

EL FUTURO DEL TRABAJO. REVISIÓN DE LITERATURA

DOCUMENTO DE TRABAJO N°4

Carla Alvial Palavicino



EL FUTURO DEL TRABAJO. REVISIÓN DE LITERATURA

DOCUMENTO DE TRABAJO N°4

Carla Alvial Palavicino

La Serie Documentos de Trabajo de la Secretaría Ejecutiva del Consejo Nacional de Innovación para el Desarrollo busca abrir temas de discusión que permitan avanzar en el diseño consensuado de estrategias de largo plazo en materia de ciencia, tecnología e innovación para el desarrollo de nuestro país.

A continuación presentamos un documento de trabajo del área de Anticipación de la Secretaría Ejecutiva, que busca efectuar una contribución a la mirada de futuro de la sociedad chilena, en el contexto actual de creciente complejidad e incertidumbre.

Santiago, noviembre de 2018

Autor

Carla Alvial Palavicino

Edición

Jaime Álvarez, Anticipación

Katherine Villarroel, Secretaria Ejecutiva

Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons
Atribución- NoComercial-CompartirIgual 4.0
Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visite
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Esta licencia significa que no se permite un uso comercial de la obra original ni de las posibles obras derivadas, la distribución de las cuales se debe hacer con una licencia igual a la que regula la obra original. Usted debe darle crédito a esta obra de manera adecuada, proporcionando un enlace a la licencia, e indicando si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo del licenciente.

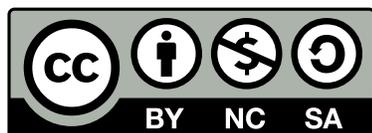


Tabla de contenidos

1. Introducción	7
2. ¿Qué empleos están en riesgo de automatización?	8
3. ¿Qué competencias son requeridas para el futuro?	14
4. ¿Qué otros factores afectarán las dinámicas laborales, especialmente en Chile y América Latina?	19
5. Conclusiones y recomendaciones	21
6. Referencias	23
7. Anexos	25
Anexo 1: Características de fuentes de datos utilizados internacionalmente	26
Anexo 2. Glosario	29

1. Introducción

La creciente importancia de las tecnologías digitales, y su uso cada vez mayor, en industrias y centros de producción ha vuelto a generar preocupación por su impacto en el empleo y las dinámicas laborales. La robotización y la automatización de muchos procesos industriales, la aparición de la inteligencia artificial y el *big data*, junto con el surgimiento de la economía de plataformas, presentan potenciales disrupciones al mundo del trabajo como lo conocemos hoy y podrían producir el reemplazo masivo de muchas ocupaciones actuales,

Estas preocupaciones no son nuevas ni exclusivas de nuestra época. Cada gran ola de cambio tecnológico ha sido acompañada por aprehensiones respecto de sus efectos en el empleo. De hecho, Keynes en 1933 realizó una predicción sobre el desempleo creado por el desarrollo tecnológico, afirmando que “las formas de economizar en mano de obra están avanzando más rápido que los nuevos usos para esta mano de obra” (Keynes, 1933, p3.). En distintas épocas, nuevas tecnologías han reemplazado empleos principalmente de manufactura, pero recientemente también empleos en el área de servicios como los *call centers* y cajeros de supermercado.

Muchos investigadores han tratado de entender estas transformaciones en los mercados laborales. Uno de los trabajos más importantes es el desarrollado por Frey and Osborne, (2013) quienes elaboraron una primera metodología para evaluar el impacto de la automatización en el trabajo. A partir de este trabajo y construyendo sobre la metodología propuesta, diversas agencias y centros de investigación han desarrollado sus propios estudios al respecto, incluyendo el Foro Económico Mundial (WEF, por su sigla en inglés), Fondo Monetario Internacional (FMI), consultoras como McKinsey y Deloitte, gobiernos nacionales y locales como Inglaterra, Irlanda y Suecia, y centros de investigación internacionales como el Instituto Alan Turing y el MIT Media Lab.

Este documento corresponde a una revisión de algunos de dichos informes.

Para la selección de documentos, se realizó una búsqueda con el término “Futuro del Trabajo” (*Future of Work*) en literatura hispana e inglesa, con énfasis en los documentos generados por gobiernos y agencias nacionales e internacionales en los últimos tres años (2015-2018). A ellos se agregaron publicaciones científicas citadas en algunos de estos textos, las cuales fueron analizadas con mayor profundidad. El foco del análisis fue responder las dos preguntas mencionadas anteriormente, comparando las distintas metodologías y supuestos utilizados en cada uno de ellos¹.

1 Los trabajos citados en este documento son aquellos más relevantes en términos de su mención en la literatura revisada, así como en relación al aporte de ideas originales a la discusión.

Debido a que este informe es una comparación internacional, su objetivo no es entregar conclusiones que se refieran específicamente a Chile. Para ello, siempre será necesario realizar estudios con datos que puedan entregar información acerca de las dinámicas locales. Sin embargo, esta información sí puede dar luces sobre aquellas metodologías más pertinentes para responder a preguntas relevantes para nuestro país; así como identificar preocupaciones y oportunidades, discutidas en la literatura internacional, y que no hayan sido relevadas previamente.

El informe se estructura de la siguiente forma: la sección 2 analiza aquellos trabajos que buscan responder a la primera pregunta ¿Qué empleos están en riesgo de automatización?. La sección 3 compara distintos trabajos que buscan entender las competencias que serán requeridas en el futuro. La sección 4 describe otros aspectos asociados a la digitalización del trabajo y sus efectos, más allá de la automatización de empleo, basado en la revisión de literatura asociada. Finalmente, la sección 5 provee conclusiones y recomendaciones basadas en la revisión realizada. Adicionalmente, el Anexo 1 entrega detalles sobre el tipo de datos utilizados para realizar estos análisis y el Anexo 2, un breve glosario de términos utilizados a través de este informe.

2. ¿Qué empleos están en riesgo de automatización?

A la fecha se han realizado distintas estimaciones de cuántos y qué tipos de empleo están en riesgo de automatización. Los trabajos analizados representan aquellos más discutidos en la literatura especializada y que han tenido más resonancia en círculos de política pública.

Como habíamos indicado, el estudio más citado es el realizado por Frey and Osborne (2017). En el contexto de esta pregunta, dicho trabajo busca entender el riesgo de automatización basado en el componente de tareas rutinarias de un empleo y cuellos de botella ingenieriles. En este estudio las tareas rutinarias son definidas como tareas que siguen reglas explícitas que pueden ser replicadas por máquinas, mientras que las tareas no rutinarias no son lo suficientemente entendidas como para ser especificadas en un código computacional. Cada una de estas tareas puede, a su vez, ser manual (física) o cognitiva (de conocimiento). En este último dominio, los recientes avances tecnológicos están logrando que tareas que antes no eran automatizables, ahora sí lo sean, como es el caso de los vehículos autónomos.

A partir de ello desarrollan un modelo de tareas sustituibles y no sustituibles, que asume una función de producción de Cobb-Douglas². El modelo sugiere que cualquier tarea puede ser automatizada, incluyendo tareas no rutinarias, mientras no incluya ningún “cuello de botella ingenieril”. Estos últimos fueron identificados a partir de revisión de literatura en *Machine Learning* y en un taller realizado en la Escuela de Ciencias Ingenieriles de la Universidad de Oxford. Se asignó un 1 a aquellas ocupaciones automatizables y un 0 a aquellas

² La función de Cobb-Douglas es una función de producción, utilizada para describir relaciones tecnológicas entre dos o más inputs (especialmente capital y trabajo) y el output que puede ser producido a partir de dichos inputs.

que no lo serían.³ Entre los cuellos de botella ingenieriles identificados están las tareas de percepción y manipulación, las tareas creativas y las de inteligencia social. Los datos utilizados provienen O*NET del Departamento de Empleo de EE.UU. (ver Anexo). Esta base de datos define las principales características de una ocupación como variables estándares y medibles, y además entrega descripciones abiertas de las distintas tareas de una ocupación. Esto permite clasificar ordenadamente las ocupaciones de acuerdo a una combinación de los conocimientos, capacidades y habilidades que requieren; y categorizarlas en base a las distintas tareas que involucran. Estos datos se cruzan con la información de la Oficina de Estadísticas sobre empleo del año 2010, que también utiliza la clasificación SOC. Como resultado se construyó una base de datos de 702 ocupaciones.

El análisis posterior de Frey and Osborne se enfoca en el impacto de la automatización en la mezcla de empleos que existían en 2010, limitándose al efecto de sustitución producto de la automatización futura. De esta forma se extrapola que un 47% de los empleos totales en EE.UU. tiene un alto riesgo de automatización, es decir, estos podrán ser reemplazados por máquinas en una o dos décadas más. Dentro de ellos, las ocupaciones de servicios, ventas y construcción tienen mayores probabilidades de automatización. Estos investigadores sugieren además, que esta primera ola será seguida por una ralentización del proceso en la medida de que los cuellos de botella ingenieriles no sean superados.

Las limitaciones de este estudio están dadas porque las proyecciones se basan en expandir las premisas acerca de las tareas que pueden ser realizadas por computadores. Se enfoca por tanto en estimar el porcentaje del empleo que puede ser reemplazado por capital computacional, desde un punto de vista de capacidades computacionales, en un número específico de años. No permite estimar el número de empleos que serán efectivamente desplazados por la automatización, al no considerar factores como los precios relativos de mano de obra versus capital, aspectos regulatorios u otros de decisión política. Otro aspecto a considerar es que las competencias que caracterizan las ocupaciones analizadas se basan en datos de EE.UU., por tanto pueden conducir a estimaciones poco adecuadas cuando la metodología se aplica en otros países.

Un segundo estudio altamente referido es el realizado por Arntz, Gregory, & Zierahn, (2016) que estima el riesgo de automatización en 21 países de la OCDE, utilizando la Encuesta de Habilidades en adultos PIAAC. Este estudio basa su estimación en función de tareas en vez de ocupaciones, entendiendo que una ocupación incluye múltiples tareas y que no todas son automatizables, y que el tipo de tareas que ejecuta una ocupación específica puede variar considerablemente entre países o sectores. Estas variaciones se pueden deber a diferencias en la organización del trabajo en sí, o a diferencias en la adopción de nuevas tecnologías que puedan desplazar algunas tareas. Este estudio concluye que un 9% de los empleos son propensos a automatización. Este riesgo es menor en ocupaciones que requieran un alto nivel educacional, cooperación con otras personas y/o donde las personas pasan más tiempo influenciando otros. Y es mayor en empleos compuestos mayormente de tareas que están relacionadas con el intercambio de información, venta o destreza manual.

3 Respondiendo a la pregunta ¿Pueden las tareas de este trabajo ser lo suficientemente especificadas, dado que exista suficiente Big data, como para ser realizadas por equipamiento computacional actual?

Nedelkoska & Quintini (2018), realizan una actualización a la metodología desarrollada por Arntz et al (2016), esta vez ampliando el rango de datos a los 32 países que participan de la prueba PIAAC, y definiendo más claramente las equivalencias entre categorías PIAAC y O*NET en base a los cuellos de ingeniería que definidos por Frey & Osborne. Esta diferencia metodológica implica que este estudio cubre un rango mayor de ocupaciones que el de Arntz et al (2016), al considerar también aquellas que no requieren de competencias digitales y/o cuyas labores no requieren del uso de computadores. El estudio concluye que para 32 países de la OCDE, uno de cada dos trabajos tienen alta probabilidad de ser automatizados. Dado que la ausencia del uso de TIC se relaciona positivamente con el riesgo de automatización, al incluir ocupaciones que no usan TIC se obtienen estimaciones más altas del número de empleos en riesgo de ser automatizados⁴.

Este estudio muestra que cerca de un 14% de los trabajos en países OCDE que participan de la prueba PIAAC son altamente automatizables (sobre 70% de probabilidad de automatización). Otro 32% de los trabajos tienen un riesgo entre 50-70% de ser automatizados. Los empleos que tienen mayor riesgo de automatización son aquellos que no requieren habilidades específicas, como la manipulación de alimentos, ensamblaje, limpieza y asistentes. Un segundo tipo de trabajadores en riesgo de automatización son aquellos con algo de capacitación, y que interactúan constantemente con máquinas en el sector manufacturo: operadores de maquinaria, conductores, trabajadores en la industria de procesamiento, trabajadores agrícolas capacitados, etc. Los empleos que tienen menor riesgo, por otra parte, son aquellos que requieren de un alto nivel educacional y que incluyen grados de interacción social, creatividad, resolución de problemas y el cuidado de otros.

Nedelkoska & Quintini (2018) también concluyen que existe una gran varianza entre países respecto de los empleos que pueden ser automatizados, donde los países anglosajones, nórdicos y Países Bajos son aquellos con menor riesgo, mientras que los países de Europa del Este, Sur de Europa, Alemania, Chile y Japón tienen un mayor riesgo de automatización. La gran variación en el grado de automatización entre países se explica por las diferencias en la organización de las tareas del trabajo dentro de sectores económicos, más que por las diferencias en sus estructuras económicas. Esto se debe a que, para una misma ocupación en distintos países, varía la frecuencia de tareas de percepción y manipulación, inteligencia social y cognitiva. En este mismo sentido, el riesgo de automatización no se distribuye de la misma forma para todos los trabajos, siendo más alto en el caso de manufactura y agricultura, y en empleos de servicios como correos, transporte terrestre y servicios de alimentación. También se identifica que uno de los efectos más graves es la polarización de los mercados laborales, en los que desaparecen los trabajos de rango medio. Un aspecto importante es que los empleos más automatizables son aquellos realizados por adolescentes o jóvenes, más que aquellos realizados por personas de la tercera edad. Esto podría significar mayor desempleo juvenil.

4 Para lograr que esta metodología fuese equivalente y comparable a las 70 ocupaciones de Frey & Osborne, fue necesario utilizar ISCO (International Standard Classification of Occupations) a nivel de 4 dígitos de la prueba PIAAC. Esto se logró utilizando datos de Canadá que tiene una muestra particularmente amplia. Por tanto, la relación entre los cuellos de botella de ingeniería y el riesgo de automatización se estima utilizando datos de Canadá, y luego estos coeficientes se utilizan para calcular el riesgo de automatización de 70 ocupaciones fuera de Canadá. Aunque no existe una razón para creer que los cuellos de botella relacionados con automatización difieran entre países, es posible que la estructura industrial específica de Canadá y su posición en la cadena de valor global puedan influenciar los coeficientes. Adicionalmente, para probar la robustez de esta metodología se aplican los coeficientes sobre encuestas de empleo de Alemania y Gran Bretaña.

Utilizando la metodología de Arntz et al (2016) la Comisión Nacional de Productividad y Fundación Chile estiman que un 61% de las ocupaciones en Chile (4,9 millones de personas) tienen potencial de automatización, y un 24% (1,9 millones de personas) tienen un riesgo alto de automatización. El sector comercio, que tiene una alta representación, también tiene un alto riesgo de automatización (CNP, 2017).

Los enfoques presentados de Frey & Osborne (2013), Arntz et al (2016) y Nedelkoska & Quintini (2018) nos entregan una visión de los empleos que están en riesgo de automatización basado en la demanda por ciertas habilidades, o su potencialidad de ser realizadas por maquinaria computacional. Esta estimación no busca ser una predicción sobre la demanda futura de empleos, que depende de otros factores, incluyendo regulación, decisiones políticas y potenciales disrupciones que puedan cambiar estas dinámicas. Además, tampoco se toma en consideración la aparición de nuevos tipos de trabajo, que emergerán a partir de las nuevas tecnologías. Por ejemplo, no se incorpora adecuadamente las tasas de absorción tecnológica, que son usualmente muy lentas y varían considerablemente entre regiones y tipos de tecnologías. Como muestra de aquello tenemos el contraste entre los teléfonos móviles, que fueron adoptados muy rápidamente, versus la adopción de Internet, que ha sido mucho más lenta, especialmente para empresas pequeñas y del sector informal (World Bank, 2019).

Existe otro tipo de análisis, de índole cualitativo, que buscan entender las dinámicas que afectarán el mercado laboral. Este tipo de aproximaciones busca explorar las distintas formas en que este futuro se puede desenvolver, y qué influencia tienen las acciones que se tomen hoy al respecto. Un reporte de esta naturaleza es el de la Comisión del Reino Unido sobre Empleo y Habilidades (UKCES, 2014), que busca definir aquellas tendencias que afectarán el futuro del trabajo en 2030. Para ello utiliza una metodología que combina revisión de literatura especializada, entrevistas con expertos y talleres. Esto permite mapear distintas *tendencias* y *disrupciones*, y analizar los principales *drives* que afectarán el futuro del trabajo, los cuales son discutidos y refinados en talleres con expertos. A partir de ello se construyen cuatro escenarios, representativos de dinámicas relevantes con respecto al futuro del trabajo, los que son chequeados en relación a su coherencia interna y relevancia. Estos escenarios permiten identificar implicancias estratégicas y potenciales acciones. Estas tendencias y *drivers* son descritas en la Tabla 1 para los distintos estudios analizados.

NESTA, por su parte, en su reporte sobre Competencias para el Futuro 2030 (Bakhshi et al., 2017) utiliza una metodología mixta, que combina análisis de y talleres de prospectiva,⁵ con análisis estadístico a través de técnicas de *machine learning*. Este estudio, enfocado en EE.UU. y el Reino Unido, concluye que un décimo de la fuerza de trabajo se encuentra en ocupaciones que potencialmente crecerán, y que un quinto de las ocupaciones tenderá a disminuir en los próximos años. La demanda por ocupaciones asociadas a habilidades de

5 Se realizaron dos talleres de prospectiva en Boston y Londres durante Octubre del 2018, con líderes en el área. En estos talleres se les presentaron los expertos tres sets de 10 ocupaciones individuales asociadas a SOC (Standard Occupation Classification) de 4 y 6 dígitos. Los expertos asignaron etiquetas a cada ocupación, si pensaban que aumentarían, disminuirían o se mantendrían en demanda para 2030, dando cuenta del grado de incertidumbre de su apreciación. Estas etiquetas fueron utilizadas para entrenar un clasificador vía machine learning, utilizando datos de 120 competencias, habilidades y conocimientos basado en O*NET.

educación baja o media, como manufactura, tenderán a desaparecer, en gran parte como resultado del cambio tecnológico y la globalización. A diferencia de otros estudios, se concluye que servicios como la preparación de alimentos, servicios de hospitalidad y limpieza crecerán en demanda, a pesar de que requieren habilidades de baja educación. En el caso de los trabajos de capacidades de alta educación se espera un aumento en la demanda por ocupaciones creativas, digitales y de diseño, mientras que ocupaciones como expertos en finanzas se espera que disminuyan.

Una propuesta más exploratoria y especulativa es desarrollada por la Escuela de Negocios de Moscú (Skolkovo, 2015) en el Atlas de Trabajos Emergentes. A través de un proceso de prospectiva que incluyó a cerca de 2.500 expertos rusos y extranjeros, se identificaron trabajos futuros en alta demanda en 25 sectores de la economía. Para cada sector (con énfasis en la economía rusa), se identifican los principales *drivers* de cambio, potenciales desafíos futuros y las competencias transversales que serán más relevantes. Para cada sector se identifican profesiones del futuro, las que se caracterizan a través de una viñeta y de las competencias que comprende.⁶ Por ejemplo, una ocupación del futuro como “ecólogo urbano” incluye competencias como pensamiento sistémico, comunicación intersectorial, programación e inteligencia artificial, habilidades de lenguaje y multiculturales, habilidades interpersonales y conocimiento y conciencia medio ambiental. El objetivo de estas metodologías y forma de presentar los resultados es generar conversaciones amplias sobre los potenciales desarrollos futuros en el mercado del trabajo y cómo serán influenciados por las decisiones de se realizan hoy. Más allá de estimaciones basadas en modelos estadísticos o econométricos, este tipo de narrativas permite incluir a otros actores en la discusión como trabajadores de distintas áreas.

Los estudios descritos en esta sección buscan entender y, en cierta medida, estimar qué porcentaje de la población está en riesgo de perder su trabajo y oportunidades de empleo en vista de la automatización. Sin embargo, la pregunta relevante para la política pública no es cuál es el número de empleos que está en riesgo de automatización, sino cómo y bajo qué condiciones el mercado global del trabajo puede ser apoyado para alcanzar un nuevo equilibrio en la división del trabajo entre humanos, robots y algoritmos (WEF, 2018). Asimismo, la adopción de tecnologías depende de muchos factores (comerciales, sociales, legales, regulatorios, etc.) que no son considerados sistemáticamente en estos estudios. Es probable que el cambio tecnológico genere además nuevos empleos, a través de la mejora en la competitividad de la empresas que las incentive a crear nuevos puestos de trabajo, y que las empresas se ajusten a las nuevas tecnologías reasignando a los trabajadores a nuevas tareas (British Academy and The Royal Society, 2018).

6 Estas ocupaciones del futuro pueden ser encontrados en <http://atlas100.ru/en/catalog/>

Tabla 1. Drivers asociados al futuro del trabajo identificados en distintos reportes

Driver	Caracterización	Tipo	Referencia
Cambios demográficos: envejecimiento y migración	Creciente importancia de competencias interculturales debido al movimiento de trabajadores. Creciente importancia de trabajos de cuidado	Tendencia	ILO (2018) UKCES (2014) PWC (2017) NESTA(2017) NSW(2017)
Globalización	Mayor conexión entre países facilita movimiento de trabajadores y centros de manufactura. A su vez, mayor competencia de firmas por mercados globales.	Tendencia	ILO (2018) Skolkovo (2015) NESTA(2017) NSW (2017)
Pérdida de legitimidad y capacidad de acción política	Disminución de la capacidad de gasto del estado, que dificulta la implementación de algunas reformas. Disminución del empleo en el sector público	Tendencia	ILO (2018) UKCES (2014) NESTA(2017)
Financiación de la economía	Con la creciente importancia del sector financiero, los dividendos orientados a inversionistas cobran mayor importancia, en desmedro de sueldos para trabajadores. Mirada a corto plazo de las empresas que puede disminuir las inversiones que se realizan en capacitación de trabajadores.	Tendencia	ILO (2018)
Deglobalización y migración reversa	Postcrisis del 2018, aumento del proteccionismo y movimientos populistas. Retorno de trabajadores migrantes, especialmente Asia	Disrupción	UKCES (2014) NESTA (2017)
Automatización de procesos, impresión 3D y manufactura digital	Generará cambios en el mercado del empleo al generar incentivos para que trabajos se muevan desde países en desarrollo a países desarrollados, más cercanos a los centros de consumo e innovación. Importancia de competencias no rutinarias y aparición de empleos de supervisión	Tendencia	ILO (2018) Skolkovo (2015) NESTA(2017) NSW (2017)
Big Data, Internet of Things & Blockchain	Tecnologías emergentes que prometen revolucionar sectores económicos, como por ejemplo la agricultura, cambiando radicalmente el tipo de competencias necesarias para trabajos asociados al sector.	Tendencia	ILO (2018) UKCES (2014) WEF (2018)
Interdisciplinariedad y complejidad en la gestión de proyectos	Tecnologías convergentes y la creciente importancia de tecnologías digitales incrementa la necesidad por habilidades que cubran distintas disciplinas. La dirección y gestión de proyectos requerirá de habilidades para manejar la complejidad y equipos cambiantes	Tendencia	UKCES (2014) Skolkovo (2015)
Nuevos poderes globales	Creciente importancia de Asia	Tendencia	UKCES (2014) PWC (2017)
Degradación ecológica y cambio climático	Creciente disminución de los recursos naturales y daño a los ecosistemas naturales; efectos del Cambio Climático	Tendencia	UKCES (2014) PWC (2017) Skolkovo (2015) NESTA(2017)
Nuevas formas de contratación	Contratos flexibles y a corto plazo, contratos sin horas, etc. Empleo orientado a proyectos en vez de trabajos de por vida.	Disrupción	UKCES (2014) Skolkovo (2015)
Conflictos sobre recursos naturales	Emergen conflictos en relación a escasez de recursos naturales, como el agua.	Disrupción	UKCES (2014)
Rápida urbanización	Se estima que para 2050 el 72% de la población vivirá en ciudades.	Tendencia	PWC (2017) NESTA(2017)
Inequidad	Disminución de la clase media, aumento de brechas salariales y educacionales	Tendencia	NESTA(2017) ILO (2018)

3. ¿Qué competencias son requeridas para el futuro?

Una parte importante de los reportes hace énfasis en la necesidad de fortalecer los instrumentos de aprendizaje continuo, especialmente para adultos, y el desarrollo de instrumentos de política que permitan re entrenar y mejorar las competencias de los trabajadores que hoy están en riesgo de ser reemplazados por máquinas. En la medida que la tecnología cambia la naturaleza de los trabajos y sus tareas asociadas, es necesario entender cómo las personas pueden adaptarse a dichos cambios.

Para ello es importante indicar que las competencias son multidimensionales, y no unidimensionales como suelen ser tratadas en los análisis económicos. Por ejemplo, tanto un abogado como un químico adquieren competencias de pensamiento abstracto, analíticas y de resolución de problemas. Pero estas son muy diferentes, pues un abogado difícilmente puede hacer el trabajo de un químico y viceversa. Esto implica que los procesos de ajuste de competencias y transiciones a distintos empleos no están libres de complicaciones y deben ser analizados con mayor detalle, poniendo atención a los conjuntos de competencias que definen ocupaciones y tareas específicas (Nedelkoska and Quintini, 2018). Estos conjuntos de competencias, o competencias complementarias son aquellas cuyo impacto en demanda está condicionado a otras competencias también presentes en un trabajo u ocupación específica. La complementariedad de competencias es uno de los temas más estudiados en la actualidad, al ser una forma de entender la capacidad de los trabajadores de moverse de un empleo a otro, y los requerimientos y efectividad de programas de capacitación y desarrollo de competencias que faciliten estos cambios. El estudio de Bakhshi et al., (2017) para NESTA identifica aquellas competencias complementarias que están asociadas a mayor demanda, e incluyen servicio al cliente y personal, juicio y toma decisiones, diseño de tecnologías, flujo de ideas, competencias científicas y análisis de operaciones.

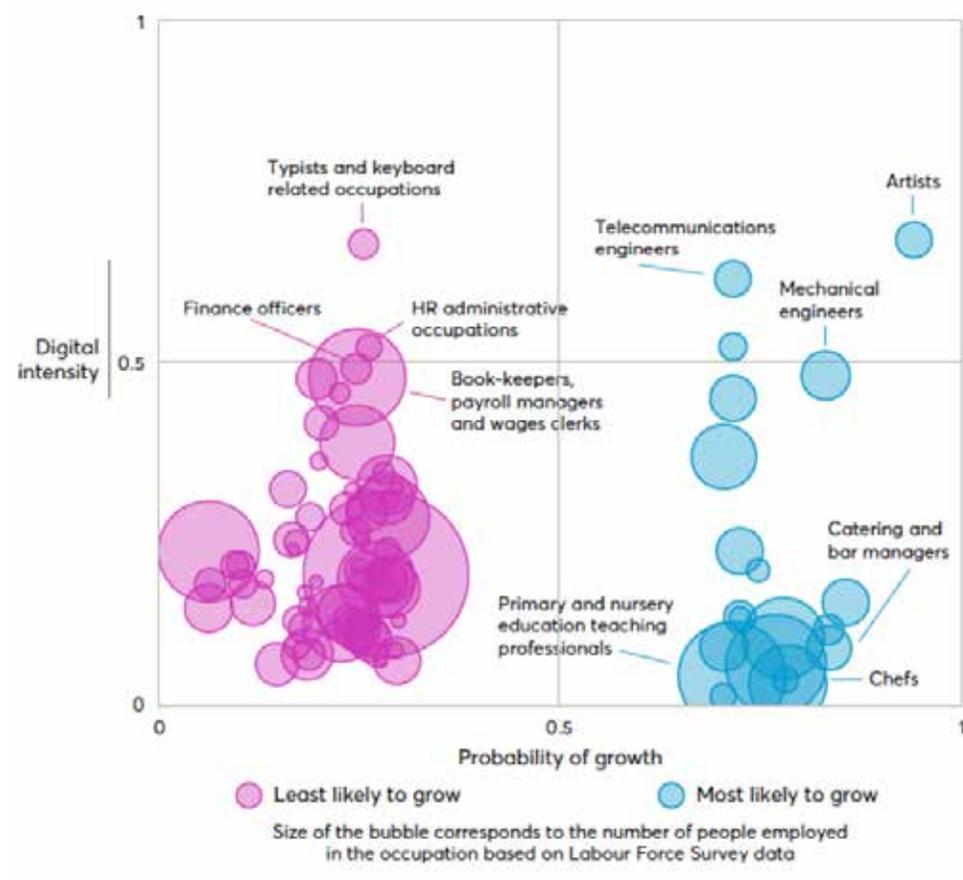
Otra publicación reciente de NESTA (Djumalieva and Sleeman, 2018) identifica aquellas competencias digitales que serán más necesarias en el futuro cercano. Analizando una base de datos de 41 millones de avisos de trabajo⁷ para el Reino Unido, y utilizando la técnica de *word embeddings*⁸ se identificó un total de 1.358 competencias digitales, las cuales fueron agrupadas y utilizadas para desarrollar una taxonomía. La probabilidad de que la demanda por estas competencias aumente o disminuya fue estimada asociándolas a distintas ocupaciones y su demanda futura. Así, por ejemplo habilidades asociadas al uso de software administrativo (contabilidad, cadena de suministros, ventas, etc.) son más prevalentes en ocupaciones cuya demanda disminuirá. Al contrario, competencias como animación o ingeniería son prevalentes en ocupaciones cuya demanda crecerá. En la misma línea que otros

7 Las limitaciones de este tipo de datos son que, para el caso del Reino Unido, están sesgados hacia trabajos bien remunerados. Segundo, dado que los datos dependen de las competencias descritas en los anuncios de trabajo, no en todos los casos se describen todas las competencias realmente requeridas en el trabajo (como sí ocurre con bases de datos como O*NET o PIACC).

8 Word embedding corresponde a un conjunto de técnicas de procesamiento de lenguaje natural, en donde las palabras son asociadas a vectores, que permite entender el sentido de palabras en un contexto de manera automatizada y para grandes sets de datos.

reportes, se identifica que aquellas competencias digitales que involucran tareas no rutinarias, resolución de problemas y creación de contenido digital son aquellas que tendrán mayor demanda en el futuro. Un aspecto importante es que además se identifican ocupaciones que no requieren de competencias digitales como educación primaria y secundaria, chefs, alimentación, etc., la que también tienden a crecer en su demanda. Finalmente, algunas profesiones que hoy son bien pagadas tenderán a disminuir en su demanda en el futuro, como el caso de los encargados de recursos humanos.

Figure 1. Intensidad digital y la probabilidad de crecimiento de ocupaciones



Fuente: Djumalieva and Sleeman, 2018

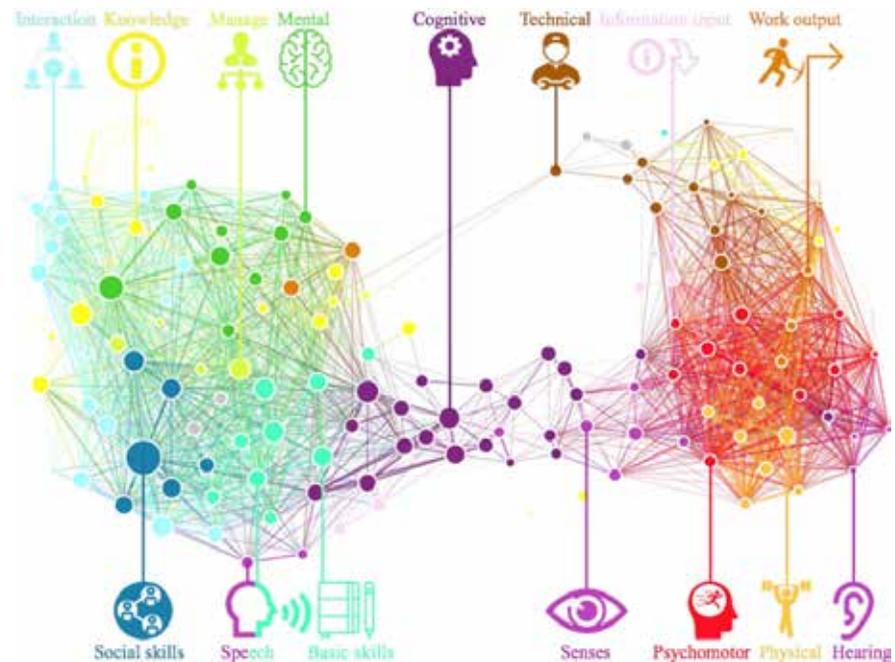
El Foro Económico Mundial, en su encuesta más reciente⁹ sobre el Futuro del Trabajo, concluye que al menos el 54% de los trabajadores requerirá de procesos de adquisición y actualización de competencias (WEF, 2018). Este reporte hace énfasis en dos *drivers* que definirán los cambios en el trabajo para distintas industrias: nuevas tecnologías y automatización, y los cambios y relocalización de la cadena de valor, debido a variaciones en los costos de producción en distintos países que promuevan inversión de capital en robótica y trabajos altamente calificados (World Bank, 2019)¹⁰.

Un reciente estudio del MIT Media Lab (Alabdulkareem et al., 2018) explora las dinámicas de transición laboral basado en competencias, lo que denominan polarización de competencias en el trabajo. Utilizan métodos de ciencia de datos para mapear la complementariedad de competencias como una red, identificando *clusters* de competencias. Para ello se utilizó la base de datos de O*NET entre 2010 y 2015 (Ver Anexo). De las competencias descritas por O*NET se identificaron aquellas competencias ubicuas, como comunicación con supervisores, es decir, aquellas que están sobre expresadas en una ocupación. Se identificaron aquellos pares de competencias que co-ocurren en distintas ocupaciones, que corresponden a competencias que apoyan y estimulan la productividad de una ocupación. Este mapa de competencias complementarias lo llaman “*skillscape*”¹¹. Los nodos de este mapa representan *clusters* de competencias complementarias que definen tipos de trabajo. Este análisis muestra que la red de competencias está altamente polarizada en un *cluster* de competencias socio cognitivas y un *cluster* de competencias sensoriales físicas. Las competencias en el área socio cognitiva están asociadas a mayor nivel educacional, y las del área sensorial física a menor. Las competencias cognitivas se relacionan con mayores ingresos anuales, y explican mejor la variación en ingreso que otras variables como el grado de rutinización de una tarea o el nivel educacional.

9 La encuesta fue realizada entre noviembre de 2017 y julio de 2018, incluyendo una selección de empresas líderes que son una parte importante de la economía de una región o país, nacionales y multinacionales. La encuesta aborda tres temáticas: tendencias que afectarán el crecimiento económico y cambios en la fuerza de trabajo asociados; mapeo de ocupaciones, competencias y tareas y su relación con cambios en la fuerza de trabajo; y planes de cada una de las empresas para 2022 en relación a capacitación y adquisición de talento.

10 Este proceso se conoce como reverse offshoring o reshoring

11 <https://skillscape.mit.edu/>

Figure 2. Polos de competencias

Fuente: Alabdulkareem et al., 2018

La conclusión más relevante de este estudio es que los trabajadores en ocupaciones que pertenecen a un área de competencia tienden a transitar a ocupaciones dentro de la misma. Esto se debe a que la adquisición de competencias relacionadas es más fácil, y/o a las eficiencias en la productividad de trabajadores que tienen competencias complementarias. Esto también implica que para los trabajadores de ocupaciones con competencias físico sensoriales, transitar a ocupaciones de un área de competencia distinta como la socio cognitiva es difícil, debido a que carecen la preparación para explotar sus capacidades de este tipo. Así se genera un “cuello de botella” en la transición entre estos dos polos de competencias, dificultando la movilidad entre ocupaciones.

Es importante notar que, a diferencia de los estudios de riesgo de automatización, los estudios sobre competencias deseables buscan entender cuáles son las competencias más demandadas hoy y en un futuro cercano, y cuáles son los requerimientos y obstáculos para los trabajadores presentes para transitar entre distintos trabajos. En este sentido, no buscan ser una predicción sino más bien están enfocadas a acciones que deben ser tomadas hoy.

Tabla 2. Comparación de estudios sobre competencias deseables para el futuro

Estudio	Datasets	Método	Competencias deseables	Competencias no deseables
NESTA 2017	O*NET (USA)	Marco Bayesiano utilizado para mapear la probabilidad de demanda futura (año 2030) por ocupación, basado en variables de O*NET (habilidades, competencias, etc.).	Sociales y cognitivas: capacidad de aprendizaje, razonamiento, comunicación, originalidad y análisis.	Físicas y de percepción: destreza, visión, control, sensibilidad, mantenimiento de equipo.
UKCES 2014	Revisión de 300 publicaciones y 23 entrevistas (Reino Unido)	Selección de 13 tendencias basadas en metodología de “zooming in” usando revisión de literatura y entrevistas. Construcción de escenarios y análisis de consistencia entre pares de proyecciones.	Habilidades de comunicación social y multicultural, autoorganización, multi tasking, liderazgo, capacidad de adaptarse a cambios, colaboración interdisciplinaria, Seguridad de datos, diseño web, manejo de riesgo y complejidad, organización de redes de conocimiento, matemáticas, entender la gestión de recursos.	Muchos trabajadores perderán algunas de las competencias necesarias, es decir, se eliminarán tareas rutinarias complejas, enfocándose en relaciones interpersonales en ocupaciones que hoy son mayormente técnicas. Debido a la des-globalización, competencias como las requeridas en el sector financiero, serán cada vez menos relevantes.
PWC 2017	Encuesta de 10.029 trabajadores en 138 países	División en cuatro mundos posibles o escenarios.	STEM, inteligencia emocional, creatividad, persuasión, innovación, auto-organización, autodidacta, capacidad de resolver problemas, adaptabilidad, colaboración, liderazgo, creatividad.	No indica
RBC, 2018	54 encuestas con empleados, códigos ESDC NOC, O*NET, 30 entrevistas.	Se generó un ranking de 20.000 ocupaciones, que da cuenta de los 2,4 millones de empleos que se crearán a futuro. Categorización manual de trabajadores. Comparación de clusters de demanda y disrupción de acuerdo a prospección de mercado futuro.	Escucha activa, conversación, pensamiento crítico, comprensión de lectura, intuición social, monitoreo, coordinación, buen juicio y toma de decisiones, aprendizaje activo, orientación al servicio, resolución de problemas complejos, capacidad de enseñar y persuasión, estrategias de aprendizaje, gestión de recursos personales, matemáticas, análisis de sistemas.	No indica
ARNTZ 2016	PIAAC	Calce de los datos a un modelo para predecir el potencial de automatización de ciertas habilidades. Basado en interpretación propia, de acuerdo al peso en el modelo $ w > 1.0$, donde un peso negativo se considera no automatizable (competencias deseadas) y uno positivo automatizable.	Presentación, comprensión lectora, influenciar personas, programación, comprender publicaciones profesionales, escribir artículos, capacitar a otros, planificar actividades propias y de otros, usar software de comunicación, leer instrucciones, resolver problemas complejos, matemática compleja o estadística.	Intercambio de información, utilizar dedos o manos, venta
OECD 2018	Encuestas de empleo BIBB/BAUA BIBB/IAB 1998/99, 2005/06, 2011/12	Regresión logística ajustada a variables binarias derivadas de las fuentes de datos. El potencial de automatización se considera una función de tareas rutinarias, no rutinarias y ordenadas por pesos, de manera de que las variables positivas se consideren automatizables, las negativas deseables.	Enfermería, cuidados de salud, desarrollo, investigación, diseño, servicios, reparación, medición, control, certificación de calidad, ser un supervisor, informar, aconsejar, organizar, planificar, preparar procesos de trabajo, enseñar, promocionar, marketing, relaciones públicas, recopilar información, investigación, documentación.	Comprar, provisionar, vender, fabricar, producir bienes, supervisar, controlar máquinas, transporte, gestión de stock.

Fuente: Elaboración propia

4. ¿Qué otros factores afectarán las dinámicas laborales, especialmente en Chile y América Latina?

Los impactos de las tecnologías digitales en el mercado del trabajo no solo tienen que ver con el tipo de ocupaciones que serán más deseables. Hay disrupciones que están ocurriendo hoy gracias a la aparición de la economía de plataformas (o “*gig economy*”) en la que nuevos arreglos laborales y de prestación de servicios son generados y mediados por plataformas digitales como Uber, AirBnb o Upwork. Estos nuevos arreglos generan nuevas oportunidades de trabajo e ingresos, pero a su vez presentan desafíos para los modelos de trabajo existentes. Estas nuevas plataformas, junto a otras tendencias como el cambio demográfico y la mayor migración de trabajadores, generan nuevas presiones sobre los sistemas de empleo (Ojanperä et al., 2018).

La Organización Mundial del Trabajo, identifica los riesgos que las tecnologías digitales indirectamente generan en el trabajo (ILO, 2018). Entre estos se encuentran incertidumbre sobre pagos, horarios más largos de trabajo, informalidad, disolución de las organizaciones de trabajadores y su poder de negociación, disminución de las protecciones legales de los trabajadores, y aumento de los riesgos ocupacionales y a la salud principalmente como resultado del aumento de temperaturas como consecuencia del cambio climático.

Esto implica que los sistemas de protección social serán altamente presionados por los cambios en las dinámicas de los mercados laborales. Las principales elementos de esta presión son el aumento en la demanda por pensiones debido a una sociedad cada vez más envejecida, tasas de interés más bajas que presentan un riesgo adicional para los sistemas de capitalización de pensiones, reducción de los ingresos vía impuestos a la renta por la aparición de nuevas formas de empleo (como el empleo de plataformas) y flujos de migración que afecta la demanda y oferta de trabajadores (Graham and Anwar, 2018; ILO, 2018).

Estas transformaciones tensionan la aparición de ideas radicales e innovadoras, como por ejemplo, los impuestos a robots (Guerreiro et al., 2017) y otras tecnologías digitales que permitan generar ingresos para los sistemas de seguridad social. En líneas similares, una de las propuestas más debatidas es el modelo de Ingreso Único Universal (Universal Basic Income - UBI), un sistema que provee a cada ciudadano con un ingreso incondicional, y que responde a la potencial disminución en los puestos de trabajo como resultado de la robotización. Este sistema tiene tres características. En primer lugar, es entregado a todos los individuos, independiente de sus ingresos o empleo. Segundo, los participantes no requieren cumplir con ninguna condición o responsabilidad recíproca. Tercero, la asistencia se provee en forma de transferencias directas de dinero en vez de servicios. Experimentos locales de esta política han sido realizados en Finlandia, EEUU, Países Bajos, Canadá, Kenia; solo Mongolia (2010-2012) e Irán (2011) utilizaron este programa sobre toda la población. Muchos de estos experimentos han sido descontinuados por las presiones fiscales que generan, especialmente en países en desarrollo (World Bank, 2019)¹². Otra de las preocupa-

12 Se estima que en promedio, el costo de los programas de UBI sería de un 5,5 % de PIB para cubrir a toda la población adulta. Este porcentaje es mayor en países de bajos ingresos (9,6%). En el caso

ciones de UBI son sus efectos sobre los incentivos para trabajar. La evidencia indica que UBI y otras formas de asistencia social tienen un impacto limitado en los incentivos para trabajar, como lo demuestran estudios en Alaska e Irán (Marinescu, 2018; Salehi-Isfahani and Mohammad H., 2018)

El efecto de las plataformas es otra de las temáticas ampliamente discutidas en la literatura y en organizaciones internacionales. Plataformas como Uber, Mechanical Turk de Amazon o Upwork hoy están cambiando las dinámicas de los mercados laborales, y presentan importantes desafíos en términos regulatorios al cambiar las formas de organización del trabajo y la relación entre empleador y trabajadores. En un estudio liderado por Mark Graham del Instituto de Internet de Oxford (IDRC), en el que se entrevistó a trabajadores de plataformas digitales en India, Filipinas y Nigeria, se identificaron algunos efectos relevantes del trabajo en plataformas: sobreoferta de trabajadores, inseguridad laboral, discriminación (debido al país de origen) aislamiento (74% de los trabajadores nunca se comunicó con otro trabajador), intermediación (debido al uso de sistemas de puntaje y reputación, muchos trabajadores terminan trabajando para intermediarios que de facto controlan algunas de las secciones de la plataforma). Es importante notar que estos trabajadores realizan actividades que tienen un componente creativo y de resolución de problemas, como construcción de páginas web, análisis de datos, gestión de bases de datos, diseño, etc. Esto genera una preocupación adicional: no es suficiente entregar habilidades digitales básicas pues estas pueden también ser automatizadas en los próximos 5 a 10 años (Djumalieva and Sleeman, 2018). En respuesta a estos desarrollos, se han creado los primeros sindicatos de trabajadores de plataforma en Inglaterra (IWGB)¹³ y Argentina (Asociación de Personal de Plataformas APP)¹⁴.

Aunque la discusión se ha centrado en los efectos de la automatización en desplazar ciertas ocupaciones, otros argumentan que la principal preocupación debe ser la desaparición de los trabajos de rango medio y la consecuente inequidad que surge a partir de estas dinámicas. Esto se acentúa dado que la automatización genera ganancias en productividad, cuyos beneficios económicos no son necesariamente compartidos y benefician principalmente a los dueños del capital, si es que estos no son reinvertidos, por lo que se concentrarán en las manos de unos pocos actores sociales (Ojanperä et al., 2018). También se estima que la automatización podría exacerbar diferencias entre distintas regiones, y no es menor notar que Chile está entre aquellos países de la OCDE con mayor riesgo de automatización, junto a Alemania y Japón (Nedelkoska and Quintini, 2018). Los trabajadores altamente calificados tienden a agruparse geográficamente, y esto puede ser un desafío dado que los trabajadores menos calificados son menos propensos a cambiarse de locación en respuesta a oportunidades laborales (British Academy and The Royal Society, 2018). En el caso del Reino Unido, el porcentaje de trabajadores en riesgo de automatización es de 13% en Oxford, mientras que es un 29% en Mansfield, Sunderland y Wakefield, zonas de menos concentración de trabajadores altamente calificados (Bakhshi et al., 2017).

de países desarrollados con cargas impositivas mayores y sistemas de protección social, esquemas de Ingreso único universal podrían ser cubiertos a través de una reorganización de los sistemas ya existentes (World Bank, 2019)

13 <https://iwgb.org.uk/>

14 <https://www.lanacion.com.ar/2180371-trabajadores-apps-formaron-sindicato-pidieron-inscripcion-formal>

5. Conclusiones y recomendaciones

En los últimos años y asociada al rol cada vez más preponderante de las tecnologías digitales, la discusión sobre el futuro del trabajo ha tomado cada vez más fuerza. En este contexto, estudios recientes, como los analizados en este documento, nos demuestran que los análisis intensivos en datos pueden darnos luces sobre dinámicas importantes que afectarán el mercado laboral en los próximos años, como el reemplazo de trabajadores por tecnologías digitales, y los requerimientos para la adquisición de competencias que permitan obtener un trabajo en estos nuevos contextos.

En la sección 2 del documento se compararon los análisis más relevantes orientados a estimar el porcentaje y tipo de trabajos en riesgo de automatización. Aunque los porcentajes de riesgo estimados por estos estudios puedan variar considerablemente, la gran mayoría de ellos coincide que aquellos trabajos rutinarios, como operadores de maquinaria, procesadores de alimento, etc., tienen un alto riesgo de automatización. Este proceso no es nuevo y puede ser observado en la actualidad en industrias manufactureras y agrícolas. Lo novedoso de estos reportes es que también estiman la potencial desaparición de otros empleos de rango medio, como finanzas, contabilidad, *call centers*, cajeros, entre otros. Esto genera un crecimiento de la demanda de empleos altamente educados (programadores, diseñadores, médicos, etc.) y empleos manuales o de servicio menos educados (limpieza, cuidados, etc.), y la desaparición de empleos de rango medio como operarios, cajeros de banco, etc., potenciando una brecha de ingresos importante y difícil de subsanar sin acciones de política pública acorde.

Es importante tener en consideración los sesgos y limitaciones de estos resultados. En primer lugar, estos estudios indican una posibilidad de automatización basada en la potencial habilidad de reemplazo de ciertas tareas. Que dichas tareas sean efectivamente realizadas por máquinas en el futuro dependerá de muchos otros factores, como costo y acceso a capital, tasa de adopción tecnológica, incentivos y regulaciones acorde, etc. Adicionalmente, es importante entender cómo se definen las ocupaciones y tareas que pueden ser reemplazadas por máquinas, basada en la noción de “cuello de botella ingenieril” definida por Frey & Osborne, que se fundamenta exclusivamente en la evaluación por parte de expertos, y no en base a evidencia directa sobre qué empleos están realmente siendo reemplazados. Y finalmente, que estos reportes no abordan la posibilidad de creación de empleo en base al desarrollo de las nuevas tecnología.

En la sección 2 se analizaron aquellos estudios que buscan entender qué competencias son requeridas para los empleos del futuro, y qué posibilidades tienen los trabajadores de adquirirlas. Más allá de la importancia de las competencias digitales y de interacción social, hay dos conclusiones importantes de estos estudios. La primera es que existe una brecha entre competencias cognitivas y competencias físico sensoriales, lo que significa que los trabajadores que hoy desempeñan actividades manuales y rutinarias se enfrentan a una brecha mucho mayor en la adquisición de competencias que serán valoradas en el futuro cercano. A esto se agrega la noción de *clusters* de competencias, clave en el diseño de programas de capacitación y reconversión laboral ya que plantea la dificultad de los trabajadores de incorporar competencias que estén muy lejanas del *cluster* en el que actualmente se desempeñan. La segunda conclusión es que no todas las competencias digitales son

igualmente deseables, ya que aquellas competencias más básicas y rutinarias pueden ser prontamente reemplazadas por computadores. Por tanto, el énfasis debe estar en el desarrollo de competencias digitales en combinación con la creatividad, el pensamiento crítico y el trabajo en equipo, competencias que deben ser desarrolladas desde la educación básica.

Como se plantea en la sección 4, estos informes también destacan que las principales consecuencias de las tecnologías digitales no están en el desplazamiento de ciertas ocupaciones, sino en los cambios que puedan generar a las dinámicas laborales de manera más general, que generan importantes presiones sobre los sistemas de protección social existentes hoy, y que deben ser actualizados para contextos donde existirá menor estabilidad laboral, nuevas formas de contratación, mayor migración de trabajadores a centros de mayor riqueza y oportunidades, y una población cada vez más envejecida. En otras palabras, los principales y más duraderos efectos de la automatización no dependen exclusivamente del cambio tecnológico; la tecnología no es la única ni la principal fuerza de cambio social, que dependerá también y en gran medida de cambios políticos, ambientales, económicos y culturales.

Finalmente, es necesario mirar estos resultados en relación a sus implicancias para Chile. La recomendación más evidente es la importancia de contar metodologías basadas en datos robustos que permitan tener un panorama actualizado de ocupaciones y competencias en Chile, por ejemplo, aprovechando los datos generados a través del Seguro de Cesantía u otras bases de datos similares. Esto permitirá evaluar con mayor certeza en el contexto nacional los cambios que implica la automatización y las acciones de política necesaria, especialmente en relación a formación en el trabajo y potenciamiento de competencias.

En este último punto vale la pena resaltar que la mezcla de competencias requeridas para los empleos relevantes en el futuro en Chile hoy son particulares de nuestro país, y dependerán de la evolución de su estructura productiva.

Finalmente, es necesario considerar que abordar los efectos de las tecnologías digitales en el empleo es un problema sistémico, que toca temas regulatorios, económicos y de innovación, que debe ser enfrentado de manera coordinada por todas aquellas agencias involucradas y con la participación de las organizaciones sociales interesadas.

6. Referencias

- Alabdulkareem, A., Frank, M.R., Sun, L., AlShebli, B., Hidalgo, C., Rahwan, I., 2018. Unpacking the polarization of workplace skills. *Sci. Adv.* 4.
- Arntz, M., Gregory, T., Zierahn, U., 2016. The risk of automation for jobs in OECD countries.
- Bakhshi, H., Downing, J., Osborne, M., Schneider, P., 2017. *The Future of Skills: employment in 2030*. Pearson and Nesta, London.
- British Academy, The Royal Society, 2018. *The impact of Artificial Intelligence on Work: An Evidence Synthesis on Implications for Individuals, Communities and Societies*. The British Academy, London.
- CNP, 2017. *Formación de Competencias para el Trabajo en Chile*.
- Djumalieva, J., Sleeman, C., 2018. Which Digital Skills do you really need? Exploring employer demand for digital skills and occupation growth prospects. NESTA, UK, London.
- Frey, C.B., Osborne, M., 2013. The future of employment, in: *How Susceptible Are Jobs to Computerisation*. pp. 159-166.
- Frey, C.B., Osborne, M.A., 2017. The future of employment: how susceptible are jobs to computerisation? *Technol. Forecast. Soc. Change* 114, 254-280.
- Graham, M., Anwar, M.A., 2018. Digital Labour, in: Ash, J., Kitchin, R., Leszczynski, A. (Eds.), *Digital Geographies*. Sage, London.
- Guerreiro, J., Rebelo, S., Teles, P., 2017. Should Robots be Taxed? *Natl. Bur. Econ. Res. Work. Pap. Ser. No. 23806*. <https://doi.org/10.3386/w23806>

-
- IDRC, n.d. *The Future of Work in the Global South*. IDRC.
- ILO, 2018. *The Future of Work: A Literature Review*.
- Marinescu, I., 2018. *No Strings Attached: The Behavioral Effects of U.S. Unconditional Cash Transfer Programs*. Roosevelt Institute, New York.
- Nedelkoska, L., Quintini, G., 2018. Automation, skills use and training, OECD Social, Employment and Migration Working Papers. OECD, Paris. <https://doi.org/10.1787/2e2f4eea-en>
- Ojanperä, S., O'Clery, N., Graham, M., 2018. *Data science, artificial intelligence and the futures of work*. The Alan Turing Institute, Oxford.
- Platform, F.T., 2014. *A glossary of terms commonly used in futures studies*, in: Rome: Global Forum on Agricultural Research.
- PWC, 2017. *Workforce of the future: The competing forces shaping 2030*.
- Salehi-Isfahani, D., Mohammad H., M.-D., 2018. Cash Transfers and Labor Supply: Evidence from a Large-Scale Program in Iran. *J. Dev. Econ.* 135, 349-367. <https://doi.org/10.1016/j.jdeveco.2018.08.005>
- Skolkovo, 2015. *Atlas of Emerging Jobs*.
- UKCES, 2014. *The Future of Work: Jobs and skills in 2030*.
- WEF, 2018. *The Future of Jobs Report*. World Economic Forum, Cologny/ Geneva.
- World Bank, 2019. *World Development Report 2019: The Changing Nature of Work*. World Bank, Washington DC.

7. ANEXOS

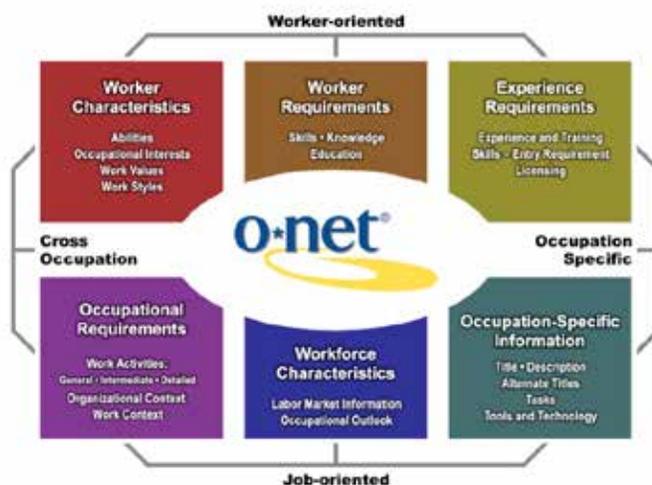
Anexo 1: Características de fuentes de datos utilizados internacionalmente

Esta sección describe brevemente las bases de datos utilizadas para análisis de riesgo de automatización

O*NET (*Occupational Information Network*): Programa desarrollado por el Departamento de Trabajo, Empleo y Capacitación de EEUU y el Departamento de Comercio de Carolina del Norte. La base de datos de O*NET contiene cientos de descriptores estandarizados específicos de ocupaciones, y 947 ocupaciones existentes en la economía de este país. Los datos de O*NET fue inicialmente recolectada para análisis de mercado laboral desde 1998, y desde entonces ha sido regularmente actualizada a través de encuestas para la población de trabajadores de cada ocupación y expertos relaciones, de manera de proveer información actualizada sobre ocupaciones en la medida en que evolucionan en el tiempo.

Las encuestas se construyen a través de múltiples preguntas acerca de la importancia de cierta característica en el trabajo (pensamiento crítico, etc.) y el nivel y cantidad de tiempo que esta competencia se utiliza. Estas preguntas se orden en una escala ordinal de 0-100. Los datos de O*NET describen cada ocupación en función del mix de conocimientos, competencias y habilidades requeridas, y las actividades y tareas que son desarrolladas en dicha actividad. Las ocupaciones O*NET están clasificadas en función de la Clasificación Ocupacional Estándar del Departamento de Empleo (Standard Occupational Classification SOC). Todos los datos pueden ser obtenidos en <https://www.onetcenter.org/database.html#individual-files>.

Figure 3. Características de la base de datos de O*NET



Fuente <https://www.onetcenter.org/content.html>

PIACC (Programa para la Evaluación Internacional de Competencias de Adultos) corresponde a una encuesta de competencias en adultos liderada por la OCDE. Esta encuesta mide las aptitudes de adultos en competencias esenciales de procesamiento de información: alfabetización lectora y numérica, y resolución de problemas en ambientes tecnológicos. También reúne información y datos sobre cómo los adultos usan sus competencias en el hogar, en el trabajo y en la comunidad, incluyendo competencias en comunicación, interpersonales y de trabajo en equipo, planificación y gestión, resolución de problemas, y otros rasgos personales importantes para el aprendizaje. Además se evalúa el estatus de la fuerza de trabajo, el tipo de trabajo que realiza y su salario, los niveles educativos y las actividades de capacitación de las que participan.

Incluye información de 250 mil adultos en 33 países. Los datos pueden ser explorados en <http://piaacdataexplorer.oecd.org/ide/idepiaac/>

Tabla 3. Variables O*NET utilizadas como indicadores de cuellos de botella ocupacional por Frey & Osborne

Cuello de botella ocupacional	Variable O*NET	Descripción O*NET
Percepción y manipulación	Destreza de dedos	La habilidad de hacer movimientos coordinados precisos de los dedos de una o ambas manos para tomar, manipular o ensamblar objetos muy pequeños
	Destreza manual	La habilidad de mover rápidamente la mano, la mano con el brazo, o ambas manos con el objetivo de tomar, manipular o ensamblar objetos
	Lugar de trabajo estrecho, posiciones incómodas	La frecuencia con que este trabajo requiere trabajar en espacios estrechos que generan posiciones incómodas.
Inteligencia creativa	Originalidad	La habilidad de tener ideas inusuales o ingeniosas acerca de un tema o situación específica, o de desarrollar formas creativas de resolver un problema
	Finas artes	Conocimiento de teoría y técnicas requeridas para componer, producir y ejecutar trabajos de música, danza, artes visuales, drama y escultura
Inteligencia social	Perspicacia Social	Ser consciente de las reacciones y entendimientos de otros y por qué reaccionan de cierta forma
	Negociación	Congregar a distintos grupos y tratar de reconciliar diferencias
	Persuasión	Persuadir para que otros cambien sus pensamientos o comportamiento
	Asistir y cuidar a otros	Proveer de asistencia personal, asistencia médica, apoyo emocional, y otros tipos de cuidados personales a otros como colegas, clientes o pacientes.

Tabla 4. Variables PIAAC correspondientes a los cuellos de botella identificados por Frey & Osborne

Cuello de botella computacional	Variable en PIAAC	Código de variable	Descripción O*NET
Percepción y manipulación	Dedos (destreza)	F_Qo6C	¿Cuán frecuentemente utiliza habilidades o precisión con sus manos o dedos?
Inteligencia creativa	Resolución de problemas simples	F_Qo5A	¿Cuán frecuentemente – problemas relativamente simples que no toman más de 5 minutos en ser resueltos?
	Resolución de problemas complejos	F_Qo5B	Problemas complejos que toman al menos 30 minutos de pensar cómo pueden ser resueltos
Inteligencia social	Enseñar	F_Qo2B	Dar instrucciones, entrenar o enseñar a personas, individuos o grupos
	Aconsejar	F_Qo2E	Aconsejar personas
	Planificar para otros	F_Qo3B	Planificar actividades para otros
	Comunicación	F_Qo2A	Compartir información relacionada con el trabajo con colegas
	Negociar	F_Qo4B	Negociar con otras personas ya sea dentro o fuera de una empresa u organización
	Influenciar	F_Qo4A	Persuadir o influenciar personas
	Vender	F_Qo2D	Vender un producto o servicio

Anexo 2. Glosario

Inteligencia artificial (IA):

Término general que engloba una serie de tecnologías que buscan realizar tareas usualmente asociadas a la inteligencia humana. (British Academy y The Royal Society, 2018)

Machine learning:

Área de la IA que permite a los sistemas computacionales realicen tareas avanzadas a través del aprendizaje basado en grandes sets de datos, en vez de seguir una serie de reglas pre-programados (British Academy y The Royal Society, 2018).

Es importante notar, como recalcan Frey and Osborne, (2017) que actualmente la efectividad de *machine learning* depende de la disponibilidad de grandes sets de datos para una tarea específica, como, por ejemplo, el reconocimiento de imágenes o de voz, y que hoy se encuentran disponibles gracias a plataformas como Google.

Prospectiva:

Metodología que se basa en los siguientes principios:

- » El futuro depende de nuestros esfuerzos, los que pueden ser moldeados.
- » El futuro es variable, no emerge del pasado pero depende de las decisiones que tomamos hoy.
- » Algunos aspectos pueden ser predichos pero no se puede predecir el futuro completamente.

A través de talleres de prospectiva se identifican y caracterizan ocupaciones del futuro y las competencias asociadas a ellas. En este contexto, un *driver* corresponde aquellos factores que generan cambios, afectan o dan forma al futuro. Una tendencia es una trayectoria general o dirección de un movimiento o cambio en el tiempo. Una disrupción es un cambio mayor y abrupto en la dirección de una tendencia (Platform, 2014).

Tecnologías digitales:

“Las formas de hardware y software que usan código binario para realizar tareas, desde hojas de cálculo, sistemas en red, a algoritmos avanzados que permiten a los sistemas computacionales tomar decisiones basadas en análisis de datos.” (British Academy y The Royal Society, 2018, pg. 13).





cnid | Consejo Nacional
de Innovación
para el Desarrollo