

**Automatización y
Empleo en Chile**

REPORTE FINAL

Octubre 2017

Esta nota técnica fue desarrollada por Fundación Chile para la Comisión Nacional de Productividad, en el Marco del proyecto “Estrategia para el desarrollo de competencias, habilidades y destrezas en el mundo del trabajo”

Octubre 2017

Elaborado por:



Patrocinadores:



Equipo Técnico:

Hernán Arandeda (Fundación Chile)
Paulina Peña (Fundación Chile)
María José Bravo (Consultora)
Rodrigo Hernández (Consultor)

Índice

Índice	iii
Glosario.....	1
Introducción	2
Marco Conceptual	3
Revisión de la Literatura y Evidencia Internacional.....	6
Estudios para Latinoamérica.....	13
Metodología	15
Datos para el Análisis.....	15
Metodología de Análisis.....	16
Evolución de la Estructura del Empleo	21
Polarización del empleo en el mundo	21
Evolución de la estructura del empleo según tipo de ocupación.....	22
Chile en el contexto OCDE.....	25
Ocupaciones y Sectores con Potencial de Automatización.....	27
RII según Ocupaciones	27
RII según Sector Económico.....	29
Potencial de Impacto de Automatización.....	31
Caracterización Trabajadores con Potencial de Automatización.....	34
Cuantificación Trabajadores con Potencial de Automatización.....	45
Conclusiones.....	46
Desafíos para futuras investigaciones	47
Referencias	48
Anexos	50
Anexo 1: Cálculo del Riesgo de Automatización.....	50
Anexo 2: Tabla de Agrupación de Categorías	52
Anexo 3: Evolución del Empleo con Ocupaciones NENE y CASEN.....	53

Anexo 4: Resultados Adicionales Evolución del Empleo	55
Anexo 5: Análisis comparativo cuartiles intensidad de rutina para manufactura y servicios.....	60
Anexo 6: Calificaciones en base a las ocupaciones CIUO 08.	61
Anexo 7: Niveles de Desempeño PIAAC 2015:	62
Anexo 8: Modelos Econométricos	65

Glosario

- **Alto Riesgo de automatización:** Corresponde aquellos empleos cuya probabilidad de automatizarse es de 70% o más de acuerdo a la metodología de Arntz et al (2016).
- **Automatización:** Se refiere a la adopción de tecnologías de información y comunicación (TIC). En el caso de Frey y Osborne (2013) asocian la automatización con la computarización, trabajos realizados por las computadoras y algoritmos. Mientras que el estudio de McKinsey (Manyika et al., 2017) lo asocia con el uso de robots en líneas de producción, inteligencia artificial y máquinas.
- **Cambio tecnológico:** Corresponde a uno de los principales factores que explica la polarización del empleo. Este término se usa como referencia general cuando se habla de automatización y más recientemente de digitalización, la inversión de nuevos materiales y tecnología de procesos (OCDE, 2017a).
- **Cuartiles de intensidad de rutina:** se refiere a los niveles de intensidad de rutina agrupado en cuatro niveles: no rutinario, baja rutina, rutina media y rutina alta.
- **Empleo rutinario:** se refiere a los empleos de rutina media y alta.
- **Empleo no rutinario:** se refiere aquellos empleos que contienen un alto porcentaje de tareas no rutinarias, relacionadas a aquellas de origen cognitivas o abstractas y manuales.
- **Empleo altamente rutinario:** se refiere a los empleos de rutina alta.
- **PIAAC:** Programa de la OCDE para la Evaluación Internacional de Competencias para Adultos.
- **Polarización del empleo:** se refiere a cambio en la composición del empleo, en el que las ocupaciones de baja y alta cualificación ganan participación en el empleo total a expensas de las ocupaciones medianamente calificadas. El cambio tecnológico es generalmente considerado como uno de los principales factores detrás del efecto de polarización.
- **RII:** en su sigla en inglés *Routine Intensity Index*. El índice de intensidad de rutina mide el promedio ponderado de los puntajes que asignan a las respuestas de los trabajadores a las cuatro preguntas seleccionadas de la PIAAC. El puntaje toma valores enteros entre 1 y 5, siendo 1 el menor nivel de intensidad de rutina de las tareas realizadas, y 5 el mayor nivel de intensidad de rutina.

Introducción

El objetivo general del presente estudio, entendiendo la relevancia que el cambio tecnológico tiene para el aumento de la productividad, es identificar cómo la automatización incide en el empleo en Chile, considerando toda la información disponible que permita analizar la situación actual.

Tomando en cuenta la problemática y la información disponible, se definen cuatro objetivos específicos:

- Analizar la estructura del empleo para ver su evolución.
- Calcular el Índice de Rutina de Chile y comparar con otros países.
- Identificar qué ocupaciones y sectores económicos tienen potencial de automatización.
- Caracterizar y cuantificar a los trabajadores con potencial de automatización.

Para estos efectos, el informe está compuesto por las siguientes secciones: la sección 1 presenta el marco conceptual que se utiliza en el estudio, describiendo la literatura relevante sobre cambio tecnológico y empleo, y considerando evidencia internacional y casos de Latinoamérica, la sección 2 describe la metodología utilizada detallando los datos considerados para el análisis del caso chileno. La sección 3, presenta los resultados del análisis sobre evolución del empleo en Chile, en la sección siguiente se presenta una comparación con otros países del Índice de rutina, y en la sección 5 se identifican los sectores económicos y ocupaciones en potencial riesgo de ser automatizados.

En la sección de resultados se caracterizan a los trabajadores con mayor potencial de automatización, cuantificando a la población con empleos rutinarios. Finalmente, en la sección 7, se hace referencia a las principales conclusiones y desafíos de este estudio.

Marco Conceptual

El contexto general del mundo actual presenta un bajo nivel de crecimiento, países desarrollados donde las tasas de natalidad se presentan cada vez más bajas y una población envejeciendo a pasos acelerados de acuerdo a informes de la OMS. Por otro lado, para el caso de las economías emergentes, existe una menor demanda de recursos naturales por parte de países como China, por lo que aumentar la productividad pasa a ser un tema clave a nivel global (OCDE, 2017a).

En Chile el escenario es similar: el boom del precio de los *commodities* finalizó, por lo que el crecimiento se ha visto fuertemente afectado (en tasas menores a un 2%). Por las razones anteriores, se hace imperativo solventar un crecimiento sobre la base de fundamentos sólidos y donde la productividad pasa a ser un tema clave.

Una forma de aumentar la productividad es mediante el desarrollo, implementación y el uso de nuevas tecnologías, que permitan cambiar la forma de producir y proveer servicios. La OCDE, en su documento titulado *The Next Production Revolution: Implications for Governments and Business* (2017a), describe cómo las nuevas tecnologías promueven un aumento en productividad por medio de diferentes canales. Algunos de ellos dicen relación con:

- Los nuevos sensores, que podrían detectar necesidades de mantención antes de que las fallas ocurran.
- Las mejores capacidades de almacenamiento y procesamiento de datos permiten realizar mejores estimaciones de la demanda, lo que, combinado con el Internet de las Cosas (IoT), podría indicar exactamente cuándo un determinado refrigerador doméstico requiere ser reabastecido, y con ello optimizar los tiempos de entrega de los productos, así también como la reducción del costo de inventario.
- Innovaciones tales como las impresiones 3D podrían significar mayor eficiencia a través de la eliminación de algunas líneas de ensamblaje.
- La combinación de nuevos sensores, dispositivos de control, mayores capacidades de análisis de grandes volúmenes de datos y el IoT, están potenciando cada vez más el desarrollo de máquinas y sistemas autónomos e inteligentes, las que pueden contribuir a la disminución y eliminación de ciertos errores en los distintos procesos productivos.
- El desarrollo y uso de nuevos programas computacionales complejos, con mayor capacidad de procesamiento, podría implicar una reducción de costos importantes en el proceso de creación de nuevos materiales, puesto que permitiría probar los mismos a través de simuladores, evitando de esta manera el desarrollo físico del material y luego someterlo a las distintas pruebas. Un ejemplo de lo anterior, es el uso de nanotecnología para la creación de plásticos con conductividad eléctrica.

Sin embargo, la OCDE (2017a) también plantea que respecto a la dimensión del efecto en productividad que tienen los cambios tecnológicos actuales, no hay suficiente evidencia científica. Las estimaciones que existen provienen principalmente de estudios específicos realizados por las propias empresas, utilizando diferentes metodologías (no necesariamente tan fuertes en validez y confiabilidad). Por ejemplo, la implementación de IoT podría reducir el costo de producción en promedio un 18% (Vodafone, 2015). El uso de camiones de carga mineros autónomos puede aumentar entre un 15% y 20% el nivel de producción, a la vez que se reducen los costos de combustible entre un 10% y un 15%, y los de mantenimiento en un 8% (Frey et al., 2016).

El efecto en la productividad de los cambios tecnológicos requiere tiempo de adaptación, ya que la mera disponibilidad de las nuevas tecnologías no asegura un uso exitoso que aumente los niveles de productividad y eficiencia rápidamente. El progreso tecnológico y la automatización se encuentran condicionados por factores tanto económicos, como técnicos y sociales.

Las nuevas tecnologías requieren inversiones complementarias para su implementación. Por ejemplo, el desarrollo de nuevas habilidades por parte de los trabajadores, nuevas formas de organizar el trabajo y una adaptación o cambio total del modelo de negocios. No solo se requiere tiempo, también debe existir una inversión de recursos.

Mckinsey (Manyika et al., 2017) describe que existen cinco factores que afectan el ritmo y grado de adopción tecnológica. En primer lugar, la **factibilidad técnica**. Esto significa que la tecnología tiene que ser inventada, integrada y adaptada a soluciones para el uso de casos específicos. En segundo lugar, el **costo de desarrollo e implementación de soluciones**, referido a los costos de hardware y software. En tercer lugar, la **dinámica del mercado laboral**; es decir, la oferta, la demanda y los costos del trabajo humano afectan a las actividades que serán automatizadas. En cuarto lugar está el **beneficio económico**, lo cual incluye un mayor rendimiento y mayor calidad, junto con ahorros de costos laborales. Finalmente, la **aceptación regulatoria y social**, que refiere a que aun cuando la automatización tiene sentido comercial, la adopción puede tomar tiempo debido a las barreras sociales y regulatorias.

Por otra parte, y en términos teóricos, Autor (2015) resalta el hecho de que las innovaciones tecnológicas, al producir cambios en la productividad, podrían disminuir, aumentar o mantener fijo el número de trabajadores en una firma dada. El nivel de producción depende de cuán sensible al precio (elástica), sea la demanda por el bien que produce dicha empresa. Si la demanda es sensible al precio, entonces la implementación de una nueva tecnología que provoque una pequeña disminución del precio, se traduciría

en un aumento en la producción y, a su vez, en un mayor número de trabajadores demandados por la empresa (Autor, 2015).

Un incremento de la productividad provocado por el uso de nuevas tecnologías podría beneficiar a la economía, bajando los costos de producción, y con ello, disminuyendo los precios. Esto implicaría que los salarios reales deberían aumentar. Este incremento provocaría una mayor demanda por otros bienes o servicios, lo que a su vez, podría gatillar una mayor demanda por trabajo en aquellos sectores beneficiados. Un mayor ingreso disponible, podría implicar un mayor nivel de ahorro, haciendo caer las tasas de interés, fomentando mayores niveles de inversión y creando empleo (OECD, 2017a).

Según la evidencia recopilada por la OCDE (2016a), el efecto agregado del cambio tecnológico en la economía y en el mercado laboral tiende, empíricamente, a ser positivo. La inversión en TIC aumentó la demanda por trabajo en 19 países de la OCDE entre 1990 y 2007 (con una disminución a partir de este último año). En el largo plazo, la inversión en TIC parece no haber tenido efecto en el empleo, si bien es cierto que un permanente descenso en el costo de las TIC ha reducido la demanda de trabajo por unidad producida, esto ha sido compensado por el aumento de la producción. No obstante, sí se ha observado una distribución de los trabajadores desde el sector de manufacturas al sector servicios (OECD, 2016a).

Otro ejemplo es el caso de Estados Unidos, que entre 1964 y 2013, a pesar de una acelerada automatización de procesos transcurrida en dicho período, ha creado 74 millones de puestos de trabajo (Levy & Murnane, 2013).

No obstante, el proceso de ajuste puede ser costoso para personas que no logren adaptarse y aprender el uso de las nuevas tecnologías, así como para aquellos que podrían eventualmente ser reemplazados por tecnología que realice sus funciones de manera más eficiente. De hecho, los mejores estándares de calidad de vida que se produjeron en la primera revolución industrial tomaron muchas décadas en conseguirse, por lo que dichos cambios podrían tomar un tiempo mayor al de la vida laboral promedio (Mokyr et al., 2015).

Por tanto, nos encontramos frente a dos temas de extrema relevancia que se engloban en el cambio tecnológico. En primer lugar, se encuentra la automatización, que refiere al reemplazo de ciertas funciones antiguamente realizadas por trabajadores, lo que podría ocurrir en diferentes intensidades (ya sea, que toda la ocupación se automatice o que sólo algunas tareas pasen a ser automatizadas). Y en segundo lugar está la digitalización, que requiere que los trabajadores sean capaces de encontrar, evaluar, utilizar, compartir y

crear contenido usando tecnologías de información e Internet, lo que implicaría el desarrollo de nuevas habilidades y una nueva manera de hacer las cosas.

El foco de este primer estudio se encuentra en las tecnologías de automatización y como estas pueden afectar al empleo a través del reemplazo de la fuerza laboral.

Revisión de la Literatura y Evidencia Internacional

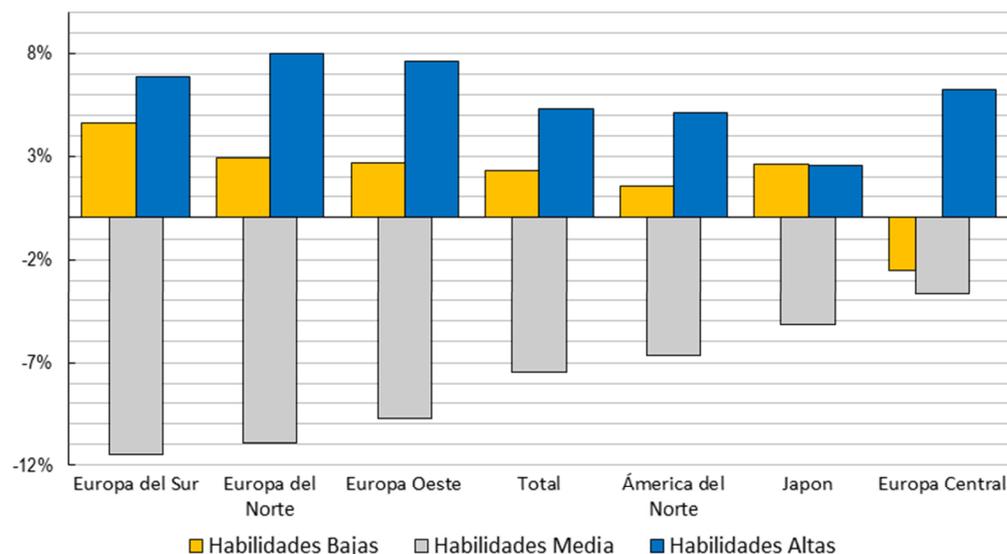
Hoy en día, es común escuchar que el cambio tecnológico está transformando el trabajo. La automatización es la forma más directa de verlo, entendida como la adopción de tecnologías de información y comunicación (TIC) que reemplaza los trabajos que conllevan principalmente tareas rutinarias.

La literatura que estudia el impacto de la adopción de las TIC en la composición del empleo y la demanda de competencias se centra en gran medida en los países desarrollados. Estos estudios miden el desarrollo tecnológico con la adopción y uso de computadoras en el lugar de trabajo (Acemoglu, 1999; Acemoglu y Autor, 2011; Autor y Dorn, 2013, entre otros).

La evidencia de estas investigaciones respalda la idea de que las computadoras y máquinas sustituyen a los trabajadores con calificaciones medias realizando tareas rutinarias intensivas, mientras que complementan y favorecen a los trabajadores altamente calificados y de baja calificación, ya que éstos realizan actividades difíciles de automatizar, como la resolución de problemas, actividades creativas y manuales (tareas cognitivas y manuales no rutinarias), (Autor et al., 2003; Acemoglu y Autor, 2011; Autor y Dorn, 2013).

Como resultado de los cambios en las ocupaciones se observa un efecto de polarización del empleo, es decir, cambios en los patrones del empleo, en el que las ocupaciones de baja y alta calificación ganan participación en el empleo total a expensas de las ocupaciones medianamente calificadas.

Gráfico 1: El mercado laboral continúa polarizado (Porcentaje del cambio en la proporción del empleo total, 1995-2015)¹



Fuente: OCDE (2017b).

El cambio tecnológico es generalmente considerado como uno de los principales factores detrás de esta polarización del empleo (Acemoglu, 2002; Autor et al., 2003). Autor, et al. (2003) distingue entre las tareas cognitivas y manuales, por una parte, y las tareas rutinarias y no rutinarias, por otra. En esta investigación asociaron arbitrariamente las características ocupacionales y clasificaron las tareas como: rutinarias manuales, rutinarias cognitivas, manuales no rutinarias y cognitivas no rutinarias. Esta clasificación es utilizada ampliamente por posteriores estudios.

De acuerdo a Autor (2010), el fenómeno de polarización del empleo es general a las economías avanzadas, no solo en Estados Unidos, con las oportunidades de trabajo concentradas en empleos de alta cualificación y altos salarios y empleos de baja cualificación y bajos salarios, a expensas de los puestos de trabajos cualificados. Las tareas rutinarias son características de muchas actividades cognitivas y productivas de clase media, como la contabilidad, el trabajo de oficina y las tareas de producción repetitiva. En cambio, las tareas no rutinarias, divididas en cognitivas y manuales, se sitúan en los extremos opuestos de la distribución ocupacional-profesional.

¹ Europa del Sur incluye España, Grecia, Italia y Portugal. Europa Oeste incluye Austria, Bélgica, Alemania, Francia, Irlanda, Holanda, Suiza, y Reino Unido. Europa Central incluye Republica Checa, Hungría, Eslovaquia, y Eslovenia. Europa del Norte incluye Dinamarca, Finlandia, Noruega, y Suecia. América del Norte incluye Canadá y EEUU.

La ocupación de baja cualificación es muy intensiva en tareas manuales no rutinarias, en cambio las tareas abstractas o cognitivas requieren de capacidades de resolución de problemas, intuición y persuasión, estas tareas emplean a trabajadores con altos niveles de educación y capacidad analítica. Posteriormente, Autor y Dorn (2013) documentan un cambio estructural en el mercado de trabajo, con los trabajadores reasignando su oferta de trabajo de la manufactura de ingresos medios a las ocupaciones de servicios de bajos ingresos. Se puede argumentar que esto se debe a que las tareas manuales de las ocupaciones de servicios son menos susceptibles a la computarización, ya que requieren un mayor grado de flexibilidad y adaptabilidad física (Autor & Dorn, 2013).

Adicionalmente, la literatura indica que otros de los factores explicativos de que el empleo se está polarizando es, aunque en menor medida, el surgimiento de las cadenas de valor global y más recientemente la deslocalización (*offshoring*) de las tareas (Autor, 2010; Goos et al., 2014). En países abiertos al comercio internacional, el efecto positivo debido a la complementariedad entre TIC y las tareas no rutinarias se ve reforzado por un mecanismo de especialización basado en la ventaja comparativa. En las economías avanzadas, que tienen un incentivo para especializarse en las ocupaciones no rutinarias, una mayor exposición al comercio internacional beneficiará más a las ocupaciones no rutinarias, proporcionando así un incentivo adicional para especializarse en este tipo de ocupaciones. Lo contrario ocurre con los productos que son intensivos en tareas de rutina.

En la revisión de la literatura se observa que la discusión respecto del efecto de la automatización en el empleo es muy reciente. Dentro de los estudios empíricos sobre el impacto de la automatización y el futuro del trabajo, se ha encontrado evidencia la cual podemos agrupar en tres enfoques: en ocupaciones, en tareas, y en actividades.

Tabla 1: Enfoques de Investigación

Enfoque	Principales Investigaciones	Principales Supuestos	% de Población en Riesgo	País
Enfoque en Ocupaciones	Frey y Osborne, 2013	Enfoque basado en Ocupaciones. Las tareas que componen dichas ocupaciones tienen la misma intensidad de rutina. La ocupación completa es reemplazada producto de la automatización.	47%	EE.UU
	Pajarinen y Rouvinen, 2014		35%	Finlandia
	Brzeski y Burk, 2015		49%	Alemania
Enfoque en Tareas	Marcolin et al., 2016a y 2016b	Enfoque basado en la tarea es aplicado desde la OCDE a través del uso de encuestas, actualizadas	20%-35%(*)	Grecia-Inglaterra

Enfoque	Principales Investigaciones	Principales Supuestos	% de Población en Riesgo	País
	Arntz et al, 2016	y específicas de cada país, contenidas en la base de datos del Programa de la OCDE para la Evaluación Internacional de Competencias para Adultos (PIAAC).	9%	Promedio 21 países OCDE
Enfoque en Actividades	Mayika et al., 2017 (McKinsey Global Institute)	Enfoque basado en actividades de trabajo. Analiza 2000 actividades en 800 ocupaciones de EEUU para estimar la automatización potencial. Automatización entendida como el uso de robots en líneas de producción, inteligencia artificial y maquinas.	5%**	EE.UU

Notas: (*) ocupaciones altamente intensivas en rutina, no necesariamente implica que este porcentaje se traspasará directamente al empleo.

(**) del total ocupaciones son 100% automatizables.

Si bien toda la evidencia internacional analizada muestra una tendencia hacia un potencial desplazamiento de ciertas ocupaciones o tareas o actividades por efecto de la automatización y cambio tecnológico, los diferentes enfoques sugieren magnitudes diferentes. A continuación se describen con mayor detalle cada uno de los enfoques analizados:

Enfoque en Ocupaciones

Un estudio ampliamente citado es el de Frey y Osborne (2013), el cual trata de estimar la susceptibilidad del empleo a la computarización. En este estudio clasifican las ocupaciones en los EE.UU. con respecto al riesgo de ser susceptibles a la automatización preguntando a los expertos sobre el potencial tecnológico para la automatización en un futuro próximo. Los resultados sugieren que el 47% de todas las personas empleadas en los EE.UU. están desempeñándose en trabajos que podrían ser realizados por computadoras y algoritmos dentro de los próximos 10 a 20 años. De acuerdo con esto, son especialmente el servicio, el transporte, logística, las ventas y los trabajos de oficina y administración que caen en la categoría de alto riesgo de reemplazo debido a los vehículos autónomos, los algoritmos para grandes datos, y los robots de servicio personal y doméstico. Además, encuentran que el riesgo de automatización es mayor para los trabajadores poco cualificados y para las ocupaciones de bajos salarios, lo que sugiere que la automatización podría afectar de manera desproporcionada a estos grupos de trabajadores. Con este enfoque, otros estudios han encontrado que este efecto es de alrededor un 35% en Finlandia y 49% en

Alemania (Pajarinen y Rouvinen, 2014; Brzeski y Burk, 2015, respectivamente en Arntz et al, 2016). Frey y Osborne (2013) discuten el modelo de tarea de Autor et al. (2003), considerando que las tareas que potencialmente podrían ser automatizadas van más allá de las tareas rutinarias, reflejando los nuevos avances en ML (aprendizaje mecánico) y MR (robótica de máquinas).

Paralelamente, otro estudio extendió el enfoque de ocupaciones de Frey y Osborne (2013), usando datos del Banco Mundial para estimar el impacto global de la automatización (Frey et al, 2016). Este reporte, realizado en conjunto entre Citibank y Frey y Osborne, indica que el riesgo de automatización es más alto en muchos otros países; para el promedio de la OCDE el 57% del trabajo son susceptibles de automatizar, mientras que para los países en desarrollo la tasa es mayor respecto a los países de altos ingresos, por ejemplo, para India un 69% y para China un 77%. A la luz de los desarrollos tecnológicos, la manufactura se está convirtiendo en menos intensiva en empleo, lo que contribuye a una creciente preocupación por la “prematura desindustrialización” (Rodrik, 2016) debido al incremento de la automatización en manufactura, los países de bajos ingresos de hoy no tendrán la misma posibilidad de lograr un crecimiento rápido al trasladar a los trabajadores de la agricultura a los empleos de manufactura más rentables. En este sentido, el Banco Mundial (2016) reporta la factibilidad de automatización basado en las ocupaciones de los trabajadores en función de los avances tecnológicos, y muestra que para los países de la OCDE la mitad de los trabajos podrían ser automatizados en el próximo par de décadas.

Enfoque en Tareas

Posteriormente, durante el año 2016, un nuevo enfoque basado en la tarea es aplicado desde la OCDE (2016a) a través del uso de encuestas, actualizadas y específicas de cada país, contenidas en la base de datos del Programa de la OCDE para la Evaluación Internacional de Competencias para Adultos (PIAAC). Destacan dos diferentes estudios, el primero referente al índice de intensidad de rutina (Marcolin et al., 2016a y 2016b) y el segundo mide el riesgo de automatización desde la tarea (Arntz et al, 2016).

El estudio de Marcolin et al. (2016a y 2016b) mide el contenido rutinario de las ocupaciones mediante el enfoque basado en la tarea con el objetivo de entender mejor el impacto de las cadenas de valor globales en el empleo. Para ello, construye un nuevo índice de intensidad de rutina (RII) utilizando respuestas a cuatro preguntas de PIAAC. Éstos proporcionan información relacionada con la propia evaluación de los individuos de: su grado de libertad para establecer la secuencia de sus tareas; su grado de libertad para decidir el tipo de tareas a realizar en el trabajo; la frecuencia con la que planifican sus propias actividades; y la frecuencia con la que organizan su propio tiempo. Este enfoque

mejora las metodologías existentes, especialmente las que basan la definición de intensidad de rutina en la asociación de características ocupacionales (es decir, habilidades y requisitos de trabajo) de Autor et al. (2003) a tareas rutinarias y no rutinarias, más bien se revisa la importancia de la “destreza de los dedos” y “razonamiento abstracto” para la identificación de tareas rutinarias intensivas.

El RII se utiliza para agrupar las ocupaciones en cuatro clases de intensidad de rutina: no rutinaria, intensidad de rutina baja, ocupaciones intensivas de rutina media y ocupaciones rutinarias intensivas. Como resultado, utilizando la base PIAAC 2012, se observa diferencias entre los países de la OCDE en la proporción promedio de las ocupaciones en los diferentes cuartiles de intensidad de rutina. El número de trabajadores de no rutina y baja rutina varía entre 55% en Luxemburgo y un 20% en Italia. Por otro lado, la proporción de trabajadores empleados en ocupaciones altamente intensivas en rutina varía desde 20% en Grecia hasta 35% en Inglaterra. Estas notables diferencias reflejan el grado en que las economías difieren a lo largo de una serie de características estructurales, incluida la estructura de la industria, la composición de la mano de obra de las calificaciones y la medida en que las economías participan en las cadenas globales de valor.

En base a análisis econométricos, se revela que las habilidades comparativamente más altas se relacionan con una mayor demanda de ocupaciones no rutinarias y de baja rutina intensiva. La intensidad del uso de las TIC muestra una correlación positiva con los niveles de empleo en las ocupaciones no rutinarias y una negativa con ocupaciones intensivas de rutina. La innovación tecnológica, según el número de patentes, se correlaciona positivamente con el empleo en todos los cuartiles.

Otro estudio de la OCDE (2017b) profundiza y reflexiona críticamente la medida de riesgo de computarización aplicando el enfoque basado en la tarea utilizando datos de la PIAAC (Arntz et al, 2016²). Ellos argumentan que la metodología basada en la ocupación propuesta por Frey y Osborne (2013), asume que las ocupaciones completas, en lugar de tareas únicas, son automatizadas por la tecnología, lo cual podría conducir a una sobreestimación de la automatización del trabajo, ya que las ocupaciones etiquetadas como ocupaciones de alto riesgo a menudo contienen una parte sustancial de tareas que son difíciles de automatizar. Así como también el enfoque basado en la ocupación supone que las ocupaciones en otros países estudiados son comparables a las ocupaciones estadounidenses. A diferencia de otros estudios, este estudio de la OCDE tiene en cuenta la heterogeneidad de las tareas de los trabajadores dentro de las ocupaciones.

² Ver Anexo 1 para más detalle.

En general, los autores encuentran que, en promedio, en los 21 países de la OCDE, el 9% de los empleos son altamente automatizables, encontrando heterogeneidad entre los países; un 6% en Corea y 12% en Austria. Aunque si bien, se evidencia que la automatización de los puestos de trabajo es menor en los empleos con altos requisitos de nivel educativo o en trabajos que requieren cooperación con otros empleados. Mientras, que el riesgo es mayor en trabajos con una alta proporción de tareas relacionadas con el intercambio de información, la venta o el uso de dedos y manos, lo cual sigue la misma línea de evidencia de Acemoglu y Autor en cuanto que las tareas rutinarias, están sujetas a la automatización y pueden ser sustituida por máquinas y computadoras, de acuerdo a lo mencionado anteriormente. Las diferencias entre países pueden reflejar diferencias generales en la organización del lugar de trabajo, diferencias en las inversiones anteriores en tecnologías de automatización y diferencias en la educación de los trabajadores entre países.

Este estudio concluye que la automatización y la digitalización no destruirán un gran número de puestos de trabajo, con respecto a lo encontrado por Frey y Osborne (2013). Sin embargo, es probable que los trabajadores con baja cualificación soporten la mayor parte de los costos de ajuste, ya que la automatización de sus empleos es mayor en comparación con los trabajadores altamente calificados. Por lo tanto, el reto para el futuro reside en hacer frente a la creciente desigualdad y asegurar una adecuada formación, especialmente para los trabajadores con baja cualificación.

En otras palabras, la amenaza de los avances tecnológicos en el empleo, es menos pronunciada en comparación con el enfoque basado en la ocupación. Esto debido a tres razones: la utilización de las nuevas tecnologías es un proceso lento, debido a los obstáculos económicos, jurídicos y sociales, de modo que la sustitución tecnológica no suele tener lugar como se esperaba; los trabajadores pueden adaptarse a las nuevas tecnologías cambiando las tareas, evitando así el desempleo tecnológico; el cambio tecnológico también genera nuevos empleos a través de la demanda de nuevas tecnologías y de una mayor competitividad.

En esta misma línea, también Acemoglu y Restrepo (2017) plantean un modelo basado en las tareas en que la decisión de acumulación de capital y la dirección de la investigación a crear nueva tecnología es endógena y depende del precio relativo de los factores. Sus resultados muestran que del crecimiento del empleo en Estados Unidos entre 1980 y 2007 (17,5%), alrededor de la mitad se explica por el aumento del empleo adicional en las ocupaciones con nuevos títulos de trabajo en relación con una categoría de referencia sin nuevos títulos de trabajo. En dicho modelo hay dos efectos contrarios que produce el cambio tecnológico. Por una parte, una nueva tecnología puede reemplazar a una persona

en la realización de una tarea (no necesariamente su ocupación), reduciendo el uso del factor trabajo. Por otra parte, la nueva tecnología puede a su vez crear nuevas tareas más complejas, en donde el factor trabajo tienen una ventaja comparativa en su ejecución, aumentando así su uso.

Así como también, el desarrollo de innovaciones tecnológicas considerada como un proceso continuo puede producir un sustantivo impacto en el mercado laboral. Específicamente, Brynjolfsson y McAfee (2014) argumentan que las innovaciones tecnológicas más sofisticadas ya no se limitan simplemente a tareas rutinarias, sino que se están extendiendo a dominios usualmente definidos como no rutinarios y también están realizando tareas que suelen ser dirigidas por trabajadores más calificados. Un ejemplo de esta tendencia es el número de tareas habitualmente realizadas por abogados y contadores que están siendo emprendidas por sofisticados algoritmos. De hecho, Autor (2015) explica que el dominio de tareas no rutinarias de forma autónoma a través de la programación de máquinas está avanzando. De esta forma, todos los trabajadores de todos los niveles de habilidades tienen el potencial de verse afectados al menos parcialmente por la automatización (Brynjolfsson y McAfee, 2014).

Enfoque en Actividades

Por otra parte, a principios de este año fue publicado un reporte del McKinsey Global Institute (MGI), el cual mide el potencial efecto de la automatización tecnológica en el empleo mediante un nuevo enfoque basado en actividades de trabajo (Manyika et al., 2017). Se analizan 2000 actividades en 800 ocupaciones de EEUU para estimar la automatización potencial. Automatización entendida como el uso de robots en líneas de producción, inteligencia artificial y máquinas. MGI encuentra que pocas ocupaciones son completamente automatizadas si se adoptan las tecnologías probadas, es decir, solo el 5% de las ocupaciones consiste en actividades que son 100% automatizadas. Por otro lado, el 60% de todas las ocupaciones tienen al menos 30% de actividades automatizadas. El estudio concluye que el aumento de la automatización produce un aumento de productividad por mayor apoyo de trabajadores altamente cualificados y la caída en la demanda de trabajadores de baja cualificación y ocupaciones intensas en rutinas.

Estudios para Latinoamérica

Ahora bien, en el contexto Latinoamericano, la evidencia a nivel de la firma es más escasa y débil respecto al efecto polarización. Usualmente los estudios que utilizan datos de ocupaciones, extendiendo la metodología de Frey y Osborne (2013), encuentran que las ocupaciones que usan más intensamente las TIC tienen una alta demanda de habilidades cognitivas y una menor demanda de habilidades manuales rutinarias y no rutinarias

(Santos et al., 2015). Para el caso de Chile, Almeida et al (2017) es el primer estudio que muestra evidencia en cuanto al impacto de la adopción de TIC en el empleo, mediante el enfoque basado en la tarea. Si bien la literatura ampliamente documenta que el creciente uso de las TIC en el lugar de trabajo, principalmente a través del uso de los computadores, está llevando a la polarización del empleo, este estudio se enfoca en el uso de softwares complejos y su impacto en el empleo. Para ello, utiliza datos a nivel de la firma de la Encuesta Longitudinal de Empleo (ELE) del Ministerio de Economía para el periodo 2007-2013 y la base de datos PIAAC 2015, en la cual Chile participó por primera vez.

Como resultado Almeida et al. (2017) encontraron, al contrario de la literatura previa, que la adopción de software complejo entre las empresas chilenas ha redistribuido los empleos de los trabajadores cualificados a los no cualificados. Esto también se asocia el incremento de las tareas manuales y rutinarias en desmedro de las tareas abstractas. Además, los impactos se explican principalmente por la adopción de tecnología entre los sectores de baja educación y baja productividad, tales como el comercio al por mayor y al por menor y el sector manufacturero, en los que la mayoría de los trabajadores no cualificados están empleados. Concluye que dependiendo del tipo de tecnología que se observe, se podrá inferir acerca del impacto que genera en el empleo.

Por su parte, un nuevo estudio de McKinsey Global Institute (Manyika et al., 2017) analiza el riesgo de automatización para 54 países del mundo, entre ellos Chile, utilizando el enfoque basado en las actividades de trabajo. MGI infiere que el 49% del total del trabajo en Chile tiene riesgo de ser automatizadas, considerando la tecnología disponible actual, equivalente a 3.2 millones de los empleos, mientras que para Estados Unidos alcanza el 46% del empleo actual, México 52% y Brasil 50%, siendo los sectores económicos con mayor potencial de automatización, el de manufactura (61%), *retail* (51%) y administración y sector público (41%).

De esta revisión bibliográfica, se identifica un común denominador que está presente en todas las investigaciones realizadas a nivel mundial, que es la característica rutinaria de cierto tipo de tareas, variable a través de la cual se pueden pronosticar los efectos de la automatización en el empleo. Considerando esta variable se desarrollará el análisis del caso Chileno, presentado en este estudio.

Metodología

Considerando los diferentes enfoques de análisis del efecto de la automatización en el empleo (en ocupaciones, en tareas y en actividades), se desprende que el común denominador en todas las investigaciones realizadas a nivel mundial, ha sido la característica rutinaria. A mayor intensidad de rutina de una tarea en particular, más programable y más automatizable es y, por consiguiente, mayor la probabilidad de ser realizada por una nueva tecnología en reemplazo del factor trabajo.

Este estudio se basará en analizar cuán intensivo en tareas rutinarias es el mercado laboral chileno, utilizando el enfoque en tareas. Esto dará una visión general del contexto del mercado laboral chileno en cuanto a las ocupaciones y sectores con mayores niveles de intensidad de rutina, y a las personas que actualmente se encuentran en ellos. También permitirá cuantificar quienes tienen una mayor exposición a que sus trabajos sean automatizables y reemplazados por tecnología.

A continuación, se describen los datos a utilizar en el análisis, y luego, se explica en detalle la metodología utilizada.

Datos para el Análisis

Para analizar este caso, se utilizaron todas las fuentes disponibles, las cuales son encuestas nacionales representativas a nivel de ocupaciones, sector económico y tamaño de empresa, siendo el eje principal la Encuesta Internacional de las Competencias de Adultos, que por primera vez fue aplicada en Chile el año 2017.

- a. **Evaluación Internacional de las Competencias de Adultos (PIAAC):** Es una encuesta implementada por la OCDE para evaluar y monitorear en el tiempo las competencias que los adultos requieren para participar con éxito en la economía y sociedad en la que vivimos. Es aplicada a más de 40 países miembros del Programa para la Evaluación Internacional de las Competencias de los Adultos (PIAAC por sus siglas en inglés). La población encuestada tiene entre 16 y 65 años de edad y son encuestados en sus hogares. En cada país miembro se encuestan a 5.000 individuos. Mide habilidades en Lenguaje, Matemáticas y para la Resolución de Problemas en ambientes tecnológicos. Recoge una amplia gama de información que permite ver cómo las habilidades son usadas en el trabajo, en el hogar y en la comunidad. Permite realizar comparaciones estadísticamente válidas entre los distintos países participantes. La Encuesta PIAAC cuenta con dos versiones: 2012 y 2015. Chile participó por primera vez en la versión 2015. La clasificación de

ocupaciones utiliza la CIUO-08 y para sector económico se clasifica de acuerdo a la CIU 4 para el caso Chileno.

- b. **Nueva Encuesta Nacional de Empleo (NENE):** Es una encuesta que implementó el Instituto Nacional de Estadísticas (INE) a partir del primer trimestre de 2010 y tiene por objetivo clasificar a todas las personas según su situación laboral. Es aplicada a una muestra de 36.000 hogares y reporta resultados para trimestres móviles. Dentro de la vivienda se entrevista a cada uno de los miembros del hogar de 15 años y más. Tiene representatividad nacional y para cada una de las 15 regiones de Chile. La variable de las ocupaciones son clasificadas de acuerdo a la CIUO-88.
- c. **Encuesta Longitudinal de Empresas (ELE):** Es una encuesta a cargo del Ministerio de Economía e implementada a través del Instituto Nacional de Estadísticas. La primera versión fue publicada en el año 2009 en base a información del año fiscal 2007 y ha sido aplicada en cuatro oportunidades. Es la única encuesta nacional a nivel de empresas estructurada como datos de panel. En su versión más reciente (ELE4), con año de referencia 2015, cuenta con 8.084 empresas efectivamente encuestadas. Dentro de las cuales, 4.541 han sido encuestadas en al menos dos de las versiones anteriores. Tienen representatividad nacional. La ELE4 es la primera versión en incorporar la Clasificación Industrial Internacional Uniforme Revisión 4 (CIU Rev. 4).

Metodología de Análisis

A continuación, se describe en términos breves en qué consiste la herramienta de análisis a utilizar, aunque cabe señalar que no es el objetivo de este estudio profundizar en el análisis exhaustivo de su definición, sino utilizar la metodología desarrollada por Marcolin et al. (2016a y 2016b) y aplicarla para el estudio del caso chileno.

Análisis a nivel de tareas, no de ocupaciones

Antes de iniciar directamente la explicación del cálculo del Índice de Intensidad de Rutina, es necesario explicar el enfoque que utilizaron sus autores para realizar la evaluación del contenido de rutinas que tienen las distintas ocupaciones y sectores económicos.

Al respecto, Marcolin et al. (2016a y 2016b) basan su análisis de intensidad de rutina, no a través de las ocupaciones, sino que a través de la caracterización de las tareas que reportaron los encuestados en la PIAAC.

Este enfoque, centrado en el análisis de las tareas, tiene ventajas respecto a aquellos que se focalizan directamente en el estudio de las ocupaciones.

Primero, es un supuesto bastante heroico asumir que el contenido de tareas de una ocupación es el mismo independiente del contexto en el que se ejecute. Hay diferencias en la calificación de la persona, diferencias entre empresa de un mismo sector e incluso tamaño, y ni hablar entre sectores o países.

Segundo, respecto de las evaluaciones del efecto del cambio tecnológico en el empleo, es verdad que hay ocupaciones que tenderán a tener un mayor contenido de tareas rutinarias, y por lo tanto un mayor riesgo de automatización de dichas tareas, pero aquello no implica que necesariamente la ocupación sea la que esté en peligro de ser reemplazada. De hecho, como fue mencionado anteriormente, Frey y Osborne (2013) utilizan un enfoque basado en las ocupaciones, que probablemente está sobreestimando el efecto del cambio tecnológico en el empleo, puesto que suponen que un 47% de las ocupaciones sería completamente reemplazada por un cambio tecnológico. Así como también, en esta misma línea, los resultados encontrados por McKinsey (Manyika et al., 2017) encuentran que el 49% del empleo Chileno tiene el riesgo de ser automatizado. Al utilizar el enfoque basado en el contenido de tareas de las ocupaciones, se reconoce el hecho de que habrá un cambio en las tareas que ejecuten las personas en una determinada ocupación, pero no necesariamente serán completamente reemplazadas.

Cálculo del RII

Basados en el análisis exhaustivo de las preguntas de la PIAAC, Marcolin et al. (2016a y 2016b) logran encontrar cuatro preguntas que permiten determinar el grado de autonomía, o contrariamente, el nivel de rutina de las tareas que los encuestados realizan en sus trabajos. Este enfoque, se aproxima al nivel de intensidad de la rutina, a partir de la caracterización de tareas que ejecutan los trabajadores participantes en las distintas ocupaciones (CIUO-2008) y sectores industriales (ISIC-04 o CIIU 4).

Las preguntas que encuentran logran medir qué tan a menudo el trabajador puede seleccionar o cambiar la **Secuencia** de las tareas que realiza, con qué grado de **Flexibilidad** puede seleccionar o cambiar las tareas que realiza, en qué grado el trabajo que realiza le permite **Planificar** sus propias actividades y, por último, en qué grado el individuo puede **Organizar** sus propios tiempos en el trabajo.

De acuerdo a lo planteado por los investigadores, mientras más pueda el trabajador definir la secuencia de sus tareas, mayor será el nivel de flexibilidad que tenga el trabajador para elegir qué tareas realizar, y mientras más capacidad de planificar sus

actividades y organizar sus propios tiempos tenga, menor es la intensidad de rutina a la cual está sujeto en su trabajo. Comentan además que la Planificación y Organización se relacionan con las características de las tareas interactivas no rutinarias planteadas en Autor et al. (2003).

En base a lo anterior, definen un índice, al que llaman RII (Routine Intensity Index), como el promedio ponderado de los puntajes que asignan a las respuestas de los trabajadores a las cuatro preguntas seleccionadas. El puntaje toma valores enteros entre 1 y 5, siendo 1 el menor nivel de intensidad de rutina de las tareas realizadas, y 5 el mayor nivel de intensidad de rutina. Por esta razón, es que mientras mayor sea el índice, mayor será la intensidad de la rutina en las funciones que el trabajador realiza.

Dado que este índice se calcula por cada individuo, permite realizar agregaciones al nivel de las ocupaciones (CIUO-08) y a nivel de sector industrial (CIIU-04). En términos matemáticos, definen la siguiente ecuación para cada uno de los individuos (i) en cada una de las ocupaciones (o) y en cada sector industrial (k):

$$RII_{i,k,o} = w_s S_{i,k,o} + w_f F_{i,k,o} + w_p P_{i,k,o} + w_{org} Org_{i,k,o}$$

Donde, $S_{i,k,o}$ representa el puntaje de la pregunta que se refiere a la *secuencia* de las tareas del *individuo* i en el *sector* k en la ocupación o , $F_{i,k,o}$ es al puntaje de la pregunta que se refiere a la flexibilidad, $P_{i,k,o}$ es el puntaje de la pregunta que sobre planificación del trabajo, y $Org_{i,k,o}$ representa el puntaje de la pregunta que hace referencia a la organización de los tiempos. A su vez, w representa el peso relativo de cada variable en el puntaje del *RII*.

Notar que el índice asume una forma funcional lineal. Ésta es una definición *ad-hoc* que los investigadores adoptan, argumentando que representa la forma funcional más natural para resumir distintos conceptos que están correlacionados unos con otros y que tienen un denominador subyacente común. Además, resaltan el hecho de que esta forma funcional ya ha sido utilizada en la literatura relevante por Autor et al. (2003) y por Goos et al. (2014), quienes calculan la intensidad de rutina como la simple suma de las variables consideradas en este mismo modelo.

Marcolin et al. (2016a y 2016b), en base a distintas teorías, calculan diferentes tipos de indicadores considerando distintos pesos relativos, w , para cada una de las variables. En este ejercicio ellos logran demostrar que, no importa a cuál variable le otorguen más pesos, cada uno de los indicadores presenta entre sí una correlación positiva mayor a 0,7 en casos particulares, y superior a 0,8 y casi 0,9 en la gran mayoría de los casos. Por lo

anterior, para efectos del posterior análisis, definen el indicador ponderando cada variable por 0,25 que será la misma ponderación que se usara en este análisis.

Una vez definida la principal herramienta de análisis a continuación se detallan las etapas que se siguieron para obtener los resultados presentados en las siguientes secciones:

1. Para visualizar la evolución del empleo en Chile se utilizaron datos de la Encuesta Nacional de Empleo (ENE) y la Nueva Encuesta Nacional de Empleo (NENE). Luego se utilizaron los datos de la encuesta CASEN. Para agrupar las ocupaciones se utilizó la metodología utilizada por Almeida et al. (2017) y se hizo una homologación con los datos de la Encuesta CASEN, la tabla con el detalle de esta clasificación se encuentra en el Anexo 2.

2. Considerando el RII se realizó un primer Cálculo de los cuartiles de rutina para Chile, con la finalidad de establecer una comparación con otros países. Este análisis utilizó la metodología de Marcolin et al. (2016a y 2016b) en base a PIAAC 2012 y para el cálculo de Chile se utilizó la base PIAAC 2015 y NENE 2017.

Cabe señalar que, para la definición de los cuartiles o categorías de intensidad de rutina, se utilizó la distribución de puntajes de RII para todos los países de la encuesta PIAAC, facilitando así la comparación entre países, la que no sería posible al definir los cuartiles utilizando sólo la distribución de puntajes condicional a Chile.

3. Para identificar los sectores y ocupaciones con mayor potencial de automatización se realizó el cálculo del RII para ocupaciones y sectores económicos. Primero se calculó un promedio, luego se midieron considerando los cuartiles de RII (No Rutinario, Baja Rutina, Media Rutina y Alta Rutina). Finalmente se incluyó un análisis considerando el potencial de impacto de la automatización dado el peso de las ocupaciones y los sectores en la fuerza laboral de Chile. Estos análisis se hicieron con las bases PIAAC 2015 y NENE 2017.

4. Se hizo un análisis de variables sociodemográficas para estudiar las características de los trabajadores con alto índice de rutina. Este análisis se hizo utilizando la encuesta PIAAC, considerando los cuartiles de RII (No Rutinario, Baja Rutina, Media Rutina y Alta Rutina).

Para darle robustez a estos resultados se hicieron estimaciones econométricas exploratorias, determinando la significancia estadística de cada uno de las variables relevantes (Anexo 8).

5. Considerando los cuartiles de rutina antes mencionados se hizo una clasificación del número de trabajadores por sector económico para cuantificar los trabajadores con potencial de automatización, para esto se utilizó la encuesta PIAAC 2015 y NENE 2017.

Cabe señalar que existen detalles que fue necesario cambiar antes de trabajar con los datos, primero las ocupaciones en la PIAAC y en la NENE utilizan distintas clasificaciones, la primera ocupa la clasificación CIUO-08, mientras que la segunda utiliza CIUO-88, por lo que fue necesario realizar una homologación.

Por otra parte, la encuesta NENE tuvo un cambio metodológico, que se implementó en el año 2010, lo que imposibilita la comparabilidad entre la encuesta nacional de empleo (ENE) desde los años previos a 2010, y la nueva encuesta nacional de empleo (NENE) desde el año 2010 en adelante. Además, en el año 2013 hubo un cambio en la clasificación de los sectores económicos, pasando de CIU – 03 a CIU – 04, ambos a un dígito. Este último punto, permite relacionar la información de PIAAC con la NENE a nivel de sector económico a partir del año 2013 en adelante, pero requiere una homologación para los años previos.

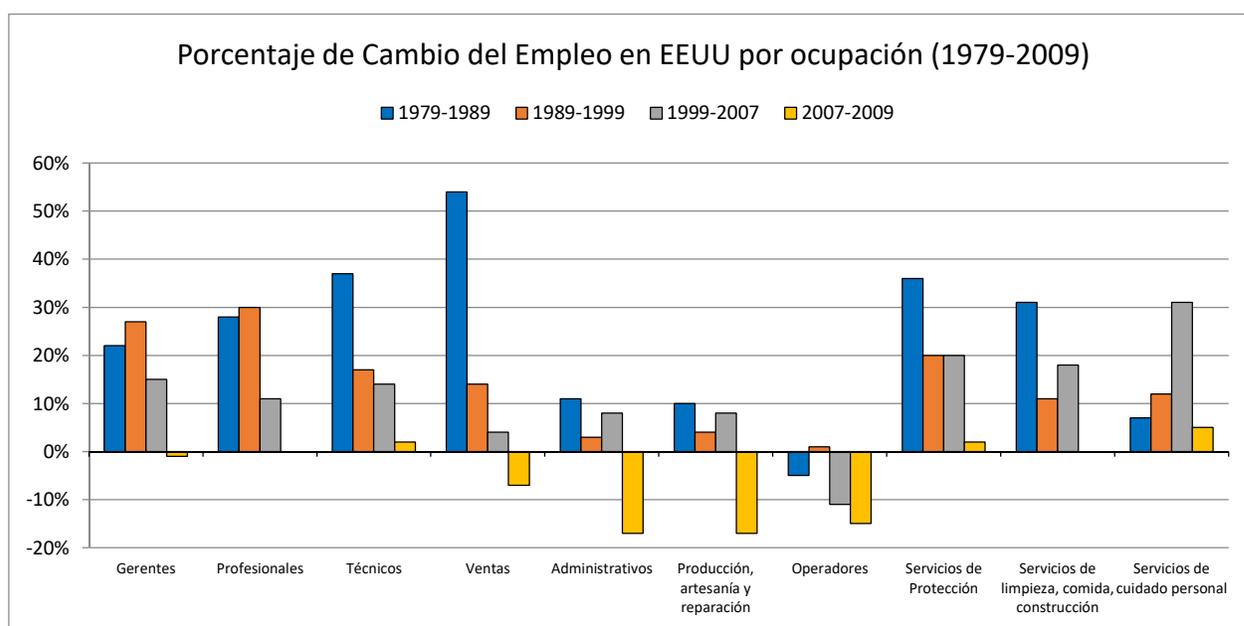
Evolución de la Estructura del Empleo

En esta sección se presenta el análisis sobre la evolución del empleo en Chile, para ver si existe polarización. Primero se presenta un análisis de la polarización en el mundo y luego se presentan los resultados para Chile.

Polarización del empleo en el mundo

De acuerdo con el análisis de Autor (2010), el crecimiento del empleo en la economía de los Estados Unidos se concentra cada vez más en las colas de la distribución de habilidades ocupacionales, produciendo un efecto de polarización en el empleo.

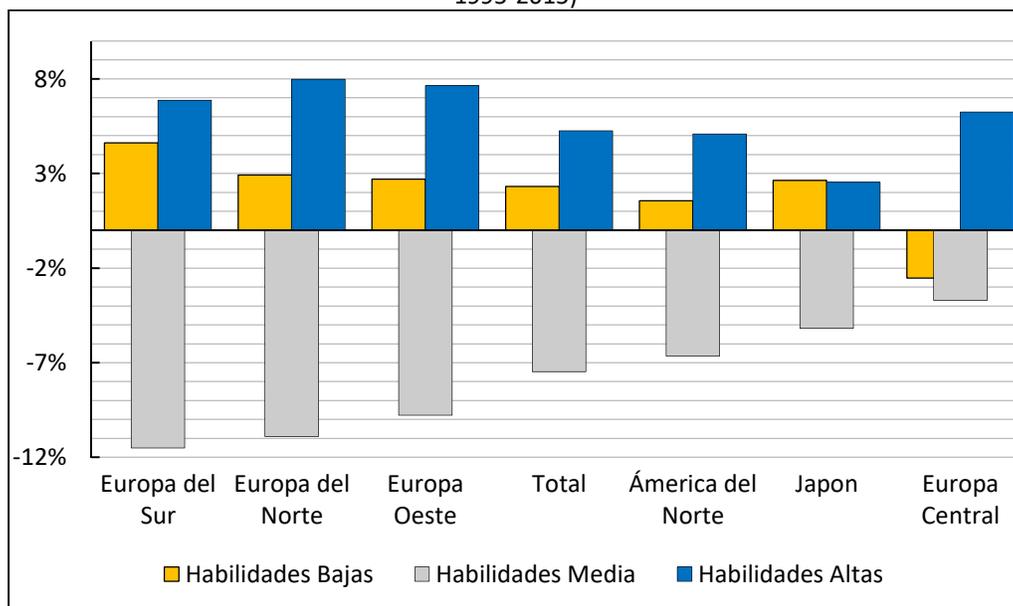
Gráfico 2: Porcentaje de cambio en empleo de EEUU, por ocupación (1979-2009).



Fuente: Autor (2010).

Por otro lado, considerando los resultados para los países seleccionados de la OCDE, se observa una heterogeneidad en la polarización. Aunque en la mayoría de las macro regiones se observa una caída del empleo “Habilidades medias” en relación a los de “Habilidades altas” y “Habilidades bajas”.

Gráfico 3: El mercado laboral continúa polarizado (Porcentaje del cambio en la proporción del empleo total, 1995-2015)³



Fuente: OCDE (2017b).

Evolución de la estructura del empleo según tipo de ocupación

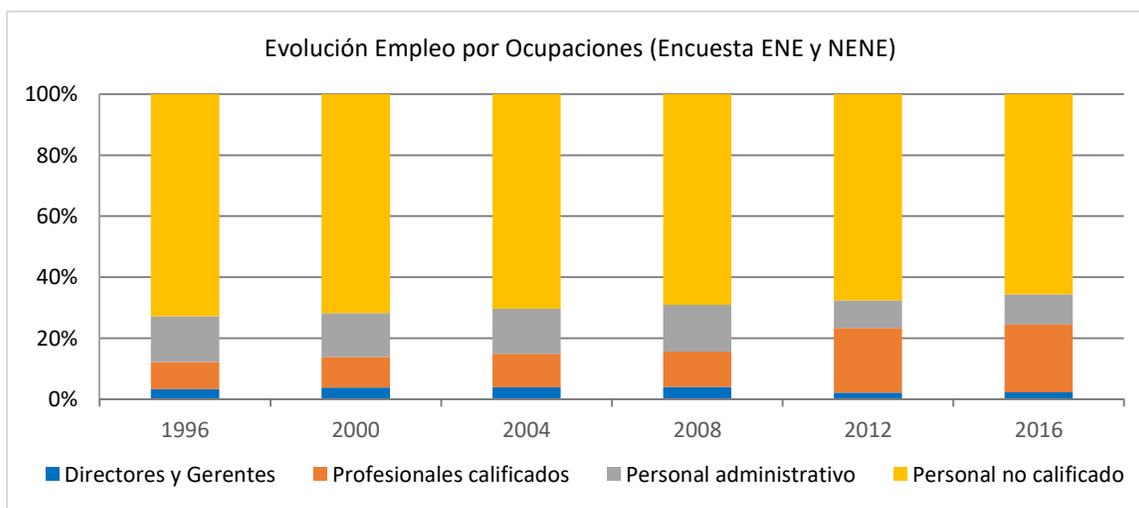
Primero se verá cómo ha evolucionado la estructura del empleo considerando ocupaciones desde el año 1996 al año 2016, usando la encuesta ENE y NENE. Luego se hará el mismo análisis utilizando los datos de la encuesta CASEN, desde 1990 al 2011.

Para revisar en términos agregados cómo ha evolucionado la estructura del empleo a lo largo del tiempo en Chile, se agruparon las distintas categorías, de la clasificación CIUO – 88, en 4 grandes categorías: Directores y Gerentes, Profesionales calificados, Personal administrativo y Personal no calificado, siguiendo el trabajo realizado por Almeida et al. (2017). En Anexo 2 se incluye la tabla de categorías homologadas.

En la Gráfico 4 se muestra el cambio (o no cambio) de la estructura del empleo desde el año 1996 al año 2016. No obstante, previo a realizar el análisis se debe considerar el cambio metodológico realizado en la encuesta nacional de empleo a partir del año 2010. Dicho esto, podemos ver que entre el año 1996 y el año 2008 no hay una gran variación en la estructura del empleo, salvo un aumento de 2 puntos porcentuales de la participación de los Profesionales calificados entre 1996 y 2008. Luego del cambio metodológico del año 2010, se aprecia una estructura estable entre 2012 y 2016.

³ Europa del Sur incluye España, Grecia, Italia y Portugal. Europa Oeste incluye Austria, Bélgica, Alemania, Francia, Irlanda, Holanda, Suiza, y Reino Unido. Europa Central incluye República Checa, Hungría, Eslovaquia, y Eslovenia. Europa del Norte incluye Dinamarca, Finlandia, Noruega, y Suecia. América del Norte incluye Canadá y EEUU.

Gráfico 4: Evolución del Empleo por Ocupaciones con Datos Encuesta ENE y NENE.

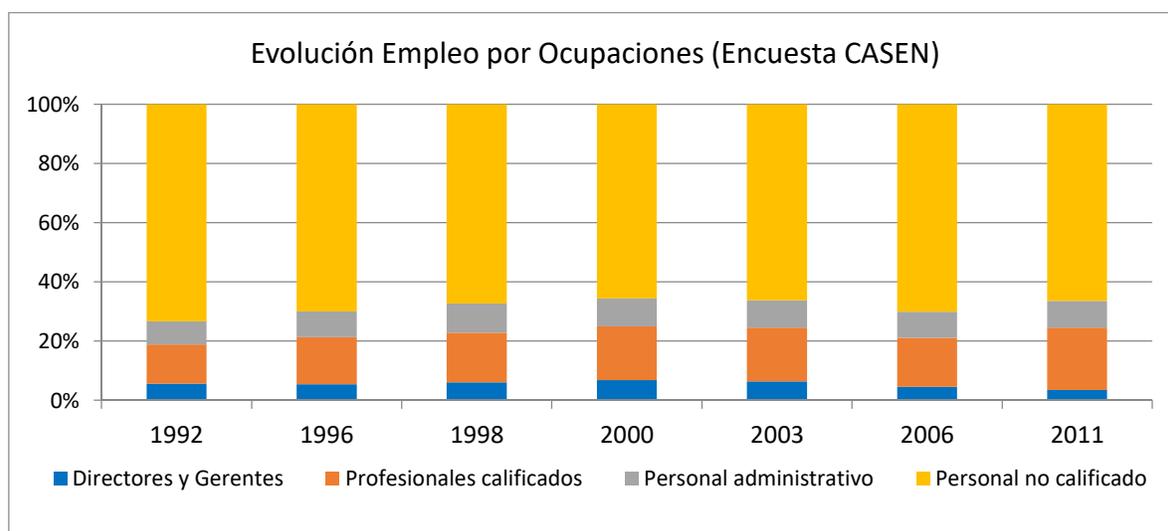


Fuente: Elaboración propia en base a la base de datos ENE (1996-2008) y NENE (2012-2016).

Nota: Quiebre metodológico en el año 2010.

Para confirmar esta evolución, se ha calculado la evolución del empleo utilizando la Encuesta CASEN ya que tiene un horizonte de tiempo mayor. En este sentido, se observa similares resultados a los encontrados utilizando la NENE, confirmando que la estructura del empleo según ocupación se ha mantenido estable y no existen rastros de polarización.

Gráfico 5: Evolución del Empleo con Datos encuesta CASEN 1990-2011



Fuente: Elaboración propia en base a CASEN (1990-2011).

Para mayor detalle sobre cada ocupación en Anexo 3, se incluyen los gráficos utilizando la clasificación de la NENE y de la CASEN.

Otro aspecto interesante de notar tiene relación con la tendencia de las nuevas contrataciones y términos de contratos. De acuerdo con los resultados de la Encuesta Longitudinal de Empresas (ELE), la estructura de empleo de las nuevas contrataciones es similar a la de los despidos. Esto es indicativo de que la empresa está, al menos en el año 2015, manteniendo fija la estructura del empleo.

No obstante, en términos proporcionales, todas las empresas, independiente de su tamaño, han contratado proporcionalmente más ocupaciones elementales que las que tienen en su actual estructura de empleo. Es decir, contratan más a personas que tienden a ser colocadas en labores de carácter más rutinario (Ver en anexo 4 más detalle).

En general, estos resultados están en línea con lo planteado por la OCDE (2017b) en su reporte Employment Outlook 2017, ya que señalan que la ausencia o baja polarización del empleo sigue la tendencia de países emergentes como China e India. Sin embargo, la proporción de ocupaciones que podrían automatizarse será más grande en las próximas décadas. De esta forma, el potencial de polarización es significativo y dependerá de la rapidez en que se adopten las nuevas tecnologías (OCDE, 2017b).

Como primera conclusión se puede afirmar que todavía no existe polarización en el empleo en Chile y que esto se puede deber a que el proceso de adopción de tecnologías de automatización es más lento y también se puede deber a que el mercado laboral chileno es menos flexible que el de otros países como EEUU.

Por otra parte también es importante resaltar que la información estadística disponible es escasa, y además tiene complicaciones que limitan su comparabilidad.

Chile en el contexto OCDE

Considerando los cálculos realizados por Marcolin et al. (2016a y 2016b) se realizó una estimación sobre los cuartiles de rutina para Chile, a continuación se presentan estos resultados.

En la Tabla 2 y Gráfico 6 se puede ver que Chile sigue la tendencia promedio de los países OCDE. En general para Chile un 24,4% de los trabajadores están realizando tareas altamente rutinarias encontrándose dentro del rango de magnitud de los países de la OCDE; 21,6% en Grecia y 35,8% en Reino Unido.

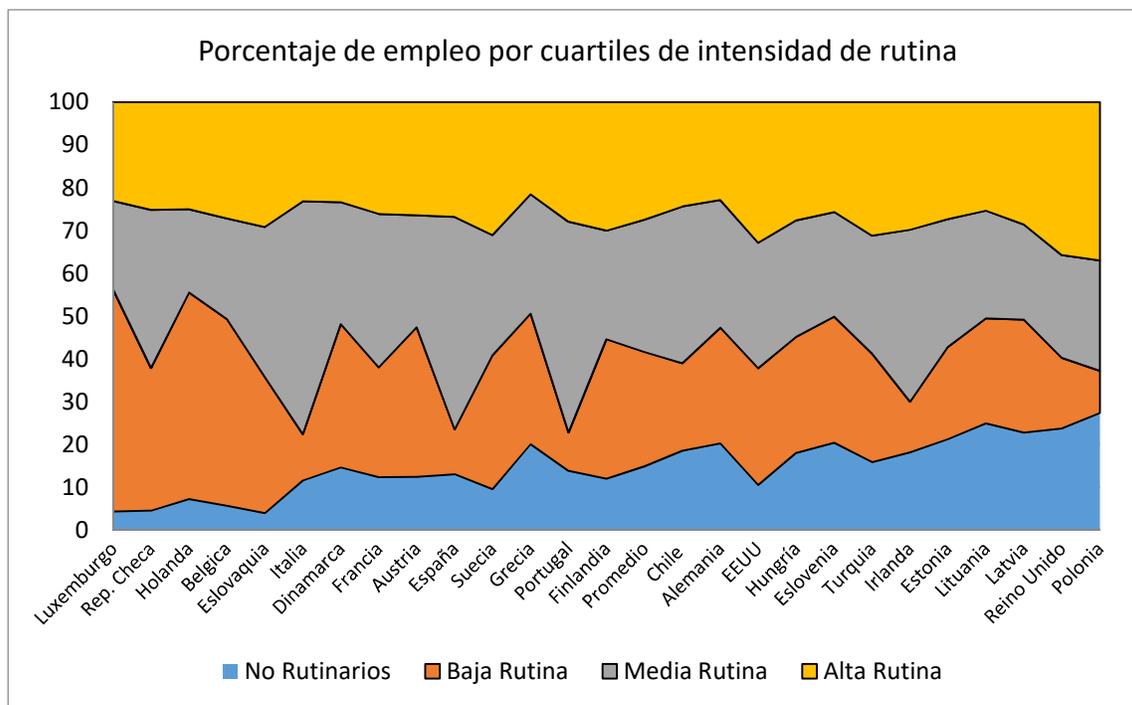
Tabla 2: Cuartiles de Rutina Países OCDE

País	No Rutinarios	Baja Rutina	NR+BR	Media Rutina	Alta Rutina	MR+AR
Polonia	27,4%	9,8%	37,2%	25,8%	37,0%	62,8%
Reino Unido	23,7%	16,5%	40,2%	24,0%	35,8%	59,8%
EEUU	10,5%	27,3%	37,8%	29,3%	32,9%	62,2%
Turquia	15,9%	25,3%	41,2%	27,6%	31,3%	58,8%
Suecia	9,6%	31,3%	40,9%	28,0%	31,1%	59,1%
Finlandia	12,0%	32,6%	44,6%	25,3%	30,1%	55,4%
Irlanda	18,2%	11,8%	30,0%	40,2%	29,9%	70,0%
Eslovaquia	4,0%	31,8%	35,7%	35,1%	29,2%	64,3%
Latvia	22,8%	26,4%	49,2%	22,2%	28,6%	50,8%
Portugal	13,8%	8,9%	22,8%	49,3%	28,0%	77,2%
Hungría	18,1%	27,1%	45,2%	27,2%	27,6%	54,8%
Promedio	14,9%	26,7%	41,6%	30,9%	27,5%	58,4%
Estonia	21,3%	21,6%	42,8%	29,8%	27,4%	57,2%
Belgica	5,7%	43,5%	49,3%	23,5%	27,2%	50,7%
España	13,1%	10,4%	23,5%	49,6%	26,9%	76,5%
Austria	12,4%	34,9%	47,4%	26,2%	26,4%	52,6%
Francia	12,4%	25,6%	38,0%	35,8%	26,1%	62,0%
Eslovenia	20,4%	29,4%	49,9%	24,4%	25,7%	50,1%
Lituania	24,9%	24,5%	49,5%	25,1%	25,4%	50,5%
Rep. Checa	4,5%	33,3%	37,8%	37,0%	25,2%	62,2%
Holanda	7,3%	48,2%	55,5%	19,5%	25,1%	44,5%
Chile	18,6%	20,4%	39,0%	36,6%	24,4%	61,0%
Dinamarca	14,7%	33,5%	48,1%	28,5%	23,4%	51,9%
Italia	11,6%	10,8%	22,4%	54,4%	23,2%	77,6%
Luxemburgo	4,4%	51,8%	56,2%	20,7%	23,2%	43,8%
Alemania	20,2%	27,0%	47,3%	29,8%	22,9%	52,7%
Grecia	20,1%	30,5%	50,6%	27,9%	21,6%	49,4%
Promedio	15%	27%	42%	31%	28%	58%

Fuente: Marcolin et al. (2016a y 2016b) en base a PIAAC 2012 y elaboración propia para el cálculo de Chile en base a PIAAC 2015 y NENE 2017.

Moviéndose a la parte central de la distribución, para el grupo de media rutina y baja rutina los resultados arrojan un 57%, mientras que en la medición para los países OCDE este grupo varía entre 70% en pequeñas economías como Luxemburgo y República Checa y 35% en Polonia y Reino Unido. Mientras que para el grupo trabajadores con intensidad no rutinaria obtenemos un 18,5%, siendo que para la OCDE este grupo varía entre 27% (Polonia) y 4% (República Checa).

Gráfico 6: Porcentaje de empleo por cuartiles de intensidad de rutina⁴



Fuente: Marcolin et al. (2016a y 2016b) en base a PIAAC 2012 y elaboración propia para el cálculo de Chile en base a PIAAC 2015 y NENE 2017.

En Anexo 5 se incluye un análisis comparativo entre el sector servicios y manufactura.

Con los resultados presentados en esta sección se concluye que, considerando las tareas con alta y media rutina, el índice de intensidad de rutina en Chile nos sugiere que el 61% de los trabajadores se emplea en ocupaciones con potencial de automatización, siendo levemente superior al promedio de la OCDE (58%). Ahora, si se consideran solo las tareas con alta rutina este índice es de un 24%, el cual se considera como la población con alto potencial de ser reemplazada, cercana también al promedio OCDE de 28%.

⁴ Notar que en el caso de Chile se considera cifras del año 2017, mientras que para los datos de la OCDE considera un promedio de años.

Ocupaciones y Sectores con Potencial de Automatización

En esta sección se presentan los resultados obtenidos del cálculo de RII para ocupaciones y sectores económicos.

RII según Ocupaciones

En la siguiente tabla se presenta una primera aproximación para ver cuáles ocupaciones tienen una mayor intensidad de rutina en promedio, estos resultados se obtienen a través de una agregación de las tareas que componen dichas ocupaciones y obteniendo un RII medio.

Tabla 3: RII según Ocupación

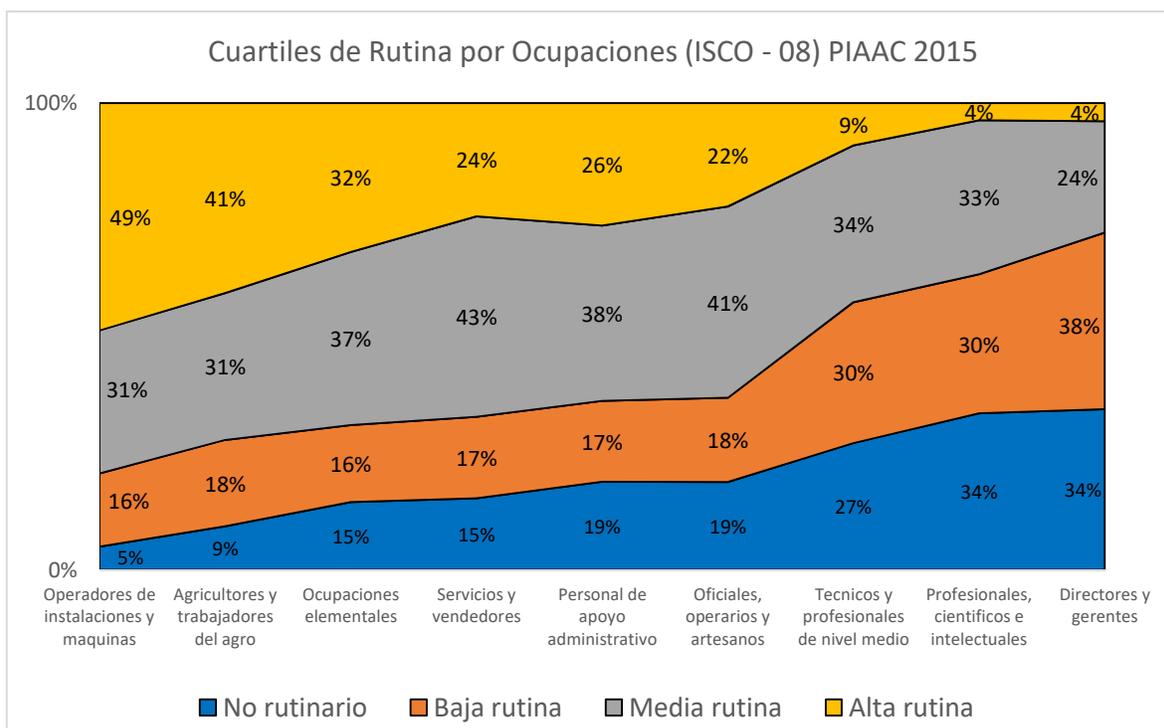
Ocupación (CIUO-08)	RII
Directores y gerentes	1,8997
Profesionales, científicos e intelectuales	1,9563
Técnicos y profesionales de nivel medio	2,1570
Oficiales, operarios y artesanos	2,4966
Servicios y vendedores	2,6053
Personal de apoyo administrativo	2,6320
Ocupaciones elementales	2,7598
Agricultores y trabajadores del agro	3,1068
Operadores de instalaciones y máquinas	3,2096

Fuente: Elaboración propia utilizando PIAAC Chile 2015 en base a Marcolin et al. (2016a y 2016b)

Como se aprecia en la x las ocupaciones que tienen un menor índice de intensidad de rutina son aquellas en las que intuitivamente se tiende a asumir que se componen de tareas menos rutinarias y más complejas de ser reemplazadas por tecnología. Es el caso de los Directores y Gerentes, y de los Profesionales, Científicos e Intelectuales, cuyos RII promedio son menores a 2. De igual forma, las ocupaciones con un indicador de intensidad de rutina mayor, son aquellas en que intuitivamente se asume que ejecutan tareas más rutinarias y menos complejas, como es el caso de las Ocupaciones elementales, del Agro y Operadores de Instalaciones y Máquinas, cuyos indicadores son cercanos e incluso superiores a 3.

Para profundizar en este análisis se presenta en la Gráfico 7 la intensidad de rutina por la composición de sus tareas, según ocupaciones.

Gráfico 7: Cuartiles de Rutina por Ocupación



Fuente: Elaboración propia utilizando PIAAC Chile 2015 en base a Marcolin et al. (2016a y 2016b)

Al ver las ocupaciones con mayor y menor nivel de contenido de tareas rutinarias, en términos generales, se propone una reclasificación en tres grupos, según su contenido de tareas rutinarias:

- **Ocupaciones Rutinarias (AR + MR \geq 65%):** Este primer grupo estaría compuesto por Operadores de Instalaciones y máquinas, Agricultores y trabajadores del agro y Ocupaciones Elementales. En este grupo vemos además que el contenido de tareas No Rutinarias apenas alcanza el 15%, mientras que el contenido de tareas de Baja Rutina no supera el 20%.
- **Ocupaciones con nivel Medio de Rutina (40% < AR + MR < 65%):** Este grupo estaría compuesto por Personal de apoyo administrativo, Servicios y Vendedores, y Oficiales, Operarios y Artesanos. En este grupo vemos que el contenido de tareas No Rutinarias está entre un 15% y 20%, mientras que el contenido de tareas de Rutina Baja se mantiene en torno al 20%.
- **Ocupaciones No Rutinarias (AR + MR < 40%):** Este último grupo estaría compuesto por Técnicos y Profesionales de nivel medio, Directores y Gerentes, y por Profesionales, Científicos e Intelectuales. Aquí el contenido de tareas No Rutinarias supera el 30%. Por su parte, el contenido de tareas de Rutina Baja se mueve entre 30% y hasta un 40% aproximadamente. Además, si observamos el contenido de

tareas altamente rutinarias para este grupo de ocupaciones, vemos que no logra superar el 10%, particularmente para Profesional y Directores alcanza un 4%.

RII según Sector Económico

Respecto a los sectores económicos podemos también ordenarlos según el índice de intensidad de rutina. En la Tabla 4 podemos ver que el sector económico con menor intensidad de rutina corresponde Información y Comunicación, seguido de Suministro de Electricidad, y Profesionales, Científicos y Técnicos.

Tabla 4: RII según Sector Económico

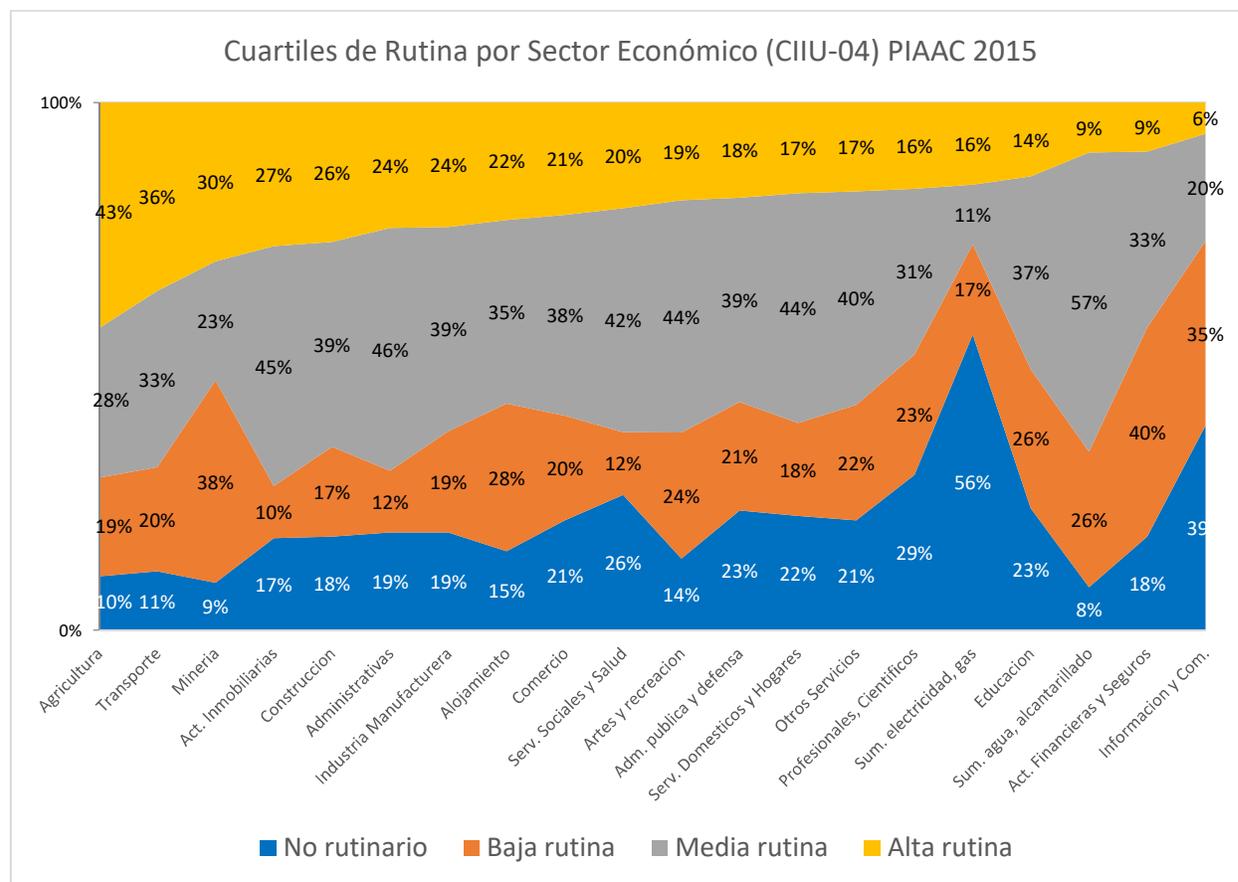
Sector (CIU -04)	RII
Información y Comunicación	1,8819
Suministro de electricidad, gas, vapor y aire acondicionado	2,1171
Profesionales, Científicos y técnicos	2,2252
Actividades Financieras y Seguros	2,2347
Educación	2,2825
Suministro de agua, alcantarillado, gestión de desechos y act. de saneamiento	2,3311
Administración pública y defensa	2,3669
Otros Servicios	2,3681
Servicios Domésticos y Hogares	2,4373
Servicios Sociales y Salud	2,4531
Artes y recreación	2,4546
Comercio al por mayor y por menor, reparación vehículos	2,4696
Alojamiento y servicios de comida	2,4984
Industria Manufacturera	2,5519
Construcción	2,5754
Administrativas y servicios de apoyo	2,6429
Actividades Inmobiliarias	2,6607
Minería y canteras	2,8123
Transporte y almacenamiento	2,9020
Agricultura, silvicultura y Pesca	3,0775

Fuente: Elaboración propia utilizando PIAAC Chile 2015 en base a Marcolin et al. (2016a y 2016b).

Considerando los sectores económicos se observa que los que tienen mayor índice de intensidad de rutina corresponden a Agricultura, silvicultura y pesca, seguido de Transporte y almacenamiento y Minería y Canteras.

A continuación, se presenta cual es la composición de tareas según su intensidad de rutina a nivel de sector económico.

Gráfico 8: Cuartiles de Rutina por Sector Económico



Fuente: Elaboración propia utilizando PIAAC 2015 en base a Marcolin et al. (2016a y 2016b)

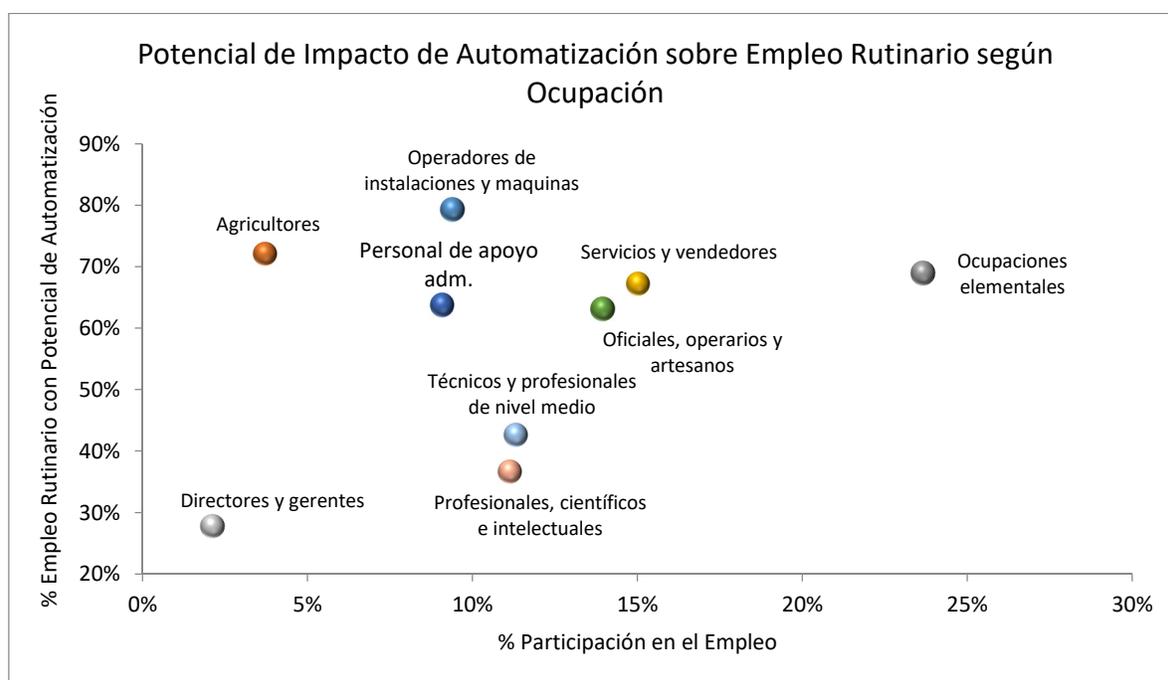
Como se puede apreciar, en términos generales, los tres sectores en cuyo mix de tareas, las rutinarias tienen una alta participación, corresponden a Agricultura, Silvicultura y Pesca (43%), Transporte y Almacenamiento (36%), y Minería y Canteras (30%). Por otra parte, los tres sectores con menor contenido de tareas rutinarias corresponden a Suministro de agua y alcantarillado (9,5%), Actividades Financieras y Seguros (9%), e Información y Comunicación (6%).

Potencial de Impacto de Automatización

Los siguientes gráficos muestran cuales son los sectores económicos y ocupaciones con un potencial mayor de automatización, considerando su participación en el empleo.

En el caso de las ocupaciones (Gráfico 9), vemos que los operadores de instalaciones y maquinas, Agricultores tienen un alto potencial de automatización, sin embargo, su impacto en el empleo es bajo comparado con las ocupaciones de servicios y vendedores, oficiales, operarios y artesanos. El caso de Ocupaciones elementales es el caso con mayor impacto por su alta participación en el empleo y su alto potencial de automatización.

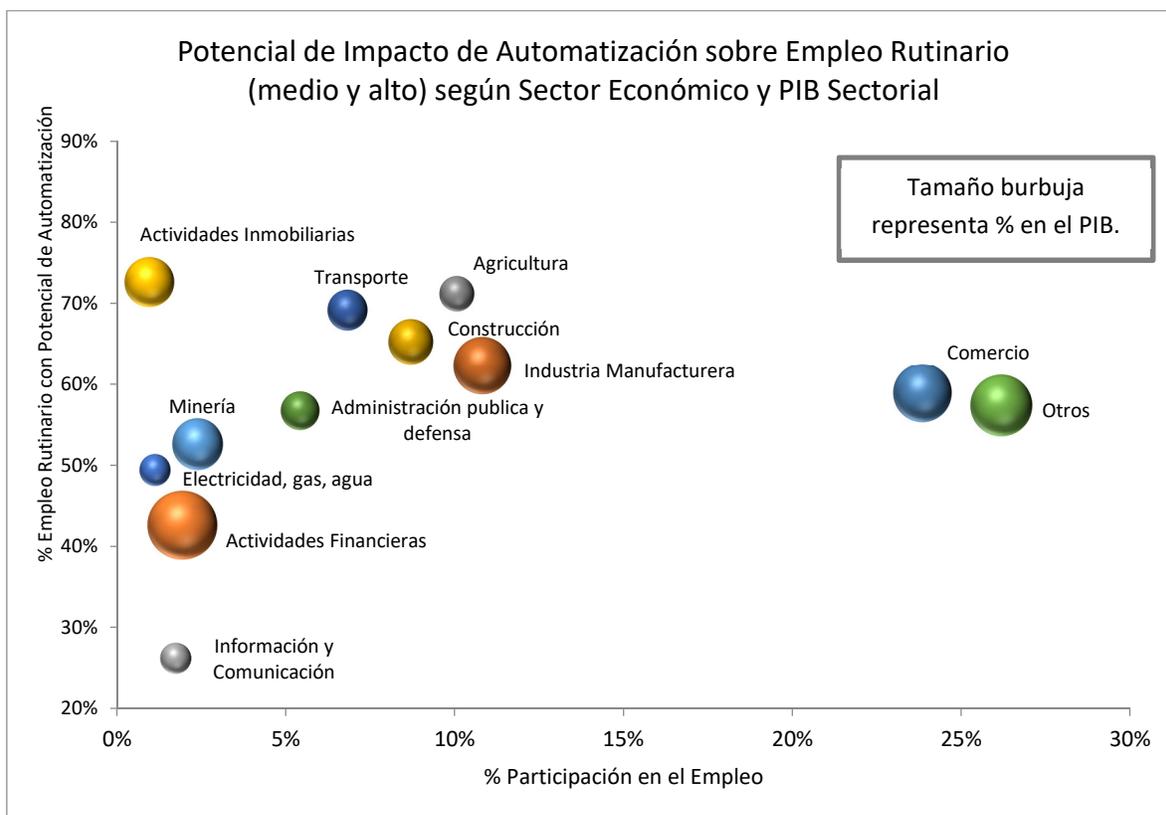
Gráfico 9: Potencial de impacto de automatización sobre empleo rutinario según Ocupación



Fuente: elaboración propia en base a PIAAC 2015 y NENE 2017.

En el caso de los sectores económicos, es muy relevante la gran participación que tiene el sector comercio en el empleo y en la dedicación a tareas rutinarias, sin embargo, si bien el sector agricultura y el de transporte son intensivos en empleo rutinario su participación en el empleo es menor al 10%. Además analizando el aporte de cada actividad económica al PIB se observa que el sector financiero representa un 17%, mientras que comercio se ubica en el segundo lugar junto con manufactura con un 12%.

Gráfico 10: Potencial de impacto de automatización sobre empleo rutinario (medio y alto) según sector económico y PIB Sectorial.



Fuente: elaboración propia en base a PIAAC 2015 y cifras del Banco Central a diciembre 2016.

El sector “Otros” incluye: Administrativas y servicios de apoyo, Servicios Sociales y Salud, Artes y recreación, Servicios Domésticos y Hogares, Otros Servicios, Profesionales, Científicos y técnicos, Educación.

Los principales hallazgos de esta sección son que las ocupaciones con mayor potencial de automatización son Ocupaciones elementales, Agricultores y trabajadores del agro, y Operadores de instalaciones y maquinas, considerando la participación en el empleo las ocupaciones elementales son las con mayor impacto de automatización en el País.

Las ocupaciones elementales incluyen: Limpiadores y asistentes; Peones agropecuarios, pesqueros y forestales; Peones de la minería, la construcción, la industria manufacturera y el transporte; Ayudantes de preparación de alimentos; Vendedores ambulantes de servicios y afines; Recolectores de desechos y otras ocupaciones elementales.

En el ámbito de sectores económicos los con mayor índice de rutina son Agricultura, Transporte, Minería y Actividades Inmobiliarias. Aunque al ver la participación en el empleo el sector Comercio es el con mayor impacto de automatización.

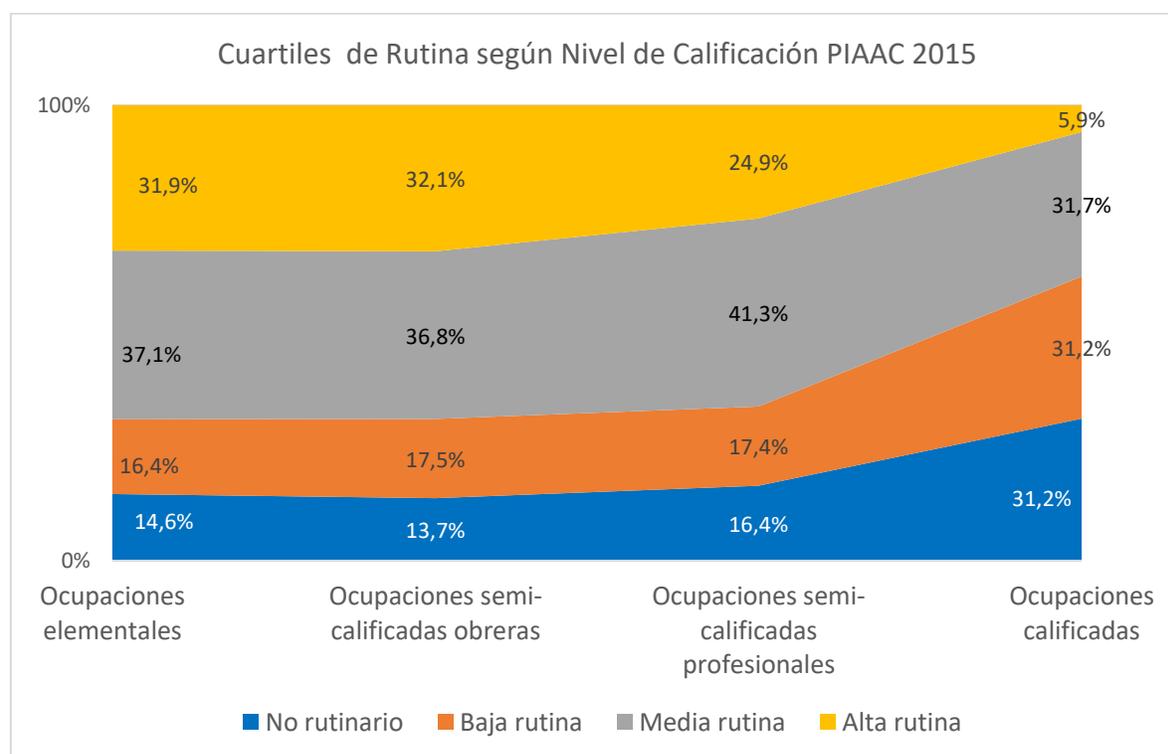
Comercio incluye venta de vehículos automotores, mantenimiento y reparación de vehículos automotores, venta de partes, piezas y accesorios de vehículos automotores, venta, mantenimiento y reparación de motocicletas y sus partes, venta al por menor de combustible para automotores, venta al por mayor a cambio de una retribución o por contrata, venta al por mayor de materias primas agropecuarias, venta al por mayor de enseres domésticos, venta al por mayor de productos intermedios, desechos no agropecuarios, venta al por mayor de maquinaria, equipo y materiales conexos, venta al por mayor de otros productos, comercio al por menor no especializado en almacenes, venta por menor de alimentos, bebidas, tabacos en almacenes especializados.

Caracterización Trabajadores con Potencial de Automatización

A continuación, se presentan gráficos en base a variables sociodemográficas, que caracterizan a los trabajadores según los cuartiles de rutina.

A mayor calificación menor Intensidad de Rutina: En la gráfico 11 se muestra la relación entre el nivel de calificación, el cual considera una agrupación de las calificaciones basado en el manual de CIUO – 08, y los cuartiles de intensidad de rutina.

Gráfico 11: Cuartiles de Rutina por Nivel de Calificación



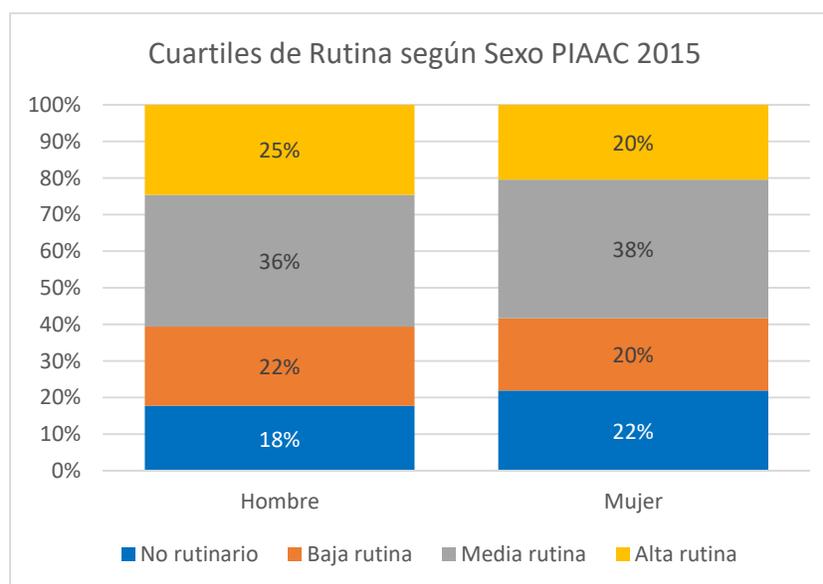
Fuente: Elaboración propia utilizando PIAAC 2015 en base a Marcolin et al. (2016a y 2016b)

Como se puede apreciar, los resultados tienden a ser bastante consistentes con la intuición respecto de que aquellas ocupaciones con un mayor nivel de calificación tienden a tener un menor contenido de tareas rutinarias, mientras que a un menor nivel de calificación el contenido de las ocupaciones tiende a ser más intensivo en tareas con un mayor nivel de rutina.

Al observar aquellas ocupaciones con trabajadores calificados, vemos que un 62,4% de las tareas tienden a ser no rutinarias o de baja rutina (NR 31,2% - BR 31,2%). Al observar aquellas ocupaciones con trabajadores semi-calificados, vemos que el contenido de tareas no rutinarias disminuye a poco menos de la mitad de lo que era para el caso de las ocupaciones con trabajadores calificados. Además, vemos que para las ocupaciones con trabajadores semi-calificados profesionales y obreros, el contenido de tareas rutinarias aumenta considerablemente a 24,9% y 32,1% respectivamente. Para el caso de las ocupaciones con trabajadores con un nivel de calificación elemental, vemos que tienen un contenido de tareas con un nivel de intensidad de rutina alta y media cercana al 70%. No obstante, en términos generales, no difiere mucho en cuanto al contenido de tareas según intensidad de rutina que tienen las ocupaciones con trabajadores semi-calificados obreros, (En Anexo 6 se presentan la clasificación de ocupaciones y nivel de calificación utilizada).

No hay diferencia en Intensidad de rutina entre mujeres y hombres: Como se aprecia en el la Gráfico 12, al menos a partir de la información levantada en la encuesta PIAAC, no existen mayores diferencias entre el contenido de las tareas según su nivel de intensidad de rutina, que realizan hombres y mujeres. Se observa que el porcentaje del contenido de tareas altamente rutinario que realizan las mujeres es levemente menor, en comparación con los hombres.

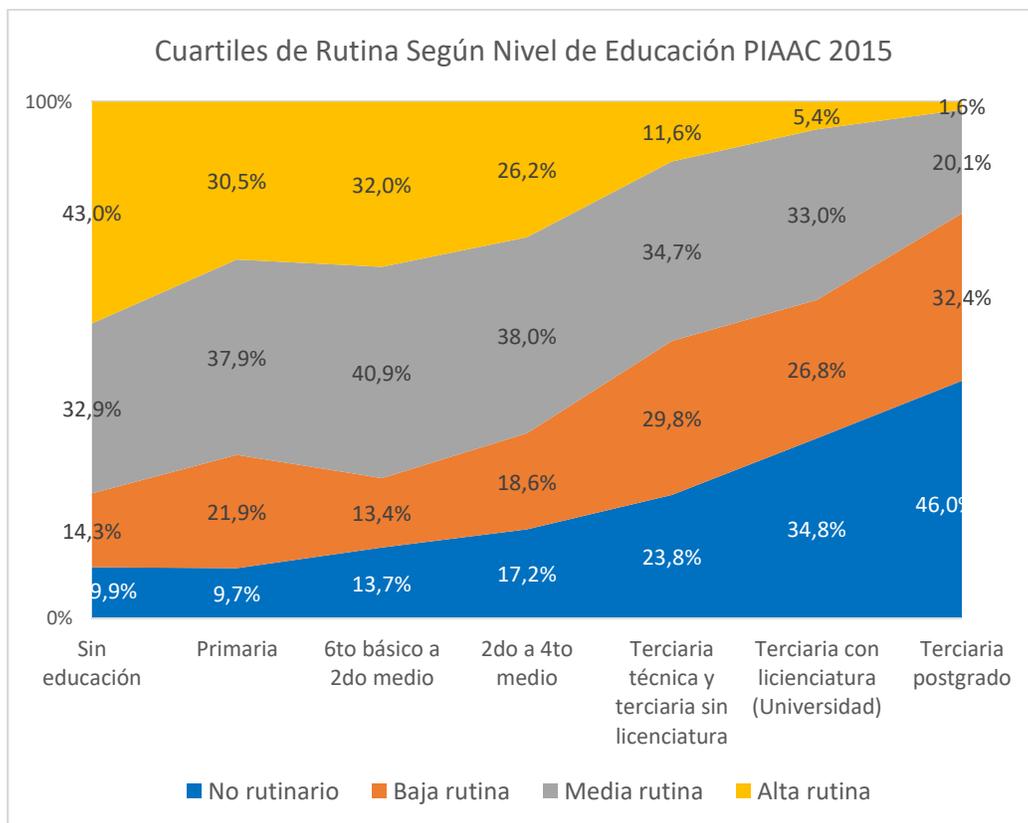
Gráfico 12: Cuartiles de Rutina por Sexo



Fuente: Elaboración propia utilizando PIAAC 2015 en base a Marcolin et al. (2016a y 2016b)

A mayor nivel educación menor Intensidad de rutina: Como se puede apreciar en el gráfico 13, la relación entre intensidad de rutina y nivel educacional resulta ser intuitiva. A mayor nivel educacional, mayor el porcentaje de tareas no rutinarias y menor el porcentaje de tareas rutinarias. Otra cosa que se puede apreciar es que las tareas con un nivel de rutina alta caen bruscamente a menos de 5% en aquellas personas con educación terciaria con licenciatura y a 1,5% en educación postgrados.

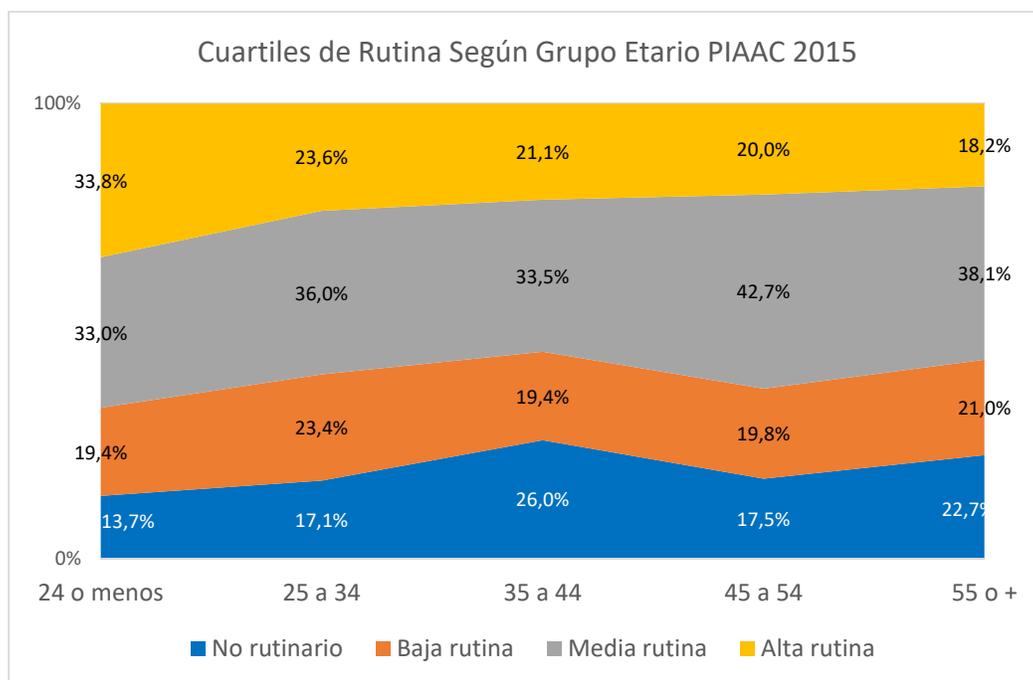
Gráfico 13: Cuartiles de Rutina por Nivel Educativo



Fuente: Elaboración propia utilizando PIAAC 2015 en base a Marcolin et al. (2016a y 2016b)

Sin relación evidente entre Intensidad de rutina y edad: En cuanto al contenido de tareas realizadas por los trabajadores según su grupo etario (Gráfico 14), vemos que no existe mayor diferencia entre ellos, excepto para los menores de 25 años, quienes tienen una mayor participación de tareas Rutinarias (34% aprox.) y una menor participación de tareas No Rutinarias (14% aprox.)

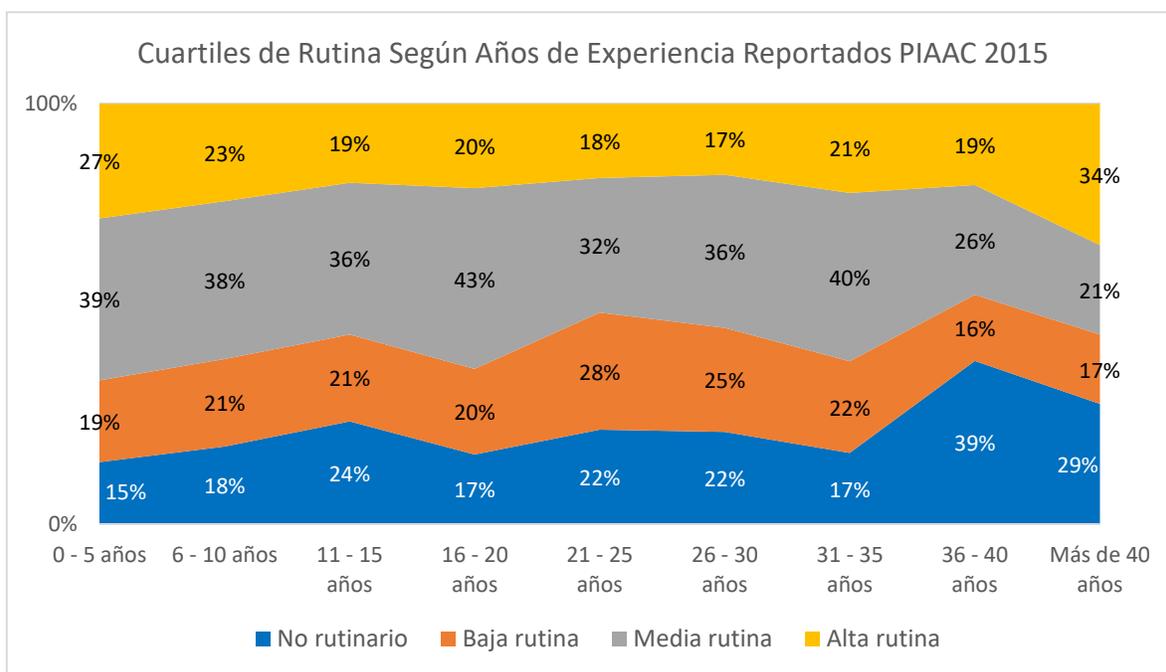
Gráfico 14: Cuartiles de Rutina por Grupo de Edad



Fuente: Elaboración propia utilizando PIAAC 2015 en base a Marcolin et al. (2016a y 2016b)

Sin relación evidente entre intensidad de rutina y años de experiencia reportados: la Gráfico 15 nos muestra que no hay una relación evidente entre la intensidad de rutina de las tareas realizadas y los años de experiencia. Sí se puede apreciar que previo a los 35 años de experiencia, mayor el porcentaje de tareas de rutina media y baja, mientras que, con más de 35 años, la participación de dichas tareas es casi constante y en torno al 40%.

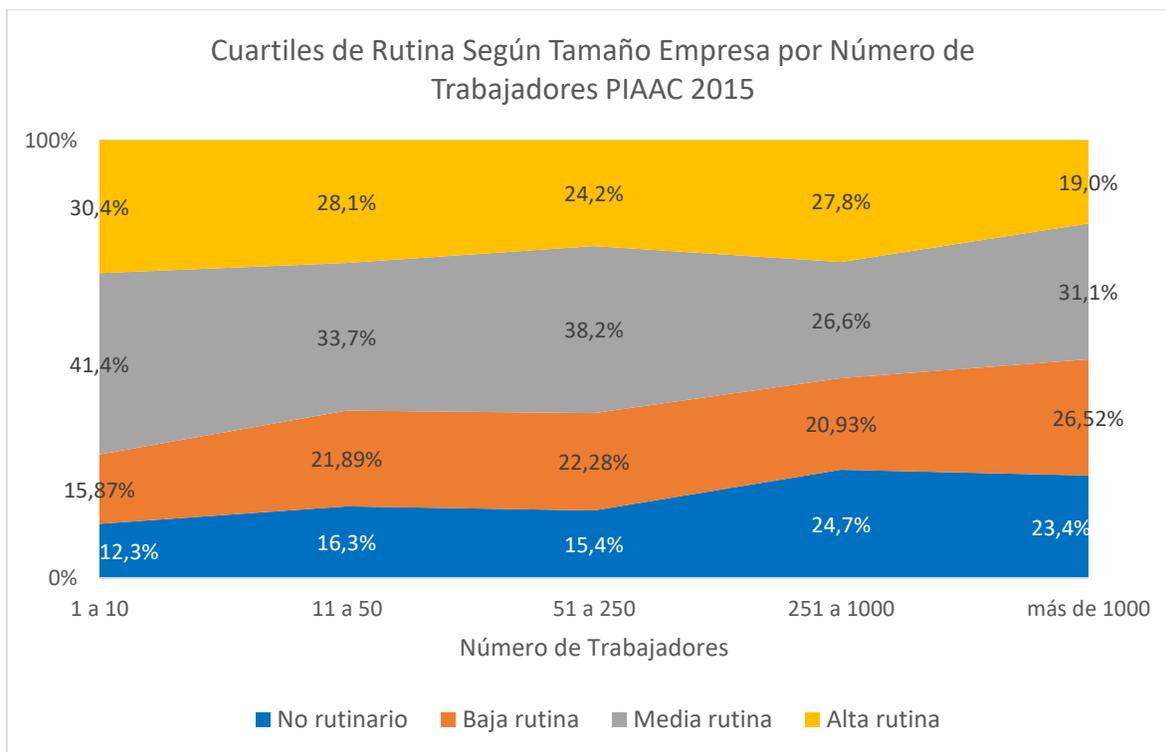
Gráfico 15: Cuartiles de Rutina por Años de Experiencia



Fuente: Elaboración propia utilizando PIAAC 2015 en base a Marcolin et al. (2016a y 2016b)

Sin relación evidente entre intensidad de rutina y tamaño de la empresa: La Gráfico 16 muestra que mientras mayor el tamaño de la empresa, menor el contenido de tareas rutinarias media y alta, aunque la diferencia entre empresas de 1 a 10 trabajadores y de más de 1.000 trabajadores no supera el 20% por lo que no es tan clara la relación.

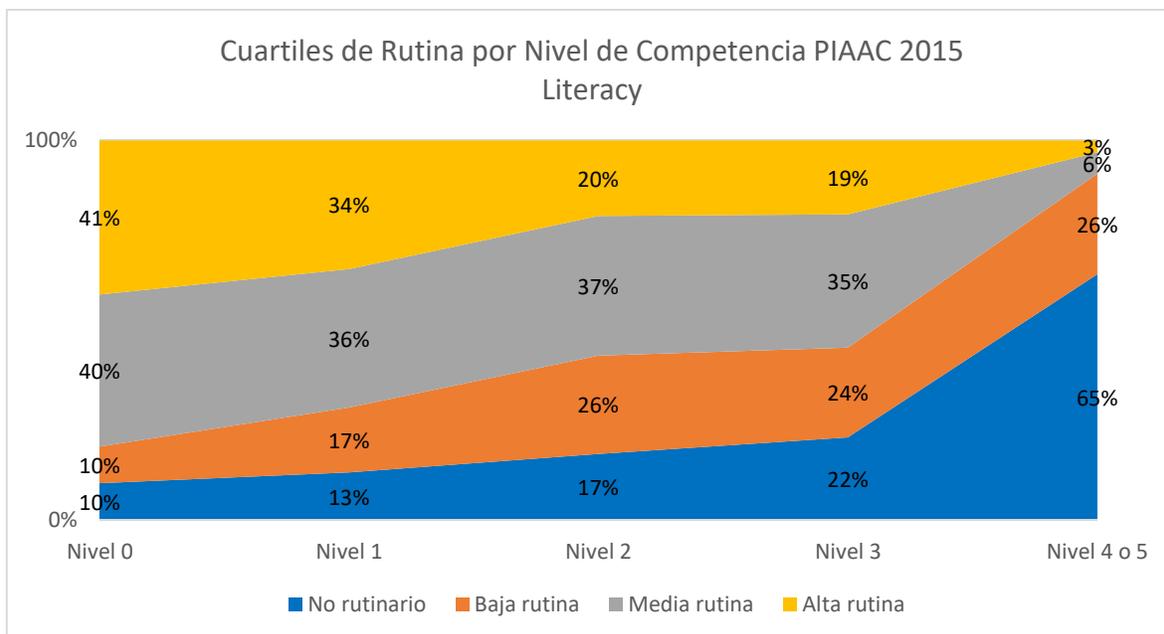
Gráfico 16: Cuartiles de Rutina y Tamaño Empresas



Fuente: Elaboración propia utilizando PIAAC 2015 en base a Marcolin et al. (2016a y 2016b)

Mayor Nivel de Habilidades⁵ de Compresión Lectora, Razonamiento Matemático y Resolución de Problemas en ambientes tecnológicos menor intensidad de rutina: de acuerdo con la Gráfico 17, Gráfico 18 y Gráfico 19 el resultado en este análisis resulta ser bastante intuitivo. A mayor nivel de habilidades en comprensión lectora, menor la participación en trabajos rutinarios. Lo mismo sucede para los dos otros tipos de habilidades.

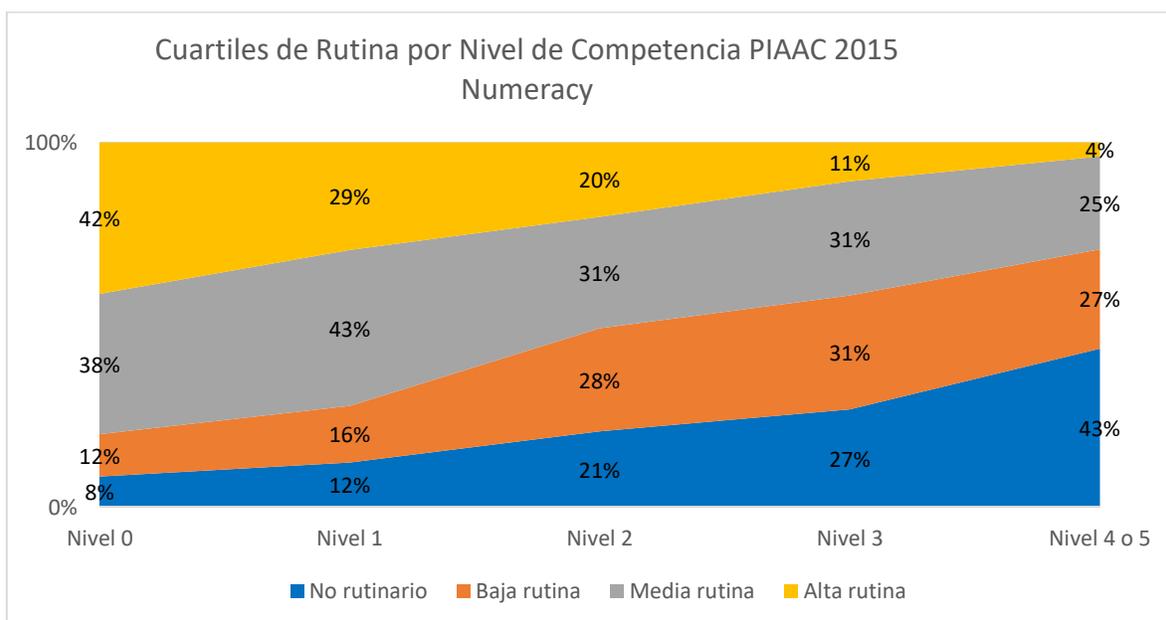
Gráfico 17: Cuartiles de Rutina por Habilidades en Literacy



Fuente: Elaboración propia utilizando PIAAC.

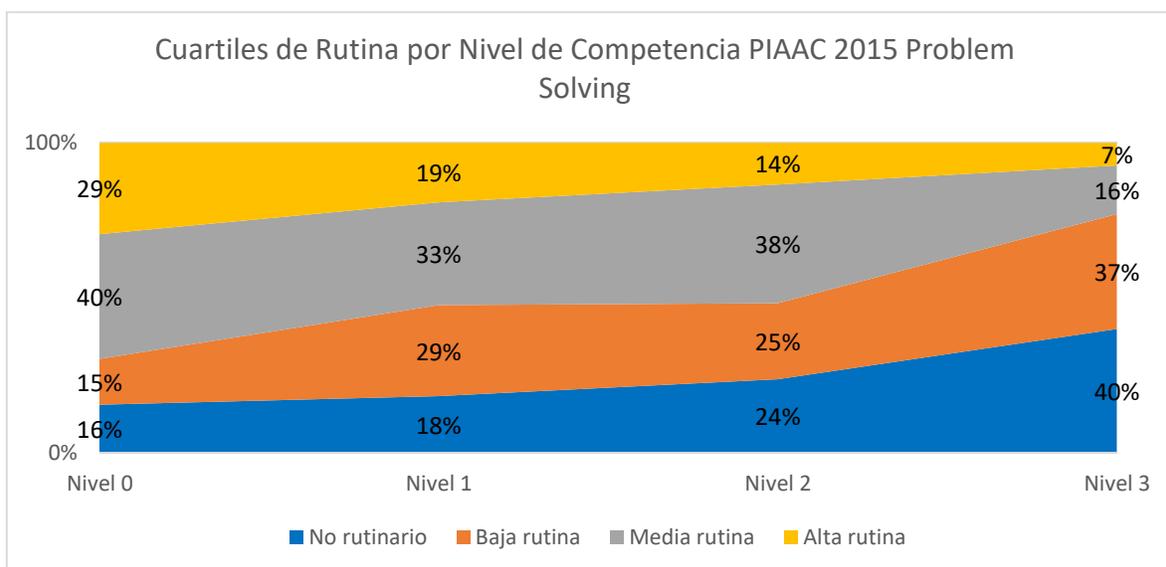
⁵ Ver en anexo 7 la clasificación de los niveles de desempeño PIAAC.

Gráfico 18: Cuartiles de Rutina por Habilidades en Numeracy



Fuente: Elaboración propia utilizando PIAAC.

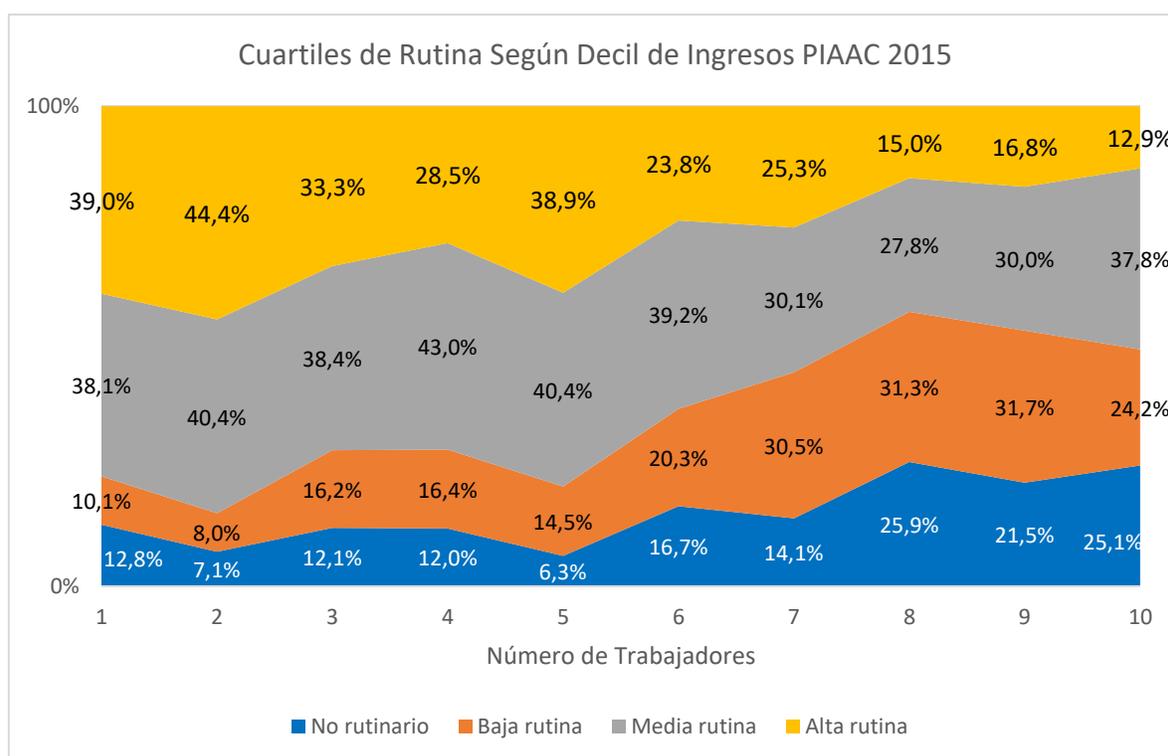
Gráfico 19: Cuartiles de Rutina por Habilidades en Problem Solving



Fuente: Elaboración propia utilizando PIAAC.

Mayor ingreso por hora menor Intensidad de rutina: de acuerdo a la gráfico 20, se observa en general una relación de proporcionalidad inversa entre el ingreso e intensidad de rutina, a mayor intensidad de rutina menor es el salario por hora. Específicamente, en los deciles 8 al 10 de ingreso por hora la participación del empleo no rutinario aumenta con respecto a los demás cuartiles de rutina, con un 24% en promedio. Mientras que, en los primeros deciles de ingreso por hora, hay una mayor concentración de empleo rutinario (AR+MR), con un promedio de 77% para los primeros tres deciles.

Gráfico 20: Cuartiles de Rutina y Deciles de Ingreso



Fuente: Elaboración propia utilizando PIAAC 2015 en base a Marcolin et al. (2016a y 2016b)

Análisis ingreso por hora y trabajo rutinario

En esta subsección se estima el retorno al trabajo rutinario. Para ello, se formuló una regresión considerando la ecuación propuesta por Mincer (1974), incorporando el Índice de Intensidad de Rutina y el tamaño de la empresa, medido por el rango de número de personas.

Entonces, para los cálculos se utilizó el método de mínimos cuadrados ordinarios para estimar el coeficiente asociado a la intensidad de rutina.

$$LN(\text{Salario por Hora})_i = \alpha + \beta_1 ESC_i + \beta_2 EXP_i + \beta_3 RII_i + \beta_k Z_k + \mu_i$$

Donde,

$LN(\text{Salario por Hora})_i$: Salario por hora del individuo i

ESC_i : años de escolaridad del individuo i reportados en la PIAAC

EXP_i : años de experiencia del individuo i reportados en la PIAAC

RII_i : Índice de Intensidad de Rutina del individuo i

Z_k : un vector de variables Dummies que controla por tamaño de la firma, en que el tramo 1 representa una firma con 1 a 10 trabajadores; el tramo 2 con 11 a 50 trabajadores; el tramo 3 con 51 a 250 trabajadores; el tramo 4 con 251 a 1000 trabajadores; y finalmente el tramo 5, con más de 1000 trabajadores.

De la estimación por mínimos cuadrados ordinarios de la especificación anterior se realizan las siguientes observaciones⁶:

- A mayor intensidad de rutina de la ocupación o trabajo realizado, menor el retorno o ingreso por hora del trabajador. En concreto, un punto más en el índice de intensidad de rutina, significa en promedio, una reducción del salario por hora en un 9%.
- Se observa también que, a mayor tamaño de la empresa, mayor el salario promedio por hora del trabajador es mayor, lo que se explica por los coeficientes positivos relacionados al tamaño de la empresa.

Efecto del RII

La regresión anterior muestra un resultado bastante intuitivo respecto a que los retornos salariales de los trabajos más rutinarios son en promedio menores, puesto que, a mayor índice de intensidad de rutina, menor el salario por hora.

A continuación, se desagrega el retorno de la intensidad de rutina, evaluando el efecto de pasar de un empleo no rutinario (NR), a un empleo con baja intensidad de rutina (BR), o a uno de rutina media (MR), o finalmente a un empleo altamente rutinario (AR).

Para realizar este análisis, se replica la regresión anterior, pero en vez de utilizar directamente el RII, se utilizan como variables *dummies*, la descomposición en cuartiles a través de las cuales se definió anteriormente el trabajo no rutinario (NR), el trabajo con

⁶ En Anexo 8 tabla de resultados de la regresión.

baja intensidad de rutina (BR), el trabajo con intensidad media de rutina (MR) y el trabajo altamente rutinario (AR).

Dicho lo anterior, se estimó por mínimos cuadrados ordinarios la siguiente especificación:

$$LN(\text{Salario por Hora})_i = \alpha + \beta_1 ESC_i + \beta_2 EXP_i + \beta_3 LR + \beta_4 MR + \beta_5 HR + \beta_k Z_k + \mu_i$$

Donde,

LR: Dummy – Empleo con Baja Intensidad de Rutina

MR: Dummy – Empleo con Intensidad Media de Rutina

HR: Dummy – Empleo Altamente Rutinario

A partir de los resultados de la estimación se realizaron las siguientes observaciones⁷:

- Con la evidencia disponible y con un 95% de nivel de confianza, no se puede determinar si en promedio se genera una diferencia salarial al pasar de un trabajo No Rutinario a uno de Intensidad de Rutina Baja (BR). Esto dado que el coeficiente asociado a BR es estadísticamente no significativo.
- Pasar de un trabajo No Rutinario a uno de Intensidad de Rutina Media, implica en promedio, una disminución del salario por hora de aproximadamente un 9,9%, considerando un 95% de nivel de confianza.
- Pasar de un trabajo No Rutinario a uno de Alta Intensidad de Rutina, implica en promedio, una disminución del salario por hora de aproximadamente un 19,1%, considerando un 95% de nivel de confianza.

⁷ En Anexo 8 Tabla de resultados de las regresiones.

Cuantificación Trabajadores con Potencial de Automatización

En esta sección se presentan los resultados de la última parte de este estudio que consistió en cuantificar por sector económico la población con potencial de automatización.

Número de trabajadores con potencial de automatización

De acuerdo con Tabla 5 se aprecia que, en el primer trimestre móvil del año 2017, en total 1.938.536 trabajadores tienen el potencial ser desplazados por la automatización debido a que las tareas que realizan son altamente rutinarias. Este grupo es principalmente representado por trabajadores del sector de Agricultura (352.927), Comercio al menor y por mayor (338.131) y la industria Manufacturera (209.305).

Tabla 5: Cuantificación de trabajadores

Empleo según Sector Económico e Intensidad de Rutina							
Chile							
Nueva Encuesta Nacional de Empleo Trimestre Móvil Enero - Marzo 2017							
Cod. CIU - 04	Sector Económico (CIU - 04)	No Rutinario (NR)	Rutinario Bajo (LR)	Rutinario Medio (MR)	Rutinario Alto (HR)	Total de Empleados Trim. Movil Ene - Mar 2017	Índice de Intensidad de Rutina
10	Informacion y Comunicacion	55.075	49.706	28.830	8.407	142.018	1,882
4	Suministro de electricidad, gas...	21.849	6.654	4.409	6.069	38.982	2,117
13	Profesionales, Cientificos y Técnicos	63.829	49.570	68.127	35.507	217.033	2,225
11	Actividades Financieras y Seguros	28.053	62.720	52.704	14.746	158.224	2,235
16	Educacion	143.853	163.879	227.191	87.008	621.931	2,283
5	Suministro de agua, alcantarillado...	4.275	13.527	29.870	4.981	52.653	2,331
15	Administracion publica y defensa	100.863	91.351	172.166	80.148	444.528	2,367
19	Otros Servicios	50.659	53.414	98.588	41.127	243.789	2,368
20	Servicios Domesticos y Hogares	69.729	56.770	140.490	55.384	322.372	2,437
17	Servicios Sociales y Salud	108.417	50.296	179.440	84.856	423.009	2,453
18	Artes y recreacion	13.165	23.078	42.622	17.938	96.803	2,455
7	Comercio al por mayor y por menor...	330.507	314.625	604.950	338.131	1.588.213	2,470
9	Alojamiento y servicios de comida	54.704	102.246	127.058	81.417	365.425	2,498
3	Industria Manufacturera	164.163	170.193	343.225	209.305	886.886	2,552
6	Construccion	126.477	121.059	277.195	188.219	712.950	2,575
14	Administrativas y servicios de apoyo	40.916	25.943	101.738	52.572	221.169	2,643
12	Actividades Inmobiliarias	13.658	7.730	35.625	21.301	78.314	2,661
2	Mineria y canteras	17.588	74.740	44.009	58.653	194.991	2,812
8	Transporte y almacenamiento	62.359	110.388	187.189	199.840	559.775	2,902
1	Agricultura, silvicultura y Pesca	84.128	153.906	233.828	352.927	824.789	3,077
	Total	1.554.270	1.701.793	2.999.255	1.938.536	8.193.854	
	%	19%	21%	37%	24%	100%	

Fuente: elaboración propia en base a PIAAC 2015 y NENE 2017.

Conclusiones

Se identificó un común denominador que está presente en todas las investigaciones realizadas a nivel mundial, que es la característica rutinaria de cierto tipo de tareas, variable a través de la cual se pueden pronosticar los efectos de la automatización en el empleo. Considerando esta variable se desarrolló el análisis del caso Chileno presentado en este estudio.

Se puede afirmar que todavía no existe polarización en el empleo en Chile y que esto se puede deber a que el proceso de adopción de tecnologías de automatización es más lento, y también a que el mercado laboral chileno es menos flexible que el de otros países como EEUU.

De esta forma, considerando las tareas con alta y media rutina, el índice de intensidad de rutina en Chile nos sugiere que el 61% de los trabajadores se emplea en ocupaciones con potencial de automatización, siendo levemente superior al promedio de la OCDE (58%). Ahora, si se consideran solo las tareas con alta rutina este índice es de un 24%, el cual se considera como la población con alto potencial de ser reemplazada, cercana también al promedio OCDE de 28%.

Las ocupaciones con mayor potencial de automatización son Ocupaciones elementales, Agricultores y trabajadores del agro y Operadores de instalaciones y maquinas, considerando la participación en el empleo las ocupaciones elementales son las con mayor impacto de automatización en el país.

En el ámbito de sectores económicos los con mayor índice de rutina son Agricultura, Transporte, Minería y Actividades Inmobiliarias, aunque al ver la participación en el empleo el sector Comercio es el con mayor impacto de automatización.

En base a los resultados obtenidos de la caracterización de los trabajadores se observa que la calificación de las ocupaciones, la educación y el nivel de habilidades resultan críticos a la hora de determinar quiénes están dedicados a trabajos más rutinarios y, por lo tanto, más propensos a ser reemplazados por tecnología que automatice los procesos.

Referente al salario por hora se concluye que a mayor ingreso por hora menor Intensidad de rutina, además se estimó que pasar de un trabajo No Rutinario a uno de Intensidad de Rutina Media, implica en promedio, una disminución del salario por hora de aproximadamente un 9,9%. Pasar de un trabajo No Rutinario a uno de Alta Intensidad de Rutina, implica en promedio, una disminución del salario por hora de aproximadamente un 19,1%.

Finalmente se cuantifica a la población con potencial de automatización, considerando datos del primer trimestre móvil del año 2017, en un total de 1.938.536 trabajadores. Este grupo es principalmente representado por trabajadores del sector de Agricultura (352.927), Comercio (338.131) y la industria Manufacturera (209.305).

Desafíos para futuras investigaciones

Como desafíos para estudios futuros, sería interesante mapear lo tipos de cambios tecnológicos a nivel de la empresa, más allá del uso de TIC básicos, ya sea a través de la encuesta longitudinal de empresa u otros estudios. Así como también, contar con datos de empleo para un horizonte de tiempo más amplio con el fin de hacer un análisis más exhaustivo del cambio en la estructura del empleo y el efecto de polarización.

También resulta interesante hacer un estudio econométrico para estimar el efecto del cambio tecnológico en la estructura del empleo. Particularmente, resulta atractivo analizar en el futuro cual es la relación entre innovación y adopción de nuevas tecnologías sobre todo para el caso de una industria relevante para Chile como lo es la minería.

De acuerdo con la OCDE, otro de los factores detrás de la polarización del empleo es la globalización o cadenas de valor globales. Sería interesante estudiar para Chile el efecto de este factor en el empleo.

Resultaría interesante elaborar una encuesta prospectiva, aplicada principalmente a los CEO y mandos medios de las empresas en Chile a efectos de conocer cuáles son las tendencias en materia de innovación e implementación de nuevas tecnologías, y cómo perciben las empresas que serán impactadas en términos de su productividad y en el nivel y tipo de empleo, y habilidades requeridas en el futuro. Esto sería un intento de anticiparse a las tendencias futuras y preparar con antelación a través de política pública el ajuste a dichas nuevas tecnologías por parte del mercado laboral, industrial y educacional.

Referencias

- Acemoglu, D. (1999). Changes in Unemployment and Wage Inequality: An Alternative Theory and Some Evidence. *American Economic Review*, 89(5), 1259–78.
- Acemoglu, D. (2002). Technical Change, Inequality and the Labor Market. *Journal of Economic Literature*, 40(1), 7–72.
- Acemoglu, D. & Autor, D. (2011). Chapter 12: Skills, Tasks and Technologies: Implications for Employment and Earnings. *Handbook of Labor Economics*, 4b, 1043–1171.
- Acemoglu, D. & Restrepo, P. (2017). Robots and Jobs: Evidence from US Labor Markets. *NBER Working Paper No. 23285*.
- Almeida, R., Fernandez, A. & Viollaz, M. (2017). Does the Adoption of Complex Software Impact Employment Composition and Task Content of Occupations? Evidence from Chilean Firms. *Policy Research Working Paper, No 8110*.
- Arntz, M., Gregory, T. & Zierahn, U. (2016). The Risk of Automation for Jobs in OECD Countries: A Comparative Analysis. *OECD Social, Employment and Migration Working Papers, No 189, OECD Publishing, Paris*.
- Autor, D.H. (2010). The Polarization of Job Opportunities in the U.S. Labor Market: Implications for Employment and Earnings. *Center for American Progress and The Hamilton Project*.
- Autor, D.H., (2015). Why Are There Still So Many Jobs? The History and Future of Workplace Automation. *Journal of Economic Perspectives*, 29(3), 3–30. <http://dx.doi.org/10.1257/jep.29.3.3>
- Autor, D.H. & Dorn, D., (2013). The Growth of Low-Skill Service Jobs and the Polarization of the U.S. Labor Market. *The American Economic Review*, 103(5), 1553–1597. <http://dx.doi.org/10.1257/aer.103.5.1553>
- Autor, D.H., Levy, F. & Murnane, R.J. (2003). The Skill Content of Recent Technological Change: An Empirical Exploration. *The Quarterly Journal of Economics* 118(4), 1279–1333. <http://dx.doi.org/10.1162/003355303322552801>
- Brynjolfsson, E., McAfee, A., (2014). *The Second Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies*. W.W. Norton&Company.
- Brzeski, C., Burk, I., (2015). Die Roboter kommen. Folgen der Automatisierung für den deutschen Arbeitsmarkt [The Robots Come. Consequences of Automation for the German Labour Market], ING DiBa Economic Research.
- Chile. Comisión Nacional de Productividad, (n.d.). Sistema de Formación de Competencias para el Trabajo en Chile. Recuperado de <http://www.comisiondeproductividad.cl/wp-content/uploads/2016/10/Documento-Inicio-Investigacion-Sistema-de-Formacion-de-Competencias-para-el-Trabajo-en-Chile.pdf>
- Frey, C. & Osborne, M. (2013). The future of Employment: How Susceptible Are Jobs to Computerisation?. *Working Paper Oxford martin School University of Oxford*.
- Frey, C., Osborne, M. & Holmes, C. (2016). Technology at work v2.0: The future is not what it used to be. *Oxford, Oxford Martin School and Citi Global Prospects and Solutions*. Recuperado de

- https://www.oxfordmartin.ox.ac.uk/downloads/reports/Citi_GPS_Technology_Work_2.pdf
- Goos, M., Manning, A. & Salomons, A. (2014). Explaining Job Polarization: Routine-Biased Technological Change and Offshoring. *American Economic Review*, 104(8), 2509–26. <http://dx.doi.org/10.1257/aer.104.8.2509>
- Levy, F. & Murnane, R.J. (2013). Dancing with robots: Human skills for computerized work. *Third Way*, Washington, DC, EEUU. Recuperado de <http://dusp.mit.edu/sites/dusp.mit.edu/files/attachments/publication/Dancing-With-Robots.pdf>
- Manyika, J., Chui, M., Miremadi, M., Bughin, J., George, K., Willmott, P. & Dewhurst, M. (2017). A future that works: automation, employment, and productivity. *McKinsey Global Institute*, San Francisco, EEUU. Recuperado de <http://www.mckinsey.com/global-themes/digital-disruption/harnessing-automation-for-a-future-that-works>
- Marcolin, L., Miroudot, S. & Squicciarini, M. (2016a). Routine jobs, employment and technological innovation in global value chains. OECD Science, Technology and Industry Working Papers. OECD Publishing, Paris. <http://dx.doi.org/10.1787/5jm5dcz2d26j-en>
- Marcolin, L., Miroudot, S. & Squicciarini, M., (2016b). The Routine Content Of Occupations: New Cross-Country Measures Based On PIAAC. OECD Trade Policy Papers, No 188, OECD Publishing, Paris. <http://dx.doi.org/10.1787/5jm0mq86fljg-en>
- Mokyr, J., Vickers, C. & Ziebarth, N. (2015). The History of Technological Anxiety and the Future of Economic Growth: Is This Time Different? *Journal of Economic Perspectives*, 29(3), 31-50. <http://dx.doi.org/10.1257/jep.29.3.31>
- OCDE (2013). The Survey of Adult Skills: Reader's Companion, First edition, OECD Skills studies, OECD Publishing, Paris. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264258075-en>
- OCDE (2016a). Skills Matter: Further Results from the Survey of Adult Skills. OECD Skills Studies. OECD Publishing.
- OCDE (2016b). ICTs and jobs: Complements or substitutes? OECD Digital Economy Papers, No. 259, OECD Publishing, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/5jlwnklzplhg-en>
- OCDE (2017a). The Next Production Revolution: Implications for Governments and Business. OECD Publishing, Paris. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264271036-en>
- OCDE (2017b). OECD Employment Outlook 2017. OECD Publishing. http://dx.doi.org/10.1787/empl_outlook-2017-en
- Pajarinen, M. & Rouvinen, P. (2014). Computerization Threatens One Third of Finnish Employment. No 22 ETLA Brief, The Research Institute of the Finnish Economy.
- Rodrik, D., (2016). Premature deindustrialization. *Journal of Economic Growth* 21, 1–33. <http://dx.doi.org/10.1007/s10887-015-9122-3>
- Santos, I., Monroy, S. & Moreno, M., (2015). Technological Change and Labor Market Disruptions: Evidence from the Developing World. IZA conference mimeo.
- Vodafone, (2015). M2M Barometer 2015 Report. Vodafone.

Anexos

Anexo 1: Cálculo del Riesgo de Automatización

Recientemente la OCDE (2017b) ha calculado un nuevo indicador sobre el riesgo de automatización, siguiendo la metodología Arntz et al. (2016).

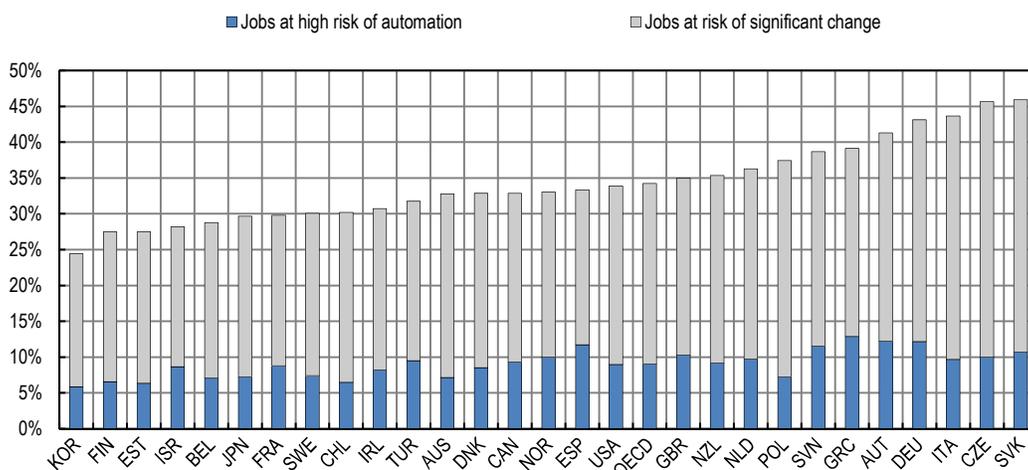
La metodología sigue el enfoque basado en la tarea. El enfoque se basa en la idea de que la automatización depende en última instancia de las tareas que los trabajadores realizan para estas labores y de la facilidad con que estas tareas pueden ser automatizadas.

Para implementar este enfoque, se estima la relación entre las tareas en el lugar de trabajo en los EE.UU. y la automatización, para luego transferir la automatización a puestos de trabajo en otros países de la OCDE, usando esta relación estadística. El análisis se basa en datos de encuestas individuales con respecto a una lista completa de tareas que las personas realmente realizan en su lugar de trabajo, es decir, usando la PIAAC. Dado que sólo se dispone de códigos CIUO de 2 dígitos en el PIAAC, surge un problema de asignación. Por lo tanto, asignan múltiples valores de la automatización a cada individuo en los datos PIAAC y siguen un enfoque de imputación múltiple. Para cada individuo en los datos de PIAAC, identifican la automatización con la probabilidad más alta basada en el método de Ibrahim (1990) e implementan un algoritmo de Expectativa-Maximización (EM).

Se define que los trabajos en alto riesgo de automatización son aquellos cuya probabilidad de ser automatizados es de al menos un 70%. Mientras que, los empleos en riesgo de cambio significativo son aquellos con la probabilidad de que su trabajo sea automatizado entre el 50 y el 70%.

La OCDE (2017b) en su más reciente publicación, Employment Outlook 2017, calcula información del riesgo de automatización para la segunda ronda de países de PIAAC, de la cual Chile es parte.

Gráfico 21: Riesgo de automatización en países OCDE



Fuente: OCDE, 2017b.

En base a esta metodología, Arntz et al. (2016) estima que en general para los países OCDE el riesgo de automatización es de un 9%, mientras que en el caso de Chile un 6% del empleo tiene un alto riesgo de automatización y un 25% tiene un menor riesgo pero significativo de ser automatizado. Sin embargo, críticas han surgido a este modelo de cálculo indicando que el efecto atenuante que aplica Arntz es un tanto excesivo (PWC, 2017). De esta forma, sería interesante en el futuro indagar en esta metodología de cálculo.

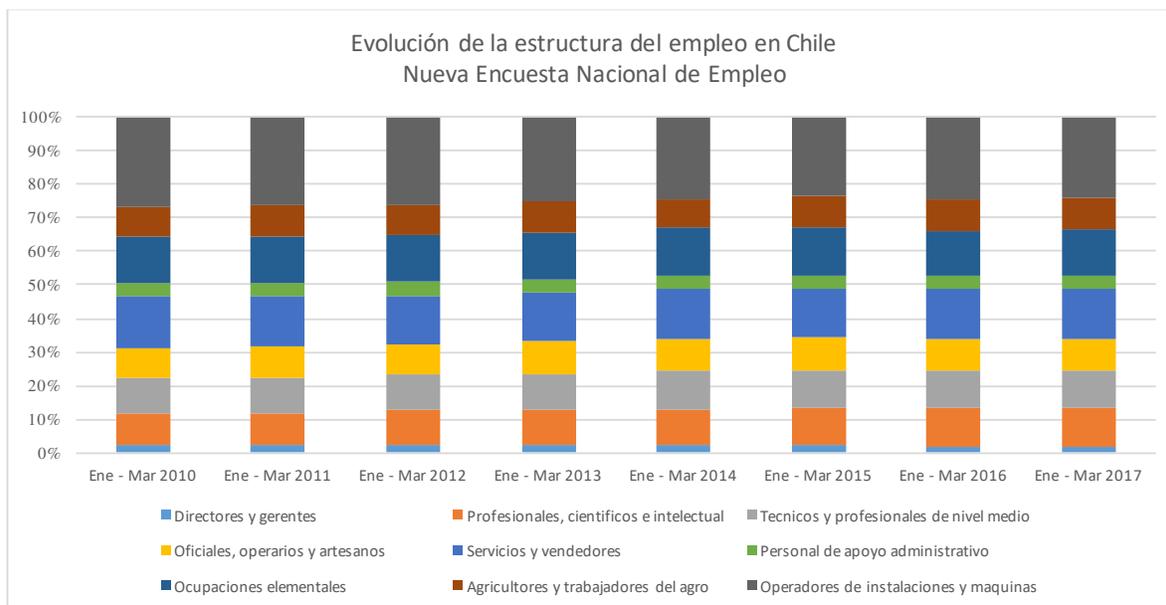
Anexo 2: Tabla de Agrupación de Categorías

Clasificación Almeida et al. (2017)	Clasificación NENE CIUO-88 (1 dígito)	Clasificación CASEN
Directores y Gerentes	Gerentes, Administradores y Directivos	M. Poder Ejecutivo
Profesionales calificados	Profesionales, Técnicos y Afines	Profesionales Científicos
		Técnicos Y Prof. Nivel Medio
Personal administrativo	Empleados oficina y afines	Empleado Oficina
Personal no calificado	Vendedores y afines	Vendedores Comercio
	Agricultores, Ganaderos, Pescadores	Agricultores Y Trabajo Calificado
	Conductores y afines	
	Artesanos y Operarios	Oficiales, Operarios Y Artesanos
	Otros Artesanos y Operarios	Operadores Y Montadores
	Obreros y Jornaleros N.E.O.C.	Trabajo No Calificados
	Trabajadores en Servicios Personales	

Anexo 3: Evolución del Empleo con Ocupaciones NENE y CASEN

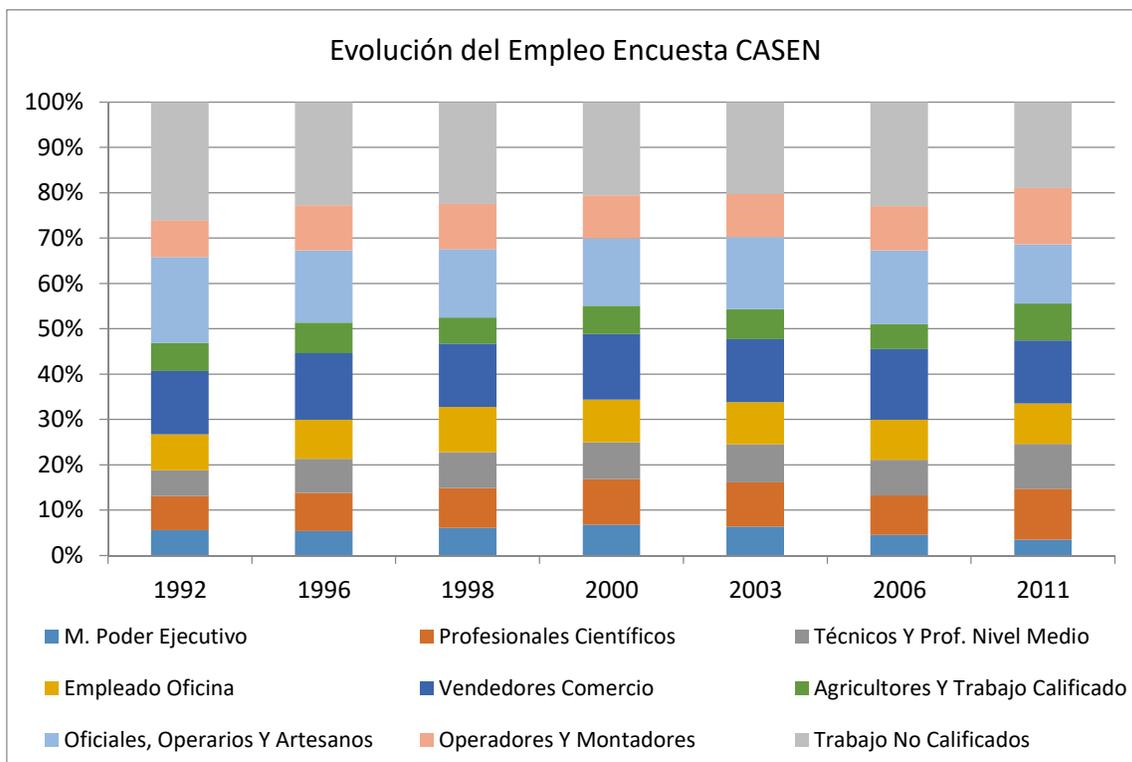
Los siguientes gráficos muestran la evolución de todas las ocupaciones y se aprecia claramente la no variabilidad de la estructura del empleo.

Gráfico 22: evolución de la estructura de empleo en Chile Nueva Encuesta Nacional de Empleo



Fuente: Elaboración propia en base a NENE (2010-2017).

Gráfico 23: evolución del empleo encuesta CASEN



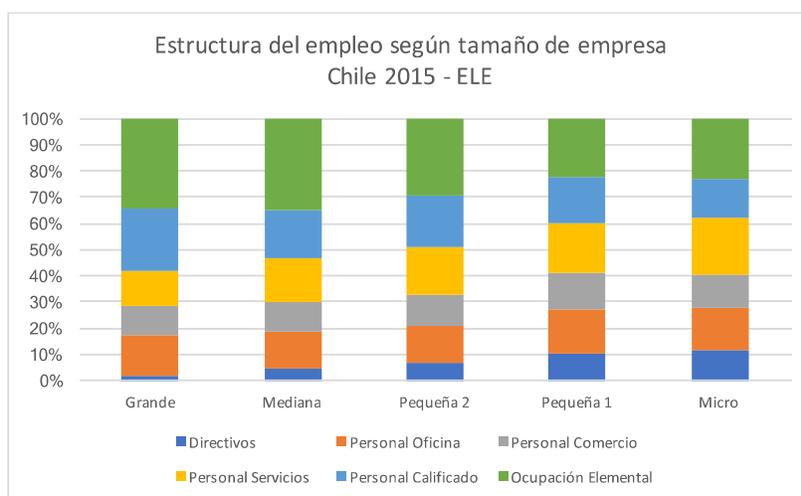
Fuente: Elaboración propia en base a CASEN (1992-2011).

Anexo 4: Resultados Adicionales Evolución del Empleo

Estructura del Empleo dentro de las Empresas: contratación y salidas.

Al observar desde la perspectiva del tamaño de empresas, vemos que la estructura del empleo es bastante similar entre las empresas grandes y medianas por una parte, y bastante similar entre las empresas Pequeñas y Micro, por otra.

Gráfico 24: Estructura del empleo según tamaño de empresa. Chile 2015 - ELE



Fuente: elaboración base en base a ELE4

Se puede apreciar que las empresas grandes y medianas tienen una menor proporción de personal directivo, que el resto. En cuanto al personal calificado, las empresas grandes y medianas concentran una mayor proporción de personal calificado. En cuanto a ocupaciones elementales, este grupo de empresas tiene una mayor proporción que las pequeñas y microempresas.

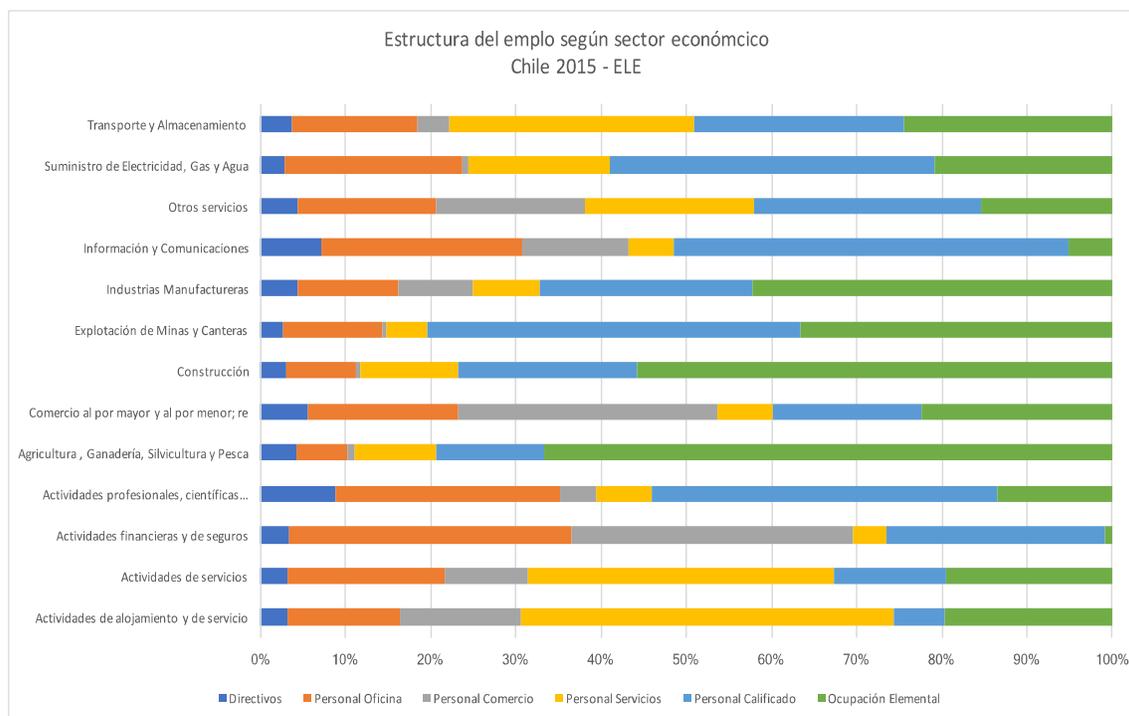
Por su parte, al observar a las pequeñas y microempresas, vemos que la participación de cada uno de estos tipos de ocupaciones es bastante equitativa.

Dado lo anterior, y lo que sabemos respecto al contenido rutinario de las ocupaciones elementales y sobre el personal de menor calificación, es que vemos que un cambio tecnológico que implique la automatización de tareas rutinarias afectaría mayormente a la estructura de empleo de las empresas más grandes, dada la alta participación de ocupaciones elementales en su actual estructura de empleo.

Si analizamos esta misma situación ahora desde el punto de vista de los sectores económicos, vemos que aquellos sectores con alto índice de intensidad de rutina también

mantienen una mayor proporción de ocupaciones elementales, asociadas a personal menos calificado y por tanto sujeto a una mayor intensidad de tareas rutinarias.

Gráfico 25: estructura del empleo según sector económico. Chile 2015 - ELE

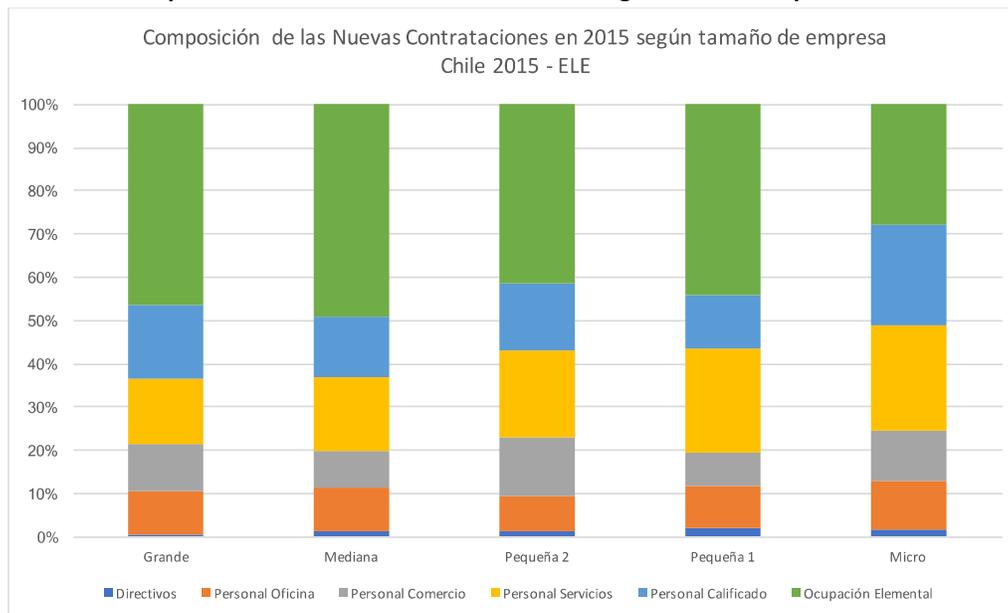


Fuente: elaboración base en base a ELE4

Interesante resulta el caso de Minas y Canteras, un sector intensivo en tecnologías de punta que permiten lograr mayor eficiencia en los procesos de extracción y tratamiento del mineral. Aquí se ve claramente que la estructura del empleo en el sector Minero, que se desprende de la información reportada por los datos de la ELE, muestra síntomas de polarización de las ocupaciones. Las ocupaciones elementales representan más de un 35%, los trabajadores calificados y directivos, juntos representan más del 46%, dejando una participación muy menor a aquellas ocupaciones con un nivel medio de calificación, incluyendo a personal de oficina, de comercio y servicios, los que en conjunto alcanzan sólo el 17%. Sería interesante analizar en el futuro, cual es la relación entre innovación y adopción de nuevas tecnologías en el sector minería. Si es que a medida que ha aumentado la innovación, el gasto en I+D, y la adopción de nuevas tecnologías, se ha ido marcando una tendencia hacia la polarización de su estructura de empleo.

En cuanto a la distribución de las nuevas contrataciones realizadas en 2015, vemos nuevamente que las empresas grandes y medianas tienen comportamientos similares entre sí, al igual que las pequeñas y microempresas.

Gráfico 26: Composición de las Nuevas Contrataciones según tamaño empresa. Chile 2015 - ELE

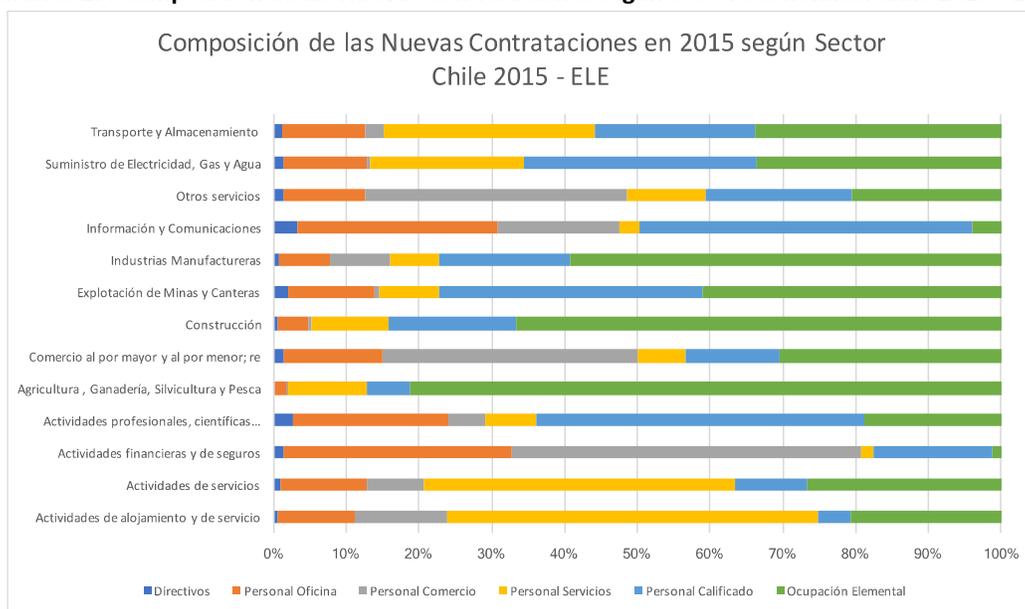


Fuente: elaboración base en base a ELE4

En todos los casos, vemos que la tendencia es contratar una estructura de empleo similar a la que muestra la actual composición. No obstante, en términos proporcionales, todas las empresas, independiente de su tamaño, han contratado proporcionalmente más ocupaciones elementales que las que tienen en su actual estructura de empleo. Es decir, contratan más a personas que sabemos tienden a ser colocadas en labores de carácter más rutinario.

Al analizar las cifras por sector económico, vemos al igual que en el gráfico anterior, un mayor número de trabajadores contratados para la realización de actividades de ocupación elementales.

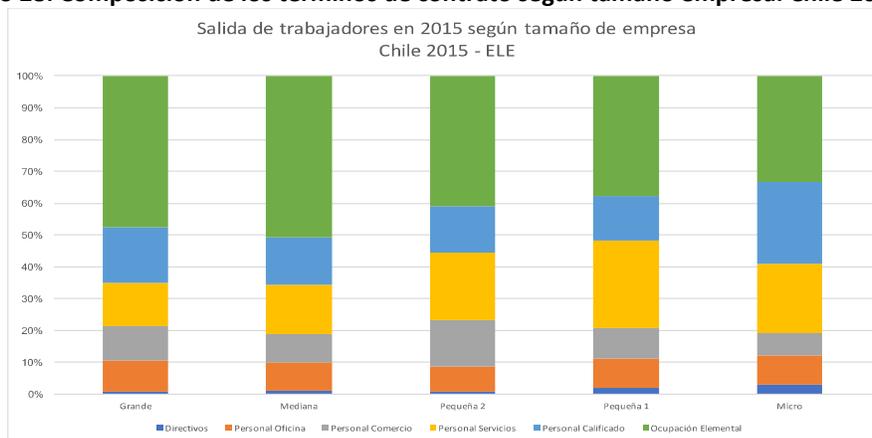
Gráfico 27: Composición de las Nuevas Contrataciones según sector económico. Chile 2015 - ELE



Fuente: elaboración base en base a ELE versión 4

Ahora bien, cuando analizamos los términos de contrato ejecutados en el año 2015, vemos que tienen una estructura muy similar a la de las contrataciones. Esto es indicativo de que la empresa está, al menos en el año 2015, manteniendo fija la estructura del empleo. A nivel de sectores económicos se ve el mismo fenómeno de reemplazo reposición del empleo o contrato finiquitado.

Gráfico 28: Composición de los términos de contrato según tamaño empresa. Chile 2015 - ELE



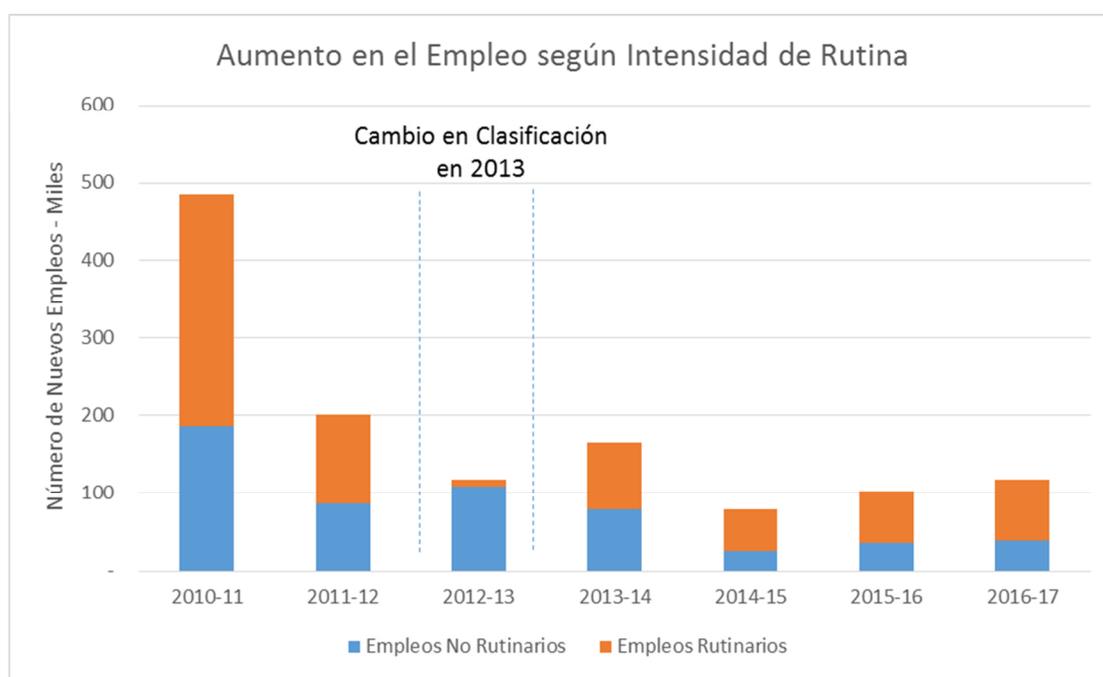
Fuente: elaboración base en base a ELE versión 4

Evolución del empleo – Rutinario v/s No Rutinario:

En el siguiente gráfico se realizó una ponderación del contenido rutinario (NR, BR, MR, AR) de cada sector económico por su nivel de empleo anual para el caso chileno. Para efectos

de este análisis se supuso que las categorías o cuartiles de intensidad de rutina permanecen constantes en el tiempo y son iguales a las expuestas en el gráfico 3. No obstante, se debe considerar en el análisis el cambio en la clasificación de sectores económicos implementada en el año 2013. Como se puede apreciar, en el gráfico 14 se muestra la variación del número de empleados según su intensidad de rutina desde el trimestre móvil enero-marzo del año 2010 hasta el trimestre móvil enero-marzo del año 2017. En general, vemos que entre 2010 y 2012 el número de empleos aumentó para ambos grupos. Luego del cambio en la clasificación, vemos que en el año 2014 hubo un aumento de personas empleada en ambos grupos, sin embargo, posterior al 2014 la creación de empleo se da con mayor intensidad en sectores rutinario. Durante el periodo 2016-2017, la creación de nuevos empleos en sectores rutinarios es el doble que el aumento de empleo en sectores no rutinarios. No obstante, este cambio no nos permite establecer si existe alguna tendencia, ni tampoco asociarlo a alguna variación en el contexto tecnológico.

Gráfico 29: aumento en el empleo según intensidad de rutina



Fuente: Elaboración propia en base a la base de datos PIACC 2015 y NENE 2017. Nota: empleo rutinario se refiere a la proporción de trabajadores que se dedican a tareas de alta y media rutina.

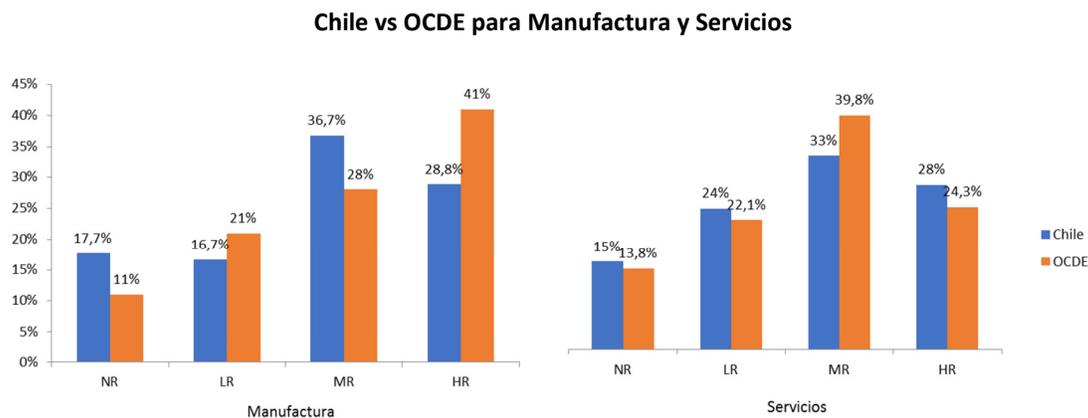
Este resultado es interesante para la política pública ya que, si Chile mantiene en incremento el empleo en sectores rutinarios, aumenta la población con mayor potencial de automatización. A continuación, mostramos cuales son aquellos empleos que tienen mayor potencial de ser reemplazados.

Anexo 5: Análisis comparativo cuartiles intensidad de rutina para manufactura y servicios

Al explorar la intensidad de rutina por manufactura y servicios (Gráfico 30) podemos observar que durante el primer trimestre móvil del 2017 la participación de los trabajadores de alta rutina en el sector manufacturero es mayor que en servicios, al igual que para el promedio de la OCDE. Sin embargo, para este último se observa una brecha mayor (41% en manufactura versus 28% en servicios).

En cuanto a las ocupaciones no rutinarias alcanzan en promedio para la OCDE 11% del empleo en manufactura y 15% en servicios, mientras que para Chile la participación es inversa (17% y 13% respectivamente). Finalmente, las ocupaciones en el centro de la distribución de intensidad de rutina, que pertenecen a BR y MR, representan el 53% en la industria manufactura y 62% en la industria de servicios, similar a la distribución de la OCDE.

Gráfico 30: Porcentaje de empleo por cuartil de intensidad en manufactura y servicios.



Fuente: Marcolin et al. (2016a y 2016b) y elaboración propia con cálculos en base a PIAAC 2015 y NENE 2017.

Anexo 6: Calificaciones en base a las ocupaciones CIUO 08.

Calificación	Descripción	CIUO - 08
Calificada	Directores y gerentes	1
	Profesionales, científicos e intelectuales	2
	Técnicos y profesionales de nivel medio	3
Semi-Calificada Profesional	Personal de apoyo administrativo	4
	Servicios y vendedores	5
Semi-Calificada Obrera	Agricultores y trabajadores del agro	6
	Oficiales, operarios y artesanos	7
	Operadores de instalaciones y maquinas	8
Elemental	Ocupaciones elementales	9

Anexo 7: Niveles de Desempeño PIAAC 2015:

Tablas disponibles para el caso chileno en la SERIE EVIDENCIAS, N°33, 2016. Competencias de la población adulta en Chile: Resultados PIAAC, del Ministerio de Educación. Para mayor detalle, revisar capítulo 2, Segundo Reporte de la Evaluación Internacional de las Competencias de Adultos (PIAAC) (OCDE, 2016a)

Niveles de competencias	Rango de puntaje	Lectura	Numérica
Menor al nivel 1	Menor a 176 puntos	Las tareas a este nivel requieren que el encuestado lea textos breves sobre temas conocidos y sea capaz de ubicar una sola ubicación específica. Sólo se requiere el conocimiento básico del vocabulario y no se requiere que el lector comprenda la estructura de oraciones o párrafos.	Las tareas a este nivel requieren que el encuestado lleve a cabo procesos simples tales como contar, ordenar, realizar operaciones aritméticas básicas con números enteros o dinero, o reconocer representaciones espaciales comunes.
Nivel 1	176 a 225 puntos	Las tareas a este nivel requieren que el encuestado lea textos digitales o impresos relativamente cortos para localizar una sola información que sea idéntica o sinónima a la información proporcionada en la pregunta o directiva. Se espera conocimiento y habilidad para reconocer vocabulario básico, determinar el significado de oraciones y lea párrafos de texto.	Las tareas a este nivel requieren que el entrevistado lleve a cabo procesos matemáticos básicos en contextos comunes, concretos donde el contenido matemático es explícito. Las tareas suelen requerir procesos en un solo paso o sencillos que incluyan el conteo; clasificación; realizar operaciones aritméticas básicas; e identificar elementos de representaciones gráficas o espaciales sencillas o comunes.
Nivel 2	226 a 275 puntos	Las tareas a este nivel requieren que el entrevistado haga coincidencias entre el texto, ya sea digital o impreso, e información, y puede requerir parafrasear o inferencias de bajo nivel.	Las tareas a este nivel requieren la aplicación de dos o más pasos o procesos que implican el cálculo con números enteros y decimales comunes, porcentajes y fracciones; Medición simple y representación espacial; Estimación; E interpretación de datos y estadísticas relativamente simples en textos, tablas y gráficos.
Nivel 3	276 a 325 puntos	Los textos a este nivel suelen ser densos o largos. Con frecuencia se requiere entender	Las tareas a este nivel requieren la aplicación del sentido del número y del sentido espacial; Reconocer y

Niveles de competencias	Rango de puntaje	Lectura	Numérica
		el texto y las estructuras retóricas, al igual que navegar textos digitales complejos.	trabajar con relaciones matemáticas, patrones y proporciones expresadas en forma verbal o numérica; Y la interpretación de datos y estadísticas en textos, tablas y gráficos.
Nivel 4	326 a 375 puntos	Las tareas a este nivel a menudo requieren que el entrevistado realice operaciones de varios pasos para integrar, interpretar o sintetizar información de textos complejos o largos. Muchas tareas requieren identificar y comprender una o más ideas específicas no centrales en el texto con el fin de interpretar o evaluar relaciones sutiles de discusión de evidencia o persuasión.	Las tareas a este nivel requieren análisis y razonamiento más complejo sobre las cantidades y los datos; Estadísticas y posibilidades; relaciones espaciales; Y cambio, proporciones y fórmulas. También pueden requerir la comprensión de los argumentos o la comunicación de explicaciones bien fundamentadas de las respuestas o las opciones.
Nivel 5	Igual o mayor a 376 puntos	Las tareas a este nivel pueden requerir que el encuestado busque e integre información a través de múltiples textos densos; Construir síntesis de ideas y puntos de vista similares y contrastantes; O evaluar argumentos basados en evidencia. A menudo requieren que los encuestados sean conscientes de las señales sutiles y retóricas y que hagan inferencias de alto nivel o usen conocimientos especializados de fondo.	Las tareas a este nivel pueden requerir que el entrevistado integre múltiples tipos de información matemática donde se requiere una traducción o interpretación considerable; Hacer inferencias; Desarrollar o trabajar con argumentos o modelos matemáticos; Y reflexionar críticamente sobre soluciones u opciones.

Niveles de competencia	Rango de puntaje	Resolución de problemas en ambientes tecnológicos
Sin experiencia con computadores	No aplica	Los adultos de esta categoría informaron no haber tenido experiencia previa en la computadora; Por lo tanto, no participaron en la evaluación basada en computadoras, sino que tomaron la versión en papel de la evaluación, que no incluye la resolución de problemas en el dominio del entorno rico en tecnología.

Niveles de competencia	Rango de puntaje	Resolución de problemas en ambientes tecnológicos
Falló en pruebas de Tecnologías de la Información y la Comunicación	No aplica	Los adultos de esta categoría tenían experiencia previa en computación, pero fallaron en la prueba básica de TIC, la cual evalúa las habilidades básicas de las TIC, como la capacidad de usar un mouse o desplazarse por una página web, para tomar la evaluación computarizada. Por lo tanto, no participaron en la evaluación basada en computadoras, sino que tomaron la versión en papel de la evaluación, que no incluye la resolución de problemas en el dominio del entorno rico en tecnología.
Optó por no participar de la toma de evaluación en un computador	No aplica	Los adultos de esta categoría optaron por tomar la evaluación basada en el papel sin antes tomar la evaluación básica de TIC, incluso si reportaron alguna experiencia previa con computadores. Tampoco participaron en la evaluación basada en computadores, sino que tomaron la versión en papel de la evaluación, que no incluye la resolución de problemas en el dominio del entorno rico en tecnología.
Menor al nivel 1	Menor a 241 puntos	Las tareas se basan en problemas bien definidos que implican el uso de una sola función dentro de una interfaz genérica para satisfacer un criterio explícito sin ningún razonamiento categórico o inferencial o transformación de información. Se requieren pocos pasos y no se debe generar ningún subobjetivo.
Nivel 1	241 a 290 puntos	Las tareas a este nivel normalmente requieren el uso de aplicaciones de tecnología ampliamente disponibles y familiares, como software de correo electrónico o un navegador web. Se necesita poca o ninguna navegación para acceder a la información o comandos necesarios para resolver el problema. Las tareas implican pocos pasos y un número mínimo de operadores. Sólo se requieren formas sencillas de razonamiento, como la asignación de elementos a categorías; No hay necesidad de contrastar o integrar la información.
Nivel 2	291 a 340 puntos	Las tareas a este nivel suelen requerir el uso de aplicaciones de tecnología tanto genéricas como más específicas. Por ejemplo, el encuestado puede tener que hacer uso de un nuevo formulario en línea. Es necesario navegar por páginas y aplicaciones para solucionar el problema. La tarea puede implicar múltiples pasos y operadores. El objetivo del problema puede tener que ser definido por el entrevistado, aunque los criterios que deben cumplirse son explícitos.
Nivel 3	Igual o mayor a 341 puntos	Las tareas a este nivel suelen requerir el uso de aplicaciones de tecnología tanto genéricas como más específicas. Es necesario navegar por páginas y aplicaciones para solucionar el problema. La tarea puede implicar múltiples pasos y operadores. El objetivo del problema puede tener que ser definido por el encuestado, y los criterios que deben cumplirse pueden o no ser explícitos. La integración y el razonamiento inferencial pueden ser necesarios en gran medida.

Anexo 8: Modelos Econométricos

Para dar robustez a los resultados obtenidos en la caracterización de trabajadores se realizaron estimaciones econométricas.

Primero, habiendo analizado las distintas correlaciones existentes entre el RII, o cuartiles de intensidad de rutina, y otras variables como nivel educacional, edad, experiencia, género y sector económico, con la siguiente regresión se verifica en términos gruesos algún orden de magnitud del efecto de cada una de estas variables sobre el RII. Se utilizó una regresión lineal estimada por mínimos cuadrados ordinarios, en que la variable dependiente fue el RII. El índice de rutina $RII \in (1,5)$, donde 1 es No Rutinario y 5 es Rutinario.

$$RII_i = \alpha + \beta_1 ESC_i + \beta_2 EXP_i + \beta_k Z_k + \mu_i$$

Donde,

ESC_i : años de escolaridad del individuo i reportados en la PIAAC

EXP_i : años de experiencia del individuo i reportados en la PIAAC

Z_k : un vector de variables Dummies que controlan por género, sector económico y tamaño de la firma.

Del modelo anterior, estimado por Mínimos Cuadrados Ordinarios podemos realizar las siguientes observaciones (Ver Tabla 5):

- A mayor escolaridad, menor el índice de intensidad rutina. Esto se aprecia al observar el coeficiente estimado para escolaridad, el cual es estadísticamente significativo y reporta un valor de -0,095.
- En cuanto a los años de experiencia, con la información disponible y un nivel de confianza del 95%, esta variable no resulta ser significativa.
- El género del trabajador/ra no resulta ser relevante en el resultado del índice de intensidad de rutina.
- En cuanto al tamaño de la empresa, determinado a partir del número de trabajadores (en tramos), resulta ser no significativo en el resultado del índice de intensidad de rutina.

- El sector económico⁸ es relevante en el resultado del índice de intensidad de rutina. Esto confirma el hecho de que hay sectores en que el contenido de tareas rutinarias es mayor que en otros. Así, por ejemplo, vemos que el hecho de pertenecer al sector de Agricultura, Silvicultura y Pesca (Sector 1 según CIIU Rev. 04), implica 1,44 puntos adicionales en el índice de intensidad de rutina.

Por cierto que estos resultados pueden ser analizados, en estudios futuros, con técnicas más sofisticadas que permitan determinar con mayor precisión la relación existente entre el RII y las distintas variables utilizadas en la regresión u otras variables adicionales. No obstante, esta estimación nos da un primer indicio y orden de magnitud de los determinantes de la intensidad de rutina que enfrentan los distintos trabajadores en sus respectivos empleos y sectores económicos.

Tabla Determinantes del trabajo rutinario (RII) en Chile

	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
esc	-.0950791	.011166	-8.52	0.000	-.1169641	-.0731941
exp	-.0057771	.0029638	-1.95	0.051	-.0115861	.0000319
mujer	.0190805	.0430178	0.44	0.657	-.0652328	.1033938
N_empresa_2	.0380988	.0680577	0.56	0.576	-.0952919	.1714895
N_empresa_3	-.0196663	.073293	-0.27	0.788	-.1633179	.1239853
N_empresa_4	-.053889	.1768763	-0.30	0.761	-.4005601	.2927821
N_empresa_5	-.0792615	.0876076	-0.90	0.366	-.2509693	.0924463
sector_1	1.44474	.3302607	4.37	0.000	.7974407	2.092039
sector_2	1.205229	.3577815	3.37	0.001	.5039902	1.906468
sector_3	1.100013	.3491244	3.15	0.002	.4157422	1.784285
sector_4	.831031	.821528	1.01	0.312	-.7791343	2.441196
sector_5	.411959	.2529737	1.63	0.103	-.0838604	.9077783
sector_6	1.04511	.3541885	2.95	0.003	.3509136	1.739307
sector_7	1.057554	.371219	2.85	0.004	.3299783	1.78513
sector_8	1.333739	.2987768	4.46	0.000	.7481473	1.919331
sector_9	.9119753	.2857502	3.19	0.001	.3519151	1.472035
sector_10	.6032958	.3006439	2.01	0.045	.0140446	1.192547
sector_11	.8371127	.3121946	2.68	0.007	.2252225	1.449003
sector_12	1.123727	.3360038	3.34	0.001	.465172	1.782283
sector_13	1.12375	.4488387	2.50	0.012	.2440425	2.003458
sector_14	1.042702	.3002302	3.47	0.001	.4542618	1.631143
sector_15	.9173238	.3331737	2.75	0.006	.2643154	1.570332
sector_16	1.025351	.3347741	3.06	0.002	.3692063	1.681497
sector_17	1.15569	.3325355	3.48	0.001	.5039325	1.807448
sector_18	1.144403	.4095665	2.79	0.005	.3416674	1.947139
sector_19	.9171449	.2922015	3.14	0.002	.3444405	1.489849
sector_20	.6546637	.2585075	2.53	0.011	.1479983	1.161329
_cons	2.813425	.3134511	8.98	0.000	2.199072	3.427778
e_r2	.1451746	.017314	8.38	0.000	.1112397	.1791094

⁸ Número de Sector Corresponden a la Clasificación CIIU Rev 04.

Tabla Salario por hora e intensidad de rutina

	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
esc	.0897493	.00508	17.67	0.000	.0797928	.0997059
exp	.0051961	.002422	2.15	0.032	.0004491	.0099432
rii_1	-.090265	.0174772	-5.16	0.000	-.1245197	-.0560103
N_empresa_2	.0857016	.0638763	1.34	0.180	-.0394936	.2108968
N_empresa_3	.1244144	.0563279	2.21	0.027	.0140137	.2348151
N_empresa_4	.2633538	.0786085	3.35	0.001	.109284	.4174236
N_empresa_5	.4484833	.1233172	3.64	0.000	.2067861	.6901806
_cons	1.04573	.0880873	11.87	0.000	.8730822	1.218378
e_r2_a	.2415284	.0390883	6.18	0.000	.1649168	.31814
e_rmse	.6809775	.0295436	23.05	0.000	.623073	.7388819

Tabla Salario por hora y trabajo rutinario

	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
esc	.0901247	.0050244	17.94	0.000	.0802771	.0999723
exp	.0051916	.0023234	2.23	0.025	.0006378	.0097453
LR	.0578274	.0573037	1.01	0.313	-.0544857	.1701405
MR	-.0992675	.0454857	-2.18	0.029	-.1884179	-.0101171
HR	-.1910384	.0576962	-3.31	0.001	-.304121	-.0779559
N_empresa_2	.076835	.060826	1.26	0.207	-.0423819	.1960518
N_empresa_3	.1159662	.0552463	2.10	0.036	.0076855	.224247
N_empresa_4	.2579564	.0767739	3.36	0.001	.1074823	.4084304
N_empresa_5	.445292	.1189292	3.74	0.000	.212195	.6783889
_cons	.8843315	.071221	12.42	0.000	.744741	1.023922
e_r2_a	.2404985	.0399864	6.01	0.000	.1621266	.3188705
e_rmse	.6814396	.030017	22.70	0.000	.6226073	.7402719