipo de formación para desempeñar sus labores, o bien, puede que ciertas empresas no cuenten con un registro detallado y actualizado del tipo de formación del personal. Cualquiera sea la razón, es necesario indagar con mayor profundidad sobre la formación con la que opera el personal de Mantenimiento y la gestión del talento realizado por las empresas en esta materia.

ROL OCUPACIONAL

5. ROL OCUPACIONAL DE LOS TRABAJADORES EN EL CICLO DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO

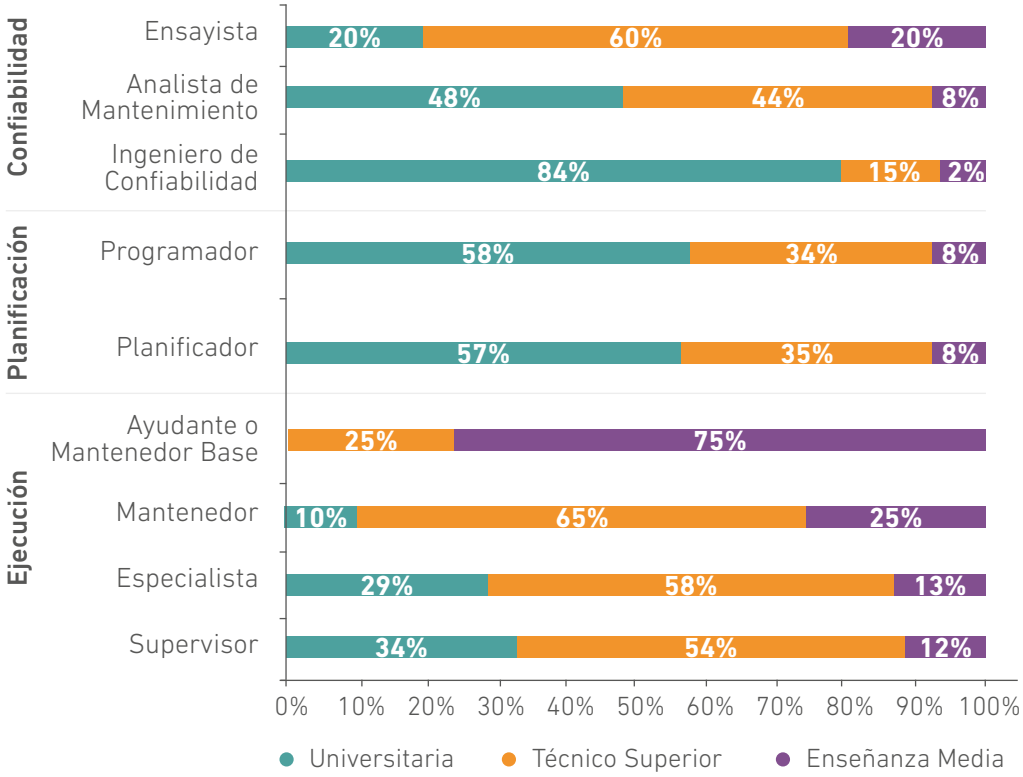


Al consultar por los roles que se desempeñan en las distintas áreas del Ciclo de Gestión del Mantenimiento, se observa que **el 77% de los trabajadores se desempeñan en el área de Ejecución**, donde los roles con mayor cantidad de trabajadores son Mantenedor y Especialista, reuniendo al 28,3% y 24,2% respectivamente. Les siguen Ayudante o Mantenedor Base y Supervisor, con 12,8% y 11,9% del total. **En el otro extremo, Planificación y Programación reúnen, en conjunto, al 14,7%**, mientras en Confiabilidad se encuentra el 8,2% de la fuerza laboral de Mantenimiento.

Un hallazgo relevante fue que, al consultar a las empresas sobre los "trabajadores desempeñándose en Mantenimiento", se obtuvo un total de 1.336 personas más al total indicado en "trabajadores de la empresa en funciones de Mantenimiento". La diferencia podría explicarse porque las empresas encuestadas habrían incluido a trabajadores externos además de los internos. Este supuesto sugiere que el 29% de los trabajadores en funciones de Mantenimiento sería empleado por una empresa externa.

Con respecto a la externalización de trabajadores, se observa que hay más empresas que involucran personal externo en Ejecución y Confiabilidad, con el 33% y 27% de las empresas encuestadas respectivamente. Mientras que en Planificación y Programación son el 14% y 17% las empresas que se apoyan en trabajadores externos además de los trabajadores propios.

6. NIVEL EDUCACIONAL



La mayoría de las empresas participantes señala que el nivel educacional más común en los roles del **área de Ejecución es técnico superior, donde destaca Mantenedor, con el 65% de las respuestas, mientras en el caso del Mantenedor Base, el nivel educacional mayoritario es enseñanza media**. Entretanto, en los roles de las otras áreas del ciclo, las empresas se inclinan un poco más por grados universitarios, especialmente en el rol Ingeniero de Confiabilidad (84%).

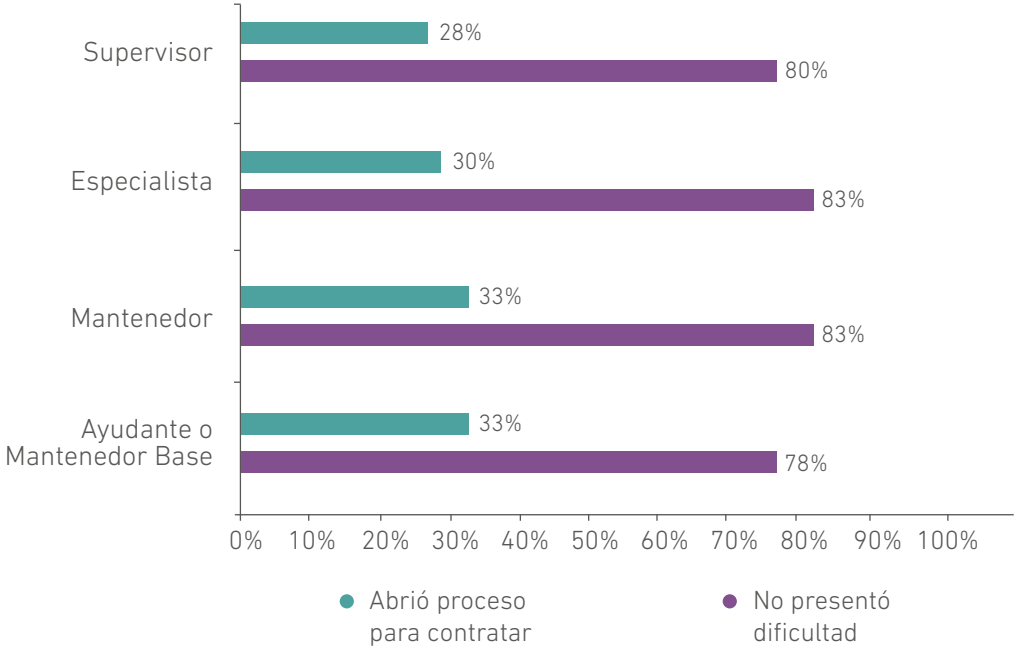
RECLUTAMIENTO Y SELECCIÓN

Por otra parte, concentrándose en el área de Ejecución, se indagó en un aspecto central a la demanda por capital humano: la apertura de procesos de selección para incorporar a nuevos trabajadores.

La encuesta muestra que cerca de **un tercio de las empresas buscó contratar personal de Mantenimiento durante el 2019**: el 33% de las empresas lo hizo para los roles de Mantenedor y Ayudante o Mantenedor Base; mientras que para los roles de Especialista y Supervisor, el 30% y 28% de las empresas buscó contratar nuevos trabajadores.

A las empresas que abrieron procesos de selección para Mantenimiento, se les consultó si habían encontrado alguna dificultad para cumplir su cometido, como falta de postulantes o falta de experiencia o competencias, a lo que la gran mayoría respondió que no.

7. EMPRESAS QUE BUSCARON CONTRATAR PERSONAL DE MANTENIMIENTO DURANTE EL AÑO 2019, SEGÚN ROL OCUPACIONAL



Otro aspecto relevante de los procesos de contratación es cuando se incorpora a personas recién egresadas, independientemente del tipo o nivel de sus estudios, pues refleja un vínculo directo entre las empresas y las instituciones formativas.

La encuesta mostró que **el 28% de las empresas participantes había contratado egresados durante el año 2019**. Al consultar por su nivel de preparación, alrededor de un cuarto de las empresas la consideró insuficiente. Y, al analizar por tipo de competencia, el 32% señaló que la preparación en competencias digitales, relacionadas con en el manejo de nuevas tecnologías, es escasa.

EMPRESAS QUE CONSIDERAN INSUFICIENTE LA PREPARACIÓN DE LOS EGRESADOS DE INSTITUCIONES FORMATIVAS SEGÚN TIPO DE COMPETENCIAS.

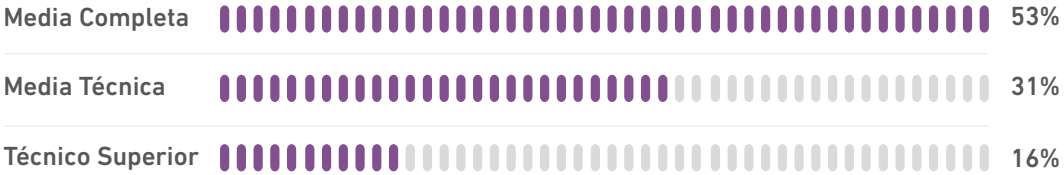
COMPETENCIAS	INSUFICIENTE
TÉCNICAS: específicas al trabajo realizado, como conocimientos especializados sobre un sistema o equipo.	29%
CONDUCTUALES: que influyen en el proceso de trabajo, como flexibilidad; trabajo en equipo; creatividad y autonomía.	23%
DIGITALES: relacionadas específicamente con el manejo de nuevas tecnologías vigentes o sus componentes.	32%



Un aspecto elemental de los procesos de contratación son los requisitos mínimos en términos del nivel formativo y experiencia que exige la empresa para que un postulante llene una vacante.

Primero, se consultó el nivel educacional mínimo requerido para ingresar a un puesto de Ayudante o Mantenedor Base. **La mayoría de las empresas (53%) solo exige haber terminado la enseñanza media, mientras un 31% se inclina específicamente por la enseñanza media técnica**. En tanto, un 16% exige formación de nivel técnico superior como requisito de entrada para sus Ayudantes o Mantenedores Base.

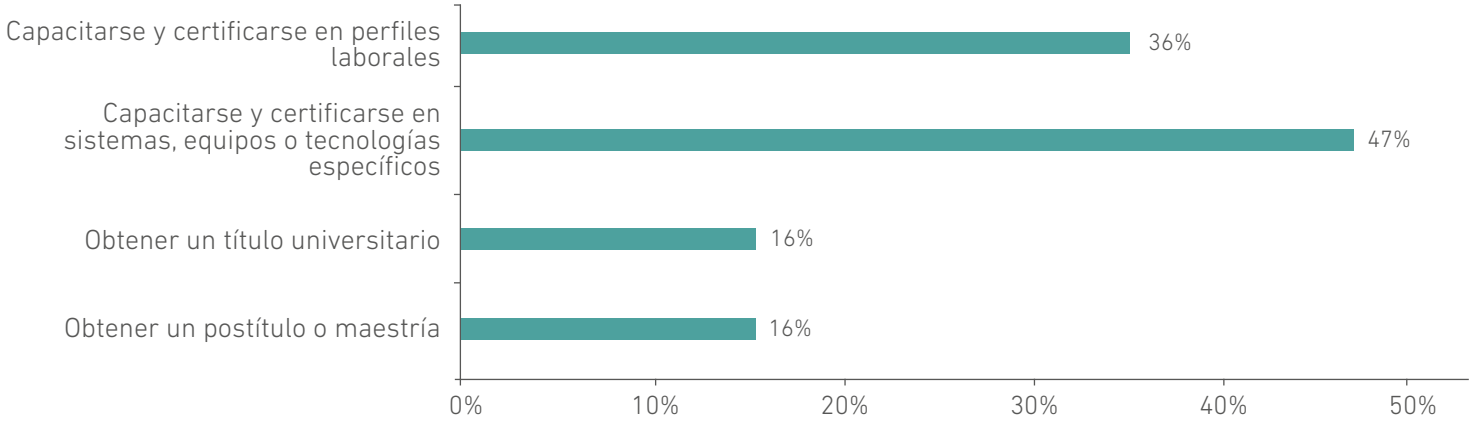
8. NIVEL EDUCACIONAL MÍNIMO REQUERIDO PARA INGRESAR A PUESTO DE AYUDANTE-MANTENEDOR BASE



Además, se consultó cuántos años de experiencia y qué tipo de formación requeriría una persona para pasar del puesto de Ayudante o Mantenedor Base a un puesto de Especialista. Si bien hay diferentes apreciaciones sobre la cantidad de años, las respuestas más comunes son 5 y 3 años de experiencia laboral en el rol, con 3,7 años en promedio.

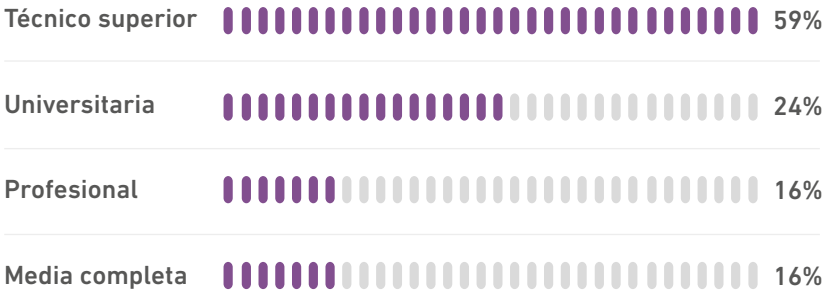
En cuanto al tipo de desarrollo formativo necesario para que un Ayudante o Mantenedor Base llegue a desempeñarse como Especialista en la empresa, **el 47% de los participantes declara que sería necesario para el trabajador capacitarse y certificarse en sistemas, equipos o tecnologías específicas, y un 36% considera que debiese capacitarse y certificarse en perfiles laborales**. En tanto, solo unas pocas empresas participantes señalan la necesidad de obtener un título universitario o un grado mayor, como un postítulo o maestría.

9. TIPO DE DESARROLLO FORMATIVO REQUERIDO PARA QUE UN AYUDANTE-MANTENEDOR BASE PUEDA LLEGAR A DESEMPEÑARSE EN EL ROL ESPECIALISTA



10. NIVEL EDUCACIONAL MÍNIMO REQUERIDO PARA INGRESAR A PUESTO DE SUPERVISOR

Respecto del nivel educacional mínimo necesario **para ingresar al cargo de Supervisor, las empresas exigen mayormente el nivel técnico superior (59%), y un 24% opta por educación universitaria**. Sobre los años de experiencia laboral mínimos requeridos para que un postulante acceda a puestos en este rol, un 36% considera que 5 años es lo necesario, mientras un 19% señala 3 años y un 18% solo 2 años. En promedio, las empresas participantes exigen 4,4 años de experiencia laboral para ingresar al cargo de Supervisor.



DESARROLLO LABORAL

Para profundizar en la gestión realizada por las empresas con respecto al desarrollo de su capital humano, se indagó en si tienen establecido un plan de desarrollo laboral claro y formal para los trabajadores, obteniendo un 48% de respuestas afirmativas. En este grupo, el 39% afirma tener grupos de interés específicos a considerar dentro del plan de desarrollo laboral. En cuanto a los trabajadores del área de Mantenimiento, un 48% afirma tener establecido un plan para su desarrollo, pero el 46% de ellos reconoce focalizar su plan en algún grupo de mayor interés para la empresa. Aunque pocos participantes identificaron el grupo objetivo contemplado en sus planes, las respuestas existentes señalan mecánicos, jóvenes y mujeres como grupos para los que existe un enfoque particular en los planes de desarrollo laboral de las empresas.



También se preguntó sobre el desarrollo de capacitación para los trabajadores de Mantenimiento. De las respuestas se puede deducir que, tal como sucede en muchas industrias, **la capacitación para el cumplimiento de estándares de seguridad es la razón de mayor prioridad. La siguen las capacitaciones en nuevas tecnologías y la disminución de brechas en competencias técnicas**. En el otro extremo, el desarrollo de programas de crecimiento en la línea de carrera se muestra como la menos relevante.

RAZONES DE LAS EMPRESAS PARA CAPACITAR A LOS TRABAJADORES DE MANTENIMIENTO



Sumado a las formas usuales de desarrollo laboral en las empresas, un aspecto relevante sobre las estrategias de gestión del talento es si estas utilizan un modelo de gestión por competencias y, específicamente, si hacen uso del modelo de competencias laborales definidas por el Sistema Nacional de Competencias Laborales – ChileValora, entendiendo por esto los distintos productos generados para promover la gestión por competencias y el reconocimiento de capacidades en los trabajadores; es decir, perfiles laborales, planes formativos y rutas formativo-laborales. Frente a esto, un 93% de las empresas participantes declara no utilizar dicho modelo.

Por último, al consultar sobre los recursos invertidos en capacitación, **el 46% de las empresas encuestadas señala no haber invertido en capacitación durante el 2019**. Entre aquellas empresas que sí lo hicieron, la inversión promedio de capacitación en el año fue de $23.078.125, el 65,5% del dinero invertido fue cubierto por medio de recursos públicos dispuestos por la franquicia tributaria de SENCE, y un 65,8% fue destinado a temas de Mantenimiento.

INVERSIÓN PROMEDIO EN CAPACITACIÓN

Inversión total en pesos	**23.078.125**
Cobertura franquicia SENCE	**65,5%**
Destinado a temas de Mantenimiento	**65,8%**



CAPÍTULO 2:

PROSPECCIÓN TECNOLÓGICA EN MANTENIMIENTO

- ***Tendencias tecnológicas para el Mantenimiento 4.0***
- ***La transformación tecnológica ya está ocurriendo en Mantenimiento***
- ***Impacto tecnológico en las competencias laborales de Mantenimiento***
- ***Impacto de las tecnologías sobre las competencias laborales, según ciclo de gestión de Mantenimiento 4.0***

El avance de la Cuarta Revolución Industrial en los distintos países se refleja en cómo están trabajando en programas relacionados con la Industria 4.0, tanto a nivel de asociaciones empresariales como de entidades educativas y sector público, para aumentar el desarrollo tecnológico, la digitalización de las funciones y la simplificación y digitalización de trámites y de control (BID, 2019)[2].

La globalización de los mercados y el surgimiento de una economía "sin horarios de oficina" que atiende las demandas de usuarios y consumidores a cualquier hora del día, ha puesto de relevancia la necesidad de la continuidad operacional de ciertas empresas, escenario en que el Mantenimiento asume el rol de garantizar la disponibilidad y el buen funcionamiento de equipos, maquinarias y sistemas.

Es en este contexto donde cobra relevancia el enfoque del Mantenimiento Predictivo y Proactivo que, mediante el monitoreo y análisis en tiempo real del comportamiento de equipos, busca detectar oportunamente potenciales fallas y también identificar y corregir las causas que las originan, mediante el uso de tecnologías de la Industria 4.0, lo que ha llevado al surgimiento del concepto de Mantenimiento 4.0.

Dependiendo del contexto de negocio y distintas realidades, no todas las empresas u organizaciones van a requerir garantizar continuidad operacional; es decir, contar con procesos productivos o de servicios operativos 24/7 y, por ende, demandar un Mantenimiento Predictivo avanzado. En la tabla, se enumeran algunas características que harán que empresas grandes, con procesos continuos, tiendan a demandar con intensidad un servicio de Mantenimiento que incorpore Tecnologías Digitales.

EMPRESAS PYMES SIN PROCESOS CONTINUOS	GRANDES EMPRESAS CON PROCESOS CONTINUOS
• Mercados principalmente locales. • Horarios de atención administrativos de lunes a viernes. • No requieren garantizar continuidad operacional, puede generar inventario de productos. • Privilegian actividades de Mantenimiento Preventivo rutinario y de reparaciones como estrategia para sus equipos. • No necesitan de un monitoreo y análisis de todos sus equipos 24/7. • Seguirán realizando Mantenimiento tradicional optimizado. • En caso de requerir, contratarán servicios de Mantenimiento Predictivo específicos para analizar ciertos equipos.	• Mercados globales. • Demanda permanente que requiere de procesos continuos. • Empresas con horarios de atención 24/7. • Continuidad operacional para mantener negocios 24/7. • Mantenimiento como apoyo para garantizar la continuidad operacional. • Garantizar confiabilidad operacional 24/7 les requiere monitoreo y análisis equipos 24/7. • Mantenimiento Predictivo cobra más relevancia. • Personal preparado y con competencias para mantener operativo sistemas 24/7. • Proveedores de grandes empresas requieren adaptación y flexibilidad productiva.

Fuente. Elaboración propia.

[2] Banco Interamericano de Desarrollo, (2019). Cadena de Suministro 4.0. Mejores prácticas internacionales y hojas de ruta para América Latina.

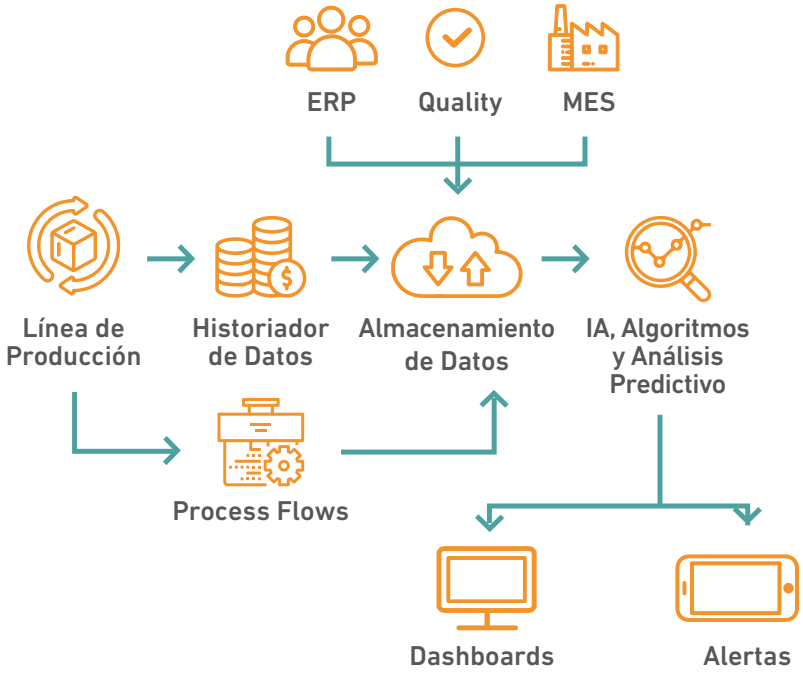
De cómo la empresa define cuáles son sus activos y qué tipo de estrategia de gestión aplicará, depende la importancia que pueda cobrar el tipo de Mantenimiento a realizar, ya que este es parte de la estrategia de negocios y, por tanto, es una definición que debe ser tomada desde el principio. Un sistema de gestión de activos es, por lo tanto, vital para las organizaciones que dependen de la función y desempeño de sus activos físicos para el suministro de servicios o productos, y donde el éxito de la organización esté influenciado significativamente por la dirección de estos activos.

TENDENCIAS TECNOLÓGICAS PARA EL MANTENIMIENTO 4.0

Bajo el concepto de Mantenimiento 4.0, se engloban diferentes técnicas y tecnologías que están permitiendo a las empresas dar un paso significativo en la mejora de la Gestión del Mantenimiento.

Como se puede observar en la figura, la arquitectura de un modelo del Mantenimiento 4.0 se relaciona con los dispositivos y sistemas de información para la captura, tratamiento y análisis de la data desde los activos.

ARQUITECTURA DEL MODELO DE MANTENIMIENTO 4.0



A partir de una revisión de fuentes secundarias sobre el desarrollo e innovación tecnológica aplicada a los procesos de Mantenimiento, se elaboró un estado de avance y aplicación de tecnologías, tanto en el mundo como en Chile, que están contribuyendo a mejorar la Gestión del Mantenimiento bajo el concepto de Mantenimiento 4.0.

A cada tecnología se le asignó un nivel de madurez tecnológico, según el grado de aplicación y desarrollo. Para ello se utilizó la clasificación de Niveles de Madurez Tecnológica (TRL en inglés) desarrollada por la Agencia Espacial de Estados Unidos (NASA) y adoptada por la Unión Europea, que consta de nueve niveles. Los niveles TRL 1, 2, 3 y 4 se dan en un entorno de validación a nivel de laboratorio. Para el caso de los niveles TLR 5 y 6, la validación se da en relación con entornos cercanos a las condiciones reales. Finalmente, para los niveles de madurez TRL 7, 8 y 9, la validación se da bajo condición real de aplicación del dispositivo final.

CUADRO RESUMEN DE TECNOLOGÍAS APLICADAS AL MANTENIMIENTO 4.0

	TECNOLOGÍA	DESCRIPCIÓN	CASOS APLICADOS MANTENIMIENTO	CICLO DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO	NIVEL TRL
1	**Equipamiento Tradicional Mantenimiento Predictivo**	Dispositivos que mediante sensores y transductores generan una medida en relación a un parámetro físico del equipo.	• Medición de parámetros de corriente eléctrica, voltaje, temperatura. • Medición y análisis de vibraciones. • Detección de fisuras. • Medición de espesores.	• Ejecución del trabajo.	9
2	**Internet de las Cosas (IoT)**	Se refiere al conjunto de sensores, dispositivos y redes que conectan objetos con sistemas de computación. De esta manera, los objetos pueden generar información sobre sí mismos y el entorno en el que se encuentran.	• Monitoreo y alarma en tiempo real de máquinas rotatorias. • Monitoreo y alarma en tiempo real de reductores mecánicos.	• Ejecución del trabajo. • Seguimiento y control del trabajo. • Análisis del desempeño del activo.	7
3	**Nube (*Cloud Computing*)**	Conjunto de tecnologías que permiten el acceso remoto a software, sistemas de almacenamiento de archivos y a procesamiento de datos por medio de una conexión, generalmente a internet, aunque también puede tratarse de servicios internos de empresas.	• Sistema de gestión de Mantenimiento *Smartenance* de la empresa FESTO basado en la nube y no es específico de ningún fabricante. • *Sistema Siemens Industrial Edge* ofrece a los usuarios la posibilidad de ejecutar una gama de aplicaciones analíticas descriptivas, de diagnóstico, predictivas y prescriptivas.	• Identificación del trabajo. • Planificación del trabajo. • Programación del trabajo. • Ejecución del trabajo. • Seguimiento y control del trabajo. • Análisis del desempeño del activo.	8

	TECNOLOGÍA	DESCRIPCIÓN	CASOS APLICADOS MANTENIMIENTO	CICLO DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO	NIVEL TRL
4	**Simulación**	Se relaciona con replicar comportamiento de equipos y dispositivos bajo ciertos escenarios. Con ayuda de una computadora, los profesionales pueden realizar diferentes análisis, tales como análisis estáticos, dinámicos, de fluidos, térmicos, electromagnéticos y acústicos entre otros.	• Análisis de vibraciones en Harnero minero mediante programas *CAD, ANSYS y ROCKY.* • Simulación de proceso productivo minero para disminuir detenciones imprevistas.	• Identificación del trabajo. • Análisis del desempeño del activo.	8
5	***Big data***	Se refiere a la capacidad de procesar bases de datos muy extensas, a fin de encontrar patrones entre los datos, como correlaciones o relaciones de causalidad de potenciales fallas.	• *Smart Mining Coach* de la empresa chilena INDIMIN permite análisis y mejora de desempeño operacional flota de camiones mineros. • Compañía de energía CEPSA de España se apoya en la *big data* para el Mantenimiento Predictivo de sus instalaciones.	• Identificación del trabajo. • Análisis del desempeño del activo.	7
6	**Inteligencia artificial**	*Machine Learning* es una aplicación de inteligencia artificial que, mediante determinados algoritmos, permite que un ordenador aprenda rutinas sin estar necesariamente preprogramadas. A medida que los algoritmos son aplicados en el análisis de información, van "aprendiendo" y cambiando su comportamiento.	• Detección autónoma de fallas de bombas de inyección de agua mediante aprendizaje profundo. • Estimativa automática de la temperatura en imágenes térmicas en base a *Transfer Learning*.	• Identificación del trabajo. • Análisis del desempeño del activo.	7

	TECNOLOGÍA	DESCRIPCIÓN	CASOS APLICADOS MANTENIMIENTO	CICLO DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO	NIVEL TRL
7	**Robots / Cobots**	Los robots colaborativos (cobots) pueden trabajar junto a los humanos para realizar tareas específicas. Están equipados con funciones de seguridad que les permiten detenerse o ralentizar su velocidad cuando hay un humano cerca, lo que reduce el riesgo de colisión o peligro para la seguridad.	• Sistema modular *IPEK Rovver* para inspección visual de conducciones en redes de saneamiento. • *RoboGasInspector*, para la localización remotas de fugas de gas en instalaciones técnicas. • Uso de robot acuático ROV para inspección cavernas de agua central hidroeléctrica, AES Gener Chile.	• Ejecución del trabajo. • Seguimiento y control del trabajo. • Análisis del desempeño del activo.	8
8	**Drones**	Si bien no es una tecnología específica de la Industria 4.0, bajo el concepto de Mantenimiento 4.0, el uso de equipos aéreos no tripulados es una tecnología madura que se ha ido incorporado de forma habitual en el apoyo de las actividades de inspección de ductos, torres de transmisión eléctrica o edificios.	• Inspección de torres aerogeneradores en centrales de generación eléctrica eólicas por empresa Iberdrola, España. • Inspección torres de transmisión compañía eléctrica CGE, Chile.	• Ejecución del trabajo. • Seguimiento y Control del trabajo. • Análisis del desempeño del activo.	9
9	**Gemelos Digitales**	Representación digital de un sistema físico siguiendo la máxima fidelidad posible. Puede ser utilizado con varios propósitos, aprovechando la sincronización en tiempo real de los datos recolectados originados en el sistema físico. De esta manera, el gemelo digital puede tomar decisiones sobre un conjunto de acciones, con el objetivo de estructurar y asegurar el funcionamiento del conjunto del sistema de una forma óptima.	• Empresa ACCIONA aplica Integración BIM + Simulación de Planta Desaladora para analizar puesta en marcha y capacitación de Operadores de Planta.	• Identificación del trabajo. • Planificación del trabajo.	7

	TECNOLOGÍA	DESCRIPCIÓN	CASOS APLICADOS MANTENIMIENTO	CICLO DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO	NIVEL TRL
10	**Realidad Virtual (RV)**	Refiere a un entorno generado mediante tecnología informática, que crea en el usuario la sensación de estar inmerso en él. Dicho entorno es contemplado por el usuario a través de un dispositivo conocido como gafas o casco de realidad virtual.	• Instituto AIEP – Simulador Virtual usado en la carrera técnico Mantenimiento mecánico. • Entrenamiento y capacitación mediante simulación virtual de lugares de trabajo y máquinas a mantener.	• Entrenamiento y Capacitación.	8
11	**Realidad Aumentada (RA)**	Convierte el entorno en una interfaz digital, colocando objetos virtuales en el mundo real y a tiempo real. Un plus de información virtual que mejora la experiencia con el objeto físico. Interactuamos con el entorno y recibimos estímulos que crean una realidad más rica y permite ir un paso más allá.	• Emerson es una aplicación en celular para desplegar información de equipos en planta Plantweb Optics. • Uso de RA para procedimiento de bloqueo de seguridad LOTO en Chile.	• Ejecución del trabajo.	7
12	**Centros Integrados de Operaciones**	Busca monitorear en tiempo real desde un solo sitio los activos de la planta, tanto en los aspectos Operacionales como de Mantenimiento para una toma eficiente de decisiones. Los análisis se hacen en conjunto entre personal de Operaciones y Mantenimiento.	• *Metso Performance Center* brinda análisis predictivo desde sus oficinas en Santiago de Chile a equipos críticos de planta. • Proyecto "Control por Señalización Virtual -CSV", para el monitoreo y control en tiempo real de flota de trenes de EFE, Chile.	• Ejecución del trabajo. • Seguimiento y Control del trabajo. • Análisis del desempeño del activo.	8

Fuente. Elaboración propia.

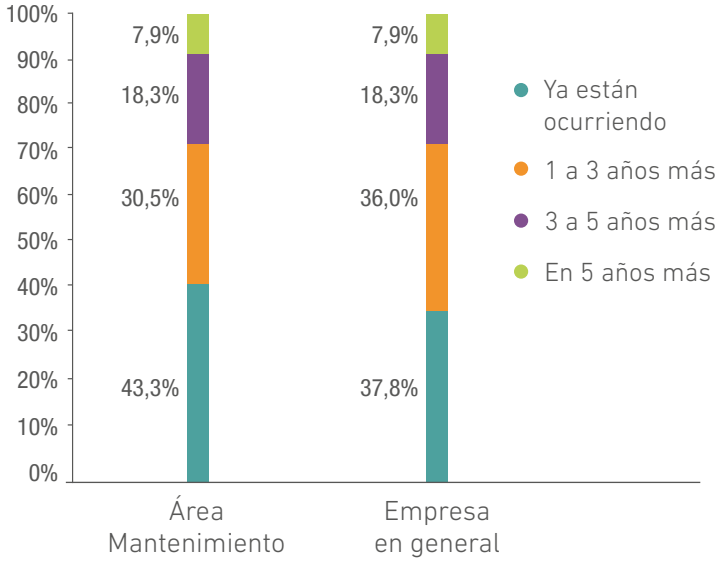
LA TRANSFORMACIÓN TECNOLÓGICA YA ESTÁ OCURRIENDO EN MANTENIMIENTO

Para indagar sobre el impacto tecnológico en la fuerza laboral de Mantenimiento, se consultó a las empresas encuestadas sobre aspectos relacionados con la temporalidad del impacto tecnológico, los perfiles más impactados y demandados, las nuevas habilidades requeridas y las estrategias implementadas, entre otras variables.



Respecto del tiempo en que ocurrirá la transformación tecnológica, **los resultados dan cuenta que las empresas encuestadas ya están incorporando los cambios y/o soluciones tecnológicas disponibles en el mercado**. Es así como el 74% de los encuestados estima que la transformación tecnológica que tendrá mayor impacto en las dotaciones y sus competencias ya está ocurriendo o lo hará dentro de los próximos 3 años, tanto para la empresa en general como específicamente para el área de Mantenimiento.

11. TEMPORALIDAD DEL IMPACTO DE LA TRANSFORMACIÓN TECNOLÓGICA EN LAS COMPETENCIAS LABORALES



Considerando la importancia que tiene la transformación tecnológica en el contexto de Industria 4.0, se indagó sobre el nivel de preparación de ciertas iniciativas para enfrentar los desafíos que esta conlleva. Los resultados muestran que la gran mayoría de las empresas encuestadas está preparada o muy preparada para propiciar ecosistemas de negocios mediante la relación con proveedores, socios u otras empresas (70,8%), aspecto relevante si se considera que esta unión contribuye a conseguir lo que no pueden hacer solas. También destaca que **el 61% de las empresas declara contar con trabajadores con las habilidades necesarias para enfrentar los cambios tecnológicos, por ejemplo, capacidad de adaptación, flexibilidad, pensamiento sistémico, entre otros**.

En forma paralela, un 42,9% de las empresas declara estar "preparada/ muy preparada" para desarrollar un plan o estrategia para la transformación tecnológica; casi la mitad (49,4%) dice estar "algo preparada", y solo un 7,7% "nada preparada".

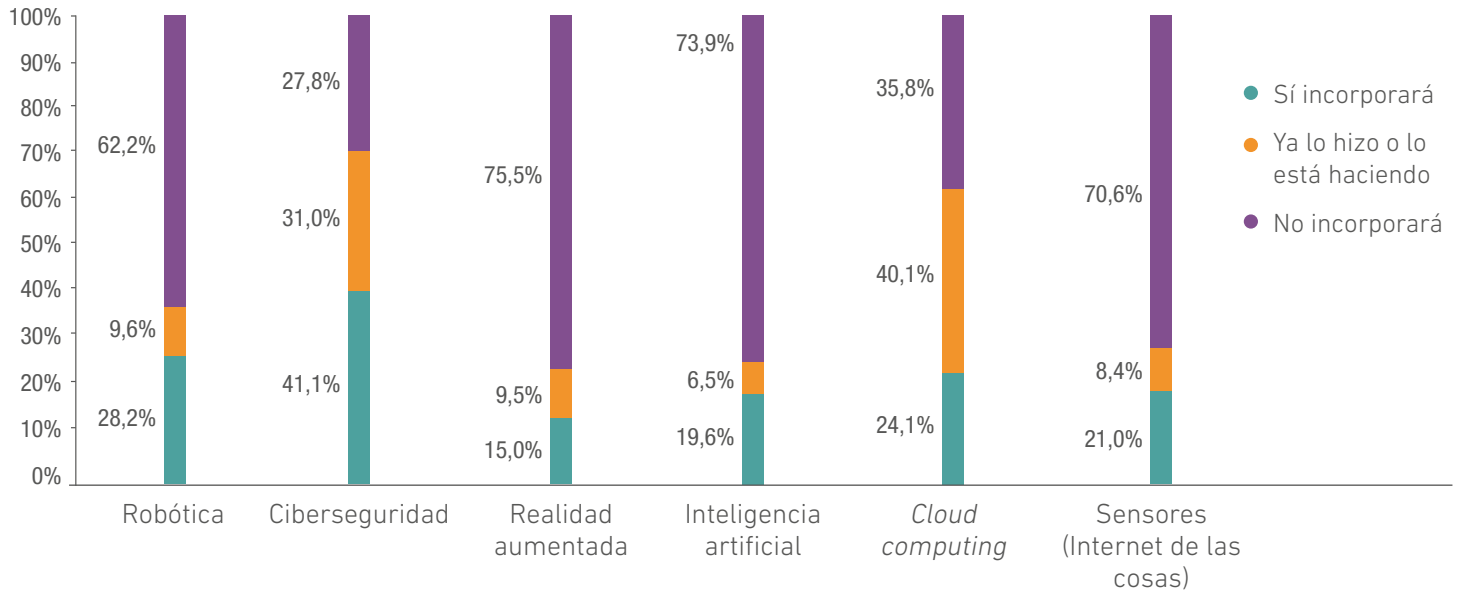
12. INICIATIVAS QUE LAS EMPRESAS ESTÁN IMPLEMENTANDO A PARTIR DE LA TRANSFORMACIÓN TECNOLÓGICA



Al consultar por **el tipo de tecnología que será necesaria incorporar en las áreas de Mantenimiento, destacan el *cloud* y la ciberseguridad como aquellas que ya están siendo implementadas por las empresas**. Esta última tecnología también sobresale como la que mayormente será incorporada (41,1%).

La masiva adopción de Tecnologías Digitales dentro de las empresas, tanto a nivel de las oficinas como de plantas de producción, está llevando a considerar la ciberseguridad con una mirada más transversal y estratégica. Debido a la cada vez mayor conexión de equipos y dispositivos industriales a la red de internet, se han incrementado los ataques informáticos a las plantas productivas, lo que se ha venido a denominar "hackeo industrial". La ciberseguridad es un área en desarrollo y en consolidación, porque las funciones de seguridad de hardware y software están repartidas entre profesionales de distinta formación (Electrónicos, Instrumentación y Control e Informática).

13. INCORPORACIÓN DE TECNOLOGÍAS EN LAS ÁREAS DE MANTENIMIENTO EN LOS PRÓXIMOS 5 AÑOS

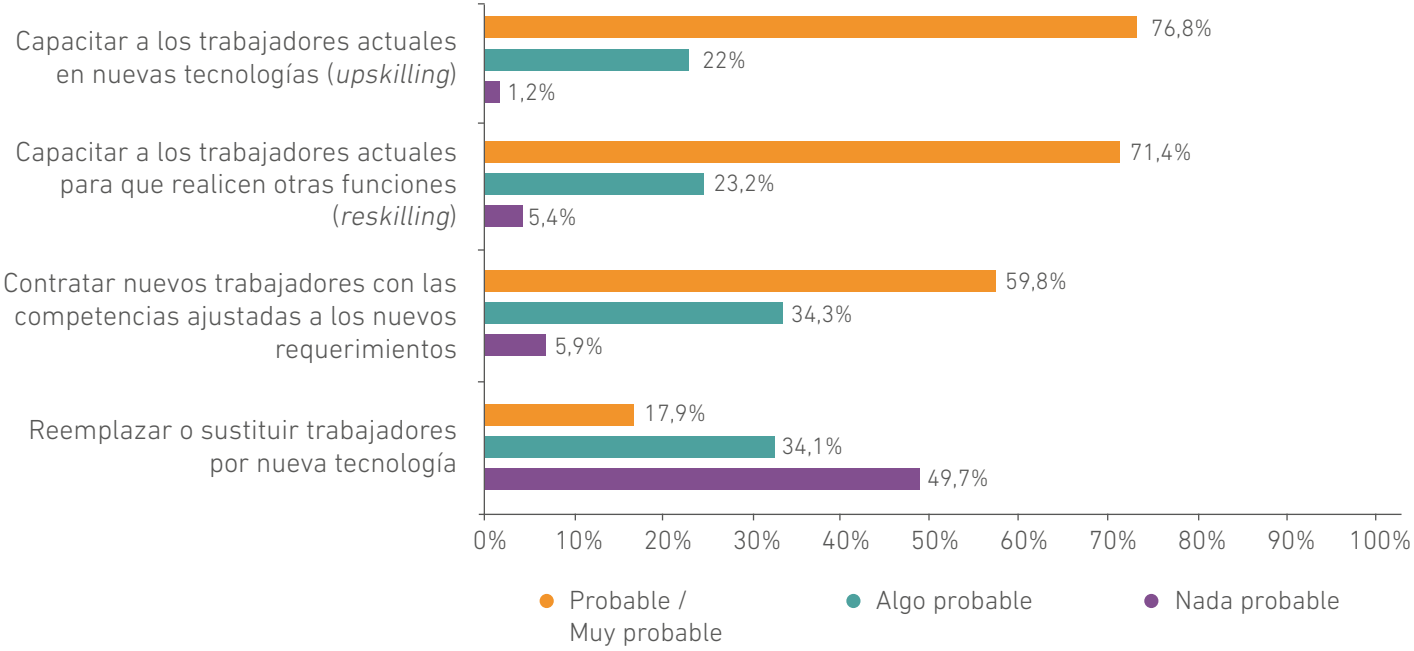




Ante el impacto del desarrollo tecnológico en los trabajadores de Mantenimiento, **la mayoría de las empresas encuestadas señalan optar por capacitar a los actuales trabajadores en las nuevas tecnologías (*upskilling* 76,8%)**, seguido por la reconversión (71,4%), es decir capacitarlos en otras funciones (*reskilling*). Como última estrategia, **cerca del 50% de las empresas cree que es nada probable el reemplazo de trabajadores por nuevas tecnologías**.

Este dato no es menor cuando se piensa en una estrategia de desarrollo de capital humano que impacte de manera positiva al sector Mantenimiento. Si no hay certeza de que existe un mercado laboral donde se puedan encontrar trabajadores con las competencias idóneas, se tendería a desincentivar la contratación e incentivar el *upskilling* y el *reskilling*.

14. PROBABILIDAD DE IMPLEMENTAR LAS SIGUIENTES ACCIONES A PARTIR DE LA INCORPORACIÓN TECNOLÓGICA



Al consultar a las empresas por los roles de Mantenimiento que se verán mayormente impactados en los próximos 5 años, **el 32,5% identificó el rol de Supervisor/a como el más impactado, seguido por el Mantenedor (30%), el Especialista (25%) y el Mantenedor Base (12%)**. Un aspecto a resaltar es que la gran mayoría percibe que, a partir de la incorporación tecnológica, el impacto en mayor medida será capacitar a los distintos roles de Mantenimiento.

El 77% de las empresas declara que capacitará a sus trabajadores actuales en uso de nuevas tecnologías (upskilling).



SUPERVISOR/A

La principal cualificación es la gestión de Mantenimiento y control de procesos industriales. Entre sus competencias se encuentra: gestionar a las personas del equipo de trabajo, gestionar los riesgos y los resultados operacionales, además de coordinar las actividades de Mantenimiento.

Capacitar	87%
Disminuir	7%
Desaparecer	6%



ESPECIALISTA

Corresponden a cualificaciones del nivel 4 del Marco de Cualificaciones Técnico Profesional (MCTP), entre las que se encuentra el Mantenimiento eléctrico especializado en equipos móviles y fijos, el Mantenimiento instrumentista especializado y control de procesos industriales, el Mantenimiento mecánico, especializado en equipos móviles y fijos y técnicas de lubricación especialista.

Capacitar	87%
Disminuir	11%
Desaparecer	2%



MANTENEDOR/A

Sus cualificaciones son nivel 3 MCTP, que incluyen principalmente Mantenimiento eléctrico y mecánico de equipos móviles, equipos fijos y control de procesos industriales, mecatrónica en procesos industriales, Mantenimiento instrumentista, entre otras.

Capacitar	94%
Disminuir	4%
Desaparecer	2%



MANTENEDOR/A BASE

Posee cualificaciones del nivel 2 MCTP y corresponde al Mantenimiento base de sistemas eléctricos, instrumentistas y de sistemas mecánicos y control de procesos industriales.

Entre sus competencias se encuentra: realizar soporte en labores de traslado de equipos para el montaje de estructuras y equipos industriales, realizar Mantenimiento base de elementos de control de procesos industriales, entre otras.

Capacitar	74%
Disminuir	22%
Desaparecer	4%



Para enfrentar este emergente escenario, es necesario dotar a la fuerza laboral de nuevas habilidades y capacidades. Crear innovadoras formas de gestión y desempeño requiere de habilidades creativas, de liderazgo, y pensamiento estratégico para afrontarlas. En este contexto, se consultó a las empresas cuáles son las nuevas habilidades que requerirán sus trabajadores de Mantenimiento a partir de la incorporación de tecnologías. **Las respuestas se agruparon en dos tipos: habilidades conductuales -con un 56,3% de las menciones-**, donde destacan la adaptabilidad, trabajo en equipo y pensamiento crítico. El segundo tipo de habilidades mencionadas son del tipo digitales (43,7%), entre las que destacan habilidades en informática, programación y análisis de datos.

15. NUEVAS HABILIDADES QUE REQUERIRÁN LOS TRABAJADORES DE MANTENIMIENTO COMO CONSECUENCIA DE LA TRANSFORMACIÓN TECNOLÓGICA



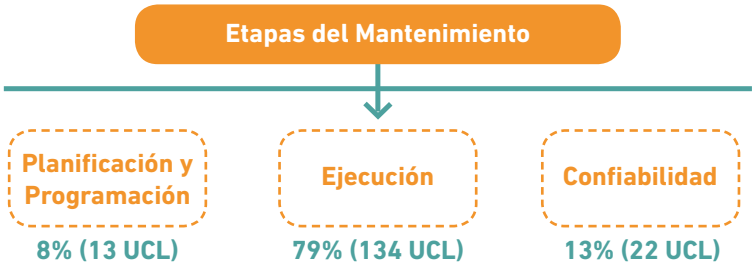
IMPACTO TECNOLÓGICO EN LAS COMPETENCIAS LABORALES DE MANTENIMIENTO

Para el análisis del impacto de la incorporación de la tecnología en las competencias laborales del Poblamiento del Marco de Cualificaciones en Mantenimiento 4.0 (PMCMto 4.0), se desarrolló en primer lugar un ejercicio de clasificación de sus competencias laborales según su naturaleza, a partir de características rutinario-no rutinario/estandarizado-cognitivo[2]. Luego, se analizó cada una de las competencias laborales, según tipo de tecnología que la impacta hoy y en un plazo de cinco años.

Se clasificó y analizó la naturaleza de 169 Unidades de Competencias Laborales (UCL), de las cuales 148 corresponden al Marco de Cualificaciones de Mantenimiento 4.0 y las 21 competencias restantes al Marco de Cualificaciones para la Minería, las cuales se incorporaron en este análisis para complementar aquellas competencias relacionadas con las etapas del Ciclo de Mantenimiento vinculadas a la planificación, programación y confiabilidad (nivel 4 y 5).

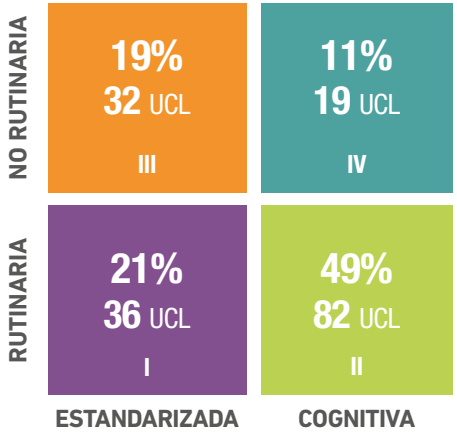
Al distribuir las 169 UCL en el Ciclo de Gestión de Mantenimiento, **la mayor cantidad de competencias laborales de Mantenimiento se concentra en los en la etapa de Ejecución (79%)**, relacionando principalmente con ejecutar el programa de mantenimiento establecido según el plan, gestionar las emergencias y hallazgos encontrados en el día a día y revisar y cerrar órdenes de trabajo ejecutadas durante el ciclo.

CICLO DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO = 169 UCL



Respecto a la naturaleza de las 169 UCL identificadas para Mantenimiento estas se clasificaron en el siguiente cuadrante:

Se aprecia que la mayor cantidad de competencias se concentran en el eje rutinario (70%), lo que tiene relación con actividades periódicas y cíclicas que son parte de los planes y programas de Mantenimiento Preventivo, que se desarrolla bajo procedimientos establecidos, por lo que el personal debe poseer la capacidad para seguir instrucciones basadas en documentación técnica.



[2] Anexo 2: Metodología para Clasificar la naturaleza de las competencias laborales del MCMto. 4.0

Al igual que la clasificación y análisis por naturaleza, se analizaron las 169 Unidades de Competencias Laborales (148 PMCMto y 21 del Marco de Cualificaciones para la Minería), según tipo de tecnología que la impacta hoy y en un plazo de 5 años.

Para clasificar y ordenar el análisis del impacto tecnológico se emplearon las siguientes definiciones de tecnologías:

Tecnologías Físicas (TF): son aquellas que están expresadas en objetos tangibles, por ejemplo, vehículos autónomos, impresión 3D, robótica avanzada, instrumentos de medición, drones, etc. El tipo de impacto de las TF permite la automatización de ciertas competencias, es decir, mecanizar funciones manuales que realizan personas, por lo que es posible el reemplazo de las competencias. También las TF pueden actuar como complemento/apoyo de la competencia, haciéndola más eficiente, como es el caso de inspecciones de equipos en donde se emplean instrumentos de medición para verificar su condición.

Tecnologías Digitales (TD): son aquellas intangibles, por ejemplo, internet de las cosas (IOT), *big data, cloud*, realidad aumentada, gemelo digital o inteligencia artificial, las que podrían impactar a través de la digitalización de ciertas tareas, por lo que las TD podrían reemplazar ciertas competencias o actuar como complemento/apoyo facilitando la ejecución de éstas. Un caso concreto es el empleo de big data e inteligencia artificial para analizar datos de fallas históricas de equipos, para determinar un patrón de comportamiento y ayudar a tomar decisiones de intervención sobre dicho equipo.

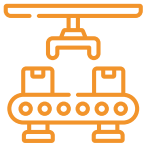
Con estas definiciones, se buscó identificar los cambios a partir de la transformación tecnológica: ¿Qué impacto están teniendo las tecnologías en las competencias comprendidas en este estudio? ¿Cuán automatizadas y/o digitalizadas están hoy las competencias estudiadas? ¿En el mediano plazo, qué impacto tendrán las tecnologías en las competencias laborales?

El tipo de impacto de las tecnologías se puede dar de dos formas:

1. **Que las tecnologías actúen como REEMPLAZO de las competencias.**
2. **Que las tecnologías actúen como un COMPLEMENTO para la realización de las competencias.**



Para una mejor comprensión del análisis realizado, las tecnologías y su tipo de impacto se agruparon de la siguiente manera:



TFR: Tecnología Física de Reemplazo

Las tecnologías pueden REEMPLAZAR las competencias.
La sustitución de estas actividades provendría mayormente de Tecnología FÍSICA.
Principalmente impacta en tareas mecánicas en ambientes controlables.



TDR: Tecnología Digital de Reemplazo.

Las tecnologías pueden REEMPLAZAR las competencias.
La sustitución de estas actividades provendría mayormente de Tecnología DIGITAL.
Principalmente impacta en tareas que involucran procesos precisos y secuencialmente definidos, fácilmente codificables por algoritmos computacionales.



TFC: Tecnología Física de Complemento

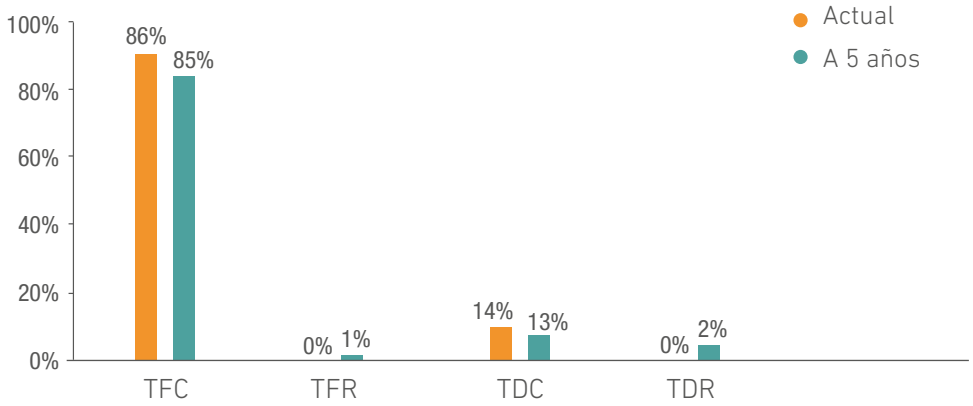
Las tecnologías actúan como un COMPLEMENTO en el desarrollo de las competencias.
Son tecnologías principalmente FÍSICAS que facilitan la ejecución de estas.
Las tareas son complejas de automatizar, ya que principalmente requieren percepción y manipulación.



TDC: Tecnología Digital de Complemento

Las tecnologías actúan como un COMPLEMENTO en el desarrollo de las competencias.
Son tecnologías principalmente DIGITALES que facilitan la ejecución de éstas.
Las tareas son complejas de digitalizar, ya que principalmente requieren inteligencia creativa e inteligencia social.

16. IMPACTO DE LAS TECNOLOGÍAS EN LAS UCL DE MANTENIMIENTO 4.0



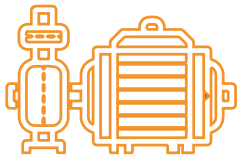
El mayor impacto de la Tecnología Física, actúa como complemento de las competencias (TFC) y podría explicarse por el hecho de que las 169 competencias están relacionadas principalmente con actividades de Mantenimiento Preventivo e Inspección de equipos, para lo cual el personal requiere de herramientas, equipamiento e instrumentación de medición como apoyo para realizar dichas labores.

Respecto al impacto de Tecnologías Digitales, **actualmente un 14% de las competencias están siendo complementadas por este tipo de tecnologías (TDC)** y se trata principalmente de competencias relacionadas con actividades de planificación y programación de Mantenimiento, así como de análisis de confiabilidad de equipos, en donde es fundamental el empleo de sistemas informáticos, bases de datos y software de Mantenimiento.

En este punto, cabe mencionar que la evolución tecnológica está transformando a los equipos de medición tradicionales en equipos asistentes digitales, que están complementando y colaborando en las funciones de análisis y diagnóstico que realizan los técnicos de Mantenimiento, demandando para ello desarrollar nuevas habilidades en el uso de dicha tecnología.

El principal tipo de impacto, tanto actual (86%) como proyectado a 5 años (85%), es de Tecnología Física de Complemento (TFC) para la ejecución de las competencias.

Del mismo modo, se puede apreciar que la evolución del impacto proyectado a cinco años es que las tecnologías sigan siendo predominantemente del tipo TFC, ya que disminuyen de un 86% a un 85%, producto de la naturaleza de las actividades estandarizadas y físicas que se realiza sobre los equipos e instalaciones. Esto hace poco probable que una automatización mediante tecnologías del tipo robots, reemplace las habilidades motrices que requiere el personal de Mantenimiento dentro de las plantas industriales. Un ejemplo es la **labor de desmontaje de un equipo de bomba de agua**, el cual requiere de habilidades por parte del Mantenedor para el uso de herramientas (en este caso de una llave punta corona y un martillo).



Si bien se proyecta que las actuales Tecnologías Físicas que actúan como Complemento (TFC) pasarán de un 86% a un 85% en cinco años, estas seguirán siendo principalmente Tecnologías Físicas (TF). Pero es necesario señalar que cada vez se hace más habitual que el personal de Mantenimiento haga uso de Tecnologías Digitales para apoyar sus funciones (TDC), en especial para comunicarse, **generar avisos de averías y realizar reportabilidad mediante teléfonos celulares, tabletas o equipos de Realidad Aumentada (RA)**, entre otros.



Esta portabilidad de la información y la capacidad de comunicar en tiempo real las condiciones de los activos, sumado a la incorporación de tecnología 5G, permitirá una gestión más eficiente y tratamiento oportuno de problemas y con ello una mayor disponibilidad operacional de los procesos productivos.



Junto a lo anterior, se están incorporando cada vez más los **dispositivos de drones para inspección de equipos**, torres de transmisión eléctrica y revisión de instalaciones industriales, pero esta tecnología también será un complemento en las labores del personal de Mantenimiento, lo que va a requerir desarrollar habilidades para su uso como parte de los planes de Mantenimiento, así como contratar personal para que analice las imágenes de videos y fotos en busca de defectos y potenciales fallas.

Por otro lado, la proyección de la evolución de impacto tecnológico señala que a cinco años la competencia de **realizar soporte en labores de traslado de equipos para el montaje de estructura y equipos industriales** será potencialmente reemplazada por Tecnología Física (TFR), gracias al uso de vehículos de desplazamiento autónomo dentro de la planta.

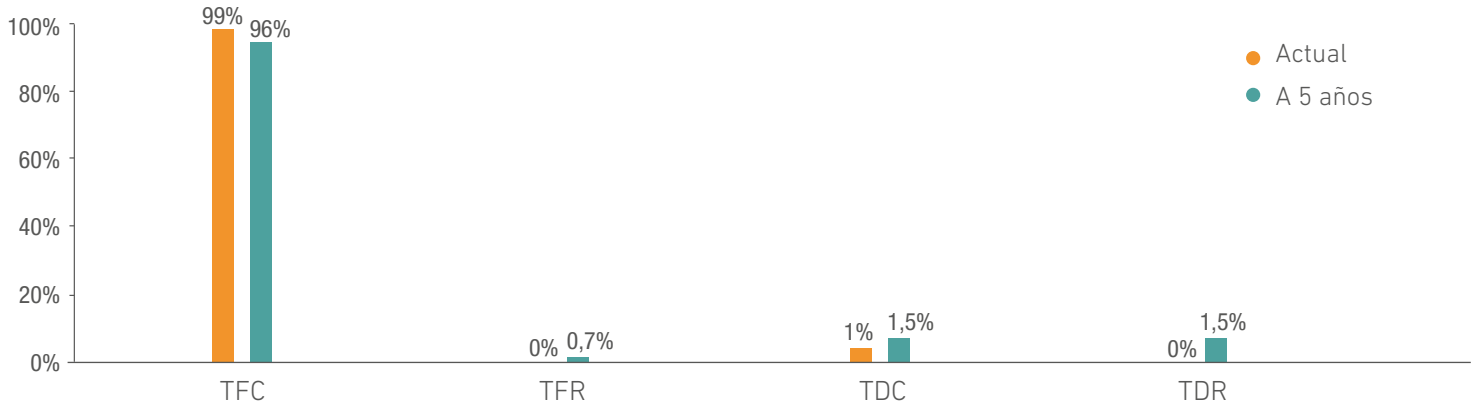


IMPACTO DE LAS TECNOLOGÍAS SOBRE LAS COMPETENCIAS LABORALES, SEGÚN CICLO DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO 4.0

Se analizó el impacto actual y futuro de las tecnologías, tanto Físicas como Digitales, en las competencias correspondientes a cada una de las tres etapas del Ciclo de Gestión de Mantenimiento: Planificación y Programación, Ejecución y Confiabilidad.

En la actualidad, **de las 134 competencias laborales de la etapa de Ejecución, el 99% está siendo complementada por Tecnologías Físicas (TFC)** ya que corresponden principalmente a labores manuales y uso de herramientas y equipos de medición. Solo el 1% está siendo apoyada por Tecnologías Digitales (TDC): elaboración de reportes de Mantenimiento y operar elementos de tecnologías de la información.

17. IMPACTO DE LAS TECNOLOGÍAS EN LAS UCL DE LA ETAPA EJECUCIÓN

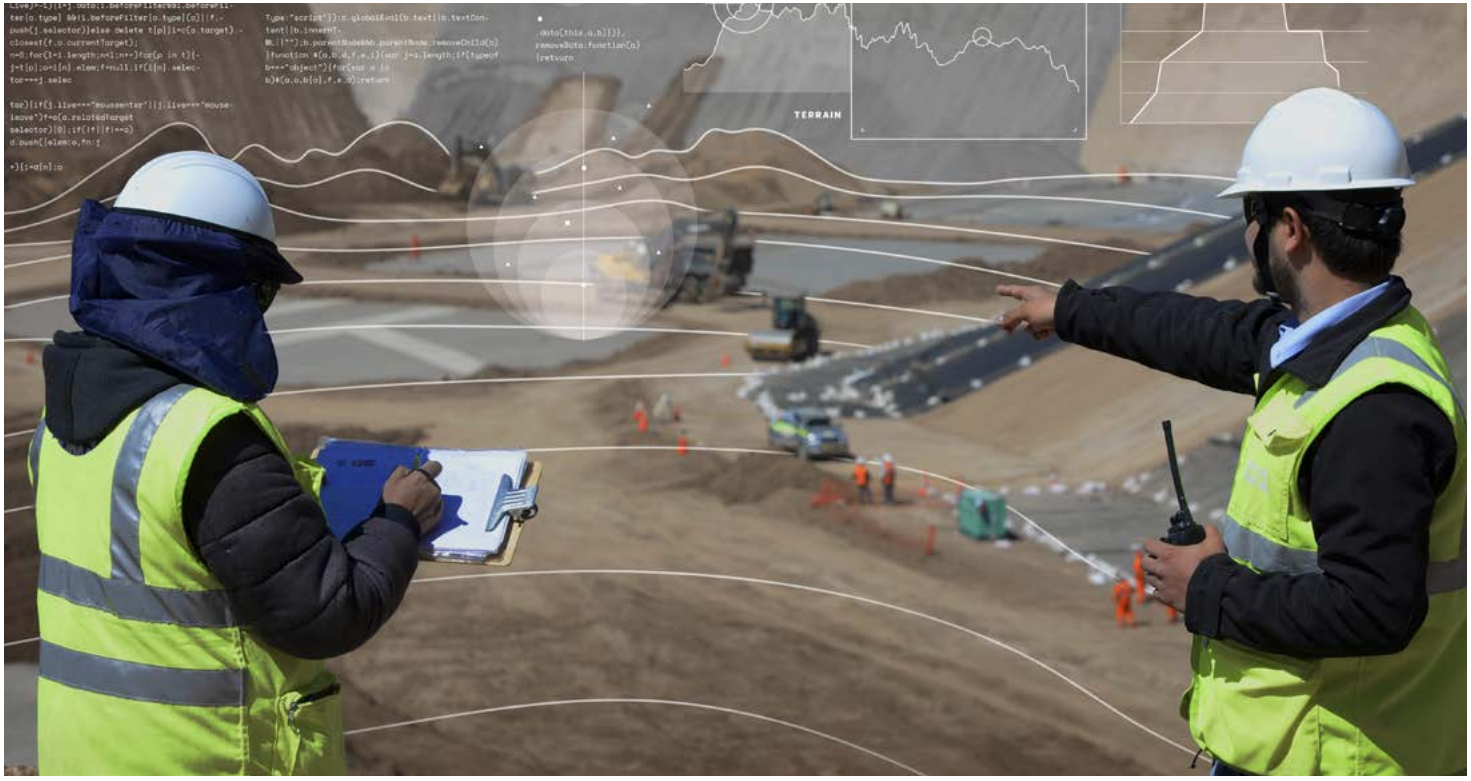


En la etapa de Ejecución del Ciclo de Gestión de Mantenimiento, el 99% de las competencias está siendo complementada por Tecnologías Físicas (TFC), ya que corresponden principalmente a labores manuales, con uso de herramientas y equipos de medición.

Potenciales competencias que podrían ser reemplazadas por Tecnología Digital (TDR):

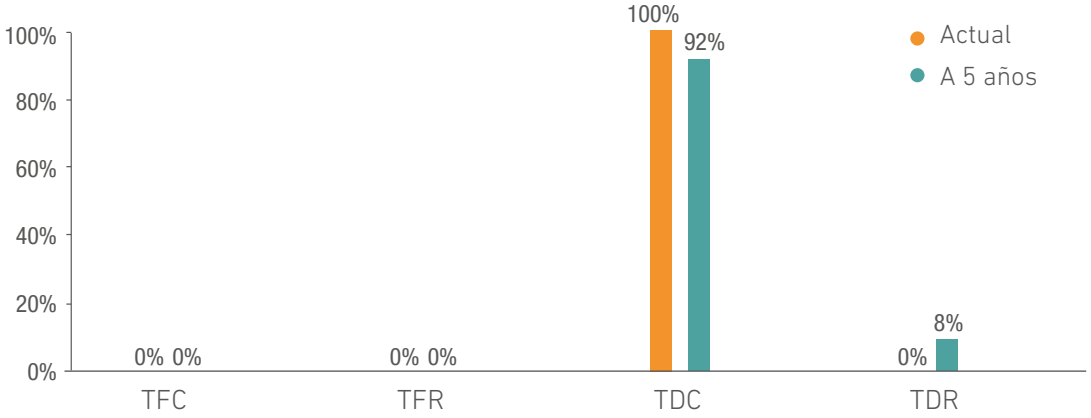
Realizar programación y cambios de parámetros de PLC: mediante la incorporación de *machine learning* e inteligencia artificial, permite analizar su entorno y autoprogramarse. Esto llevará a que no se requiera que el personal de Mantenimiento u Operaciones deba ir hasta el dispositivo en terreno para realizar ajustes o programación, ya que el equipo lo podría realizar de forma autónoma.

Monitorear con herramientas electrónicas: existen desarrollos comerciales de equipos industriales que traen incorporado desde fábrica dispositivos y sensores para el monitoreo y alarma en tiempo real de parámetros de operación, con un sistema de monitoreo remoto para un reductor mecánico.



Para la etapa de **Planificación y Programación**, el 100% de sus trece competencias requieren de apoyo de Tecnología de tipo digital (TDC), dado que emplean Sistemas de Información, Programas de Gestión de Mantenimiento, Planillas Electrónicas y Programas de Análisis.

18. IMPACTO DE LAS TECNOLOGÍAS EN LAS UCL DE LA ETAPA PLANIFICACIÓN Y PROGRAMACIÓN



Actualmente, todas las competencias de la etapa de Planificación y Programación requieren de apoyo de Tecnología de Tipo Digital (TDC).

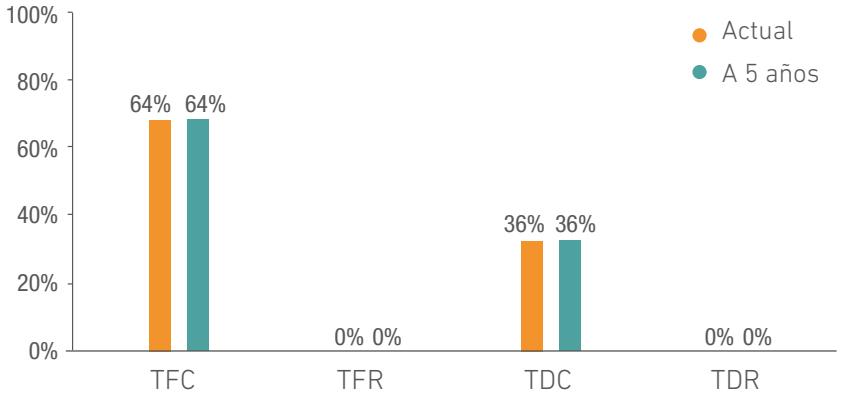
En la proyección a cinco años, la única actividad que potencialmente podría ser reemplazada por tecnología Digital es la de:

Gestionar repuestos y componentes para mantener equipos de acuerdo a la planificación y procedimientos establecidos.
Con la existencia de Sistemas de Gestión de repuestos y el apoyo de la inteligencia artificial para analizar niveles de stock de piezas y repuestos, será posible la identificación de faltantes de repuestos y gestionar automáticamente su adquisición, sin intervención humana directa. Aplicaciones de tecnología *blockchain* para las transacciones comerciales podrán contribuir al desarrollar sistemas de compras y de pago totalmente automatizados, que garanticen la trazabilidad del 100% de las operaciones sin intervención de personas.

En lo que respecta a la etapa de **Confiabilidad** dentro de la Gestión de Mantenimiento, **de las 22 competencias que incluyen esta etapa, el 64% están siendo complementas con Tecnologías Físicas (TFC)**, ya que corresponden a labores de inspección y ensayos que requieren de instrumentación específica para medir y analizar parámetros de los equipos, y un 36% de las competencias están siendo apoyadas por Tecnologías Digitales (TDC) correspondiente a labores de Gestión y de Análisis.

El análisis de la proyección de impacto de tecnología a cinco años muestra que no habría variaciones, ya que las Tecnologías Físicas y Digitales seguirán siendo complementarias a las funciones de las personas que son parte de dicha etapa en la Gestión de Mantenimiento. Si bien se están incorporando tecnologías del tipo *big data* e inteligencia artificial para realizar análisis y entregar sugerencias, hoy se deja a dichos sistemas en un nivel de apoyo, siendo una persona la que toma la decisión final sobre las intervenciones en los activos.

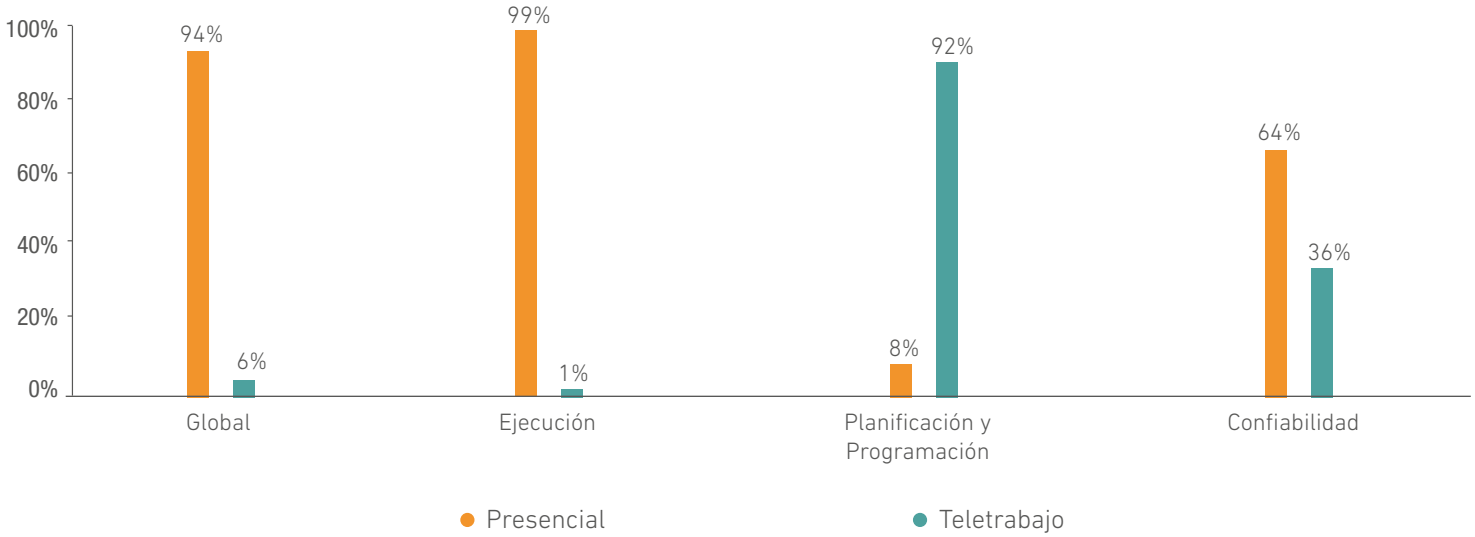
19. IMPACTO DE LAS TECNOLOGÍAS EN LAS UCL DE LA ETAPA CONFIABILIDAD



En el contexto de pandemia del Covid 19, muchas empresas decidieron destinar parte de su fuerza laboral a tareas fuera de las oficinas e instalaciones, mediante la modalidad del teletrabajo. Situación similar ocurre en los procesos de Operación y Mantenimiento de las plantas industriales, donde se realizó un análisis para identificar aquellas competencias que requieren presencia del personal de Mantenimiento dentro de los procesos de planta y aquellos que puedan ser llevados a cabo mediante teletrabajo con el apoyo de las Tecnologías Digitales.



20. COMPETENCIAS LABORALES POTENCIALES A SER REALIZADAS EN MODALIDAD TELETRABAJO, SEGÚN ETAPAS DEL CICLO DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO



Como se aprecia en el gráfico, **solo un 6% de las 169 competencias laborales se podrían desplazar a una modalidad de teletrabajo**. Se trata de aquellas asociadas a labores de Planificación y Programación, Análisis de Problemas y de Gestión de Actividades. El resto está relacionado con las tareas de Mantenimiento Preventivo e Inspección de equipos, que requieren que el mantenedor esté dentro de las instalaciones de la empresa.

En cambio, y gracias al intensivo uso de Tecnologías Digitales de apoyo (TDC), **en la etapa de Planificación y Programación un 92% de las actividades pueden cambiar a una modalidad de teletrabajo**. No obstante, aquí surge un aspecto crítico para la gestión de riesgos, que se refiere a los crecientes ataques cibernéticos industriales, lo que va a requerir profesionales con competencias técnicas de redes comunicación, instrumentación industrial y de ciberseguridad.

Por su parte, solo un 36% de las actividades de la etapa de Confiabilidad se podrían cambiar a teletrabajo, ya que el 64% restante corresponde a labores de Ensayos no Destructivos (NDT) sobre los equipos, lo que implica presencia en terreno del personal asignado.





CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

El avance de la Industria 4.0 y sus derivaciones hacia otros sectores de la economía y de la sociedad está impactando los procesos y actividades de las organizaciones y sus integrantes.

La Gestión de Mantenimiento, como servicio de apoyo a los distintos modelos de negocios, también está siendo afectada por la incorporación -cada vez más creciente y rápida- de las nuevas Tecnologías Digitales. La utilización de tecnologías como internet de las cosas (IoT), inteligencia artificial y el análisis de *big data* en el Mantenimiento Predictivo, está logrando mejores y mayores análisis sobre el comportamiento de los activos y, con ello, mejoras en detectar oportunamente fallas, lo que trae grandes beneficios en seguridad laboral y aumentos en la productividad de las plantas.

A lo anterior se suma el contexto de mercados globalizados vinculados a una economía "sin horarios de oficina", que atiende las demandas de consumidores y usuarios a cualquier hora del día. Esto ha desafiado a las empresas a buscar la continuidad operacional, es decir, contar con procesos productivos o de servicios operativos 24/7, donde el Mantenimiento asume el rol de garantizar la disponibilidad y el buen funcionamiento de equipos, maquinarias y sistemas.

Pero en la práctica, es importante también tener presente que, **dados los distintos contextos de negocio y realidades, no todas las empresas u organizaciones van a requerir garantizar continuidad operacional y, por ende, demandar un Mantenimiento Predictivo avanzado**. Existe una gran cantidad de empresas locales, en su mayoría pymes, que seguirán realizando Mantenimiento Preventivo tradicional optimizado y, en caso de requerirlos, contratarán servicios de Mantenimiento Predictivo específicos para analizar ciertos equipos.

Del mismo modo, existe el temor natural de que las nuevas Tecnologías Digitales irán desplazando y reemplazando al analista predictivo. Pero dado que las máquinas no pueden realizar todas las tareas, se requiere todavía de personal experto para tomar decisiones, tales como elegir dónde instalar los sensores de monitoreo en los equipos,

Las personas que actualmente se desempeñan en el área de Mantenimiento tendrán que reentrenarse y capacitarse en las nuevas tecnologías, para poder monitorear y analizar más equipos que antes.



comprender el tipo de fallas para determinar cuáles variables medir y la depuración de los datos obtenidos, como también elaborar algoritmos apropiados, para probarlos y validarlos.

Las Tecnologías Digitales están brindando más funciones y capacidad de análisis a los instrumentos de medición tradicionales, trayendo como consecuencia que:

» Los Técnicos de Mantenimiento Predictivo requieran aprender varias técnicas para dar un mejor aprovechamiento multifuncional a los equipos.

» Las personas que actualmente se desempeñan en el área de Mantenimiento tendrán que reentrenarse y capacitarse en las nuevas tecnologías para poder monitorear y analizar más equipos que antes y, por lo tanto, seguirán siendo necesarios los analistas predictivos.

A su vez, la incorporación de tecnologías, como la inteligencia artificial y *machine learning,* está generando cambios importantes en los procesos de Mantenimiento, lo que deriva en la evolución del Mantenimiento tradicional hacia uno del tipo Mantenimiento 4.0, que apunta a una mayor y mejor capacidad para analizar y pronosticar

fallas. Esto llevará a revisar y actualizar tanto los roles y funciones del personal de Mantenimiento y Operaciones, como sus habilidades y competencias laborales, tales como la capacidad de trabajo colaborativo, y el análisis y resolución de problemas de manera conjunta. En particular, la función del Ingeniero en Confiabilidad pasará a ser relevante para la adopción y aplicación de las herramientas de procesamiento y análisis de datos, así como su interacción con profesionales de empresas que desarrollen soluciones en inteligencia artificial y *big data*.

Otro de los beneficios que trae consigo un mayor uso de Tecnologías Digitales a modo de complemento, **es que permitirá la liberación de ciertas tareas rutinarias del personal de Mantenimiento relacionadas a la medición y monitoreo de condición de equipos** lo que les ayudará a destinar tiempo para realizar una mejor planificación y programación de los trabajos, así como efectuar mejores análisis de fallas.

En síntesis, más que una disminución en las dotaciones del personal de Mantenimiento debido a la incorporación de las Tecnologías Digitales, el Mantenimiento 4.0 fortalecerá las funciones de análisis y resolución de problemas, para lo que se va a requerir mejorar y fortalecer las competencias en estos aspectos. Las tecnologías complementarán y colaborarán en las actividades del personal de Mantenimiento, más que reemplazarlos en sus puestos de trabajo.

Ante este escenario, es fundamental:

» Impulsar programas formativos que vinculen al Mantenimiento con la ciencia de datos, ya que cada vez más se están requiriendo de equipos de trabajo capacitados en programar y desarrollar análisis específicos.

» La situación se debe abordar como un desafío conjunto entre las empresas y los sistemas de formación, a nivel nacional y regional, con el fin de dotar al sector Mantenimiento de los técnicos y profesionales con las cualificaciones necesarias, tanto en calidad como en cantidad.

» Integrar al trabajo conjunto a actores de la formación no formal (OTECs y SENCE) y formal (Liceos EMTP, IP, CTP y Universidades), ya que para hacer frente a los nuevos desafíos, es necesario elevar las competencias capacitando a los trabajadores en nuevas tecnologías (*upskilling*), como también reentrenarlos para nuevas ocupaciones (*reskilling*).

Para el caso de sistemas productivos, la ciberseguridad es un área en desarrollo y en consolidación, ya que las funciones de seguridad hardware y software están repartidas entre profesionales de distinta formación como son electrónicos, instrumentación y control (I&C) e informática. A la función tradicional de Mantenimiento de sistemas, dispositivos y equipos, se irá agregando una relacionada con la ciberseguridad industrial, y en un

futuro mediano se va a requerir formar especialistas en "Seguridad Informática Industrial", quienes trabajarán en conjunto con el personal de Operación y Mantenimiento dentro de cada planta industrial.

Otro aspecto a resaltar es que todo proyecto tecnológico o programa de transformación digital trae consigo un impacto que afecta a la estructura organizacional de las empresas, a la cultura corporativa, a los procesos y tareas, y a los equipos de trabajo, por lo que la correcta Gestión del Cambio será un aspecto relevante a considerar en el proceso de transformación digital de las organizaciones. Ante esto, **se debe prestar atención a la reconfiguración y cambios en las jerarquías y roles dentro de las organizaciones, ya que la tecnología de la Industria 4.0 exigirá al personal de la empresa un trabajo colaborativo en el día a día**.

Por todo lo anterior, el desafío de preparar a las nuevas generaciones de trabajadores bajo el concepto Mantenimiento 4.0, así como también el de capacitar laboralmente a los actuales profesionales de la industria, pasa a ser materia de interés público, por lo que la correcta articulación entre los sectores público y privado será fundamental para enfrentar de mejor manera los cambios económicos y sociales que traerán la digitalización de los procesos productivos.




MSA



ANEXOS Y GLOSARIO

ANEXOS

ANEXO 1: VARIABLES CONTEMPLADAS PARA EL ESTUDIO

Nº PÁGINA		INDICADOR	Nº DE CASOS	UNIDAD
Página 18	Gráfico 1	Fuerza laboral de Mantenimiento según sector de actividad económica de la empresa	3.347	Trabajadores
Página 19	Gráfico 2	Empresas prestadoras de servicios de Mantenimiento según sector de actividad económica con el cual se relacionan mayoritariamente	204	Menciones
Página 20	Gráfico 3	Tipo de empresas participantes según tamaño por ventas de la empresa		
		Empresas que prestan servicios de Mantenimiento	83	Empresas
		Empresas que requieren Mantenimiento	89	Empresas
Página 21	Gráfico 4	Presencia en regiones, según empresas que requieren Mantenimiento y aquellas que prestan servicios de Mantenimiento		
		Empresas que requieren Mantenimiento	173	Empresas
		Empresas que prestan servicios de Mantenimiento	83	Empresas
Página 22	Características de dotación	Dotación total en Mantenimiento	165	Empresas
		Mujeres en funciones de Mantenimiento	160	Empresas
		Extranjeros en funciones de Mantenimiento	161	Empresas
		Trabajadores de Mantenimiento en situación de discapacidad	158	Empresas
		Trabajadores de Mantenimiento con 60 años o más	163	Empresas
		Trabajadores de Mantenimiento con 1 año de antigüedad en la empresa o menos	161	Empresas
		Trabajadores de Mantenimiento con formación Mecánica	161	Empresas
		Trabajadores de Mantenimiento con formación Eléctrica	158	Empresas
		Trabajadores de Mantenimiento con formación Electrónica	153	Empresas
Página 23	Gráfico 5	Rol ocupacional de los trabajadores en el ciclo de gestión de Mantenimiento	4.683	Trabajadores

Nº PÁGINA		INDICADOR		N° DE CASOS	UNIDAD
Página 24	Gráfico 6	Nivel educacional			
		Ingeniero de confiabilidad		55	Empresas
		Analista de mantenimiento		25	Empresas
		Ensayista		10	Empresas
		Planificador		110	Empresas
		Programador		59	Empresas
		Supervisor		131	Empresas
		Especialista		95	Empresas
		Mantenedor		96	Empresas
		Ayudante o mantenedor base		69	Empresas
Página 25	Gráfico 7	Empresas que buscaron contratar personal de Mantenimiento durante el año 2019, según rol ocupacional			
		Supervisor	Abrió proceso para contratar	159	Empresas
			No presentó dificultad	44	Empresas
		Especialista	Abrió proceso para contratar	156	Empresas
			No presentó dificultad	47	Empresas
		Mantenedor	Abrió proceso para contratar	162	Empresas
			No presentó dificultad	53	Empresas
		Ayudante o mantenedor base	Abrió proceso para contratar	155	Empresas
			No presentó dificultad	51	Empresas
Página 26	Preparación de egresados	Empresas que consideran insuficiente la preparación de los egresados de instituciones formativas según tipo de competencias.			
		Competencias técnicas		137	Empresas
		Competencias conductuales		135	Empresas
		Competencias digitales		136	Empresas

Nº PÁGINA		INDICADOR	Nº DE CASOS	UNIDAD
27	Gráfico 8	Nivel educacional mínimo requerido para ingresar a puesto de Ayudante-Mantenedor	160	Empresas
27	Gráfico 9	Tipo de desarrollo formativo requerido para que un Ayudante-Mantenedor Base pueda llegar a desempeñarse en el rol Especialista	173 en cada categoría	Empresas
28	Gráfico 10	Nivel educacional mínimo requerido para ingresar a puesto de Supervisor	165	Empresas
29	Inversión promedio en capacitación	Inversión total en pesos	48	Empresas
		Cobertura franquicia Sence	40	Empresas
		Destinado a temas de Mantenimiento	72	Empresas
38	Gráfico 11	Temporalidad del impacto de la transformación tecnológica en las competencias laborales	164 en cada categoría	Empresas
39	Gráfico 12	Iniciativas que las empresas están implementando a partir de la transformación tecnológica	168 en cada categoría	Empresas
40	Gráfico 13	Incorporación de tecnologías en las áreas de Mantenimiento en los próximos 5 años		
		Robótica	156	Empresas
		Ciberseguridad	158	Empresas
		Realidad Aumentada	147	Empresas
		Inteligencia Artificial (Machine learning/Big Data Analytics)	153	Empresas
		Cloud Computing	162	Empresas
		Sensores (Internet de las cosas)	143	Empresas
41	Gráfico 14	Probabilidad de implementar las siguientes acciones a partir de la incorporación tecnológica	168 en cada categoría	Empresas
42	Impacto tecnológico	Rol más impactado	203	Menciones
		Consecuencia más probable frente al impacto tecnológico		
		Supervisor	69	Menciones
		Especialista	54	Menciones
		Mantenedor	52	Menciones
		Mantenedor base	27	Menciones

Nº PÁGINA		INDICADOR	Nº DE CASOS	UNIDAD
43	Gráfico 15	Nuevas habilidades que requerirán los trabajadores de Mantenimiento como consecuencia de la transformación tecnológica	261	Menciones
47	Gráfico 16	Impacto de las tecnologías en las UCL del Mantenimiento 4.0	169	UCL
49	Gráfico 17	Impacto de las tecnologías en las UCL de la etapa Ejecución	169	UCL
51	Gráfico 18	Impacto de las tecnologías en las UCL de la etapa Planificación y Programación	169	UCL
52	Gráfico 19	Impacto de las tecnologías en las UCL de la etapa Confiabilidad	169	UCL
53	Gráfico 20	Competencias laborales potenciales a ser realizadas en modalidad teletrabajo, según etapas del ciclo de gestión de Mantenimiento	169	UCL

ANEXO 2: METODOLOGÍA PROSPECCIÓN TECNOLÓGICA PARA EL MANTENIMIENTO

1. Naturaleza de las competencias laborales del PMCMto 4.0

Se clasificó y analizó la naturaleza de 169 Unidades de Competencias Laborales (UCL), de las cuales 148 corresponden al Poblamiento del Marco de Cualificaciones en Mantenimiento 4.0 (PMCMto 4.0) y las 21 competencias restantes al Marco de Cualificaciones para la Minería, las cuales se incorporaron en este análisis para complementar aquellas competencias relacionadas con las etapas del ciclo de Mantenimiento vinculadas a la planificación, programación y análisis (nivel 4 y 5).

Para clasificar la naturaleza de las competencias, se utilizó un modelo que distribuye a cada competencia laboral según la siguiente categorización:

a) Estandarizadas / Cognitivas

b) Rutinarias / No Rutinarias

- **Estandarizada:** Actividad que requiere acción física y directa del trabajador sobre el equipo a mantener (ej. trabajo para desconectar y desmontar equipo). Específicamente las funciones estandarizadas se caracterizan por:
  - Son similares en su secuencia de pasos y actividades.
  - Requieren intervenir físicamente y observar el equipo.
  - Aplicación de procedimientos y técnicas preestablecidas aprendidas en capacitación y entrenamiento.
  - Fallas de menor nivel y que el trabajador puede resolver por sí mismo con sus conocimientos y experiencias.
  - Realización de mediciones básicas de parámetros mecánicos o eléctricos

- **Cognitiva:** Actividad que requiere resolución de problemas, intuición, persuasión y creatividad (ej. supervisión, monitoreo de procesos, análisis de fallas complejas). Específicamente las funciones cognitivas se caracterizan por:
  - Análisis de la situación para la toma de decisiones.
  - Análisis de datos e indicadores de procesos y equipos para determinar condición anormal.
  - Análisis de fallas de equipos mayores, requiere participación y colaboración de otras personas.
  - Interacción con otras personas.
  - Análisis del comportamiento de procesos anormales.
  - Elaboración de informes sobre hallazgos de fallas o comportamiento de un equipo.
  - Programación lógica, modelamiento de procesos
- **Rutinario:** Actividad repetitiva, realizada con mayor frecuencia y bajo procedimientos exactos (ej. operar una grúa horquilla, cambio de componentes de forma periódica). Frecuencia periódica de aplicación.

- **No Rutinario:** Actividades que requieren cambios de ritmo de trabajo (ej. Reparaciones de fallas, verificaciones de comportamiento anormal del equipo). Corresponde a eventos poco frecuentes, con características distintivas, que requieren intervenciones especiales y análisis del contexto para tomar una decisión. Identificación de condición anormal de un equipo con elementos preliminares.

NO RUTINARIO	Competencias que demandan adaptabilidad situacional, reconocimiento visual y de idioma y, quizás, interacción persona a persona. Requieren cantidades modestas de entrenamiento.	Competencias que demandan flexibilidad, creatividad, resolución de problemas y actividades comunicacionales complejas. Requieren la habilidad de mutar las acciones a realizar según el contexto, estableciendo, priorizando y revisando el objetivo o metas que se quiere conseguir.
RUTINARIO	Competencias que se realizan de manera repetitiva o con mayor frecuencia, como la producción, el monitoreo y trabajos realizados en líneas de producción.	Competencias que exigen un proceso mental (recibir, procesar y elaborar la información) y que están lo suficientemente bien definidas para que sean realizadas con bajo nivel de cualificación.
	ESTANDARIZADA	**COGNITIVA**

Fuente: elaboración propia a partir de lo planteado por Autor, Levy y Murnane (2003).

GLOSARIO

Automatización	Es el uso de tecnología para realizar tareas sin la asistencia humana. La automatización conlleva al reemplazo de ciertas funciones realizadas por personas, lo que podría ocurrir en diferentes intensidades, ya sea que toda la ocupación se automatice o que solo algunas tareas del proceso pasen a ser automatizadas.
Digitalización	Integración de las nuevas tecnologías (*big data, cloud*, realidad virtual y aumentada, *blockchain*, etc.) en diversas áreas de una empresa para cambiar su forma de funcionar, con el objetivo de optimizar los procesos, mejorar su competitividad y ofrecer un nuevo valor añadido a sus clientes.
Marco de Cualificaciones Técnico Profesional (MCTP)	Instrumento orientador y referencial que permite organizar y reconocer aprendizajes, distribuidos en una estructura gradual de niveles, los que comprenden conocimientos, habilidades y competencias. Permite construir puentes entre el mundo del trabajo con la oferta formativa, promover aprendizajes a lo largo de la vida de las personas y articular entre distintos niveles educativos, y entre la educación formal y no formal.
Poblamiento del Marco de Cualificaciones en Mantenimiento 4.0 (PMCMto 4.0)	Es uno de los primeros poblamientos del MCTP. Delimita las funciones propias del Mantenimiento bajo los 4 niveles de cualificaciones definidas en su ruta formativa laboral, contemplando todas las ocupaciones laborales técnicas que derivan de las especialidades de mecánica, electricidad y electrónica/instrumentación, las cuales se desempeñan en un sinnúmero de industrias, en labores de instalación y mantenimiento de equipos y fabricación de partes y piezas para esos equipos.
Modelo de competencias laborales de ChileValora	Comprende a los distintos productos generados por la Comisión del Sistema Nacional de Certificación de Competencias Laborales ChileValora para promover la gestión por competencias en los sectores productivos y el reconocimiento de capacidades en los trabajadores, como perfiles laborales, planes formativos y rutas formativo-laborales. Similar a este organismo hay otros en diferentes países, de donde se tomaron algunos estándares que faltaban en el análisis realizado.

Perfiles ocupacionales	Son agrupaciones de distintas competencias laborales y corresponden a la unidad básica para la evaluación y certificación de trabajadores dentro del modelo definido por ChileValora. Los perfiles ocupacionales describen el ámbito dentro del cual se desenvuelve un oficio u ocupación, dando cuenta del contexto y las condiciones bajo las cuales se desempeña la labor.
Reskilling	Desarrollo de nuevas competencias laborales para personas que requieran reinsertarse laboralmente, permitiendo emplearse en un nuevo puesto de trabajo, completamente diferente al que ha realizaban.
Transformación tecnológica	Cambio cultural, organizativo y operativo de una empresa, a través de la integración de diferentes Tecnologías (Digitales y Físicas), procesos y competencias en todas las áreas de un negocio, con el propósito de entregar valor a los clientes, innovar y adaptarse a las cambiantes circunstancias.
Tecnologías Físicas (TF)	Son aquellas expresadas en objetos tangibles, como vehículos autónomos, impresión 3D o robótica avanzada. Este tipo de tecnología permite la automatización de ciertas competencias, es decir, mecanizar funciones manuales que realizan personas, por lo que es posible el reemplazo de las competencias. Las TF también pueden actuar como complemento de la competencia, haciéndola más eficiente.
Tecnologías Digitales (TD)	Son aquellas intangibles, como la internet de las cosas, *big data, cloud* o inteligencia artificial, que permiten la digitalización de ciertas tareas, por lo que podrían reemplazar ciertas competencias o actuar como complemento, facilitando su ejecución.
Unidad de Competencia Laboral (UCL)	Son estándares que describen los conocimientos, actitudes y habilidades necesarias para cumplir exitosamente una función laboral. Se organizan en Unidades de Competencia Laboral (UCL), abarcando los distintos aspectos de la situación de trabajo y las condiciones para inferir que el desempeño fue efectivamente logrado. La institución oficial que las administra es ChileValora.
Upskilling	"Capacitación adicional", que implica que los trabajadores adquieran y desarrollen ciertas competencias que les permitan progresar profesionalmente o desempeñar de forma más efectiva su trabajo en actividades de mayor sintonía con la renovación tecnológica del sector.



Una iniciativa de:

CPC Confederación de la Producción y del Comercio

FCh Fundación Chile

Con el financiamiento de:

OTIC SOFOFA Capital Humano