

Hoja de Ruta para Programa Estratégico de Manufactura Avanzada

INFORME RESUMEN DE MARZO 2017

ACTUALIZADO EN JULIO 2018



Tabla de Contenidos

1.	Introducción	5
2.	Visión y Objetivos del Programa Estratégico de Manufactura Avanzada	6
2.1	Visión: ¿Hacia dónde queremos ir con este Programa Estratégico?	8
2.2	Objetivos: ¿Qué queremos lograr concretamente?	8
3.	La Manufactura Avanzada.....	9
3.1	¿Qué es manufactura avanzada?	9
3.2	¿Qué beneficios tiene la Manufactura Avanzada?	9
3.3	¿Por qué ahora es posible la manufactura avanzada?	10
3.4	¿Qué aplicaciones concretas tiene la manufactura avanzada?	12
3.5	¿Qué están haciendo otros países?	13
4.	Oportunidades de la Manufactura Avanzada para Chile	15
4.1	Implementación de soluciones tecnológicas para pequeños agricultores	16
4.2	Desarrollo de soluciones o nuevos materiales para mejorar la inocuidad y conservación de los alimentos.....	16
4.3	Manejo y procesamiento de residuos industriales.....	17
4.4	Optimización de los sistemas de riego en agricultura	18
4.5	Edificación en madera y edificación modular	19
4.6	Diseño y construcción de partes, piezas y repuestos para la industria de generación solar	19
4.7	Vehículos autónomos	20
4.8	Sensores para condiciones especiales	20
4.9	Sistemas inteligentes de mantenimiento predictivo y preventivo	20
4.10	Integración de Gestión de Sistemas Productivos.....	21
4.11	Desarrollo de productos y dispositivos interoperables.....	21
4.12	Integración y trazabilidad de sistemas eléctricos internos y externos.	22
4.13	Industrialización de baterías de Litio	22
4.14	Manufactura como servicio	23
4.15	Mayores exigencias de sustentabilidad para las empresas	23
4.16	Desarrollo de industria cero emisión	24
4.17	Desarrollo de la industria de Big Data.....	24
4.18	Utilización de la capacidad productiva ociosa.....	24
4.19	Remanufactura.....	25
5.	Brechas de Chile para Aprovechar las Oportunidades de la Manufactura Avanzada y Propuestas para Abordarlas.....	26

5.1	Eje 1: Poder traccionante de las industrias tractoras	26
5.1.1	Brecha 1: Insuficiente conexión tractora-manufacturera nacional	26
5.1.2	Brecha 2: Limitadas competencias e incentivos de empresas tractoras para adoptar manufactura avanzada	27
5.1.3	Brecha 4: Escasa tracción del Estado.....	29
5.2	Eje 2: Capital Humano.....	30
5.2.1	Brecha 5: Escaso capital humano requerido para MA.....	30
5.3	Eje 3: Participación Internacional	32
5.3.1	Brecha 6: Limitada capacidad competitiva de la industria manufacturera	32
5.3.2	Brecha 7: Escasa proyección internacional de IM	33
5.4	Eje 4: Ecosistema de Manufactura Avanzada	34
5.4.1	Brecha 8: Escaso conocimiento de manufactura avanzada y sus potencialidades.....	34
5.4.2	Brecha 9: Escaso acceso de manufactureros a la manufactura avanzada.....	35
5.4.3	Brecha 10: Escases de capacidad de inversión para la manufactura avanzada.....	37
5.4.4	Brecha 11: Limitado emprendimiento en manufactura avanzada	37
5.4.5	Brecha 12: Escasa inversión extranjera en manufactura avanzada.....	39
5.4.6	Brecha 13: Escasa inversión nacional en manufactura avanzada.....	40
5.5	Eje 5: Tecnología y condiciones habilitantes	41
5.5.1	Brecha 14: Limitada I+D+i para la manufactura avanzada	41
5.5.2	Brecha 15: Inexistencia de estándares para la manufactura avanzada.....	43
5.5.3	Brecha 16: Poca coordinación estatal para la MA	43
5.5.4	Brecha 17: Escasa cultura para la manufactura avanzada.....	45
5.5.5	Brecha 18: Nula estructura para la manufactura avanzada	46
6.	Línea Base y Línea Meta	47
7.	Anexo 1: Esfuerzos Internacionales para promoción de la manufactura avanzada	48
7.1	Focalización de los esfuerzos	48
7.2	Institucionalidad de soporte	49
7.3	Participación amplia y coordinada de actores del sector público y privado.....	51
7.4	Desarrollo de capital humano.....	51
7.5	Desarrollo de infraestructura.....	53
7.6	Incentivos tributarios y apoyo al financiamiento.....	54
7.7	Apoyo al emprendimiento y al desarrollo de propiedad intelectual	54
7.8	Inversión en ciencia, investigación e innovación	56
7.9	Fomento al comercio internacional	57
8.	Anexo 2: Hoja de Ruta Tentativa.....	58
9.	Anexo 3: Estimación de Línea Base y Línea Meta	59
9.1	Estimación de Línea Base	59

9.1.1	Ingresos de la Industria Manufacturera B2B	63
9.1.2	Estructura de Costos de la Industria Manufacturera B2B	64
9.1.3	Empleos y Remuneraciones de la Industria Manufacturera B2B	64
9.1.4	Niveles de Inversión de la Industria Manufacturera B2B	65
9.2	Estimación de Línea Meta.....	66
9.2.1	Aumento de Ingresos de la Industria Manufacturera B2B	67
9.2.2	Aumento de empleos de la Industria Manufacturera B2B	68
9.2.3	Aumento de la inversión de la Industria Manufacturera B2B	68
10.	Bibliografía	69

1. Introducción

En el marco de sus Programas Estratégicos de Especialización Inteligente, CORFO desarrolló un programa específico cuyo objetivo central fue apoyar la definición de una hoja de ruta con iniciativas concretas que sean un apoyo efectivo para desarrollar la manufactura avanzada en Chile, logrando aumentar los ingresos económicos, y la cantidad y calidad de empleos relacionados a la manufactura avanzada en el país. Este objetivo fue focalizado en las industrias que fueron definidas como tractoras: minería, construcción e infraestructura, energía, e industria acuícola, agroalimentaria y forestal.

Durante este estudio se realizó un análisis de la industria manufacturera nacional y de las industrias tractoras, identificando las principales oportunidades presentes en el país para incorporar y/o potenciar la manufactura avanzada. Del mismo, se realizó un análisis de las principales brechas que debiera hacerse cargo el país para abordar esas oportunidades, y se plantearon iniciativas para hacerlo. En base a esas iniciativas se configuró una Hoja de Ruta para el desarrollo de la manufactura avanzada en Chile.

El presente documento representa un resumen de los seis informes que consideró el trabajo de desarrollo de la hoja de ruta.

2. Visión y Objetivos del Programa Estratégico de Manufactura Avanzada

La industria manufacturera es una de las principales fuentes de ingreso para el país representando el 9,96% del PIB total el año 2015. No obstante, desde el año 2008 a la fecha, este porcentaje ha ido disminuyendo a tasas promedio de 1,7% anual, y se estima que para el año 2024 representará un 8,62% del PIB, tal como se muestra en la Figura 1. Este es un fenómeno que se repite en la mayoría de los países del mundo.

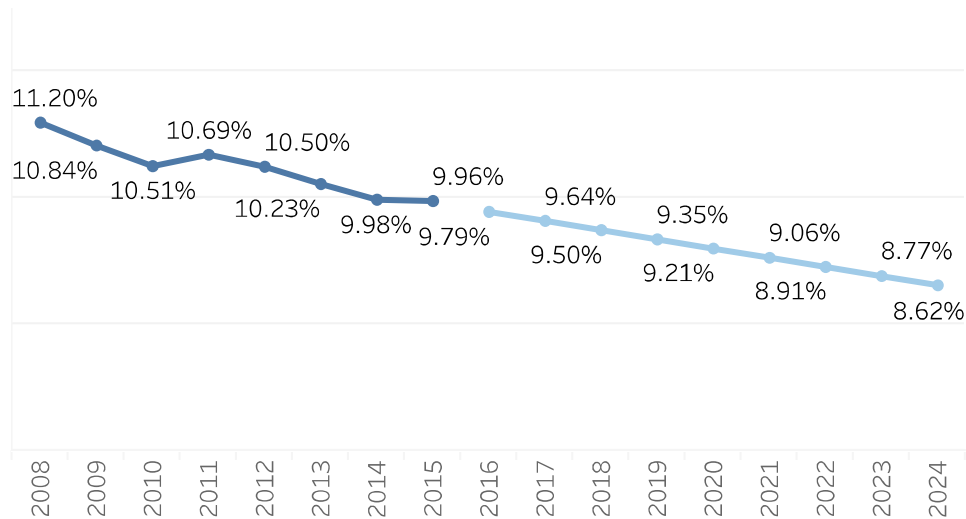


Figura 1: Participación en el PIB de la Industria Manufacturera en Chile.
Fuente: Ceop Consulting, en base a información del Banco Central de Chile.

Pérdida de empleo

De acuerdo a la Encuesta Nacional Industrial Anual 2014 (ENIA), en Chile existen un total de 3.333 empresas manufactureras, empleando a un total de 318.605 personas. Estos empleos equivalen a un 4,5% de la oferta laboral total, con remuneraciones promedio que fluctúan entre \$470.000¹ y \$755.806², con una participación femenina del 24%. Consecuente con la caída de la participación de la manufactura (Figura 1), estas cifras han decaído desde el año 2009, en donde se observaban un total de 4.417 establecimientos y 402.000 puestos de trabajo.

El Mundo se encamina hacia la Manufactura Avanzada

Las nuevas tecnologías están redefiniendo las estructuras productivas, las cadenas de suministro y los modelos negocios en todo el mundo lo que impactará notablemente el ordenamiento de mundial de la manufactura y de la generación de valor para los países. Conscientes de esto Alemania, Estados Unidos, Canadá, Australia, Corea del Sur, y México, entre otros países del mundo,

¹ Nueva Encuesta Suplementaria de Ingresos 2014 (NESI)

² Encuesta Nacional Industrial Anual 2014 (ENIA)

ya han diseñado formalmente hojas de ruta para planificar el desarrollo de la manufactura avanzada en sus países.

Chile aún está a tiempo

Chile ha sido históricamente un país exportador de bienes naturales y de manufacturas ligadas a ellos. La composición anual de las exportaciones según nivel tecnológico se ha mantenido casi inalterable durante los últimos 15 años, con escasa participación de la tecnología, no superando el 1% en exportaciones de alta tecnología (Figura 2).

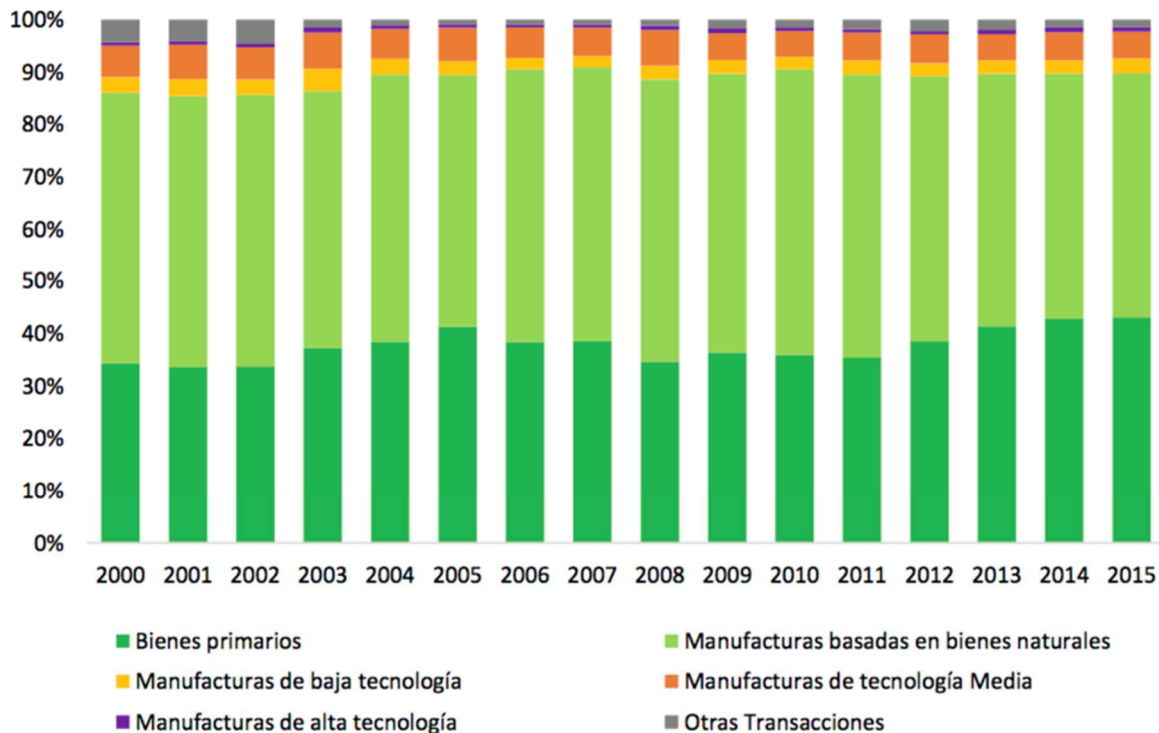


Figura 2: Composición anual de las exportaciones según nivel tecnológico.

Fuente: Informe Intensidad Tecnológica, en base a datos ComTrade y clasificación CEPAL.

Al contrario, el país ha sido un importador de manufacturas con tecnología. Como resultado de lo anterior, se observa que, en los últimos años, en la medida en que la balanza comercial de los bienes primarios y manufacturas basadas en bienes naturales va en creciente superávit, las manufacturas de baja, media y alta tecnología van en creciente déficit (Figura 3). De seguir esta tendencia el país se irá encasillando cada vez más en el mundo los bienes naturales de poco valor agregado, haciendo cada vez más difícil el desarrollo de una capacidad de manufactura avanzada.

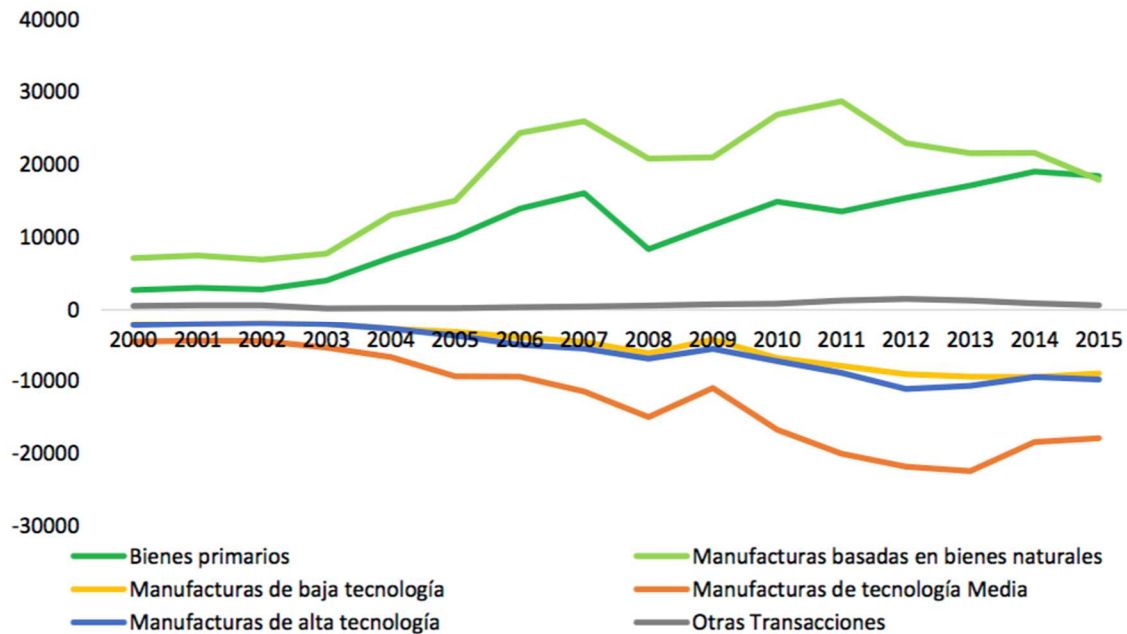


Figura 3: Evolución de la balanza comercial de Chile por categoría según intensidad tecnológica.
Fuente: Informe Intensidad Tecnológica, en base a datos ComTrade y clasificación CEPAL.

No obstante, en Chile existen ejemplos notables de desarrollo de manufactura avanzada los que podrían crecer y multiplicarse si se dieran las condiciones adecuadas. Adicionalmente Chile tiene una posición de liderazgo en varias industrias a nivel mundial, y una posición competitiva en la economía latinoamericana, que le podrían ayudar a apalancar un esfuerzo coordinado por potenciar la manufactura avanzada. Sin embargo, resulta clave que Chile emprenda este esfuerzo prontamente, porque las oportunidades para la manufactura avanzada son globales y ya hay otros países trabajando por aprovecharlas.

2.1 Visión: ¿Hacia dónde queremos ir con este Programa Estratégico?

La visión definida para el Programa Estratégico de Manufactura Avanzada es que:

“Chile desarrollará una industria de Manufactura Avanzada exportadora, sustentable e intensiva en el uso de tecnologías en el estado del arte. A su vez será empleadora de capital humano calificado para generar nuevos productos, servicios y modelos de negocio, optimizando también la productividad tanto de las industrias tractoras como de la propia industria manufacturera.”

2.2 Objetivos: ¿Qué queremos lograr concretamente?

Los objetivos centrales del Programa Estratégico de Manufactura Avanzada son:

- Aumentar los ingresos del país provenientes de manufactura hasta alcanzar un 15% del PIB (desde un 9,96% registrado el año 2015).
- Aumentar los empleos en manufactura avanzada.

3. La Manufactura Avanzada

3.1 ¿Qué es manufactura avanzada?

La manufactura avanzada es aquella que crea nuevos materiales, productos y procesos con el uso de la ciencia, ingeniería y tecnologías de información, herramientas y métodos productivos de alta precisión, fuerza de trabajo altamente capacitada y nuevos modelos de negocios y organización (Institute for Defense Analyses, 2012).

Este tipo de manufactura es, para muchos autores, la causante de la "cuarta revolución industrial" que ha observado la humanidad que está cambiando el foco de atención de las empresas productivas desde "hacer las cosas lo más costo-eficiente posible", tendencia principal de los últimos 40 años, a "hacer las cosas inteligentemente"(van Agtmael & Bakker, 2016).

Tabla 1: Revoluciones industriales

	Año aproximado	Avance tecnológico principal
1era Revolución	1784	Máquina a vapor
2da Revolución	1870	Línea de ensamblaje
3era Revolución	1969	Robótica
4ta Revolución	2010	Sistemas integrados, Internet de las cosas, nuevos materiales, nuevos modelos de negocio

3.2 ¿Qué beneficios tiene la Manufactura Avanzada?

La manufactura avanzada tiene importantes beneficios para las empresas manufactureras los que pueden resumirse en cuatro aspectos:

- *Nuevas oportunidades de negocio:* existen nuevas oportunidades de negocio que son habilitadas con la incorporación de nuevas tecnologías y nuevos modelos de negocio que permitirán a las empresas manufactureras ampliar las ventas de sus productos existentes o de nuevos productos, tanto en los mercados actuales como en nuevos mercados.
- *Mayor eficiencia y eficacia de producción:* las nuevas tecnologías de la manufactura avanzada permiten aumentar la eficiencia de producción (reduciendo costos laborales, insumos, energía, inventarios, etc.), y aumentar la eficacia (mejorando la capacidad de los procesos, optimizando los tiempos de respuesta, o mejorando la calidad).

- *Mayor sustentabilidad:* la manufactura avanzada ofrece nuevas oportunidades de lograr una producción más sustentable generando oportunidades de mercado, o bien permitiendo operar a la empresa sobrepasando normas reglamentarias para operar (economía circular, re-manufactura, industria cero emisión, etc.).
- *Capital humano:* la manufactura avanzada ofrece también oportunidades para mejorar la seguridad de las operaciones, mejorar la calidad de vida de los trabajadores, o bien captar a la mejor gente para generar ventajas competitivas en el mercado.

3.3 ¿Por qué ahora es posible la manufactura avanzada?

La manufactura avanzada se basa en las últimas tecnologías, y modelos de negocios asociados a ellas, las que pueden agruparse en seis grandes tendencias tecnológicas:

- *Captación y análisis de datos:* existen dos fenómenos tecnológicos nuevos que son basales para permitir la manufactura avanzada: la capacidad de captar una gran cantidad de información, y la capacidad de procesarla.
 - Captación de información: el **uso masivo de sensores y de digitalización** de información permite captar una gran cantidad de datos tanto desde los usuarios, a través de teléfonos móviles, redes sociales, GPS, como de los procesos productivos, a través de múltiples sensores de parámetros productivos críticos. El uso masivo de estos sensores inteligentes están siendo capaces de capturar digitalmente una cantidad de información sin precedentes en la historia.
 - Análisis de la información: todos los datos capturados sólo tienen valor si es posible extraer de ellos información valiosa para el mercado y/o la producción. Avances recientes en el campo de los **Datos Masivos, o Big Data** permiten a través de sofisticados algoritmos no sólo procesar y analizar los datos, si no que desarrollar aprendizajes de los fenómenos de mercado o productivos monitoreados. Mediante esta capacidad es posible predecir comportamientos y fenómenos permitiendo administrar los procesos con mayor eficiencia y eficacia. Esta capacidad de análisis masivo de información tampoco tiene precedente en la historia.
- *Intercomunicación de dispositivos o el "internet de las cosas":* El IoT (por la sigla en inglés *Internet of Thing*) es la capacidad de diferentes dispositivos de conectarse entre ellos y compartir información. Esta tecnología permite a las empresas manufactureras tener a cada uno de sus procesos, y en particular a cada una de sus máquinas, operando de una manera interconectada e inteligente. En otras palabras, cada máquina se comporta como un núcleo que reporta información en todo momento, que se comunica con el entorno (resto de las máquinas y el área de control) y que además es capaz de recibir órdenes en tiempo real e interactuar en base a éstas.
- *Robótica avanzada:* si bien gran parte de la tercera revolución industrial mencionada anteriormente fue gracias a la automatización de tareas por parte de maquinarias, éstas han evolucionado de gran manera en los últimos años. La robótica se está convirtiendo en un apoyo y en un actor más autónomo aún, flexible y cooperativo. Esto es, se le ha seguido

quitando complejidad a las tareas ejecutadas por los trabajadores y cada vez deben ser menos monitoreados. La reducción de los costos de los robots ha marcado su ingreso masivo en todas las industrias, especialmente en la manufacturera, donde pueden ser aplicadas muchas o casi todas las capacidades de la robótica.

- *Nuevos materiales:* El diseño, creación, manipulación y aplicación de materiales diversos y sistemas funcionales a través del control de la materia a nano-escala y la biotecnología han sido un gran desarrollo de la tecnología últimamente. Nano-fibras, nano-láminas y biomateriales son algunas expresiones de estos materiales, quienes son usados en gran manera para mejorar la resistencia de materiales y otras características, como su flexibilidad y duración.
- *Manufactura aditiva:* la manufactura aditiva consiste en el proceso de apilar capas de materiales para hacer objetos tridimensionales. El proceso es opuesto a la manufactura por sustracción, común hoy en producción, que consiste en el corte de un molde pre hecho o el desgaste de una pieza mayor. Este proceso es utilizado en metales, polímeros y electrónica, entre otros, siendo uno de sus principales exponentes la impresión 3D. Una de las mayores ventajas es que las partes pueden ser fabricadas inmediatamente después del diseño dimensional. Esto abre las puertas a los mercados “on-demand” de la manufactura masiva customizada para cada uno de los clientes, con cero inventario. En base al nuevo modelo de manufactura, de armar en capas y no de reducir a partir de un molde, se logra minimizar el desecho de materiales y las necesidades de herramientas. Con esto, se requerirá un solo equipo (impresora 3D), en comparación con la amplia gama de equipos requeridos para diseñar y cortar un material o metal (prensa, sierras, soldadoras, lijas, etc.). Es por esto que la manufactura aditiva puede comprimir la cadena de abastecimiento para las empresas productoras (Subcommittee for Advanced Manufacturing of the National Science and Technology Council, 2016).
- *Realidad aumentada:* la realidad aumentada es, por ahora, una de las tecnologías menos desarrolladas en el ámbito industrial, no obstante se ha popularizado en el ámbito de la capacitación. A pesar de esto, presenta grandes beneficios que pueden ser aplicados a lo largo de toda la cadena de producción. Por ejemplo, para efectos de las bodegas de almacenamiento, la realidad aumentada puede jugar un rol clave para ir informando en tiempo real a los trabajadores cuál es el SKU que deben guardar o extraer y hacia dónde lo tienen que llevar. Dicho flujo de información instantáneo reduce de sobremanera los tiempos de comunicación, las malas interpretaciones y errores en la selección y envío de ítems. Otra posible aplicación es la recepción de instrucciones para reparar algún dispositivo dañado mientras se está trabajando en él. Por ejemplo, a través de anteojos inteligentes. Lo anterior trae beneficios de reducción de tiempos de instalación, asegurando un trabajo de calidad y transparente, en cuanto a que los clientes podrán ver qué es lo que se está haciendo en sus máquinas, automóviles, procesos, etc.

3.4 ¿Qué aplicaciones concretas tiene la manufactura avanzada?

La manufactura avanzada tiene múltiples y variadas utilidades concretas para la industria manufacturera. La consultora McKinsey (McKinsey, 2015) identifica ocho impactos concretos de la manufactura avanzada para los resultados de una empresa, asociándolos con tecnologías habilitantes respectivas, y reportando indicadores de resultado para cada tipo de impacto (Figura 4)

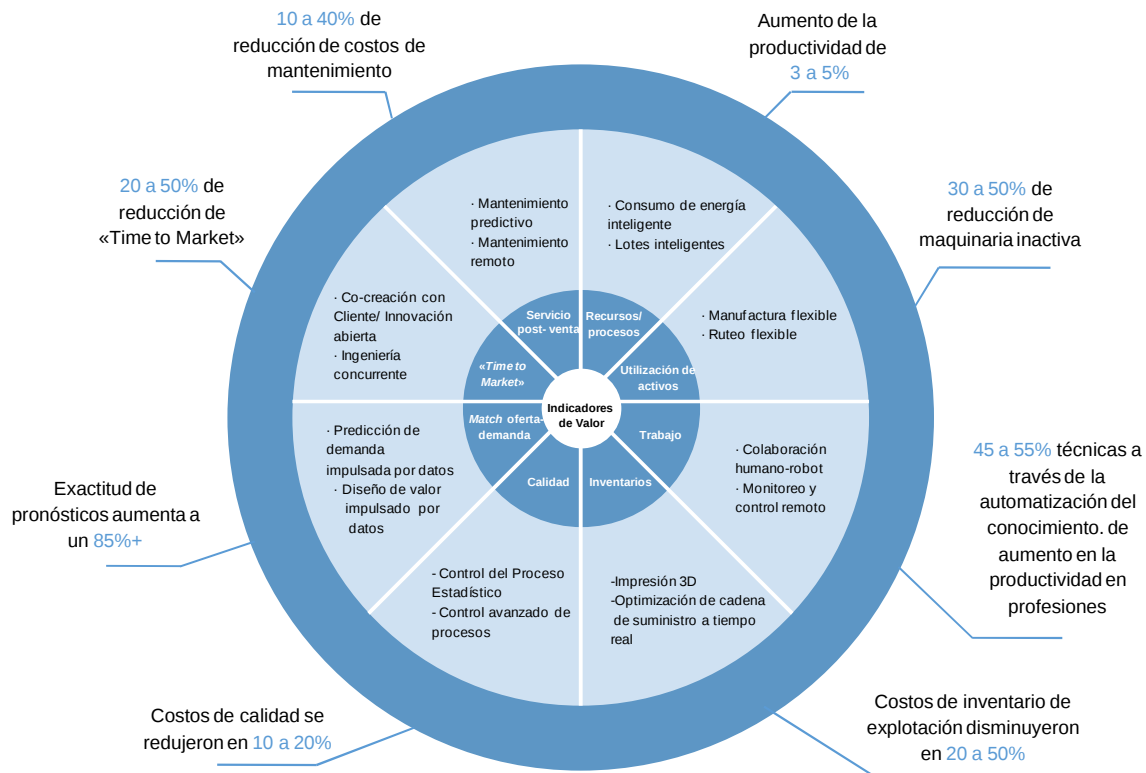


Figura 4: Principales impactos de la Manufactura Avanzada en la industria. Fuente: McKinsey. (2015). Industry 4.0. How to navigate digitization of the manufacturing sector.

- *Disminución de recursos utilizados:* la tecnología de sensores, IoT y algoritmos permite reducir el uso de materiales y energías utilizados mediante optimización en línea de los procesos.
- *Aumento de utilización de activos:* el uso de sensores y de algoritmos permite predecir las necesidades de mantenimiento de una máquina, aumentando su disponibilidad al reducir las fallas y los tiempos requeridos de mantención preventiva.
- *Mejoramiento de la productividad y condiciones laborales:* la incorporación de robots avanzados permite liberar al trabajador de las tareas más complejas y rutinarias, y al mismo tiempo aumentar considerablemente su productividad.

- *Disminución de costos de inventario:* las tecnologías de impresión 3D pueden reducir la necesidad de una serie de inventarios, los que pueden ser producidos en la medida que se requieran.
- *Mejoramiento de calidad:* los sensores avanzados, escaneo 3D, y control de proceso avanzado son algunos ejemplos de tecnologías que permiten a la manufactura avanzada alcanzar estándares superiores de calidad.
- *Aumento de exactitud en los pronósticos de demanda:* la captura y análisis de información en línea permite aumentar en forma considerable la exactitud de la predicción de la demanda de un determinado producto o servicio, permitiendo una mejora significativa en la planificación de los procesos productivos.
- *Reducción del "time to market":* la capacidad de prototipado rápido a través de impresión 3D, y el uso de sistemas para "co-crear" productos o servicios customizados para los clientes son ejemplos de tecnologías que contribuyen a reducir el tiempo de desarrollo de un nuevo producto.
- *Mejoramiento de los servicios de post-venta:* la mantención predictiva y matención reomta puede aumentar el rango de servicios ofrecidos por las empresas manufactureras a sus clientes.

3.5 ¿Qué están haciendo otros países?

Entendiendo la importancia de posicionarse con rapidez en el nuevo mundo de la manufactura avanzada son varios los países que han realizado o están realizando programas específicos para fomentar este tipo de manufactura. Entre ellos destacan Alemania, Reino Unido, China, EE.UU. Canadá, Australia, Corea del Sur.

Todos los países que están desarrollando planes para promover la manufactura avanzada coinciden en el sentido de urgencia de su implementación. Existen conciencia de que las nuevas tecnologías están presionando hacia un nuevo ordenamiento industrial y que los primeros países en adaptarse tendrán ventajas sobre el resto, y por el contrario, aquellos que no ingresen tempranamente en este tipo de industria perderán posiciones difíciles de recuperar en el futuro.

"Necesitamos dominar rápidamente la unión del mundo de Internet con el mundo de la producción industrial porque si no lo hacemos los actuales líderes en el área digital se adueñarán de nuestra producción industrial"

Angela Merkel, Canciller Federal de Alemania, 2015.

Un resumen de los énfasis y políticas más relevantes que están siendo consideradas por los países que están abordando el desafío de incorporar manufactura avanzada pueden revisarse en el Anexo 1.

4. Oportunidades de la Manufactura Avanzada para Chile

Chile tiene una serie de oportunidades para desarrollar manufactura avanzada a partir, al menos, de los siguientes argumentos:

- *Ventajas comparativas:* el país tiene ventajas comparativas y condiciones especiales que le permitirían alcanzar posiciones de liderazgo en la manufactura de productos y servicios asociados a ellas. Los abundantes yacimientos de recursos minerales metálicos y no metálicos, especialmente cobre y litio, la potente radiación solar en el norte del país, los cuatro mil kilómetros de costa marítima, la condición sísmica y volcánica, son algunas de las singularidades de Chile sobre las cuáles podría desarrollar una industria de manufactura avanzada de liderazgo mundial.
- *Ventajas competitivas de industrias líderes:* pese a ser un país pequeño, Chile es líder en algunas industrias relacionadas a la producción de productos naturales o sus derivados, tales como minería, frutas, vinos, y salmones. Estas industrias líderes podrían ser traccionantes del desarrollo de una industria manufacturera avanzada de liderazgo mundial.
- *Condiciones habilitantes de las nuevas tecnologías:* las nuevas tecnologías asociadas a la manufactura avanzada han permitido reducir en forma considerable la barrera de entrada para la producción. Aún no teniendo una tradición manufacturera, el país puede, apoyado en la manufactura avanzada, optar por una posición de liderazgo en la producción de bienes y servicios de manufactura.
- *Acción coordinada del Estado:* el Estado mediante las compras públicas, la promoción de políticas públicas de promoción de la manufactura avanzada, o bien de nuevas regulaciones y exigencias a las empresas, puede ser un factor determinante para que el país desarrolle una industria manufacturera avanzada de nivel internacional.

A continuación, se detallan las principales oportunidades identificadas durante el desarrollo de la Hoja de Ruta de este programa estratégico. En cada una se define en qué consiste la oportunidad y porque es considerada una oportunidad.

Las oportunidades fueron agrupadas en los drivers que se explican en la sección 3.2 **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**: mercado, productividad, sustentabilidad y capital humano, siempre desde la perspectiva de oportunidad para las empresas manufactureras. El driver de mercado fue abierto en los siguientes sub-drivers³:

- Nuevos productos y servicios en mercados existentes
- Nuevos productos y servicios en nuevos mercados
- Mismos productos y servicios en nuevos mercados

³ Si bien en esta Sección se clasifican las oportunidades en un driver o sub-driver específico, éstas pueden caer en más de una clasificación. En la Sección **Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se profundiza en este cruce de manera de valorizar las oportunidades.

- Mismos productos y servicios en mismos mercados

Es relevante mencionar que las oportunidades que se mencionan a continuación fueron recogidas durante el desarrollo del trabajo de construcción de la hoja de ruta, ya sea mediante investigación de fuentes secundarias, o el análisis de entrevistas y talleres realizados con un amplio espectro de participantes de empresas privadas, sector público, asociaciones gremiales y la academia. Este listado de oportunidades es sólo una primera aproximación sistematizada de potenciales oportunidades para el desarrollo de manufactura avanzada en Chile con proyección internacional. Cada una de ellas requeriría de futuros análisis y evaluaciones para determinar su real potencial. Del mismo modo, es posible que el listado no sea exhaustivo y existan otras y mejores oportunidades que no fueron detectadas en este trabajo.

Oportunidad de Mercado: Nuevos productos y servicios en mercados existentes

4.1 Implementación de soluciones tecnológicas para pequeños agricultores

¿En qué consiste?

Oportunidad de satisfacer la demanda por alternativas para que los pequeños agricultores puedan incorporar tecnologías a escala en sus procesos, de manera de que puedan ser más competitivos y más productivos.

¿Por qué es una oportunidad?

En base a información del SII, en la cadena de valor de la agricultura, el 83% de las empresas corresponden a microempresas, el 15% a pequeñas, mientras que, para las medianas y grandes empresas, corresponde al 2% y el 1% respectivamente.

Al tener menos poder adquisitivo que las empresas medianas y grandes, los pequeños agricultores caen en un vacío de productividad, con lo cual pierden competitividad, lo que dificulta la prosperidad del negocio. En otras palabras, no se observan soluciones de bajo costo que permitan mejorar la productividad de estos agricultores. Pequeñas automatizaciones de ciertos procesos, les pueden brindar beneficios muy importantes y generar una mayor posición competitiva para seguir creciendo.

Esta necesidad genera una oportunidad para la industria manufacturera de productos, equipos y servicios de soluciones tecnológicas para la agricultura.

4.2 Desarrollo de soluciones o nuevos materiales para mejorar la inocuidad y conservación de los alimentos

¿En qué consiste?

Oportunidad de satisfacer la demanda por nuevas soluciones o nuevos materiales de embalaje para la industria alimentaria, que permitan impedir o disminuir la contaminación de los alimentos en la etapa de procesamiento y viaje a los mercados de destino.

¿Por qué es una oportunidad?

Dada la tendencia creciente de la población, se necesitará una oferta de alimentos que, al menos, logre igualar la demanda de cerca de 9.7 billones de personas para el año 2050. En otras palabras, la oferta alimentaria debe aumentar en un 70% para poder suplir la demanda mundial (reporte de las Naciones Unidas⁴).

Estudios del *Swedish Institute for Food and Technology* (SIK)⁵ también han demostrado que cerca de un tercio de la producción alimentaria mundial, se pierde, lo que representa alrededor de 1.300 millones de toneladas al año. Para el caso específico de las frutas y hortalizas, las pérdidas en América Latina de alimentos en la producción se concentran en las primeras etapas de la misma.

En base a estos antecedentes es posible argumentar que cualquier mejora que se realice en la conservación de los alimentos extraídos desde de campo tiene un potencial importante de negocio, por lo tanto, el desarrollo de nuevas soluciones o materiales de embalaje pueden ser una oportunidad para la manufactura chilena.

4.3 Manejo y procesamiento de residuos industriales

¿En qué consiste?

Oportunidad de satisfacer la demanda de empresas tractoras por manejar de manera eficiente sus residuos para cumplir con las exigencias legales y/o oportunidad de valorizar los residuos de una operación extrayendo valor en lo que se considera un desecho. Esta oportunidad aborda desde RILES hasta relaves mineros.

¿Por qué es una oportunidad?

Por la importante necesidad de amortiguar los efectos de los desechos y residuos en dos ámbitos principales.

1. Relaves Mineros

Se estima que la producción de relaves podría casi duplicarse al año 2035: si hoy cada 36 horas se depositan en Chile relaves equivalentes a un cerro Santa Lucía, dentro de 20 años se hará sólo en 21 horas.

⁴ “Food Production Must Double by 2050 to Meet Demand from World’s Growing Population, Innovative Strategies Needed to Combat Hunger, Experts Tell Second Committee
<http://www.un.org/press/en/2009/gaef3242.doc.htm>

⁵ Pérdidas y Desperdicios de Alimentos en el Mundo. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-i2697s.pdf>

Frente a una tasa anual de crecimiento del 5,7% en cobre fino contenido en concentrado, la tasa de crecimiento del tratamiento de mineral sería de 8% anual, aumentando desde 549 millones de toneladas de mineral tratado en 2013 a 1.389 millones de toneladas en 2025 (Cochilco, 2014d). Es decir, la minería chilena deberá extraer, transportar y procesar cada vez más material, lo cual trae consigo un impacto directo en la generación de relaves.

2. Riles

Dentro de la Región Metropolitana, solo un 36% de las industrias cuentan con un sistema de tratamiento de riles, y dentro de este, un 79% corresponde al tratamiento primario (que remueve fundamentalmente sólidos en suspensión).

De acuerdo a la nueva institucionalidad, si una actividad industrial califica como "Establecimiento industrial" o "Fuente Emisora", los plazos para proyectar, construir u operar un Sistema de Tratamiento de Riles, varían según el cuerpo receptor de cada descarga y están definidos en las respectivas normas de emisión.

Por lo tanto, existe una oportunidad para la industria manufacturera de proveer soluciones que permitan a las empresas administrar sus residuos industriales a un bajo costo u obtener valor de esos residuos.

4.4 Optimización de los sistemas de riego en agricultura

¿En qué consiste?

Oportunidad de satisfacer la demanda por sistemas, modelos o productos que permitan optimizar los sistemas de riego en la agricultura, haciendo un uso más eficiente del agua y otros insumos agrícolas.

¿Por qué es una oportunidad?

Más de un 90% de los agricultores utilizan la vía menos costosa para regar, pero la más ineficiente: la inundación. Estudios realizados por Goldman Sachs, indican que, a través de sistemas de control de riego óptimo, mediante sensores que alimenten de información a un software de optimización, se puede reducir hasta en 50% el uso de agua en el riego.

Considerando que, en Chile, un 73% de la demanda de agua es para el sector agrícola⁶, la optimización de este recurso figura como una necesidad clave en el desarrollo de la industria.

Dada la importancia de Chile en la producción mundial de frutas, el país podría tomar una posición de liderazgo en la manufactura de soluciones de riego inteligente.

⁶ http://www.mop.cl/documents/enrh_2013_ok.pdf

4.5 Edificación en madera y edificación modular

¿En qué consiste?

Aprovechar las oportunidades de negocio relacionadas a la construcción en madera, incorporando simulación, realidad virtual, modelos 3D, robótica e instrumentación a la cadena de producción de insumos de madera para la edificación, y a la edificación propiamente tal.

¿Por qué es una oportunidad?

La industria de la madera en Chile exporta anualmente US \$5.714 millones, de los cuales sólo entre US \$120 y 150 millones son de valor agregado (Proyectae, 2015).

A modo de ejemplo, en Estados Unidos, más del 80% de las construcciones habitacionales son en madera, mercado del cual Chile es el 4to proveedor, con aproximadamente un 12% de las importaciones estadounidenses.

En Chile, actualmente se construyen, en promedio, 100.000 viviendas nuevas de uso habitacionales. De estas, aproximadamente el 15% posee madera como material predominante y se espera aumente al 20% del total de viviendas anuales⁷.

La construcción en madera es 40% más rápida, 30% más barata y sustentable, a lo que se suma la mayor productividad de la construcción modular *off-site* que *on-site*.

En base a estos antecedentes es posible argumentar que hay una oportunidad en dar valor agregado a la madera como material de construcción, y en desarrollar toda la manufactura avanzada relacionada a eso.

4.6 Diseño y construcción de partes, piezas y repuestos para la industria de generación solar

¿En qué consiste?

Oportunidad de satisfacer la demanda de partes, piezas y repuestos para la industria de generación solar.

¿Por qué es una oportunidad?

Hay una demanda efectiva gatillada por los 188 proyectos de plantas solares existentes sólo en Chile que ya están adjudicados y están empezando a desarrollarse. Estos proyectos generarán una demanda aproximada de 26.000.000 de paneles solares.

Al año 2035, se espera que el 60% de la energía provenga de energías renovables no convencionales (el 2015 fue el 41%) (Programa Energía 2050), y existe un mercado internacional donde se presenta una oportunidad aún mayor.

⁷ Informes Anuales de Edificación INE-CChC.

Considerando que Chile tiene las condiciones de radiación solar más extremas del mundo, el país podría posicionarse como un manufacturero de partes y piezas de alta resistencia para la industria de generación solar.

4.7 Vehículos autónomos

¿En qué consiste?

Oportunidad de satisfacer la demanda por vehículos autónomos tanto de uso comercial, productivo como particular. Consisten en diseñar y/o desarrollar vehículos autónomos que permitan mejorar la productividad de las operaciones y aumentar su seguridad.

¿Por qué es una oportunidad?

Existe una demanda creciente por vehículos autónomos en sectores clave para la economía del país, especialmente en la minería subterránea. Existen esbozos de innovaciones en el sector (Camiones LHD⁸ e interoperabilidad con sistemas de seguimiento) que pueden consolidarse, mejorando la productividad y eficiencia de las operaciones en mina.

En base a esto Chile podría posicionarse en el desarrollo de vehículos autónomos, y productos y servicios asociados, para algunas industrias en que tiene liderazgo mundial

4.8 Sensores para condiciones especiales

¿En qué consiste?

Desarrollar y/o adaptar sistemas de sensorización para las industrias más importantes del país que operan bajo condiciones especiales.

¿Por qué es una oportunidad?

Se prevé que el mercado mundial de sensores de IoT crezca a una tasa anual cercana al 25%. En Chile existen condiciones extremas de producción, tales como zonas con la mayor radiación solar del planeta, minas subterráneas más grandes del mundo, operaciones desarrolladas a gran altitud, frío intenso, etc. Basado en esas condiciones Chile podría posicionarse mundialmente como un manufacturero de sensores para condiciones extremas.

4.9 Sistemas inteligentes de mantenimiento predictivo y preventivo

¿En qué consiste?

Oportunidad de satisfacer la demanda por mayores disponibilidades de las capacidades productivas. Consiste en el desarrollo de servicios de mantenimiento, a través de la lectura y análisis de la información proveniente de los sensores y otros, con sistemas y software inteligente, que sea capaz de aprender, tomar decisiones y actuar de manera predictiva y proactiva disminuyendo las mantenciones reactivas y preventivas, y aumentando la disponibilidad.

⁸ Load-Haul-Dump

¿Por qué es una oportunidad?

La mantención predictiva permite Reducir el costo de mantenimiento entre un 10% a 40%, reducir el tiempo de inactividad en un 50%, y la inversión de capital entre un 3% y un 5% al prolongar la vida útil de los equipos y maquinarias (McKinsey, 2015).

Chile podría posicionarse mundialmente en la mantención predictiva en las industrias en que tiene liderazgo, especialmente minería. Ese desarrollo podría traccionar una industria manufacturera avanzada asociada a productos y servicios de mantención predictiva con proyección en el mercado mundial.

4.10 Integración de Gestión de Sistemas Productivos

¿En qué consiste?

Oportunidad de satisfacer la demanda por soluciones integradas para planificar, operar y mantener grandes operaciones, utilizando tecnología para capturar y analizar información relevante a lo largo del proceso que permita optimizar sus resultados.

¿Por qué es una oportunidad?

La tecnología actual permite la captura y análisis de información que antes no era posible. La información capturada y analizada durante un proceso puede gatillar mejoras relevantes en la eficacia y eficiencia de procesos posteriores.

Chile tiene una posición de liderazgo en algunas industrias que le permitiría desarrollar una capacidad “integradora” de macroprocesos que no ocurre naturalmente (principalmente por que los proveedores son distintos). A modo de ejemplo la integración de los procesos mineros de perforación, extracción, transporte, molienda y procesamiento del mineral podría generar optimizaciones de alto valor económico que podrían ser replicados en otras empresas mineras en el mundo o incluso en otras industrias. En base a esto el país podría tomar una posición de liderazgo en la manufactura de productos, sistemas y servicios asociados a esta integración.

Oportunidad de Mercado: Nuevos productos y servicios en nuevos mercados

4.11 Desarrollo de productos y dispositivos interoperables

¿En qué consiste?

Oportunidad de desarrollar nuevos negocios a partir de la interoperabilidad de equipos. La interoperabilidad permite que diferentes componentes de un equipo, dispositivo y/o un sistema, incluso creados por diferentes proveedores, se conecten utilizando un estándar común permitiendo su funcionamiento conjunto.

¿Por qué es una oportunidad?

La interoperabilidad desatará importantes beneficios para la operación. Según la consultora McKinsey (McKinsey Global Institute, 2015) la interoperabilidad entre los sistemas IoT es necesaria para capturar el 40% del valor potencial, estimado en US \$4 trillones por año en impacto económico potencial derivado del uso de IoT en 2025.

La interoperabilidad abre nuevas oportunidades para que empresas manufactureras entreguen soluciones de productos y servicios asociados a componentes interoperables, ya que de un mismo negocio pueden participar múltiples proveedores, abriendo las posibilidades de mercado para el diseño y/o producción de componentes.

Chile podría posicionarse mundialmente en el desarrollo de equipos o dispositivos interoperables para las industrias en que posee un liderazgo mundial.

4.12 Integración y trazabilidad de sistemas eléctricos internos y externos.

¿En qué consiste?

En satisfacer la demanda de energía renovables de bajo costo de países vecinos. Para esto se requiere integrar y conectar los sistemas eléctricos nacionales y también integrar sistemas eléctricos con países vecinos para poder proveer energía eléctrica.

¿Por qué es una oportunidad?

Los países latinoamericanos tendrán una creciente demanda de energía para sostener sus procesos de crecimiento. Chile tendrá la oportunidad de venderles la energía que se será capaz de producir a bajo costo utilizando fuentes de energía renovables.

La integración de los sistemas nacionales y latinoamericanos para posibilitar esta venta generará una importante demanda por productos y servicios de manufactura que podrían posibilitar la creación de una capacidad de manufacturera inexistente en el país.

4.13 Industrialización de baterías de Litio

¿En qué consiste?

Oportunidad de satisfacer la creciente demanda por batería de litio.

¿Por qué es una oportunidad?

Con el nuevo perfil de demanda energética, las soluciones han tomado un nuevo rumbo. Ahora, existe energía a un menor costo y se proyecta seguirá bajando, debido a la cantidad de proyectos en marcha, principalmente de ERNC. En este nuevo escenario tanto, comenzará a tomar un rol fundamental el transporte y almacenamiento de dicha energía no conectada directamente a los sistemas interconectados de distribución.

Aparatos electrónicos, autos eléctricos y otras aplicaciones de almacenamiento de energía, se espera que crezcan a una tasa aproximada del 16% anual (Goldman Sachs: *"Global Lithium Market Outlook"*).

El crecimiento particular gracias al transporte eléctrico (autos, buses, etc.), fluctuará entre un 20 y un 30% anual, mientras que el de almacenamiento energético pasará los 30 puntos porcentuales al año de crecimiento.

Dadas las condiciones de Chile en cuanto a generación y disponibilidad de Litio, la oportunidad de desarrollar una industria y ciertos procesos en la elaboración de baterías de almacenamiento energético, se presenta como una de gran interés.

4.14 Manufactura como servicio⁹

¿En qué consiste?

Aprovechar la oportunidad de reducir las barreras de entradas a la manufactura de productos, y de satisfacer la demanda por este tipo de servicios. La Manufactura como Servicio se basa en el uso común y compartido de infraestructura y capacidades de manufactura para producir bienes. Esto permite desarrollar nuevos modelos de negocio y a la vez hacer factible y/o reducir los costos de manufactura para empresas y emprendimientos.

¿Por qué es una oportunidad?

El desarrollo de la manufactura avanzada en el país demandará el uso de capacidades de manufactura que no siempre estará disponible para las empresas o emprendimientos de manufactura. Desarrollar una capacidad de Manufactura como Servicio no sólo constituirá una nueva fuente de negocios para las empresas que provean ese servicio, si no que, además, será un factor habilitante para el desarrollo de empresas y emprendimientos ligados a la manufactura avanzada, tanto de Chile como de Latinoamérica.

La manufactura como servicio permitiría además mitigar la carencia tecnológica de las maestrías nacionales que no poseen las tecnologías suficientes para proveer a las grandes multinacionales de industrias tales como minería, forestales, agroalimentarias, de servicios de confección de piezas y repuestos a medida.

4.15 Mayores exigencias de sustentabilidad para las empresas

¿En qué consiste?

Oportunidad de satisfacer la demanda de empresas por hacer más sustentables sus operaciones, la que ha sido gatillada principalmente por legislaciones ambientales cada vez más exigentes, y oportunidad por aumentar la eficiencia de las operaciones.

¿Por qué es una oportunidad?

Legislaciones laborales como la ley REP (Responsabilidad Extendida del Productor y Fomento al Reciclaje) obligarán a las empresas a mejorar constantemente la sustentabilidad de sus operaciones. Esta necesidad gatillará una demanda por productos y servicios de manufactura que permitan cumplir con las exigencias. Chile podría desarrollar una industria de liderazgo en esta materia para satisfacer las necesidades de empresas con operación nacional, y de otros países latinoamericanos que aún no implementan legislaciones ambientales más exigentes.

⁹ Manufacturing As a Service (MaaS) o Cloud Manufacturing.

4.16 Desarrollo de industria cero emisión

¿En qué consiste?

Oportunidad de satisfacer la creciente demanda de desarrollar industrias de cero emisión, que son valoradas por el mercado y en un futuro serán exigidas por la legislación ambiental en el mundo.

¿Por qué es una oportunidad?

Tanto las legislaciones ambientales como las preferencias de los consumidores presionarán continuamente a las empresas para lograr producir con cero emisión.

Chile tiene un gran potencial para la obtención de ERNC de muy bajo costo y además el país es líder mundial en producción de litio. Estos dos factores hacen al país como una región atractiva para el desarrollo de industrias de cero emisión.

4.17 Desarrollo de la industria de Big Data

¿En qué consiste?

Fomentar el desarrollo de la industria relacionada al Big Data que ofrece posibilidades en sus cuatro macro procesos: recolección de información, almacenamiento de la información, análisis de la información obtenida y la visualización de los análisis. Aprovechando la presencia en Chile de los mayores telescopios del mundo se puede desarrollar una industria de *big data* que puede expandirse a otras industrias y mercados.

¿Por qué es una oportunidad?

El mercado de la tecnología *Big Data* y sus servicios crecerán a una tasa de 26,2%, alcanzando \$41,5 billones hacia 2018, o alrededor de 6 veces la tasa de crecimiento de todo el mercado de las tecnologías de información. (Fuente: IDC 2015)

Chile tiene gran parte de los telescopios más poderosos del mundo que es gran demandante de análisis de Big Data, así como un desarrollo importante en sectores donde el impacto del Big Data se pronostica como fundamental: *retail*, banca y servicios financieros. Apalancado en esos sectores Chile podría desarrollar una posición de liderazgo en Big Data para el mercado latinoamericano y mundial.

Oportunidad de mayor productividad

4.18 Utilización de la capacidad productiva ociosa

¿En qué consiste?

Aprovechar capacidad ociosas de algunas empresas. Actualmente, Chile tiene una decreciente ocupación industrial en varios sectores. Existen cada vez menos líneas productivas en operación, lo que genera una capacidad ociosa a nivel país a que podría ser aprovechada por otras empresas.

¿Por qué es una oportunidad?

Un 62% de las empresas declaran el porcentaje de utilización de sus máquinas es menor a 75% (CEOP Consulting, 2017) y según el informe IMCE 2016 de Icare, el uso de la capacidad instalada se ubica en 80,9% a diciembre de 2016¹⁰. De acuerdo a estos antecedentes, existe un potencial de capacidad productiva ociosa que podría ser utilizada por otras empresas, bajo nuevos esquemas de modelo de negocio, permitiendo disminuir costos de manufactura.

Oportunidad de mayor sustentabilidad

4.19 Remanufactura

¿En qué consiste?

Oportunidad de lograr producciones más eficientes a través de la reutilización de partes y piezas que ya cumplieron con su vida útil, para cumplir con su mismo rol u otro diferente.

¿Por qué es una oportunidad?

Las nuevas tecnologías de manufactura avanzada hacen factibles remanufacturas que antes no lo eran. La reutilización de partes y piezas permite reducir considerablemente los costos de manufactura, y además permite realizar una producción más sustentable.

¹⁰ <http://www.icare.cl/imce-2014/imce-2>

5. Brechas de Chile para Aprovechar las Oportunidades de la Manufactura Avanzada y Propuestas para Abordarlas

Durante el trabajo de diseño de la hoja de ruta de este programa estratégico se identificaron brechas que deben ser abordadas por el país para aprovechar adecuadamente las oportunidades que le ofrece la manufactura avanzada. Para cada una de estas brechas se elaboraron propuestas de iniciativas con proyectos específicos para abordarlas, las que son expuestas a continuación.

Al igual que en el caso de las oportunidades, las brechas, y sus respectivas iniciativas propuestas para abordarlas, fueron elaboradas durante el desarrollo del trabajo de construcción de la hoja de ruta, ya sea mediante investigación de fuentes secundarias, o el análisis de entrevistas y talleres realizados con un amplio espectro de participantes de empresas privadas, sector público, asociaciones gremiales y la academia. Este listado de iniciativas y proyectos es una primera hipótesis de cómo potenciar al país para aprovechar de buena forma las oportunidades de la manufactura avanzada. Cada una de ellas requiere de futuros análisis y evaluaciones para determinar su real potencial y rentabilidad. Del mismo modo, es posible que el listado no sea exhaustivo y existan otras y mejores iniciativas que no fueron detectadas en este trabajo.

Las brechas e iniciativas fueron organizadas en cinco ejes fundamentales:

- Poder traccionante de las industrias tractoras
- Capital humano
- Participación internacional
- Ecosistema de manufactura avanzada
- Tecnologías y condiciones habilitantes

5.1 Eje 1: Poder traccionante de las industrias tractoras

Un aspecto que fue considerado fundamental para el desarrollo de la manufactura avanzada fue potenciar el poder traccionante de las industrias tractoras para con la manufactura avanzada nacional, tanto a nivel local como internacional. Actualmente las industrias consideradas como tractoras no están generando suficiente demanda por manufactura avanzada nacional, ya sea porque no la están incorporando dentro de sus procesos o porque están satisfaciendo esa necesidad con manufactura realizada en otros países.

Las principales brechas en este eje, e iniciativas y proyectos propuestos para abordarlas se describen a continuación.

5.1.1 Brecha 1: Insuficiente conexión tractora-manufacturera nacional

Existe una desconexión entre las necesidades de las industrias tractoras y las capacidades de la industria manufacturera nacional. Las industrias tractoras prefieren productos y servicios de manufactura que ya han sido probados en otras empresas y tienen poco interés, en general, en

apoyar el desarrollo de proveedores locales que puedan suplirlos de productos y servicios de igual calidad o precio.

Para abordar esta brecha se proponen las siguientes iniciativas:

5.1.1.1 Plan de desarrollo de proveedores manufactureros de industrias líderes

Plan de desarrollo de los proveedores manufactureros de las industrias líderes a través de la asociación de empresas y la regulación e incentivo de la relación entre las industria y sus proveedores.

Esta iniciativa contempla proyectos de:

- Implementación de buenas prácticas de contrato entre proveedor EEMA y empresa tractora para favorecer su desarrollo.
- Implementación de incentivo de fomento de la asociatividad de las EEMA (vertical y horizontal) para abastecer a tractoras.
- Implementación de incentivo tributario para empresas tractoras que fomenten la expansión internacional de sus proveedores localizados en Chile de EEMA.
- Estudio de adquisiciones de las tractoras a Eas nacionales
- Normas Técnicas de productos/servicios de MA para asegurar la calidad de los mismos (NUEVA)
- Fortalecer las competencias de las Eas Manufactureras (NUEVA) (atraer, formar, retener, etc.).
- Implementación de Planes de apoyo a la Inversión
- Desarrollo y comunicación de catastro de capacidades de proveedores EEMA (catastro, roadshow de soluciones y vigilancia e identificación de problemas/necesidades de las tractoras) de las industrias tractoras para fomentar su relación comercial.

5.1.1.2 Vigilancia de mercados (observatorio de mercado)

Implementar un instrumento formal y periódico de vigilancia de mercados a nivel global que identifique necesidades en las industrias tractoras que puedan representar oportunidades para las industrias manufactureras. Con este instrumento se potenciaría el poder tractor de las industrias líderes mejorando la vinculación entre su desarrollo y el desarrollo de las empresas de manufactura avanzada.

5.1.2 Brecha 2: Limitadas competencias e incentivos de empresas tractoras para adoptar manufactura avanzada

Un elemento clave del desarrollo de la manufactura avanzada en el país es que exista una demanda activa de ella en las industrias tractoras, especialmente en las empresas medianas y pequeñas. Para eso resulta determinante que esas industrias conozcan las última tecnologías y aplicaciones de manufactura avanzada que pueden incorporar en su operación y dispongan de los incentivos para hacerlo.

Para abordar esta brecha se proponen las siguientes iniciativas:

5.1.2.1 Difusión de nuevas tecnologías para empresas tractoras

Si bien las empresas más grandes de las industrias tractoras están, por lo general, bien informadas de los últimos adelantos tecnológicos en sus industrias, las empresas medianas y pequeñas suelen no estarlo. Es por esto que la incorporación de tecnología suele ser más bien retroactiva con el objetivo de no perder competitividad y/o mercado, que pro-activas con el objetivo de aumentar la competitividad y captar nuevos mercados.

Se propone establecer instancias formales de difusión de las nuevas tecnologías y elementos de manufactura avanzada que están disponibles para las industrias tractoras, desarrollando proyectos como:

- Diseño e implementación de Sitio web con últimas tecnologías con MA disponibles para industrias tractoras, mostrando costos y beneficios.
- Documentación y publicación de casos de éxito de incorporación de tecnologías con MA en empresas tractoras.
- Implementación de incentivos para que industrias tractoras incorporen más tecnologías con MA.
- Implementación de una feria anual de tecnología con MA por industria tractora, con fuerte presencia de EEMA nacionales.

5.1.2.2 Apoyo para que empresas tractoras evalúen e implementen proyectos que consideren manufactura avanzada

Una vez que las empresas de las industrias tractoras conocen las tecnologías y elementos de manufactura avanzada disponibles para incorporar en sus empresas, deben evaluar positivamente su incorporación para que esta se haga efectiva.

Se propone abordar un plan de incentivo a la incorporación de manufactura avanzada en las industrias tractoras desarrollando los siguientes proyectos:

- Implementación de incentivo tributario o créditos para que industrias tractoras incorporen pilotos de tecnología con MA
- Implementación de incentivo de "super depreciación" que permite depreciar la inversión en manufactura avanzada en un período reducido de tiempo.
- Implementación de sistema de crédito o beneficio tributario por recepción de equipos antiguos que serán reemplazados por manufactura avanzada.

5.1.2.3 Brecha 3: Poca valoración de la manufactura chilena

Chile no tiene una tradición como país manufacturero. Su balanza comercial histórica revela que el país ha sido siempre un importador neto de manufactura. Como consecuencia de esto, y también como causa, las industrias tractoras nacionales que incorporan manufactura avanzada en sus operaciones suelen preferir proveedores internacionales, aún cuando existan alternativas nacionales de calidad y precio competitivos.

Esta realidad dificulta el desarrollo de manufactura avanzada nacional que, adicionalmente, al intentar buscar una escala óptima de funcionamiento abordando mercados extranjeros no puede mostrar casos de éxito en la industria nacional, creando un círculo vicioso de subdesarrollo de la industria manufacturera que ha sido difícil de superar.

Para abordar esta brecha se proponen la siguiente iniciativa:

5.1.2.4 Promoción de Chile como país manufacturero especializado

Desarrollar un plan de promoción de la manufactura realizada en Chile basada en casos de éxito. El objetivo de este plan es dar a conocer la manufactura que actualmente se realiza en Chile, y promover sus ventajas a nivel nacional e internacional.

Se propone focalizar esta campaña en manufacturas asociadas a las industrias chilenas que son reconocidas mundialmente (minería, sector agroalimentario, vitivinícola, astronómica, etc.), y a las condiciones características de Chile (alta irradiación solar, condiciones de altura, actividad sísmica, etc.).

Para que esta iniciativa resulte exitosa es clave que el plan sea diseñado e implementado en un trabajo colaborativo y coordinado de todos los actores relevantes tanto del ámbito público como privado abarcando, entre otros al Ministerios (Relaciones Exteriores, Economía), CORFO, Prochile, InvestChile, Asociaciones de Productores de Empresas Tractoras, Conglomerados de Proveedores.

Esa promoción puede materializarse en dos proyectos concretos:

- Implementación de sitio web "Hecho en Chile" que muestre casos exitosos de productos de EEMA nacionales utilizados en Chile y el mundo
- Implementación de un plan de promoción de Chile como país manufacturero en revistas y ferias internacionales.

5.1.3 Brecha 4: Escasa tracción del Estado

El Estado Chileno tiene una gran capacidad traccionante de manufactura avanzada, no obstante no existe un propósito definido ni una coordinación adecuada para ejercerla, observándose en la práctica escasa tracción de empresas estatales y compras públicas sobre la manufactura avanzada nacional.

Para abordar esta brecha se proponen la siguiente iniciativa:

5.1.3.1 Plan de tracción de empresas estatales y compras públicas para potenciar MA

Definición de un plan coordinado de parte de los organismos del Estado, tanto de las empresas públicas como de la administración central y organismos dependientes, para fomentar la incorporación de manufactura avanzada desarrollada en Chile. Este plan puede incluir al menos dos proyectos:

- Catastro de compras públicas ya vinculadas a manufactura avanzada o con potenciales de incorporar de manufactura avanzada

- Implementación del plan de tracción de empresas estatales y compras públicas para potenciar manufactura avanzada

5.2 Eje 2: Capital Humano

La cantidad y capacidad del capital humano disponible en el país es un factor fundamental para el adecuado desarrollo de la manufactura avanzada y el aprovechamiento de las oportunidades que implica para Chile. El factor de capital humano es mencionado como clave en todos los países que están desarrollando esfuerzos de promoción de la manufactura avanzada.

La principal brecha en este eje, e iniciativas y proyectos propuestos para abordarla se describen a continuación.

5.2.1 Brecha 5: Escaso capital humano requerido para MA

Falta capital humano en Chile, a nivel de empresarios, gerentes, profesionales y técnicos, preparados para la manufactura avanzada, tanto en número de personas como en competencias y capacidades.

El desarrollo de la industria de manufactura avanzada requiere de capital humano especializado a todo nivel. No obstante, una de las falencias principales levantadas durante la etapa de diagnóstico es la falta de capital humano adecuadamente preparado en las tecnologías habilitantes de la manufactura avanzada.

La formación que existe en el país sobre manufactura avanzada está orientada a desarrollar competencias de nivel de usuario con el objetivo de utilizar maquinaria y dispositivos tecnológicos más que a entender el funcionamiento de la tecnología y sus aplicaciones. Esto predispone al país, desde el empresariado hasta los ejecutivos y trabajadores, a ser operadores de manufactura avanzada, más que desarrolladores.

La poca valoración social de las carreras técnicas, la orientación más generalistas de las carreras de ingeniería y el bajo nivel de desarrollo de la manufactura actual en el país explican, en alguna medida, esta falencia. Resulta determinante para abordar esta brecha actuar sobre la desarticulación que se observa entre las universidades y centros de formación con los sectores manufactureros, y actuar con determinación para suplir la carencia de empresarios y gerentes con competencias para la manufactura avanzada.

Para abordar esta brecha se proponen las siguientes iniciativas:

5.2.1.1 Formación y capacitación en manufactura avanzada

Desarrollar un trabajo colaborativo con universidades, centros de formación técnica y colegios técnicos para incluir en su *currículo* tecnologías relacionadas a la manufactura avanzada, y planes de formación y capacitación en esta materia. Esta asociación no sólo permitiría capacitar a los futuros técnicos y profesionales que trabajarán en manufactura avanzada, sino que también capacitar a actuales operarios, técnicos y profesionales de manufactureras tradicionales que desean re-convertirse a manufactureras avanzadas.

Este plan de trabajo podría incluir los siguientes proyectos:

- Incorporación de manufactura avanzada en curriculum de educación básica, media, técnica y universitaria.
- Implementación de incentivos para desarrollar programas de postítulo y postgrado en manufactura avanzada en CFT y universidades.

5.2.1.2 Reforzamiento capital humano a nivel de empresarios y gerentes

Desarrollar un plan de reforzamiento de los conocimientos y competencias de empresarios y gerentes de empresas manufactureras en las tecnologías y modelos de negocio relacionados a la manufactura avanzada. Los empresarios y gerentes son cruciales en el proceso de decisión requerido en las organizaciones para realizar la transformación hacia manufactura avanzada.

Este plan de formación podría incluir:

- Implementación de incentivos para desarrollar programas de postítulo y postgrado en manufactura avanzada en CFT y universidades orientado específicamente a empresarios y gerentes.
- Implementación de programa de pasantías de empresarios y gerentes en empresas líderes mundiales en manufactura avanzada.

5.2.1.3 Atracción de capital humano internacional (chilenos trabajando afuera y extranjeros)

Desarrollar un programa de atracción de capital humano internacional tanto de extranjeros como de chilenos trabajando en el exterior. Este programa podría abordar proyectos de:

- Implementación de plan de pasantía de extranjeros en empresas manufactureras chilenas.
- Implementación de plan de promoción de residencia chilena para extranjeros destacados en sus rubros que tengan contrato en empresas manufactureras con operación en Chile.
- Implementación de programa de re-patriación de chilenos destacados trabajando en el exterior que sean contratados por manufactureras con operación en Chile.

5.2.1.4 Acercamiento de consultores y empresas de ingeniería a la manufactura avanzada

Desarrollar un plan de reforzamiento de los conocimientos y competencias de directores y ejecutivos de las principales empresas asesoras y de ingeniería de las industrias manufactureras en las tecnologías y modelos de negocio relacionados a la manufactura avanzada. Este plan podría considerar los siguientes proyectos:

- Catastro de consultoras y empresas de ingeniería en el ámbito de la manufactura avanzada.
- Implementación de incentivos para desarrollar programas de pos-título y postgrado en manufactura avanzada en CFT y universidades orientado específicamente para directores y ejecutivos de las principales empresas asesoras y de ingeniería de las industrias manufactureras.
- Implementación de programa de pasantías para directores y ejecutivos de las principales empresas asesoras y de ingeniería de las industrias manufactureras en empresas *benchmark* de manufactura avanzada.

5.2.1.5 Plan de políticas laborales para la industria 4.0

Desarrollar una plan especial de políticas laborales para fomentar la industria 4.0 que permita a Chile contar con el capital humano requerido y las condiciones contractuales apropiadas para este tipo de manufactura.

5.3 Eje 3: Participación Internacional

El desarrollo de la industria manufactura avanzada nacional sólo será posible si las empresas manufactureras logran posicionar sus productos y servicios en el mercado internacional.

Las principales brechas en este eje, e iniciativas y proyectos propuestos para abordarlas se describen a continuación.

5.3.1 Brecha 6: Limitada capacidad competitiva de la industria manufacturera

Falta capacidad competitiva de empresas manufactureras para competir nacional e internacionalmente con productos y servicios de mejor calidad y costo y superar las barreras requeridas para acceder a los clientes y mercados más grandes.

Para abordar esta brecha se proponen las siguientes iniciativas:

5.3.1.1 Apoyo a EEMA que ya son competitivas y tienen la calidad requerida para acceder a clientes grandes

Desarrollar un plan de apoyo para las EEMA que ofrecen productos y/o servicios con una propuesta de valor competitiva en término de calidad y costo, pero están en desventaja con respecto a empresas internacionales para relacionarse con clientes grandes en algunas capacidades, tales como:

- Conocimientos de las redes de negocio requeridas para ofrecer los productos y servicios
- Promocionar adecuadamente sus productos y servicios
- Demostrar casos de éxito de la implementación de sus productos y servicios
- Cumplir requerimientos técnicos y administrativos exigidos para ser proveedores de clientes grandes
- Ofrecer condiciones competitivas de crédito a cliente
- Dejar garantías por trabajos a realizar
- Disponer de los recursos financieros para producir los productos y servicios que son requeridos

Para hacerse cargo de estos temas el plan debiera considerar un apoyo tanto para la promoción y venta de la EEMMA, como para la concreción del negocio. El primer apoyo se hace cargo asistir en la búsqueda de redes de negocio, promoción de productos y servicios y demostración de casos de éxito, y el segundo en los requisitos para ser cliente y los recursos financieros necesarios para realizar el negocio.

5.3.1.2 Apoyo a EEMA que requieren potenciar su competitividad y calidad

Plan de apoyo específico para aquellas EEMA que no han sido capaces de lograr una propuesta de valor adecuada en términos de calidad y costo de sus productos y/o servicios, y/o no han encontrado un modelo de negocio que permita su crecimiento.

Este plan debiera contener las siguientes acciones:

- Apoyo para alcanzar estándares y certificaciones, considerando:
 - o Conocimiento del estándar
 - o Identificación de brechas con respecto a la realidad actual de la compañía
 - o Definición de plan de acción para abordar las brechas identificadas, considerando eventualmente un plan de inversiones
- Identificación de brechas entre los productos de empresa y de los líderes del mercado
- Asesoría en diseño o rediseño del modelo de negocio

5.3.2 Brecha 7: Escasa proyección internacional de IM

Falta proyección internacional de la manufacturera avanzada nacional. Aún empresas con una propuesta de valor adecuada y que están preparadas para atender a empresas grandes tienen dificultadas con la internacionalización de sus mercados, factor crítico para el desarrollo de sus empresas.

Para abordar esta brecha se proponen las siguientes iniciativas:

5.3.2.1 Apoyo al escalamiento internacional de manufactura avanzada existente

Desarrollar un plan para apoyar el escalamiento de la venta internacional de los productos y servicios de las EEMA nacionales. Este plan debiera abordar los siguientes proyectos:

- Implementación de plan de apoyo para detección de oportunidades de negocios internacionales para los productos y/o servicios que vende la EEMA.
- Implementación de Plan de apoyo para promoción internacional de sus productos y servicios, y del registro y difusión de casos de éxito.
- Implementación de plan de apoyo para contacto comercial con potenciales clientes.
- Diseño e implementación de plan de apoyo para inicio de operación comercial con otros países.
- Apoyo para realizar ajustes a la oferta de productos/servicios al país de destino.
- Fortalecimiento para participar en mercado de destino.

5.3.2.2 Implementación de sello de MA que distinga a empresas que cumplen con los requerimientos para ser consideradas manufactureras avanzadas

Desarrollar un sello para certificar que una empresa manufacturera ha logrado cumplir con los requerimientos de tecnologías y modelos de negocios requeridos para ser considerada una empresa

de manufactura avanzada. El objetivo de este sello, que será de carácter optativo, es entregar una distinción formal a las EEMA que le será de utilidad para su expansión comercial.

5.4 Eje 4: Ecosistema de Manufactura Avanzada

El potenciamiento de la industria manufactura avanzada nacional requiere del desarrollo de un ecosistema adecuado que facilite el conocimiento y el acceso a las tecnologías habilitantes, y que fomenta la inversión y el emprendimiento.

Las principales brechas en este eje, e iniciativas y proyectos propuestos para abordarlas se describen a continuación.

5.4.1 Brecha 8: Escaso conocimiento de manufactura avanzada y sus potencialidades

Falta conocimiento e incentivo para que empresas manufactureras tradicionales sean manufactureras avanzadas.

El nivel de conocimiento que tienen gerentes y directores de empresas manufactureras sobre tecnologías habilitantes para la MA, como IoT y manufactura aditiva, es entre bajo y medio bajo (CEOP Consulting, 2017). Este desconocimiento, sumado a incentivos poco atractivos para la incorporación de tecnología, configuran un escenario donde el grueso de las empresas manufactureras son adversas a tomar riesgos transformacionales de incorporación de tecnologías

Si bien actualmente existen algunos incentivos para que las empresas manufactureras incorporen tecnología estos no han logrado que las empresas manufactureras realicen cambios relevantes en forma masiva. La incorporación de tecnología es, al igual que en las empresa tractoras, más reactiva que proactiva. Sólo el 7,6% de las empresas que invierten actualmente en tecnología estiman que esa inversión significará cambios relevantes en su operación (CEOP Consulting, 2017).

Para abordar esta brecha se proponen las siguientes iniciativas:

5.4.1.1 Plan de acercamiento de empresas manufactureras al conocimiento de tecnologías habilitantes y entendimiento de sus potenciales como negocio

Desarrollar un plan de acercamiento de las nuevas tecnologías habilitantes a la realidad concreta de las empresas manufactureras. Este plan contempla el acceso a información pública actualizada sobre las tecnologías habilitantes y su implementación en la manufactura, utilizando un lenguaje sencillo y concreto considerando dos niveles de acercamiento:

- Nivel 1 o de conocimiento: información simple y concreta de las últimas tecnologías, sus usos potenciales en manufactura y las aplicaciones concretas que actualmente tienen en las empresas. Esta información deberá ser actualizada periódicamente asegurando recoger las últimas tendencias mundiales.
- Nivel 2 o casos concretos en otras empresas: información formalizada y estandarizada de casos de éxito de incorporación de tecnología en empresas manufactureras específicas, ordenadas por tipo de industria y tipo de tecnología. Es relevante que esta información sea levantada por un organismo independiente del proveedor de la tecnología (contando evidentemente con su colaboración). Resulta también relevante que a las empresas que el

Estado apoye para incorporar tecnología se les incentive a compartir sus experiencias en el proceso de incorporación de tecnología.

Este plan debiera abarcar los siguientes proyectos:

- Implementación de observatorio de tecnologías de MA disponibles para manufactureras.
- Documentación y difusión de casos de éxito de manufactureras que incorporaron tecnología y se convirtieron a manufactureras avanzadas.
- Implementación de programa de pasantías de empresarios y gerentes en empresas líderes mundiales en MA.

5.4.1.2 Centros de Extensionismo

Implementación de Centros Extensionismo Tecnológico para el Desarrollo de la Manufactura Avanzada en el país, cuyos principales objetivos debieran ser:

- Realización de diagnósticos de obstáculos y problemas que enfrentan las empresas.
- Identificación de posibles soluciones considerando alternativas tecnológicas, know-how y otras formas de conocimiento disponible
- Realización de actividades de vigilancia tecnológica.
- Apoyo a la implementación de las soluciones propuestas en las empresas.

5.4.1.3 Plan de fomento al desarrollo de negocio de servicios de manufactura

Desarrollar un plan para fomentar los servicios relacionados a la manufactura. Actualmente el 22% de los ingresos de las manufactureras proviene de venta de servicios (CEOP Consulting, 2017) muy inferior a países con manufactura avanzada en mayor estado de desarrollo. Esto es relevante considerando que, tal como ha sido ampliamente documentado, los servicios de manufactura tienen, por lo general, mayores márgenes de utilidad que los productos.

Este plan de fomento debiera considerar los siguientes proyectos:

- Documentación y difusión de casos de éxitos de modelos de negocio de servicios en manufactura avanzada.
- Implementación de incentivos para fomentar el desarrollo y venta de servicios con MA.

5.4.2 Brecha 9: Escaso acceso de manufactureros a la manufactura avanzada

Falta facilidad de acceso a la tecnología, modelos de negocios, prototipado e innovación, además de usabilidad para la MA y apoyo para el tránsito hacia MA.

Las empresas manufactureras no siempre disponen del acceso requerido a las nuevas tecnologías habilitantes, lo que dificulta el desarrollo de la manufactura avanzada en el país. Esto, a su vez, es causante de una baja demanda por elementos tecnológicos lo que desincentiva la generación de un mercado tecnológico en Chile, cerrando un círculo nocivo para el fomento de la manufactura avanzada.

Para abordar esta brecha se proponen las siguientes iniciativas:

5.4.2.1 Centros regionales de apoyo a la manufactura avanzada

Implementación de centros regionales de apoyo específico para la manufactura avanzada que entreguen acceso a tecnologías habilitantes en un esquema tipo Fab Lab. Los objetivos principales de estos centros serán:

- Entregar información y orientación sobre las últimas tecnologías habilitantes y su aplicación, actual y potencial, en la manufactura.
- Proveer de servicios tecnológicos específicos para las empresas manufactureras.
- Proveer de capacidades tecnológicas para el desarrollo de emprendimientos con manufactura avanzada.
- Proveer servicio de prototipaje.
- Proveer servicios de capacitación en tecnologías habilitantes.

Se propone inicialmente la implementación de tres centros: Antofagasta, Santiago y Concepción. Estos centros debieran estar habilitados con las tecnologías más atingentes a las industrias manufactureras de la región.

5.4.2.2 Programa de renovación de MT a MA que facilite el armado de proyectos rentables y su articulación con las diversas fuentes de inversión.

Desarrollar un programa para fomentar la renovación de empresas manufactureras tradicionales y su transformación en manufactureras avanzadas. Este programa debiera considerar apoyos para:

- Pre-evaluación de la implementación de proyectos de transformación a manufactura avanzada: incentivo a la contratación de estudios específicos para determinar factibilidad y rentabilidad de incorporación de transformación de la empresa a manufactura avanzada, considerando la incorporación de tecnologías y modelos de negocio habilitantes.
- Identificación de apoyos a la inversión: identificación de los incentivos y mecanismos de apoyo a los que puede optar para solventar la inversión requerida.
- Necesidad de capital humano: identificación de oportunidades disponibles para capacitar y/o contratar el capital humano con los conocimientos y competencias requeridas.

5.4.2.3 Aprovechamiento de capacidades instaladas

Aprovechar las capacidades instaladas en el país para apoyar la producción de manufactura avanzada. Hoy existen empresas, universidades y CFT que tienen las capacidades tecnológicas requeridas para la manufactura avanzada, la que no siempre se utiliza en su totalidad.

En particular resulta interesante el uso de las capacidades de empresas del estatales como ENAER, ASMAR y FAMAE, que disponen de un nivel tecnológico difícil de encontrar en empresas privadas, no obstante existen restricciones legales para su utilización.

Esta iniciativa podría ser abordada considerando los siguientes proyectos:

- Estudio de alternativas legales para la utilización de las capacidades de FAMAE, ASMAR y ENAER.

- Implementación de un plan que permita comercializar capacidad ociosa de MA.

5.4.3 Brecha 10: Escases de capacidad de inversión para la manufactura avanzada

Falta capacidad de inversión (adquisición, garantías, escalamiento) de la industria manufacturera para incorporar manufactura avanzada. Instrumentos de financiamientos actuales no siempre son adecuados para la manufactura avanzada.

Si un emprendedor o una empresa manufacturera logró superar la brecha del conocimiento sobre manufactura avanzada, la brecha de posibilidad de acceso a ella, y la brecha de capital humano requerido, probablemente deba superar también la brecha del acceso a los recursos financieros que son requeridos para financiar la implementación de las tecnologías y modelos de negocios habilitantes.

Para abordar esta brecha se propone las siguiente iniciativa:

5.4.3.1 Incentivos para incorporar tecnología en empresas manufactureras

Establecer planes de incentivos para la incorporación de tecnología en las empresas manufactureras.

Estos incentivos podrían tener dos focos de apoyo:

- Incentivo a la inversión: definir planes de apoyo a la inversión en tecnología para apoyar la transformación de empresas manufactureras tradicionales a manufactureras avanzadas. Estos planes pueden considerar instrumentos de incentivos similares a los que podría aplicarse a las industrias tractoras.
- Incentivo en la demanda: utilizar las compras públicas para generar una demanda por productos de manufactura avanzada. Esta capacidad de compra del Estado podría hacer atractiva la incorporación de tecnología en empresas manufactureras, generando un flujo de negocio suficiente para solventar las inversiones en las tecnologías habilitantes que son requeridas.

5.4.4 Brecha 11: Limitado emprendimiento en manufactura avanzada

Faltan emprendedores y ecosistemas de emprendimientos (contactos, fondos de capital de riesgo, fablab, etc.) para la manufactura avanzada, a diferencia de emprendimientos en otros ámbitos donde el ecosistema existe.

Esta brecha resulta fundamental considerando el impacto que tienen los nuevos emprendimientos en el desarrollo de la manufactura avanzada. Según el *Mineral Council of Australia*, la principal fuente de desarrollo del sector METS¹¹ han sido los emprendimientos, y, por el contrario, existe poca evidencia, de acuerdo a esta institución, de que las políticas públicas de fomento al desarrollo de este sector hayan tenido impacto alguno (Mineral Council of Australia, 2013)

¹¹ *Mining Equipment, Technology and Services*

Para abordar esta brecha se proponen las siguientes iniciativas:

5.4.4.1 Fomento de la internacionalización del emprendimiento en manufactura avanzada

Desarrollar un plan de fomento a la internacionalización del emprendimiento local en manufactura avanzada, conectando a emprendimientos chilenos con emprendedores y redes de emprendedores, profesionales y especialistas, y potenciales clientes en todo el mundo.

El objetivo de esta iniciativa es desarrollar ecosistemas de emprendimientos globales, con foco en manufactura avanzada, para poder acceder a conocimiento, redes y mercados mundiales. Esto fomentará el posicionamiento de Chile como *nexus* de las región, que es un nivel superior al *hub* de emprendimiento, convirtiendo al país en un centro de innovación abierta que conecte a emprendedores con industrias y organizaciones, independiente del lugar en el mundo en que se ubiquen, pudiendo desarrollar ideas y proyectos en conjunto de manera colaborativa.

5.4.4.2 Apoyo a emprendimientos basados en ventajas comparativas de Chile

Desarrollar un plan de apoyo emprendimiento que aproveche las ventajas comparativas de Chile.

Según el informe de la OCDE sobre la Innovación en Chile¹², en la transición hacia un mayor crecimiento impulsado por la innovación, Chile debiese aprovechar sus fortalezas y ventajas comparativas mediante el fortalecimiento de aquellos *clusters* incipientes, principalmente basados en recursos naturales, con el fin de desarrollar prácticas innovadoras que ayuden a transformar en ventajas dinámicas las actuales ventajas estáticas de la economía chilena.

Este plan de apoyo al emprendimiento basado en las ventajas comparativas de Chile podría considerar los siguientes proyectos:

- Estudio y difusión de las principales problemáticas de las industrias líderes en Chile que podrían ser gatilladoras de desarrollo de manufactura avanzada para solucionarlas.
- Implementación de concursos de emprendimiento para resolver principales problemáticas de las industrias en Chile.
- Implementación de incentivos específicos para fomentar el emprendimiento en manufactura avanzada basado en ventajas comparativas de Chile.

5.4.4.3 Apoyo al financiamiento de emprendimientos en manufactura avanzada

Desarrollar un plan de incentivos para desarrollar emprendimientos relacionados a la manufactura avanzada.

Una de las grandes barreras existentes para los emprendedores del país gira en torno a la dificultad de acceso al mercado crediticio, junto con el pago de impuestos durante las etapas iniciales de desarrollo de los nuevos proyectos de emprendimiento. En esa misma línea se propone que el plan considere medidas como:

- Rebajar las barreras de entradas de los emprendedores, enfocándose principalmente en 2 aspectos: exención tributaria para proyectos en fases de desarrollo tempranas y

¹² <http://www.oecd.org/eco/surveys/Chile-2015-overview.pdf>

financiamiento a bajo costo, es decir, con créditos blandos estatales y/o privados con bajas tasas de interés.

- Exención de impuestos en donde las *startups* pueden optar a exención de impuestos del 100% durante los primeros tres años de funcionamiento.
- Incentivos para el financiamiento de la deuda de las emprendimientos por parte de instituciones del sector no financiero, a través de iniciativas tales como deducciones de intereses y/o créditos fiscales para los propietarios de negocios que prestan sus propios recursos.
- Líneas de financiamiento ligadas a equipamiento tecnológico, adquisición de insumos ligados a tecnologías de manufactura avanzada para emprendimiento.
- Creación de un fondo de respaldo de garantías para la compra y desarrollo de tecnologías asociadas a la manufactura avanzada, con tasa de interés bajas y con exención del pago de cuotas por un período de tiempo de ajuste.

5.4.5 Brecha 12: Escasa inversión extranjera en manufactura avanzada

Falta que Chile sea un destino competitivo para la inversión extranjera en manufactura avanzada.

La inversión extranjera puede ser un factor determinante para potenciar la manufactura avanzada en Chile. No obstante, dado su estado de desarrollo actual, el país ya no puede ofrecer ventajas atractivas en torno al costo de su mano de obra, pero tampoco puede ofrecer suficiente capital humano preparado en las tecnologías habilitantes requeridas por la manufactura avanzada, ni la infraestructura tecnológica necesaria. Esto sumado al aislamiento y a un mercado local pequeño son factores que hace poco atractivo a Chile como destino de inversión de empresas de manufactura avanzada.

Para abordar esta brecha se proponen las siguientes iniciativas:

5.4.5.1 Plan de promoción de Chile como país para desarrollo de manufactura avanzada

Desarrollar un plan de promoción de Chile como país atractivo para recibir inversión extranjera para desarrollar manufactura avanzada en territorio nacional, destacando aspectos valorados por inversionistas tales como calidad de bienes y servicios manufacturados internamente, respeto a la institucionalidad, estabilidad política y económica, diversidad geográfica, bajos costos energéticos y tratados de libre comercio.

Este plan debiera considerar aspectos tales como:

- Realizar una promoción focalizada a través de CORFO, Comité de Inversiones Extranjeras e InvestChile en industrias con ventajas comparativas y competitivas en territorio nacional.
- Focalizar la imagen país como centro de atracción e instalación de grandes multinacionales de manufactura avanzada centrada en ejes tales como litio y energías renovables, producción frutícola y vitivinicultura, entre otros.
- Fomentar actividades de exportación a través del establecimiento selectivo de alianzas en el extranjero, junto con asistencia a ferias y delegaciones comerciales gubernamentales que

resalten los aspectos más destacados acorde a las nuevas exigencias de los mercados internacionales.

- Fomentar el trabajo coordinado con agencias y cámaras de comercios orientadas a la inversión extranjera con foco en industrias priorizadas, definiendo una guía para el establecimiento de nuevas empresas extranjeras, conectando a los principales actores de las industrias y exhibiendo los casos de éxitos del país en el establecimiento de manufactura avanzada.

5.4.5.2 Plan de fomento a la inversión extranjera en manufactura avanzada

Desarrollar un plan integral para incentivar a empresas extranjeras a invertir en manufactura avanzada en el país. A pesar de sus carencias Chile tiene ventajas comparativas y competitivas que podrían atraer importantes inversiones manufactureras si se establecen los incentivos adecuados.

Este plan integral de fomento debiera abordar todos los aspectos que son relevantes para el inversionista extranjero, tales como: existencia de un entorno de proveedores que puedan suplir la demanda de materiales, productos y servicios, acceso a capital e incentivos tributarios, y acceso a capital humano preparado.

5.4.6 Brecha 13: Escasa inversión nacional en manufactura avanzada

Falta que empresariado chileno invierta en manufactura nacional. Al igual como Chile debe hacerse atractivo para que inversionistas extranjeros inviertan en desarrollar manufactura avanzada en el país, también debe ser atractivo para que empresarios nacionales lo hagan.

Para abordar esta brecha se propone la siguiente iniciativa:

5.4.6.1 Incentivo a la inversión nacional en manufactura avanzada

Desarrollar un plan de incentivo a la inversión de capitales nacionales en manufactura avanzada que considere aspectos como:

- Difusión de tecnología avanzada disponible en Chile para el desarrollo de bienes y/o servicios que incorporen algún grado de manufactura avanzada, incluyendo un mapeo de los actores relevantes de cada una de las industrias tractoras a nivel nacional.
- Difusión de casos de éxito de empresas chilenas que actualmente proveen a industrias nacionales y extranjeras tales como Neptuno Pumps, Teknip, entre otros.
- Competitividad de las empresas nacionales y su factibilidad de conversión en proveedores directos de las grandes industrias chilenas.
- Conformación de *joint ventures* y asociaciones de proyectos colaborativos para la investigación y desarrollo de soluciones empresariales, formando una tríada empresa-proveedor-universidad para respaldar la inversión.
- Fomento de asociaciones de capitales nacionales y extranjeros para la inversión en manufactura avanzada.

5.5 Eje 5: Tecnología y condiciones habilitantes

El potenciamiento de la manufactura avanzada requiere del desarrollo de tecnologías, investigación, estándares, y otras condiciones habilitantes como la acción coordinada del Estado, la gobernanza de los esfuerzos que se realicen para esta promoción, y la cultura asociada a la manufactura avanzada.

Las principales brechas en este eje, e iniciativas y proyectos propuestos para abordarlas se describen a continuación.

5.5.1 Brecha 14: Limitada I+D+i para la manufactura avanzada

Falta potenciar el I+D+i en tecnologías específicas para la manufactura avanzada.

La inversión en I+D en Chile (0,39% del PIB) es la más baja de todos los países de la OCDE. La escases de patentes y de licenciamientos en el país dan cuenta de este bajo nivel de inversión que atenta directamente contra el desarrollo de la manufactura avanzada en el país.

Resulta determinante para abordar esta brecha actuar sobre la desarticulación que se observa entre los esfuerzos de investigación que realizan universidades y centros de investigación y las necesidades concretas del sector productivo y manufacturero.

Para abordar esta brecha se proponen las siguientes iniciativas:

5.5.1.1 Desarrollo de parques tecnológicos

Desarrollar parques tecnológicos para potenciar el desarrollo de la manufactura avanzada que genere un ecosistema productivo de soporte que incluye capital humano calificado, investigación, proveedores de tecnología, y empresas de manufactura avanzada.

En el corto plazo se propone coordinar los objetivos de este programa estratégico con tres parques tecnológicos ya proyectados en el país (en Antofagasta, liderado por Universidad Católica del Norte, en Santiago, liderado por la Universidad de Chile, y en Concepción, liderado por la Universidad de Concepción) potenciando su foco de apoyo a la manufactura avanzada en las oportunidades identificadas.

5.5.1.2 Implementación de red de centros tecnológicos temáticos, de negocio, diseño, prototipado e innovación

Implementación de una red de centros tecnológicos temáticos, de negocio, diseño, prototipado e innovación para la manufactura avanzada.

Estos centros tecnológicos tendrán por objetivo el desarrollo de investigación de punta en las temáticas relevantes que sean asignadas a cada centro, y el apoyo en el diseño y prototipado de nuevos productos y servicios de manufactura avanzada.

Se propone que los centros tengan una gobernanza público privada con la participación de organismos estatales, universidades, y empresas privadas.

La implementación de una red de centros tecnológicos temáticos cobra especial relevancia en un momento en donde existe una dispersión de iniciativas tanto a nivel regional como internacionales

presentes en nuestro país. En el mismo contexto, es necesario establecer estas redes agrupadas por temáticas de negocio, aprovechando al máximo la transferencia tecnológica y de conocimiento que desembocan de estas asociaciones en red.

Cabe destacar que la asociatividad generada a partir de estas redes de centros tecnológicos, sobre todo con referentes a nivel internacional, generarían ganancias en temas tales como transferencia de conocimientos y tecnologías, co-ejecución de iniciativas sectoriales, investigaciones, actualización y mapeo de proyectos nacionales e internacionales, uniendo esfuerzos en post de un desarrollo sustentable y maximizador en términos de recursos humanos, financieros y de infraestructura.

Esta iniciativa debiera ser abordada en los siguientes proyectos concretos:

- Estudio para implementación de red de centros tecnológicos temáticos, de negocio, diseño, prototipado e innovación
- Implementación de Centro de I+D de Manufactura Avanzada

5.5.1.3 Desarrollo de líneas específicas de investigación en tópicos relevantes para la manufactura avanzada

Establecer incentivos para líneas de investigación asociadas a requerimientos específicos de la manufactura avanzada y promover el licenciamiento comercial de la investigación. Focalizar estas líneas en las oportunidades ya detectadas tales como el almacenamiento de energía en baterías, almacenamiento de datos astronómicos, nuevos materiales de envasado para alimentos, mejoramiento de calidad e inocuidad, entre otros.

5.5.1.4 Implementación de plataformas abiertas de desarrollo

Implementación de plataformas abiertas de innovación para apoyar el desarrollo de de manufactura avanzada. En esta plataforma tanto las empresas manufactureras como las empresas tractoras pueden publicar desafíos específicos que requieren sortear para desarrollar un determinado producto, entregando toda la información relevante, y emprendedores o investigadores pueden presentar soluciones específicas.

5.5.1.5 Incentivo a la inversión en I+D

Implementar un mecanismo de incentivo adicional a la I+D enfocada directamente a temáticas relacionadas con el desarrollo de manufactura avanzada. El país ha hecho varios esfuerzos por incentivar la I+D, pero el desarrollo robusto de la manufactura avanzada requiere esfuerzos complementarios.

Se propone implementar medidas más agresivas de promoción como por ejemplo el uso de impuestos recuperables con incentivo de inversión en I+D. Este tipo de impuesto puede gravar adicionalmente a las empresas creando con esos recursos un fondo de I+D que puede ser utilizado por las mismas empresas de manera particular, o de manera asociada (a través de la asociación gremial, por ejemplo), para sus necesidades específicas en I+D.

En el corto plazo se propone establecer un fondo de I+D que pueda ser utilizado por las empresas para desarrollar productos y procesos más sustentables, utilizando parte de los recursos que serán recolectados con la aplicación de la Ley de Responsabilidad Extendida del Productos (REP).

5.5.2 Brecha 15: Inexistencia de estándares para la manufactura avanzada

El mayor desarrollo de manufactura avanzada en el país requiere la utilización de estándares y certificaciones internacionales que permitan comercializar sus productos y servicios en el mercado global, y que facilite, además, la interoperabilidad de software y dispositivos abriendo nuevas oportunidades de negocio.

Para abordar esta brecha se propone la siguiente iniciativa:

5.5.2.1 Desarrollo de estándares críticos y capacidad de certificación

Formalización de estándares internacionales para los principales productos de la manufactura avanzada y desarrollo de capacidad de certificación con validez global.

El desarrollo de la manufactura avanzada en Chile requiere del uso formal de estándares y certificaciones con validez internacional. Múltiples actores en el desarrollo tecnológico mundial han desarrollado estándares propios que no siempre son compatibles entre ellos.

La definición y certificación de estándares con validez internacional abrirá nuevas puertas para la comercialización de manufactura avanzada hecha en Chile y para el desarrollo de nuevas oportunidades de negocio a partir del fomento de la interoperabilidad.

Este desarrollo debiera considerar proyectos como:

- Estudio para definir estándares relevantes por industria.
- Implementación de incentivos para el desarrollo y certificación de estándares internacionales en la manufactura avanzada.
- Apoyo en la implementación de estándares.

5.5.3 Brecha 16: Poca coordinación estatal para la MA

Falta coordinación estatal para apoyar la manufactura avanzada. Además de su posible acción traccionadora de manufactura avanzada el Estado tiene la capacidad de generar políticas públicas activas que favorezcan el desarrollo de ese tipo de manufactura avanzada, y a su vez de proveer de estructura y soportes de apoyo para su desarrollo.

No obstante, este apoyo sólo es efectivo cuando el Estado actúa coordinadamente con el objetivo explícito y formal de fomentar la manufactura avanzada.

Para abordar esta brecha se proponen las siguientes iniciativas:

5.5.3.1 Promotor estatal para el desarrollo de la manufactura avanzada

Habilitar una institucionalidad formal y de alto rango para coordinar las política de apoyo hacia la industria de manufactura avanzada. Para esto se propone considerar la definición de una Subsecretaría de Industrias, dependiente del Ministerio de Interior, cuya labor sería, entre otras,

promover el desarrollo de la manufactura avanzada, articulándose con la institucionalidad sugerida para este programa estratégico.

5.5.3.2 Renovación y fortalecimiento de las empresas estatales para ser actores relevantes en la manufactura avanzada

Desarrollar un plan para renovar y fortalecer las empresas estatales y los respectivos estatutos (normativas legales) a partir de *benchmarks* internacionales, permitiéndole ser actores relevantes de la manufactura avanzada.

En países como EEUU y el Reino Unido las empresas y organizaciones públicas forman parte de una red de interacción para el desarrollo de la manufactura avanzada nacional. En Chile si bien existen empresas estatales que tienen la capacidad técnica y humana para ser jugadores relevantes en el desarrollo de la industria manufacturera avanzada, tales como ENAER¹³, FAMAE¹⁴ y ASMAR¹⁵, la normativa vigentes les impide involucrarse directamente.

Se propone explorar un plan de redefinición del rol de estas empresas para permitir que sus capacidades instaladas, de capital humano e infraestructura, sean partes activas del desarrollo de la manufactura avanzada nacional.

Este plan de renovación podría ser abordado en los siguientes proyectos:

- Catastro de capacidades de manufacturera avanzada en organismos y empresas del Estado.
- Estudio de modificaciones legales para utilizar las capacidades de organismos y empresas del Estado para el desarrollo de la manufacturera avanzada.

5.5.3.3 Política largo plazo para cambio de parque vehicular a vehículos cero emisión

Definir a través de políticas públicas activas, un plan a largo plazo para cambio de parque vehicular a vehículos de cero emisión. La implementación de este plan favorecería el desarrollo de la industria de los vehículos eléctricos y de todos los productos y servicios asociados a ella. Esto abriría nuevas oportunidades de negocio para la manufactura avanzada chilena, permitiéndole desarrollar ventajas competitivas que le permitirían salir a competir globalmente en este mercado.

En este contexto, la política a largo plazo para la renovación del parque vehicular, migrando a una matriz de cero emisión, debiera considerar aspectos tales como:

- Incentivos tributarios para su adquisición de vehículos eléctricos tales como exención de IVA, de impuesto sobre la reventa, rebajas tributarias, entre otros.
- Uso de vías exclusivas y rebaja de peajes en vías urbanas.
- Desarrollo de infraestructura vial y de carga para vehículos eléctricos.
- Rebajas en la inscripción y venta de este tipo de vehículos.

¹³ Empresa Nacional de Aeronáutica

¹⁴ Fábricas y Maestranzas del Ejército

¹⁵ Astilleros y Maestranzas de la Armada

- Inaplicabilidad de restricción vehicular y acceso a zonas de tráfico restringido, por ejemplo, ejes ambientales.
- Créditos fiscales para la adquisición y renovación de flota, migrando a una matriz eléctrica.

Este plan debiera hacerse cargo de:

- Configurar un nuevo marco legal que incorpore los aspectos tributarios más relevantes para la adquisición y/o renovación de vehículos, segmentado por industria, acorde al impacto ambiental que deriva de sus operaciones.
- Definición de nuevos estándares y regulaciones ligadas a temas tales como economía de combustibles, normas de emisión de gases, adquisición de bonos de carbono por autos que mantengan matriz fósil.
- Promoción de instrumentos de financiamiento para la adquisición y/o renovación del parque automotriz, entre las que destacan los créditos a baja tasa de interés, exenciones en el pago del IVA, rebajas en inscripción, permisos de circulación y patentes, subvenciones en los servicios de cargas eléctricas.
- Aumentar las barreras de entrada para vehículos de matriz *fósil*: restricción diaria, tarificación en zonas de alta congestión, impuesto a la contaminación, sobreimpuesto de carga de combustibles, licitaciones públicas exclusivas para vehículos de matriz eléctrica, entre otras medidas a adoptar.

El desarrollo de esta política de largo plazo podría abordar en primera instancia los siguientes proyectos:

- Estudio de política a largo plazo para cambio de parque vehicular a vehículos cero emisión
- Estudio del parque vehicular nacional
- Identificación de potencial de empresas proveedoras de vehículos cero emisión en territorio nacional

5.5.4 Brecha 17: Escasa cultura para la manufactura avanzada

Falta cultura de manufactura avanzada. Chile carece de una historia manufacturera, lo cual es positivo desde el punto de vista que la adopción de los esquemas de manufactura avanzada no requieren mayores procesos de transformación de una infraestructura existente (como es el caso de Reino Unido). No obstante esta falta de cultura manufacturera inhibe el objetivo de que Chile se potencie como productor de manufactura avanzada, ya que el "estado de ánimo" del país lo predispone hacia mantenerse como un país productor de materias primas y de manufactura básica asociada a ella.

Para abordar esta brecha se propone la siguiente iniciativa:

5.5.4.1 Fomento de una cultura manufacturera avanzada en Chile

Implementar un plan coordinado de desarrollo de una cultura de manufactura avanzada en Chile. Este plan debiera coordinarse con las iniciativas mencionadas anteriormente de promoción de Chile

como país productor de manufactura avanzada, promoción de Chile como país atractivo para recibir inversión para desarrollar manufactura avanzada, y con los planes de formación y capacitación en manufactura avanzad. Una gestión sinérgica de esos planes podría favorecer un cambio cultural mentalizando a los chilenos de que podemos transformarnos en un país manufacturero avanzando.

5.5.5 Brecha 18: Nula estructura para la manufactura avanzada

Falta estructura, planificación y continuidad en las políticas que apoyan la manufactura.

Las políticas e iniciativas que se realizan para promover la manufactura avanzada en Chile requieren de tiempos de ejecución que por lo general trascienden a los períodos gubernamentales. Modificaciones periódicas de la gobernanza, las políticas y los énfasis en los esfuerzos de apoyo que se realizan, sin una argumentación técnica sólida y un consenso adecuado, perjudican la efectividad de esos esfuerzos y su credibilidad entre los actores claves.

Para abordar esta brecha se propone la siguiente iniciativa:

5.5.5.1 Desarrollo e implementación de sistema de gobernanza público-privado independiente del Gobierno

Definir una institucionalidad formal y participativa que permita dar la trascendencia y credibilidad necesaria que requiere la promoción de la manufactura avanzada en Chile.

Esta institucionalidad debiera contemplar la participación de actores del sector público y privado, abarcando asociaciones gremiales y organizaciones sindicales.

Se propone implementar una estructura organizacional similar a la desarrollada por Alemania contemplando cuatro niveles de participación.

- Primer nivel, donde participa el Ministro de Economía, el presidente de las asociaciones gremiales industriales y de la asociación sindical. En este nivel se define la estrategia que seguirá la alianza.
- Segundo nivel, encargados de preparar todo el material requerido para que el grupo de primer nivel pueda tomar buenas decisiones.
- Tercer nivel, está compuesto por grupos de apoyo experto en temas técnicos y políticos específicos.
- Cuarto nivel compuesto por todas las empresas participantes del programa de manufactura avanzada.

A partir de las iniciativas propuestas se construyó una Hoja de Ruta tentativa para su implementación la que se expone en el Anexo 2.

6. Línea Base y Línea Meta

Existen hoy en día 3.333 empresas anufactureras que representan el 9,95% del PIB y generan 318.605 empleos. De esas 3.333 empresa se calcula que 206 de ellas son de manufactura avanzada y aportan un 5,88% del PIB (Tabla 2).

Tabla 2: Indicadores de línea base

Indicador	Unidad	TOTAL	MT	EEMA
Aporte al PIB	%	9,95%	4,07%	5,88%
Empresas manufactureras	nº	3.333	3.127	206
Ventas promedio	MMUS\$	7,3	5,2	38,4
Empleos totales	nº	318.605	296.445	22.160
Remuneración promedio	\$	757.130	751.368	834.211

Para alcanzar la línea meta de que el sector manufacturero aporte como un todo el 15% del PIB nacional al año 2025 se requiere que se incorporen 364 nuevas empresas de manufactura avanzada. De esas 364 se espera que 326 provengan de empresas manufactureras tradicionales que se transformen a manufactura avanzada, 19 sea nuevos emprendimientos, y 18 nuevas empresas extranjeras. Estas nuevas empresas crearán 39.129 nuevos puestos de trabajo(Tabla 3)

Tabla 3: Indicadores línea meta

Formación	% sobre el total de empleados	EEMA (2015) Empleados (nº)	EEMA (2025) Empleados (nº)
Obreros	60,10%	13.318	36.834
Técnicos	18,60%	4.122	11.400
Ingenieros y otros profesionales	15,50%	3.435	9.500
Post-gradados	0,90%	199	552
S/I	4,90%	1.086	3.003
Total	100%	22.160	61.289

Los cálculos de detalle de la línea base y línea meta pueden revisarse en el Anexo 3.

7. Anexo 1: Esfuerzos Internacionales para promoción de la manufactura avanzada

7.1 Focalización de los esfuerzos

La mayoría de los países han decidido focalizar los esfuerzos de desarrollo de su manufactura avanzada en algunas industrias, tecnologías y/o temas específicos para lograr mayores resultados con los recursos disponibles.

La siguiente tabla muestra, a modo de ejemplo los focos que han elegido algunos países para el desarrollo de políticas de apoyo a su manufactura avanzada.

Tabla 4: Ejemplo de focos de Programas de Manufactura Avanzada. Fuente: Ezell, 2014.

China	Reino Unido	Suecia	Finlandia	Chile
Equipamiento de manufactura avanzada	Industria aeroespacial	Materiales, minería y acero	Construcción	Industria manufacturera
Vehículos de energía limpia	Industria automotriz	Ciencias de la vida	Ingeniería mecánica	Minería
Nuevos Materiales	Ciencias de la vida	Manufactura avanzada	Tecnologías de información y comunicación	Construcción
Tecnologías de información avanzada	Energía limpia	Ingeniería civil sustentable	Energía y medio ambiente	Energía
Biotecnología	Tecnologías marítimas	Industria Forestal	Industria Forestal	Alimentos
Nueva energía	Tecnología agrícola		Cuidado de salud	Salud
Conservación de energía y protección ambiental				

China está desarrollando un plan a 10 años llamado “China Manufacturing 2025”. A partir del cual, se anunció un plan de implementación de proyectos pilotos de manufactura inteligente, el cual busca que las empresas manufactureras Chinas realicen un *upgrade* tecnológico en sus procesos productivos.

Estos planes tienen por objetivo:

- Apalancar la instalación de tecnologías avanzadas en sectores de manufactura discreta, como lo son: maquinaria, aeroespacial, automotriz, aeronáutica, electrónica, etc.)
- Apalancar la instalación de tecnologías avanzadas en sectores de manufactura de procesos, como lo son los petroquímicos y la exploración de petróleo.
- Promover la manufactura colaborativa a lo largo de diversas industrias y
- Apalancar y desarrollar *cloud computing*, para llevar a cabo la customización en masa de productos digitales y otros.

En Alemania los esfuerzos de apoyo para la Industria 4.0 se basan en la estandarización, la certificación y la interoperabilidad. Mientras el modelo norteamericano apunta a la innovación disruptiva con fuerte énfasis en la innovación (revolución de la industria), el modelo alemán apunta más hacia un modelo de innovación incremental (evolución de la industria).

En Australia se puso el foco en tres tipos de oportunidades:

- Soluciones customizadas de alto valor, considerando servicios de diseño, componentes de características superiores, y productos de gran innovación.
- Manufactura sustentable, considerando reducción de desperdicios, remanufactura y diseño sustentable de productos.
- Venta de servicios considerando servicios de mantenimiento y reparación, integración de sistemas productivos, servicios asociados a la salud y bioseguridad.

7.2 Institucionalidad de soporte

Varios países han formalizado una institucionalidad que vela por el desarrollo de la manufactura avanzada. Esta institucionalidad tiene, en la práctica dos objetivos:

1. Asegurar una adecuada coordinación de los múltiples actores, del sector público y privado, que son requeridos para desarrollar la manufactura avanzada en el país.
2. Asegurar la continuidad de las políticas de promoción, desacoplándola de los gobiernos de turno.

En el Reino Unido se creó un agente de I+D para el Reino Unido (*UKRI: United Kingdom Research and Innovation*), quienes, juntando a los consejos de investigación, desarrollarán una estrategia para llevar investigación fundamental y experimental a negocios innovadores.

En Alemania en el año 2014 el gobierno federal, con la colaboración de privados, creó la alianza para el "Futuro de la Industria Manufacturera". Esta alianza, que hoy tiene 17 miembros¹⁶, coordina los

¹⁶ German Chemical Industry Association (VCI), German Association of the Automotive Industry (VDA), Mechanical Engineering Industry, Association (VDMA), Central Association of the Electrical and Electronic Industry (ZVEI), Main Association of the German Construction Industry, (HDB), German Employers' Association (BDA), Metalworkers, German Federation of Chemical Employers' Association (BAVC), German Steel Federation (WV Steel), Association of German Chambers of Industry and Commerce (DIHK). The trade unions involved are the Confederation of German Trade Unions (DGB), the Mining, Chemical, Energy Industries Trade Union (IG BCE), the Construction, Agriculture, Environment Trade Union (IG BAU) as well as the Food, Beverages and Catering Union (NGG).

esfuerzos que se realizan desde el gobierno, las empresas, y los sindicatos para asegurar su alineamiento y sinergia.

La institucionalidad a cargo de la industria 4.0 opera en Alemania en cuatro niveles.

- Primer nivel, donde participa el Ministro de Economía, el presidente de las asociaciones gremiales y de la unión de sindicatos. En este nivel se define la estrategia que seguirá la alianza.
- Segundo nivel, también llamado "los Sherpas" son los encargados de preparar todo el material requerido para que el grupo de primer nivel pueda tomar buenas decisiones.
- Tercer nivel está compuesto por cinco grupos de apoyo experto en temas técnicos y políticos.
- Cuarto nivel está compuesto por los la alianza de Red Futuro de la Industria Manufacturera, que fue establecida como una asociación independiente.

En Estados Unidos se creó la Oficina de Manufactura Avanzada Nacional que está inserta en el Instituto Nacional de Estándares y Tecnología dependiente del Departamento de Comercio. En esta oficina trabajan representantes de distintas agencias relacionadas al desarrollo de la MA, y su accionar se articula con el Departamento de Defensa, el Departamento de Energía, la NASA, la *National Science Foundation*, el Departamento de Educación y el Departamento de Agricultura.

Para el desarrollo de la Manufactura Avanzada en este país se han creado una serie de Institutos de Innovación de Manufactura repartidos en todo el territorio norteamericano. Estos institutos están interconectados entre si, pero cada uno tiene una especialización tecnológica propia. Actualmente hay 14 institutos en operación pero el plan original contempla 45.

Tabla 5: Institutos de Manufactura Avanzada de EE.UU.

- *Advanced Tissue Biofabrication*
- *Advanced Functional Fabrics of America*
- *American Institute for Manufacturing Integrated Photonics*
- *America Makes*
- *Advanced Robotics Manufacturing*
- *The Digital Manufacturing and Design Innovation Institute*
- *The Institute for Advanced Composites Manufacturing Innovation)*
- *Lightweight Innovations For Tomorrow*
- *NextFlex*
- *The National Institute for Innovation in Manufacturing Biopharmaceuticals*
- *Power America*
- *Rapid Advancement in Process Intensification Deployment Institute*
- *Reducing EMbodied-energy And Decreasing Emissions*
- *Smart Manufacturing*

En China los esfuerzos formales por diseñar e implementar planes de promoción de la MA son liderados por el Ministerio de Industrias y Tecnologías de la Información, que recientemente anunció el Plan de Implementación para Pilotos de Manufactura Inteligente 2016.

7.3 Participación amplia y coordinada de actores del sector público y privado

En varios países se ha considerado importante que en el esfuerzo de desarrollo de la manufactura avanzada participen múltiples actores. En Alemania se ha estimado como muy relevante incluir a las organizaciones gremiales y a los sindicatos de trabajadores en el desarrollo de políticas de promoción de la MA (Schroeder, 2016).

También se ha considerado relevante la participación integral y coordinada del gobierno en varios aspectos diferentes relacionados a la manufactura avanzada. A modo de ejemplo en Alemania hay al menos 6 ministerios trabajando directamente en la agenda del desarrollo de la Industria 4.0. (Tabla 6)

Tabla 6: Ministerios directamente relacionados en políticas de Industria 4.0 en Alemania. Fuente: Schroeder, 2016.

Ministerio	Áreas
Ministerio de Economía y Energía	Apoyo a la industria, sindicatos y plataformas.
Ministerio de Educación e Investigación	Apoyo en la investigación
Ministerio del Trabajo	Empleabilidad y capacitación
Ministerio del Interior	Seguridad de la información
Ministerio de Transporte e Infraestructura Digital	Infraestructura, conectividad
Ministerio de Justicia y Protección al Consumidor	Protección al consumidor, seguridad de la información

En el año 2010 el parlamento alemán definió un comité de Internet y Sociedad Digital que presentó sus resultados el año 2013. En base a esto Alemania definió una Agenda Digital 2014-2017 que fue definida en trabajo conjunto de varios ministerios, el parlamento y líderes de las sociedad científica y empresarial.

7.4 Desarrollo de capital humano

Los desafíos que plantea la manufactura avanzada para el capital humano de los países es un tema que se aborda en todos los programas que fueron revisados.

En el Reino Unido se levantaron brechas asociadas al capital humano. Dentro de estas, se observaron problemas con respecto a habilidades básicas (literarias y numéricas), baja presencia de técnicos de calidad (muchos graduados y pocos técnicos) y falta de capacidad en cuanto a ciencias,

tecnologías, ingeniería y matemáticas (STEM¹⁷). Algunas de las medidas que se adoptaron para reforzar el capital humano fueron:

Reforzamiento de la educación técnica

- Levantamiento de £170 millones en fondos para la creación de prestigiosos institutos de tecnología que entreguen educación técnica avanzada en materias de STEM que permitan desarrollar personal con las habilidades requeridas en las empresas.
- Se explorará como apoyar a distintos centros de formación para que sean centros de excelencia en la enseñanza de matemáticas e inglés para mejorar la falta de conocimientos básicos.
- Se propondrán métodos para cerrar las brechas regionales en cuanto a matemáticas avanzadas y otros temas de estudio.
- Se publicará información detallada acerca de las carreras universitarias y técnicas, y también acerca de capacitaciones posibles de obtener durante la actividad laboral.
- Se explorarán maneras ambiciosas de potenciar el aprendizaje a lo largo de la vida de las personas, mejorando la información entregada, transformando a la gente perteneciente a las industrias que están cambiando, etc.

En Alemania se han desarrollado esfuerzos por incorporar la MA en los curriculum de estudio y desarrollar programas de capacitación y educación continua. Estos esfuerzos han tenido dos objetivos: preparar con anticipación a los futuros trabajadores de la MA, y re-convertir a los trabajadores actuales para enfrentar los desafíos que presenta la MA.

En Australia han focalizado las necesidades de desarrollo de capital humano en tres aspectos considerados clave:

- Alfabetización digital, que tiene por objetivo familiarizar a todo el personal de una empresa con la era digital.
- Liderazgo y administración estratégica, que tiene por objetivo entregar herramientas a los líderes de las organizaciones para que puedan guiar adecuadamente los procesos de transformación de las empresas hacia la manufactura avanzada.
- Interface del cliente, que tiene por objetivo potenciar una capacidad en el país para desarrollar mejores interfaces digitales de elementos productivos.
- Desarrollo de contenidos de STEM, considerados como conocimientos requeridos para el desarrollo tecnológico.

En Estados Unidos se está evaluando desarrollar al menos 20 universidades líderes en temas de manufactura. En ese país también se ha propuesto integrar en el curriculum de las escuelas materias relacionadas a la manufactura avanzada.

¹⁷ Science, Technology, Engineering and Mathematics

Uno de los temas mencionados como relevantes en términos de políticas públicas es la importancia de la flexibilidad laboral para el desarrollo de la manufactura avanzada ya que varias de las nuevas tecnologías obligarán a las empresas a redefinir las condiciones de trabajo, lo que planteará un desafío para las legislaciones laborales actuales.

7.5 Desarrollo de infraestructura

Otro de los aspectos que se repiten en los diferentes programas es el desarrollo de infraestructura habilitante para la manufactura avanzada.

En el Reino Unido se está realizando un estudio que entregará la prioridad gubernamental de proyectos de infraestructura de una manera mejor y más ordenada. Se apoyará la infraestructura realizada por el sector privado, poniendo como aval un fondo del Estado, para que así se pueda levantar capital de una manera más expedita y se acelere la inversión.

Además, ese país considera la aceleración de la modernización digital de ferrovías y trenes, donde se destinaron más de £450 millones, mejora de la defensa anti inundaciones, donde se destinarán cerca de £2.5 billones hacia el 2021, y mejora de la *ciber* seguridad para entregar una mayor confianza en la realización de negocios on-line. £1.9 billones.

Adicionalmente el Reino Unido está empeñado en posicionarse como un actor relevante en la manufactura de vehículos autónomos, para lo cual desarrollará un nuevo ecosistema de prueba, usando ambientes controlados y reales para el desarrollo de esta tecnología. Se anunciará la localización del *hub* coordinador en el primer semestre del 2017.

La Unión Europea decidió no quedarse atrás en esta materia e invertirá US \$19 billones en el desarrollar y convertirse en líder en seis vertientes tecnológicas, incluyendo la manufactura avanzada, para el 2020.

En particular, se planea invertir US \$7.8 billones única y exclusivamente en el desarrollo de las Fábricas del Futuro, una iniciativa público-privada para el desarrollo de procesos de manufactura más inteligente a lo largo de toda la Unión Europea. Dentro de los objetivos fundamentales de este programa, se encuentra:

- Integración y demostración de tecnologías innovadoras para la manufactura avanzada, culminando en el desarrollo y adopción de las 40 o 50 mejores prácticas identificadas
- Desarrollo de técnicas de manufactura amigables con el medioambiente, que sean capaces de reducir el consumo energético generado de actividades manufactureras en hasta un 20% y disminuyendo el consumo de materiales en un 20% también.
- Desarrollo de aproximaciones para revertir la desindustrialización europea, incluyendo la identificación desde 6 a 8 empleos de alta calificación para incrementar el compromiso industrial para permanecer en Europa. También se busca aumentar la inversión europea en equipos industriales desde un 6 a un 9% hacia finales del año 2020.

China, por su parte, está implementando un agresivo plan para que un gran número de sus empresas manufactureras actualicen su tecnología.

7.6 Incentivos tributarios y apoyo al financiamiento

Varios países han aplicado, o están planificando aplicar, incentivos tributarios y apoyo al financiamiento para favorecer el desarrollo de MA.

En el Reino Unido se revisará en detalle el ecosistema impositivo en I+D para determinar si es que hay posibles alternativas para estimular de mayor manera la investigación del sector privado y potenciar al país como un destino atractivo para el I+D de Europa. En ese país se creó también el Fondo Desafío Industrial Estratégico para potenciar proyectos de MA.

En Estados Unidos se propuso entregar un mayor incentivo tributario para invertir en equipamiento y maquinaria. Dicho incentivo consiste en entregar un 35% de crédito fiscal de las inversiones en máquinas y equipos para todas aquellas inversiones que estén por sobre el 75% de una cantidad basal. Una opción alternativa es permitir a que las compañías deprecien el costo total de sus equipos y software durante el primer año, generando así importantes beneficios económicos.

7.7 Apoyo al emprendimiento y al desarrollo de propiedad intelectual

El emprendimiento y la creatividad de las personas y las organizaciones es considerado una vía clave para el desarrollo de la MA en varios países, por lo que sus planes de desarrollo incorporan también apoyo para el desarrollo de nuevas empresas.

En el Reino Unido se buscará aprovechar el potencial de los inventores hechos en casa, a través de un programa de premios para aquellos emprendedores del día a día, como por ejemplo aquellos que apoyan ambientes habilitadores de desarrollo, incubadoras, etc.

En el mismo país se está revisando como maximizar los incentivos creados por el sistema de propiedad intelectual, en búsqueda de estimular la innovación colaborativa y con esto entregar oportunidades de licenciamiento, incluyendo la oportunidad de apertura de los registros para facilitar tratos de licencias, acuerdos y contratos *business-to-business*. Con esto se pondrán oficinas en ciudades representativas para armar capacidad local que comercialice propiedad intelectual.

El Reino Unido tiene muy buen historial en cuanto a emprendimientos. Está, según parámetros de la OECD, tercero en el ranking mundial en este ámbito. Hubo 350.000 nuevas empresas registradas en el 2014 y tienen ahora un récord de 5.3 millones de negocios pequeños. Esto sumado a que tienen excelentes centros financieros, se convierte en una ventaja importante para este país.

Algunas de las acciones que están incorporando en el Reino Unido son:

- Estrategias de gobierno para ayudar a crecer a las empresas innovadoras en el largo plazo. No solo dar el *kick-start*, sino que también apoyar durante las etapas siguientes.
- Inversión de un adicional de £400 millones en el British Business Bank, para catalizar capital de riesgo e inversiones en empresas que ya están establecidas y necesitan crecer.
- Se entregarán £13 millones en fondos para el Consejo de Productividad, en los próximos 3 años. Este consejo entregará información y consejos *business-to-business*, con miras en aumentar la productividad a lo largo de la comunidad empresarial.

- Se ha publicado un documento llamado *Corporate Governance Green Paper*, el cual incluye opciones para mejorar la conexión entre pago de ejecutivos y el desarrollo de largo plazo de las empresas, y también incentivando la inversión en empresas.
- Se estudiarán los obstáculos de acceso a capital por parte de empresas fuera de las zonas principales, como Londres.
- El Ministerio de Pequeños Negocios tomará un nuevo rol de escalamiento, a través de un grupo de personas que buscarán mejorar la productividad y potenciar el escalamiento de empresas, principalmente mediante *hubs*, asociaciones, *joint ventures*, *Scale Up Institute*, etc.
- Se explorarán maneras de desarrollo de plataformas que puedan medir y entregar *feedback* de otras empresas, para así determinar la calidad de algunas empresas en temas específicos con información de los que ya han hecho tratos o negocios con ellos.

En China se lanzó un plan para Crear plataformas web para potenciar el emprendimiento e innovación, con el objetivo de tener más del 50% de las empresas líderes en industrias claves con acceso a dicha plataforma y cultivar un grupo de plataformas de servicio, radicadas en la nube, usando datos de la industria, con el objetivo de aumentar en un 20% anual el número de usuarios corporativos de *cloud computing*.

En Alemania existe consenso en la necesidad de bajar las barreras de entrada para las PYMEs. Uno de los esfuerzos relevantes que se ha hecho en este sentido, como parte de la plataforma de apoyo para la Industria 4.0, es el desarrollo de RAMI 4.0 (*Reference Architecture Model Industry 4.0*). RAMI combina elementos claves de la Industria 4.0 y ofrece a empresas de varias industrias una orientación estandarizada. La herramienta muestra 250 ejemplos de aplicaciones donde la Industria 4.0 se está desarrollando hoy en Alemania y entrega guías prácticas, publicaciones y estudios de fácil comprensión.

En Estados Unidos se ha desarrollado la iniciativa *Fab Lab*, que consiste en una red interconectada de laboratorios que tiene por misión compartir conocimientos, ideas y recursos, empoderando a cualquier persona u organización a inventar nuevas soluciones para problemas reales de mundo real. También en Estados Unidos existe un plan de apoyo a las PYMEs para asegurar que existan bajas barreras de entrada en la incorporación de tecnología avanzada, lo que ha favorecido el desarrollo de pequeñas empresas (Ezell, A Policymaker's Guide to Smart Manufacturing, 2016) .

Caso Zipp Speed Weaponry

Zipp Speed Weaponry es una pequeña compañía con sede en Indiana que fabrica artículos para bicicleta, a través del uso simulación virtual y software de diseño fue capaz de desarrollar una nueva tecnología de ruedas de bicicleta de competencia. Con este nuevo producto la empresa fue capaz de generar utilizadas en menos de 2 años y generó 120 nuevos empleos en manufactura.

7.8 Inversión en ciencia, investigación e innovación

Otra política que se repite en los programas de apoyo a la MA en diferentes países es el apoyo que se da a la I+D+i requerida para su desarrollo.

En el Reino Unido se planea invertir un adicional de £ 4.7 billones en I+D, equivalente a cerca de US \$ 6 billones, para los años 2020-2021. Se estudiará la posibilidad de incorporar una institución de investigación especialmente dedicada al desarrollo de baterías, almacenamiento y distribución optimizada de energía.

Se está creando un nuevo fondo llamado “Fondo Desafío Industrial Estratégico”, para ayudar a que el Reino Unido capitalice sus fortalezas en ciencias e innovación, como lo son en robótica, energías limpias y biotecnología.

En Estados Unidos se habilita financiamiento aplicado para que las universidades investiguen como solucionar problemáticas concretas de las empresas.

En Australia se ha considerado como un factor crítico la investigación en las tecnologías habilitantes de los focos estratégicos que han decidido apoyar: sensores, materiales avanzados, robots inteligentes, manufactura aditiva y realidad aumentada.

7.9 Fomento al comercio internacional

Los programas de promoción de la MA de distintos países coinciden en la importancia de acceder a mercados globales para sus productos y captar inversión extranjera.

En el Reino Unido se están desarrollando medidas tales como:

- Duplicación de las capacidades financieras de exportación, por ejemplo, aumentando el número de divisas que se pueden transar.
- Facilidades para empresas a acceder a apoyo gubernamental, a través de una nueva plataforma que provee servicios y ayuda de todo tipo¹⁸.
- Creación de un grupo cuyo objetivo es la generación de consorcios de empresas para que vayan a buscar contratos importantes en el mundo.
- Desarrollo de una nueva mirada a la inversión extranjera. Mediante estudios de las políticas extranjeras más exitosas y la posibilidad de adoptarlas en UK.

¹⁸ Disponible en: www.great.gov.uk

8. Anexo 2: Hoja de Ruta

#	EJES ESTRATÉGICOS	Corto Plazo			Mediano Plazo				Largo Plazo		
		2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
E1	CAPITAL HUMANO	Inmersión y capacitación general MA									
		Diseño Plan		Puesta en marcha de plan de Inmersión							
			Capacitación avanzada en MA								
E2	TECNOLOGIA, INNOVACIÓN Y MODELOS DE NEGOCIOS	Centro Tecnológico de MA									
		Proyectos y líneas de I+D e innovación									
		Proyectos de I+D Empresarial									
		Programa Tecnológico MA									
		Oportunidades verticales: Minería y Construcción en madera									
E3	RENOVACIÓN, ESCALAMIENTO E INTERNACIONALIZACION	Renovación y escalamiento									
		Diseño Plan		Puesta en marcha plan de Renovación							
		Escalamiento global e internacionalización									
		Diseño Plan		Puesta en marcha plan de Renovación							
E4	CATALISIS DE INDUSTRIA MA		Articulación de compras públicas y regulaciones para MA								
E5	CALIDAD PARA MA			Fortalecimiento de la infraestructura de la calidad orientada a MA							

9. Anexo 3: Estimación de Línea Base y Línea Meta

9.1 Estimación de Línea Base

La estimación de la línea base se construye a partir de la realidad de la industria manufacturera nacional. En la Tabla 7 se muestra las principales cifras económicas para el sector.¹⁹

Tabla 7: Principales indicadores económicos de la industria manufacturera en Chile.

	Indicador	Unidad	Línea Base	Medio de verificación
Total Manufactura	Valor agregado como aporte al PIB	%	9.96	Banco Central
	Empresas manufactureras	nº	3,333	ENIA 2014
	Ventas promedio	MMUS\$	7.02	ENIA 2014
	Porcentaje de la venta en servicios	%	25%	Encuesta MA Ceop 2017
	Empleos totales	nº	318,605	ENIA 2014
	Remuneración promedio	\$	757,130	ENIA 2014
	Stock de capital fijo promedio	MMUS\$	7.5	ENIA 2014

Para descomponer los indicadores económicos de la industria manufacturera en Chile en empresas de manufactura tradicional (MT) y empresas con expresiones de manufactura avanzada (EEMA) se realiza un análisis de productividad de factores a partir de la función de producción de Cobb-Douglas. La función de producción Cobb-Douglas es ampliamente utilizada para representar la relación entre producción (Q) y los insumos que permiten generarla, comúnmente trabajo (L) y capital (K). A partir de estudios empíricos (Cobb & Douglas, 1928; Cobb & Douglas, 1930; Cobb & Douglas 1976), se determinó que en la medida que crece la producción, la renta de los trabajadores sube en la misma proporción de la renta de los empresarios inversionistas, por lo que la función de Cobb-Douglas toma la siguiente forma:

- $Q = A \cdot L^{\alpha} \cdot K^{\beta}$, donde
 - A : mide la productividad total de los factores. En *management* se ha interpretado como la “gestión” ya que apalanca el uso de los insumos productivos. También se interpreta como factor tecnológico, asociado a I&D.
 - α y β : son coeficientes que representan la elasticidad del insumo respecto de la producción. La evidencia empírica ha demostrado que estos valores son complementarios entre sí, lo que sugiere rendimientos constantes a escala, es decir, si L y K aumentan en un 10%, Q también aumenta en un 10%.

Los coeficientes de la función de Cobb-Douglas pueden ser estimados a partir de una regresión lineal aplicando logaritmo natural:

- $\ln(Q) = \ln(A) + \alpha \cdot \ln(L) + \beta \cdot \ln(K)$, donde

Para ajustar los coeficientes se utilizó información de la ENIA 2104, realizando los siguientes reemplazos:

¹⁹ La ENIA considera Establecimientos Industriales, para efectos de dividir distintas unidades de negocio de una misma empresa en tanto no clasifiquen como de manufactura. En este informe, se utiliza el concepto de “empresa” como homólogo de “Establecimiento Industrial”.

- $Ln(Fabval) = Ln(A) + \alpha \cdot Ln(Remuneraciones) + \beta \cdot Ln(Vstk)$, donde
 - *Fabval*: Ventas totales²⁰
 - *Remuneraciones*: Remuneraciones totales
 - *Vstk*: Valor total nominal de stock de capital fijo

Para el análisis, se consideraron un total de 2.370 empresas²¹. Los resultados al correr la regresión se muestran en la Tabla 8. La suma de los coeficientes α y β es 0,987, consistente con otros resultados de la literatura, ambos estadísticamente significativos al 99% de confianza.

Tabla 8: Resultados de la regresión; R2: 61,4%.
Fuente: Ceop Consulting 2017, a partir de ENIA 2014.

Variable	Coeficiente	t
Ln (Remuneraciones)	0,8882	16,93
Ln (Vstk)	0,0989	4,03
Constante	1,6191	2,53

Para determinar qué empresas cuentan con expresiones de MA se estiman las ventas de cada empresa (Xb) a partir de los coeficientes estimados y se comparan con las ventas reales. En la Figura 5 se muestra que existen empresas que dado un stock de L y K venden más de lo esperado (sobre la línea azul que ajusta los puntos; error positivo) y otras que venden menos (bajo la línea azul que ajusta los puntos; error negativo). De acuerdo a la encuesta de innovación, existe un 16% de las empresas manufactureras que innovan significativamente en sus procesos. Luego, para efectos de esta estimación, se considerará que el 16% de empresas con mayor error positivo en ventas son empresas con expresiones de MA. Tomando este porcentaje como cota superior, se tiene que, del total de 2.370 empresas, 379 cuentan con expresiones de MA, tal como se ve en la Figura 5 (color naranja).

²⁰ Si bien la función de Cobb-Douglas se estima con la variable Producción, se utilizó las ventas de manera de homologar la unidad de la medida.

²¹ El resto de las empresas que participaron en la ENIA 2014 no presentan datos confiables.

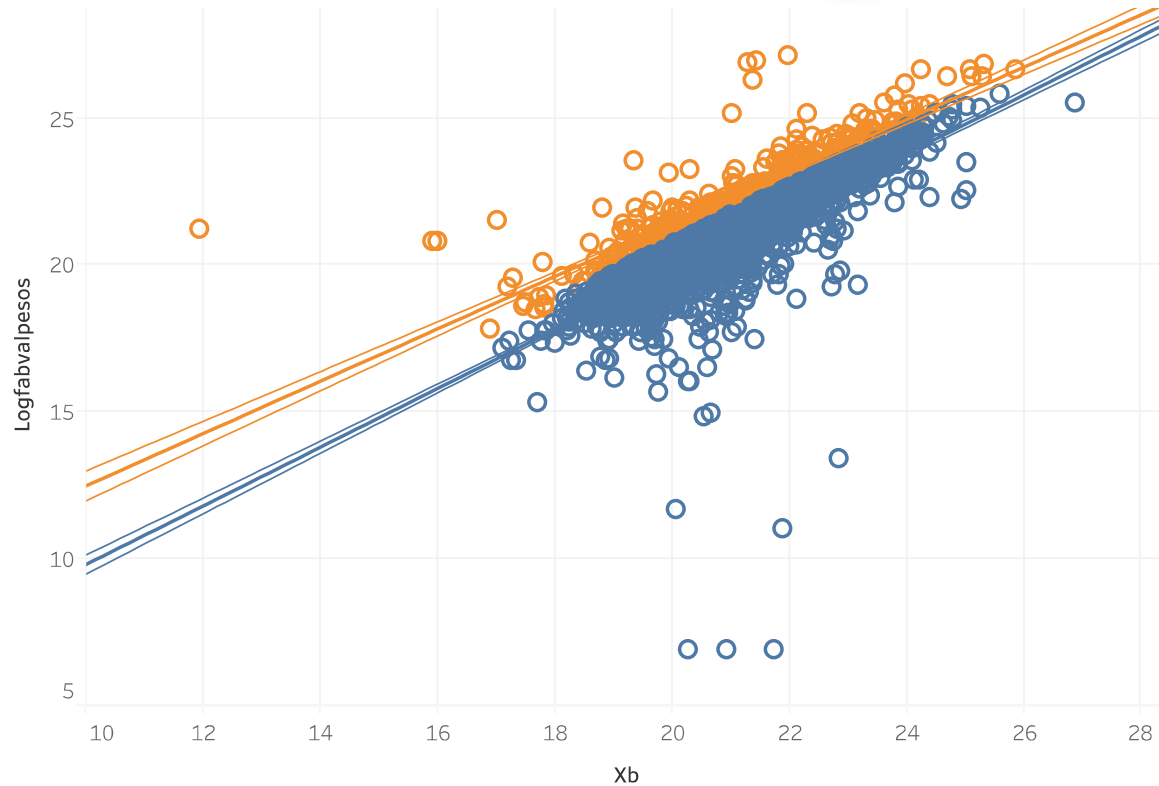


Figura 5: Gráfico de dispersión entre logaritmo natural de las ventas reales y las estimadas por la regresión.

Fuente: Ceop Consulting 2017 a partir de ENIA 2014.

Las empresas identificadas como EEMA difieren a las de manufactura tradicional de acuerdo a la Tabla 9. Solo con un 11% del total de empresas manufactureras (16% de la muestra), aportan casi un 50% al PIB respecto del aporte total del sector. Además, las EEMA venden 6 veces más (con un 31% del total correspondiente a servicios), tienen casi 30 veces más utilidades, emplean a un 87% más personas con sueldos superiores en un 4,29%, tienen invertido 1,7 veces más y cuentan con un 10% de propiedad extranjera.

Tabla 9: Diferencias entre MA y MT

Fuente: Ceop Consulting 2017, a partir de ENIA 2014 y análisis de Cobb-Douglas.

Indicador	Unidad	EEMA	MT
Valor agregado como aporte al PIB	%	4.32	5.64
Empresas manufactureras	nº	379	2,954
Ventas promedio	MMUS\$	26.9	4.5
Porcentaje de la venta en servicios	%	31%	21%
Empleos totales	nº	61,781	256,824
Empleado por empresa	nº	163	87
Remuneración promedio	\$	783,105	750,881
Utilidades promedio	\$	4.6	0.2
Stock de capital fijo promedio	MMUS\$	12	6.9
Porcentaje de propiedad extranjera	%	10	5

En la Tabla 10 se muestra el desglose de empresas, tanto para EEMA como para MT, en número de empresas y ventas por subsector de la industria manufacturera. Como se ve, la “Alimentos y bebidas” se muestra como uno de los subsectores con más expresiones de MA, puesto que, para los niveles de L y K empleados, venden un 33% más de lo esperado.

Tabla 10: Detalle de empresas y ventas por subsector de la manufactura.
Fuente: Ceop Consulting 2017, a partir de ENIA 2014 y análisis de Cobb-Douglas.

Subsector de la Manufactura	EEMA			MT	
	Empresas	Venta (MMUS\$)	Error +	Empresas	Venta (MMUS\$)
Manufactura no metalmecanico	103	1,524	1.05	708	3,627
Alimentos y bebidas	141	4,621	1.33	816	3,074
Vestuario y textiles	26	97	1.19	242	386
Fabricación de productos minerales	28	1,473	1.16	217	941
Químico y farmacéutico	37	1,894	1.19	195	2,125
Informatica y electrónica	13	76	1.07	88	631
Equipos, maquinaria y productos asociados	31	541	0.98	688	2,422
Total general	379	10,225	1.18	2,954	13,206

Si bien las cifras presentadas corresponden a la industria manufacturera nacional como un todo, el alcance del PEMA se circunscribe a la industria manufacturera proveedora de las siguientes industrias tractoras (B2B), a saber:

- Minería
- Construcción e Infraestructura
- Energía
- Industria Acuícola, Acuícola y Forestal
- Salud Humana
- Defensa

La hipótesis detrás de esta definición se basa en que: la incorporación de MA en productos y servicios genera un aumento significativo en la productividad de los procesos de las empresas demandantes; poseen un potencial directo de exportación y globalización, atraen inversión extranjera, existen empresas locales con expresiones de MA que ya realizan negocios con estas industrias. Así, las industrias tractoras no solo tendrían un efecto directo en el segmento B2B, sino en la industria manufacturera como un todo, puesto que el desarrollo de la MA genera oportunidades para el segmento B2C también.

De acuerdo a lo anterior, los tipos de productos y servicios manufactureros considerados como de B2B son:

- Equipos (metalmecánicos, eléctricos, electrónicos, etc.)
- Componentes (partes, piezas, dispositivos)
- Sistemas (principalmente *software* para equipos y componentes)
- Materiales (para la fabricación)
- Servicios (I&D, diseño, TIC, mantenimiento, etc.)

A continuación, se caracteriza el segmento B2B de acuerdo a sus principales indicadores económicos.

9.1.1 Ingresos de la Industria Manufacturera B2B

A partir de la Encuesta MA Ceop Consulting 2017, es posible identificar que el 43% de los ingresos de la industria manufacturera son B2B (23% en equipos, 14% en componentes y dispositivos, 1% en sistemas y 30% en materiales y 31% en servicios). Aplicando los mismos ponderadores estimados en la sección precedente respecto de las EEMA, se tienen los números desglosados de la Tabla 11. Como se ve, en su conjunto la industria B2B aporta en 4.3 puntos porcentuales al total del PIB, con ventas totales que superan los US\$10.000 millones. Destacan los sub-segmentos de Servicios y Materiales, que en conjunto representan un 61% de las ventas totales B2B.

Tabla 11: Detalle de empresas, ventas y empleos del segmento B2B de la manufactura.
Fuente: Ceop Consulting 2017 a partir de ENIA 2014 y Encuesta MA Ceop Consulting 2017.

Indicador	Unidad	EEMA (B2B)	MT (B2B)
Valor agregado como aporte al PIB	%	1.9	2.4
Empresas manufactureras B2B	nº	164	1,277
Ventas Totales	MMUS\$	4,407	5,746
Equipos	MMUS\$	1,010	1,508
Componentes y dispositivos	MMUS\$	636	949
Sistemas	MMUS\$	60	90
Materiales	MMUS\$	1,334	1,992
Servicios	MMUS\$	1,366	1,207

Del total de estos ingresos, un 18% de éstos provienen de exportaciones; dos tercios corresponde a América Latina como mercado de destino. El resto se reparte en Norte América, Europa y Asia de acuerdo a la Figura 6.

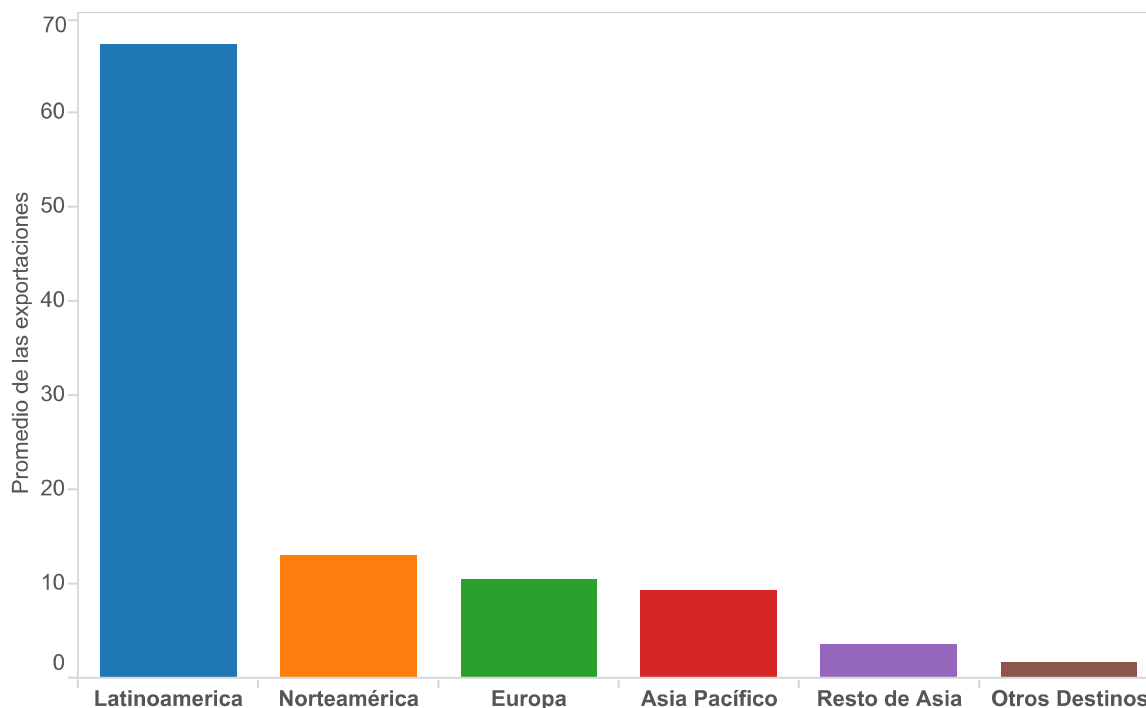


Figura 6: Exportaciones como porcentaje del total.
Fuente: Encuesta MA Ceop Consulting 2017

9.1.2 Estructura de Costos de la Industria Manufacturera B2B

Respecto de la estructura de costos, la principal diferencia que se observa entre las empresas EEMA y MT radica en el costo de materiales y la mano de obra. Mientras que en las empresas EEMA, estas categorías de costos son 70% y 8% respectivamente, en el caso de las empresas de MT, los porcentajes cambian a 47% y 27%, tal como se ve en la Tabla 12²².

Tabla 12: Estructura de costos de la industria manufacturera.
Fuente: Ceop Consulting 2017, a partir de ENIA 2014 y análisis de Cobb-Douglas.

Categoría	Unidad	EEMA (B2B)	MT (B2B)
Materiales	%	70.4%	46.9%
Personal	%	8.4%	26.7%
Insumos	%	5.8%	4.5%
Servicios	%	13.8%	18.5%
Otros	%	1.7%	3.4%
Total	%	100.0%	100.0%

9.1.3 Empleos y Remuneraciones de la Industria Manufacturera B2B

En la Tabla 13 se muestra que, de los 318.605 empleos totales de la industria manufacturera, 136.985 corresponden al segmento B2B, con 26.570 empleados en EEMA y 110.415 en MT. Al descomponer los empleos por nivel de formación (y/o función dentro de la empresa), se aprecia que, en EEMA, un 32% de los empleados tiene formación técnica superior, profesional o post-grado, mientras que, en MT, ese porcentaje cae a 25%. Si bien las EEMA cuentan con una mayor cantidad de empleados y de un mejor nivel, el aumento de costos totales más que se compensa con la venta adicional que generan. Así, en el caso de la MT, la planilla total anual promedio alcanza a un 26,9% de las ventas, mientras que, para las EEMA, ese valor baja a 8,7%²³.

Tabla 13: Descomposición de las remuneraciones dependiendo de la formación y porcentaje respecto de la venta para EEMA y MT.
Fuente: Ceop Consulting 2017 a partir de ENIA 2014, Encuesta de Innovación de Empresas 2015, Encuesta NESI 2014 y análisis de Cobb-Douglas

Formación	EEMA (B2B)		MT (B2B)	
	% sobre el total de empleados	Planilla anual empresa promedio	% sobre el total de empleados	Planilla anual empresa promedio
Obreros	62%	736,415,406	66%	434,091,016
Técnicos	17%	303,014,712	15%	157,095,703
Ingenieros y otros profesionales	14%	440,004,409	10%	179,816,703
Post-grados	1%	52,318,853	0%	9,687,256
S/I	7%		8%	
Total	26,570	1,531,753,380	110,415	780,690,679
Planilla total respecto de la venta		8.7%		26.9%

²² Se asume que la composición de costos de EEMA y MT es igual para B2B que para B2C. Con la información existente no es posible hacer la distinción entre estos dos segmentos y menos para los sub-segmentos.

²³ Con la información existente no es posible hacer la distinción entre B2B y B2C para este nivel de detalle.

Estas cifras coinciden con la Encuesta MA Ceop Consulting 2017, en donde las empresas declaran que casi un 60% de los trabajadores no cuentan con estudios de nivel superior, tal como se ve en la Figura 7.

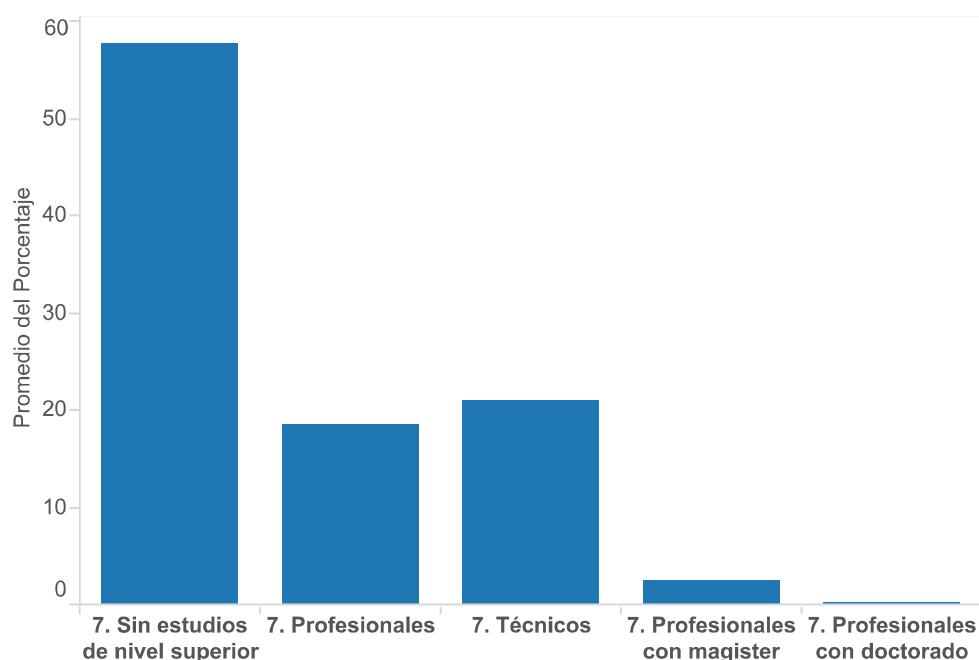


Figura 7: Porcentaje de trabajadores de acuerdo a nivel educacional.

Fuente: Encuesta MA Ceop Consulting 2017.

9.1.4 Niveles de Inversión de la Industria Manufacturera B2B

De acuerdo a la Tabla 9, el nivel de inversión (stock de capital fijo) en empresas de la industria manufacturera en Chile es, en promedio, de US\$12 millones para EEMA y US\$6,9 millones para empresas MT. De acuerdo al número de empresas manufactureras B2B en la Tabla 11, se deduce que la inversión es, para cada sub-segmento B2B, como la de la Tabla 14.

Tabla 14: Nivel de inversión segmento B2B.

Indicador	Unidad	EEMA (B2B)	MT (B2B)
Inversión Total Manufactura	MMUS\$	4,548	20,383
Inversión Total B2B	MMUS\$	1,966	8,810
Equipos	MMUS\$	653	2,927
Componentes y dispositivos	MMUS\$	411	1,842
Sistemas	MMUS\$	39	175
Materiales	MMUS\$	863	3,866

De acuerdo a la Encuesta MA Ceop Consulting 2017, un 45% de las empresas planea aumentar sus niveles de inversión en Chile en los próximos cinco años. Si bien un 57% de las empresas destinará estos aumentos a modernizar su operación actual sin cambiar radicalmente la forma de operar, un 21% espera desarrollar nuevos modelos de negocio habilitados por las nuevas tecnologías y un 8,3% en transformar radicalmente la forma de operar. Estas cifras cobran sentido toda vez que un 31% de las empresas declara que la antigüedad de sus equipos es de más de 10 años. Además, el uso y

conocimiento de las tecnologías avanzadas es relativamente bajo, tal como se constata en la Tabla 15.

Tabla 15: Uso y conocimiento de tecnologías avanzadas.
Fuente: Encuesta MA Ceop Consulting 2017.

Tecnología	No se usa	Se desconoce
Big Data	53%	36%
Diseño Avanzado	34%	13%
IoT	47%	38%
Manufactura Aditiva	54%	33%
Nuevos Materiales	46%	39%

9.2 Estimación de Línea Meta

Para estimar el número de EEMA que se requieren para que el PIB aumente del actual 9,96% a un 15% al 2025 considerando un crecimiento anual de un 2%, se requiere aumentar el actual promedio de utilidad de US\$0,66 millones por empresa a US\$1,2 millones. Manteniendo la utilidad actual promedio de una EEMA en US\$4,6 millones, se requiere sumar un total de 407 empresas a este segmento, aumentando a una participación en número de empresas del actual 11% (16% de la muestra) a un 24%, como se ve en la Tabla 16.

Tabla 16: Aumento en la participación del número de EE MA.
Fuente: Ceop Consulting 2017, a partir de ENIA 2014 y análisis Cobb-Douglas.

	Utilidad Promedio Actual	Nº Empresas Actual	% del total	Utilidad Promedio Futuro	Nº Empresas Futuro	% del total
Empresas MA	4.60	379.0	11%	4.60	786	24%
Empresas MT	0.15	2,954.0	89%	0.15	2,547	76%
Total	0.66	3,333.0	100%	1.20	3,333	100%

Para distinguir qué proporción de estas empresas son emprendimientos, se estiman los emprendimientos de las actuales EEMA como aquellas que cuentan con menos de 10 empleados. De las 379 empresas identificadas, 8 empresas cumplen con este criterio, equivalente a un 2,11%. Aplicando este mismo ponderador en las 407 empresas nuevas requeridas, se obtiene que se requiere un total de 9 emprendimientos. Como solo el 40% de éstos logra mantenerse al menos 7 años, se requiere de al menos 21 emprendimientos en MA.

Para distinguir qué proporción de estas empresas son extranjeras, se considera la diferencia promedio de propiedad entre empresas de MT y EEMA, equivalente a un 5,25% (Tabla 9). Aplicando este mismo ponderador en las 407 empresas nuevas requeridas, se obtiene que se requiere un total de 21 empresas extranjeras.

En resumen, se requiere reconvertir 377 empresas de manufactura tradicional a EEMA (377 [reconversiones] = 407 [empresas en total] – 9 [emprendimientos] – 21 [empresas extranjeras]).

De acuerdo a la Tabla 9, el stock de capital promedio de una EEMA es US\$12 millones, mientras que, en las empresas de MT, este valor baja a US\$6,9 millones. En otras palabras, por cada unidad de ingresos en EEMA se requieren 0,44 unidades de inversión si la empresa no existe y 0,19 unidades

para el caso de una reconversión. Estos valores están dentro del rango del nivel de inversión de países como Estados Unidos, Alemania y Japón, en donde los niveles de inversión respecto de los ingresos relacionados a la Industria 4.0 fluctúan entre un 30% y un 11%²⁴. Así, de acuerdo al análisis previo, para aumentar la MA en Chile se requiere una inversión total privada en los próximos 10 años sea de US\$2.426 millones, lo que se descompone en:

- Transformación de MT a MA: 377 [reconversiones] x (12 [MMUS\$] – 6,9 [MMUS\$]) = US\$1.922 millones.
- Emprendimientos en MA: 21 [emprendimientos] x 12 [MMUS\$] = US\$252 millones
- Inversión extranjera: 21 [empresas extranjeras] x 12 [MMUS\$] = US\$252 millones

Este monto total de inversión podría estar co-financiado por políticas activas Estatales como las que han llevado adelante países como Francia e Italia, en donde a partir de 2016 se permite depreciar inversiones en bienes de capital hasta en un 150%²⁵. Regulaciones sobre el uso del auto eléctrico (Alemania y Noruega están prontos a definir que el 100% del parque automotriz debe ser eléctrico al 2030), aumento de la demanda a través de compras públicas (Corea del Sur y la Unión Europea han implementado planes de este tipo) y normas de inter-operabilidad también caben dentro de esta clasificación.

Por su parte, la inversión pública en países en vías de desarrollo ha mostrado tener más efectos complementarios (*crowding-in*) con la inversión privada que sustitutos (*crowding-out*). El *crowding-in* se logran en tanto la inversión esté enfocada en bienes públicos (resolviendo fallas de merdao), que potencien la productividad de la empresa privada y que aseguren los derechos de propiedad (por ejemplo, en inversión de iniciativas piloto). En Chile, la inversión total corresponde a un 21% del PIB (5% pública y 16% privada). Así, la inversión total pública para aumentar la MA ascendería a US\$758 millones en 10 años. Con esta inversión pública se espera catalizar la inversión privada en términos de desarrollo y expansión.

9.2.1 Aumento de Ingresos de la Industria Manufacturera B2B

Si bien para lograr la meta del 15% del PIB se requiere aumentar en 407 el número de EEMA, en el segmento B2B este número baja a 175. Así, los ingresos en este segmento aumentan en US\$4.708 millones, con un aporte total del PIB al 2025 de 3.9 puntos porcentuales, tal como se ve en la Tabla 17. La distribución en los sub-segmentos B2B se justifica de acuerdo al cruce con las oportunidades detectadas. Si bien las ventas a nivel general se duplican, la venta de Equipos aumenta en 1,8 veces, Componentes y dispositivos aumenta en 2,5 veces, Sistemas aumenta en 5,6 veces, Materiales aumenta en 1,6 veces y Servicios aumenta en 2,4 veces. Este incremento total supone tasas de crecimiento para este sub-sector de 7,5% al año.

²⁴ Industry 4.0 How to navigate digitalization of the manufacturing sector. 2015

²⁵ <https://www.fiscoetasse.com/approfondimenti/12357-super-ammortamento-come-funziona-e-casi-pratici.html>

Tabla 17: Línea meta de ingresos segmento B2B.

Fuente: Ceop Consulting 2017, a partir de ENIA 2014, análisis Cobb-Douglas y Encuesta MA Ceop Consulting 2017.

Indicador	Unidad	EEMA (2015)	EEMA (2025)
Valor agregado como aporte al PIB	%	1.9	3.9
Empresas manufactureras B2B	nº	164	339
Ventas Totales	MMUS\$	4,407	9,114
Equipos	MMUS\$	1,010	1,809
Componentes y dispositivos	MMUS\$	636	1,558
Sistemas	MMUS\$	60	353
Materiales	MMUS\$	1,334	2,166
Servicios	MMUS\$	1,366	3,229

9.2.2 Aumento de empleos de la Industria Manufacturera B2B

En la Tabla 13 se muestra que los empleos actuales que genera el segmento B2B en EEMA asciende a 26.570 trabajadores. Además, en la Tabla 9 se muestra que una EEMA emplea a 163 trabajadores en promedio. Con el aumento de EEMA y su respectivo ingreso, se espera aumentar este número en 28.525, totalizando 55.095 empleos en este segmento.

9.2.3 Aumento de la inversión de la Industria Manufacturera B2B

Con los mismos criterios para aumentar los ingresos, y de acuerdo a lo estimado en la Sección 9.2, la inversión total privada para el segmento B2B asciende a \$1.043 millones y la pública a US\$325 millones, totalizando US\$1.368 millones en conjunto.

10. Bibliografía

- A.G, C. (2013). *www.chilealimentos.cl*. Načteno z *www.chilealimentos.cl*
- A.G, E. E. (2016). *www.electricas.cl*. Načteno z <http://www.electricas.cl/wp-content/uploads/2016/03/Reporte-Electrico-Enero-2016.pdf>
- ACERA. (2016). ACERA. Načteno z <http://www.acera.cl/las-oportunidades-que-abre-la-ultima-licitacion-a-las-energias-renovables/>
- Aqua. (2014-2015). *Catástro de Acuicultura en Chile*. Načteno z <http://www.mch.cl/wp-content/uploads/sites/4/2015/12/Muestra-CACH-2014-15.pdf>
- BCG. (2014). Načteno z <http://www.economia.gob.cl/cnidweb/wp-content/uploads/sites/35/2007/05/E-Competitividad-Cluster-Fructicultura.-Resumen.-BCG-2007.pdf>
- BCG. (2015). *Industry 4.0 The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries*.
- Cámara Chilena de la Construcción. (2014). *Informe MACH N°41: Macroeconomía y Construcción*.
- Cámara de Comercio de Santiago. (2016). *La Economía Digital en Chile 2016*. Santiago.
- CEOP Consulting. (2017). *Encuesta de Manufactura Avanzada*.
- CESCO. (2013). *La minería como plataforma para el desarrollo: Hacia una relación integral y sustentable de la industria minera en Chile*.
- Cisco. (2015). *Internet of Things in Logistics*.
- Cochilco. (2013). *Copper Market Trends Report January March*.
- Cochilco. (2016). *Seguimiento a los Costos de la Gran Minería del Cobre al 2015*.
- Committee, F. I. (2010). *Oportunities in Agribusiness*. Načteno z *Oportunities in Agribusiness*: <http://www.amchamchile.cl/sites/default/files/agribusiness.pdf>
- Consejo Consultivo Programa Transforma. (2016). *Encuesta de percepción sobre Manufactura Avanzada*.
- Consejo de Competencias Mineras. (2015). *Fuerza Laboral de la Gran Minería Chilena 2015-2024. Diagnóstico y Recomendaciones*.
- CORFO. (2016). *Plan para la Modernización de la Construcción*.
- CORMA. (2015). Načteno z <http://www.corma.cl/perfil-del-sector/aportes-a-la-economia>
- Deloitte. (2015). *Advanced Technologies Initiative, Manufacturing & Innovation*.
- Deloitte. (2015). *Industry 4.0. Challenges and solutions for the digital transformation and use of exponential technologies*.
- Diario Pyme. (29. Abril 2016). *Deanda de Profesionales en el Rubro Energético No Convencional Crecerá 15% Durante 2016*. *Diario Pyme*.
- División de Política Comercial e Industria del Minsiterio de Economía, Fomento y Turismo de Chile. (2016). *Indice de Intensidad Tecnológica del Intercambio de Bienes Chilenos*.

Energía, C. N. (Junio 2016). *Comisión Nacional de Energía*. Načteno z <http://energiaabierta.cl/visualizaciones/capacidad-instalada/>

Ezell, S. (2016). *A Policymaker's Guide to Smart Manufacturing*. Information Technology & Innovation Foundation .

Ezell, S. (2014). *Countries' Policies to Support Advanced Manufacturing*. NIST VCAT Meeting. The Information Technology & Innovation Foundation.

Fundación País Digital. (2016). *Índice País Digital*. Santiago.

Generadoras. (Agosto 2016). *Boletín del Mercado Eléctrico*. Načteno z <http://www.revistaei.cl/wp-content/uploads/sites/5/2016/08/Bolet%C3%ADn-Generaci%C3%B3n-Agosto-2016.pdf>

Global Entrepreneurship Network. (2016). *Global Entrepreneurship Index*.

Goic, A. (2015). El Sistema de Salud de Chile: una tarea pendiente. *Revista médica de Chile* 143(6) , 774-786.

INNOVA Chile. (2009). *Estudio: Evaluación Capacidad de Absorción de Conocimiento de las Empresas Chilenas*. Pulso S.A.

Institute for Defense Analyses. (2012). *Emerging Global Trends in Advanced Manufacturing*.

Instituto Forestal. (2015). *Boletín Estadístico 153. Importaciones Forestales Chilenas 2015*. Santiago: Área de Información y Economía Forestal del Instituto Forestal.

Instituto Nacional de Estadísticas. (2014). *Encuesta de Innovación*.

Korinek, J. (2013). *Mineral Resource Trade in Chile: Contribution to Development and Policy Implications*. (OECD Trade Policy Papers, No. 145. vyd.).

Macher, J., & Mowery, D. (2008). *Innovation in Global Industries: U.S. Firms Competing in a New World*. National Research Council .

Made Here Now. (nedatováno). *Made Here Now*. Získáno 25. Octubre 2016, z Made Here Now: madeherenow.com

McKinsey Digital. (2015). *Industry 4.0: How to navigate digitalization on the manufacturing sector*.

Mckinsey Global Institute. (2015). *The Internet of Things: Mapping the Value beyond the Hype*.

McKinsey. (2015). *Industry 4.0. How to navigate digitization of the manufacturing sector*.

Mineral Council of Australia. (2013). *How about those METS?. Leveraging Australia's mining equipment*.

Mining Journal. (2015). *Mining Big Data Guide*.

Ministerio de Economía Fomento y Turismo. (2016). *Productividad para un Crecimiento Inclusivo. Proyecto de Ley Presupuesto 2017*.

Ministerio de Energía, G. d. (Agosto 2016). *Ministerio de Energía, Gobierno de Chile*. Načteno z Ministerio de Energía, Gobierno de Chile: <http://www.energia.gob.cl/tema-de-interes/historica-licitacion-de-0>

Ostojic, P. (25. Octubre 2016). *Presidente de Neptuno Pumps*. (P. Traverso, Tazatel)

- Rio Tinto. (2014). *Rio Tinto: Mine of the Future*.
- Salamanca, H. (27. Octubre 2016). Presidente de HighService.
- Schroeder, W. (2016). *Germany's Industry 4.0 strategy*. Friedrich Ebert Stiftung.
- Subcommittee for Advanced Manufacturing of the National Science and Technology Council. (2016). *Advanced Manufacturing: A Snapshot of Priority Technology Areas Across the Federal Government*.
- Switzerland Global Enterprise. (2016). *Industry 4.0 and its impact on internationalization*.
- Taller de Trabajo Consejo Consultivo Programa Estratégico de Manufactura Avanzada. (2016). *Principales dimensiones y desafíos para el fomento de la manufactura avanzada en Chile*.
- Urenda, C. (2014). *Presentación Consejo Minero: Recursos Humanos y Productividad en la Minería*.
- van Agtmael, A., & Bakker, F. (2016). *The Smartest Places on Earth: Why Rustbelts Are the Emerging Hotspots of Global Innovation*. PublicAffairs.
- Villarino, J. (2012). *Opportunities in Chilean Mining*.