

List of AM relevant skills required to work in an AM Workshop 4.0



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

The European Commission's support for the production of this publication does not constitute an endorsement of the contents, which reflect the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.



This work is licensed by the EXAM 4.0 Partnership under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

EXAM 4.0 partners:

TKNIKA – Basque VET Applied Research Centre, CIFP Miguel Altuna, DHBW Heilbronn – Duale Hochschule Baden-Württemberg, Curt Nicolin High School, Da Vinci College, AFM – Spanish Association of Machine Tool Industries, 10XL, and EARLALL – European Association of Regional & Local Authorities for Lifelong Learning.



"El apoyo de la Comisión Europea a la producción de esta publicación no constituye una aprobación de los contenidos, que reflejan únicamente las opiniones de los autores, y la Comisión no se hace responsable del uso que pueda hacerse de la información contenida en ella."

1. Resumen

La Industria 4.0 plantea nuevas exigencias a los trabajadores, las nuevas tecnologías requieren soluciones innovadoras y, por tanto, trabajadores innovadores que puedan adaptarse a los ajustes necesarios y aportar valor al sector industrial. Las nuevas exigencias a los trabajadores generan, a su vez, nuevos requisitos para la educación. Debido a estos nuevos requisitos, Curt Nicolin Gymnasiet y los socios del consorcio EXAM 4.0 han llevado a cabo investigaciones sobre los métodos para el desarrollo de la educación para la Industria 4.0. El paquete de trabajo 4, en EXAM 4.0, incluye definiciones de los requisitos que debe cumplir un centro de FP de grado superior y medio para poder proporcionar a los estudiantes las capacidades y competencias clave que son cruciales en el sector de la FA. Se incluyen modelos para describir las instituciones y los talleres, que han sido probados por todos los socios del consorcio. Los modelos y descripciones pueden ser beneficiosos a la hora de definir nuevos talleres, diseñados para la FA de excelencia. El paquete de trabajo 4 también contiene información relativa a las tecnologías de FA relevantes, aspectos importantes de la Industria 4.0 y procesos de aprendizaje, como metodologías y contenidos de aprendizaje relativos a la educación de la Industria 4.0. Este informe, el paquete de trabajo 4.3, incluye capacidades y competencias que son esenciales para el éxito en el sector de la FA. En este informe se incluye información sobre las competencias más importantes para la Industria 4.0 y las capacidades relevantes. La información se basa principalmente en un estudio realizado dentro de EXAM 4.0, respuestas de representantes de empresas de los países socios del consorcio, en consecuencia Suecia, Alemania, Países Bajos y España.



2. Tabla de contenidos

Resumen	3
Tabla de contenidos	4
PT 4.3 Plantilla de tareas	5
Abreviaturas	6
Introducción	7
3.1 Competencias Transversales	9
3.2 Resultados de aprendizaje	12
3.3 Efecto educativo en la economía	17
3.4 Tecnología de fabricación avanzada en la educación	18
3.5 Tabla de competencias específicas	19
Referencias	21



• **PT 4.3 Plantilla de tareas**

Resultado	Número	D4.3
	Título	Lista de competencias relevantes para la fabricación avanzada necesarias para trabajar en un taller de FA 4.0
	Tipo	Informe
	Descripción	Cuadro de las competencias específicas vinculadas a los perfiles de las personas que pilotan el diseño del Taller 4.0 de FA, teniendo en cuenta el alcance de la implantación en cada centro asociado al proyecto, las condiciones educativas, el equipamiento y las tecnologías existentes y los niveles de competencia de los profesores y los alumnos.
	Fecha de vencimiento	M07
	Idioma(s)	Inglés, Alemán, Sueco, Holandés y Español
	Recursos(s)	Electrónica
Nivel de difusión	Público	



3. Abreviaturas

IA= Inteligencia Artificial
FA = Fabricación Avanzada
RA= Realidad Aumentada
CAD = Diseño asistido por ordenador
CAM = Fabricación asistida por ordenador
CoVE = Centros de Excelencia Profesional
CPS = Sistema ciberfísico
E = Entregable
MEC = Marco Europeo de las Cualificaciones
EXAM 4.0 = Excelente en Fabricación Avanzada 4.0
I4.0 = Industria 4.0
TIC = Tecnologías de la información y la comunicación
IoT = Internet de las cosas
IIoT = Internet de las cosas industrial
TI = Tecnología de la información
KETs = Tecnologías facilitadoras Clave
M2M = Comunicación Máquina a Máquina
TO = Tecnología Operativa
RFID = Identificación por Radiofrecuencia
FP = Formación Profesional
RV = Realidad Virtual
PT = Paquete de Trabajo



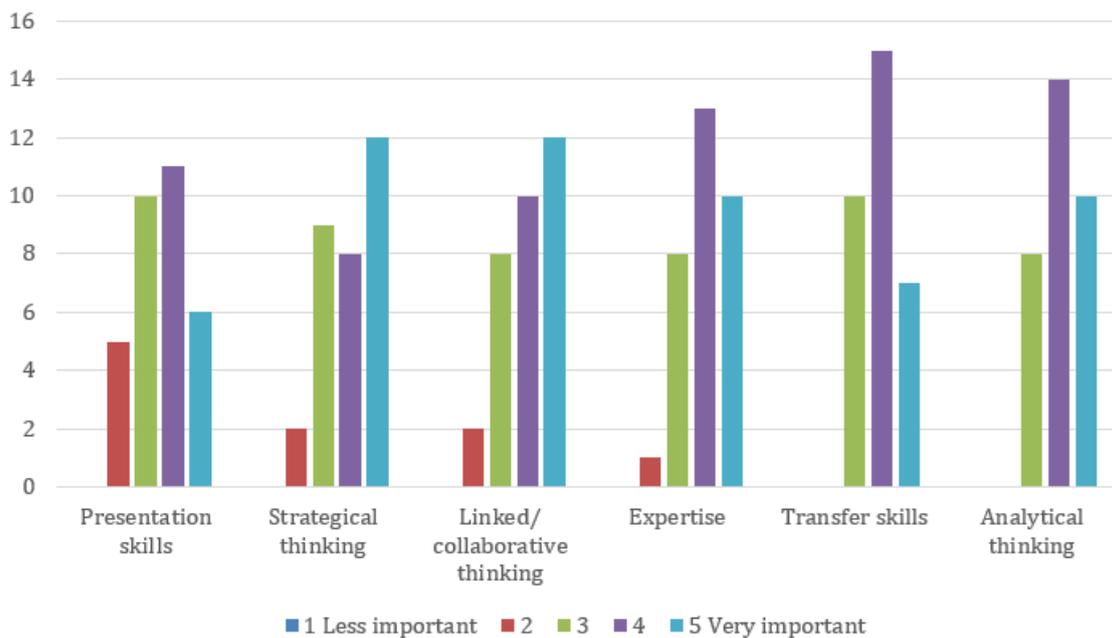
4. Introducción

La tercera sección del informe incluye las capacidades y competencias necesarias para trabajar en el sector de la FA. En esta sección se muestra una tabla de capacidades específicas que incluyen aspectos importantes para las personas que dirigen un taller de FA 4.0. La información relativa a las condiciones educativas existentes relevantes para la Industria 4.0 y el efecto educativo en el sector de la Industria se presentan como parte de la D4.3.

• **Lista de competencias relevantes para trabajar en un taller de FA 4.0**

• **3.1 Competencias transversales en la FA**

En esta sección se presentan las competencias transversales de FA solicitadas a las partes interesadas de los socios del consorcio. La información que se presenta a continuación procede de los resultados generados por las reuniones de los grupos de discusión de EXAM 4.0. Se preguntó a los representantes de las diferentes empresas participantes sobre la importancia de varias competencias técnicas y competencias transversales en relación con la I4.0.

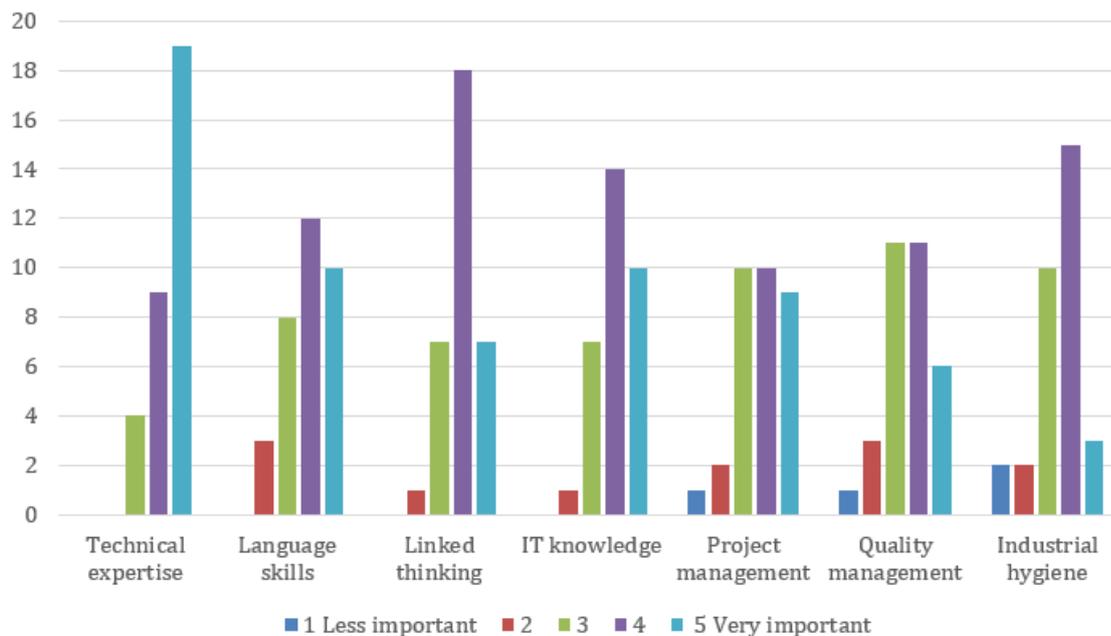


1. Gráfico: Importancia de las competencias metodológicas en relación con un futuro entorno de producción de I4.0

Las diferentes competencias metodológicas seleccionables tuvieron una importancia relativamente igual según las empresas de los países participantes. Sin embargo, el pensamiento analítico fue lo que los representantes consideraron como la competencia más importante a obtener.

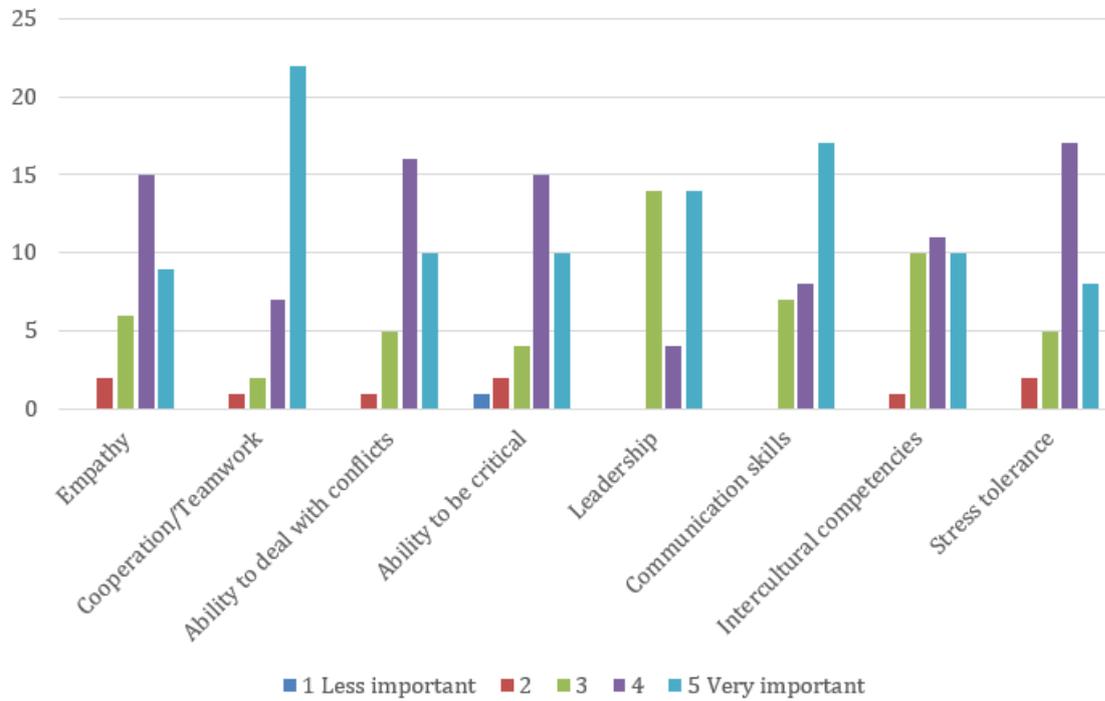
La resolución de problemas (que no era una competencia seleccionable) se conoce a menudo como una configuración estándar de bloques, estos bloques se utilizan para definir un problema específico, establecer un objetivo, decidir una solución para el problema y luego aplicar la solución. La Industria 4.0 está dando lugar a problemas más complejos, por lo que la resolución de problemas tradicionales no siempre es un método adecuado. Por lo tanto, la industria necesita en estos casos procesos de pensamiento más avanzados (Aventis Learning Group 2019).

Existen procesos de pensamiento adecuados que necesitan ser mejorados, estos métodos deben aplicarse para abordar eficazmente los intrincados problemas de I4.0. Estos procesos de pensamiento son el pensamiento crítico, el pensamiento analítico (que fue observado como importante por los representantes) y el pensamiento sistémico (Aventis Learning Group 2019).



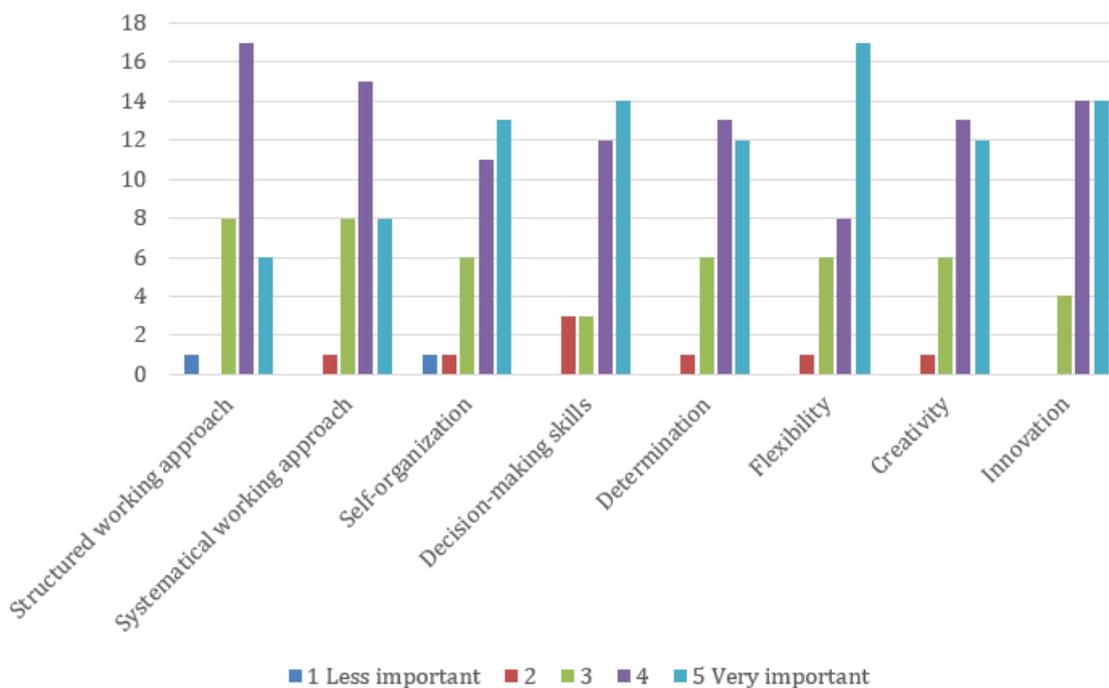
2. Gráfico: Importancia de las competencias funcionales respecto a un futuro entorno de producción de I 4.0

Las respuestas de importancia relativas a las competencias funcionales seleccionables no fueron igual de importantes que las respuestas a las competencias metodológicas. La competencia técnica se consideró la competencia funcional más esencial, con una respuesta media de 4,47 en una escala de 1 a 5. Los representantes consideraron que la higiene industrial era la competencia menos importante, con una media de 3,53.



3. Gráfico: Importancia de las competencias sociales respecto a un futuro entorno productivo de I 4.0

La competencia social es la más importante que hay que poseer para poder cooperar y trabajar arbitrariamente en equipo, según los participantes en las entrevistas. De los 32 participantes, 22 personas respondieron que la competencia "cooperación/trabajo en equipo" es "muy importante" para un empleado. Todas las demás competencias sociales fueron respondidas como casi igual de importantes, excepto la de comunicación, que fue ligeramente más importante.





4. Gráfico: Importancia de las competencias de personalidad en relación con un futuro entorno de producción de I4.0

Todas las competencias personales se consideraron casi igual de importantes. Sin embargo, la innovación fue la competencia que los representantes consideraron más importante en relación con un futuro entorno de producción I4.0. La creatividad fue catalogada en “Lead the Change Community” como la tercera capacidad (competencia) más importante a poseer en 2020 en relación con la I4.0 (Lead the Change Community 2019), aunque no fue identificada como muy importante por los representantes.

Se han realizado reuniones de grupos focales similares dentro del mismo campo, para identificar competencias importantes en relación con la I4.0. En una ocasión concreta, estas entrevistas tuvieron lugar en Alemania, Austria, Países Bajos, Egipto y Suiza. Los representantes eran profesores con experiencia en áreas como TI, SI, Economía e Ingeniería. Estos profesores y conferenciantes consideraron que las competencias de comportamiento eran las más importantes; sin embargo, este estudio se dirigió principalmente a un grupo empresarial diferente al de las reuniones de grupos de discusión realizadas por EXAM 4.0. Las competencias de comportamiento que los representantes consideraron importantes fueron, por ejemplo, la competencia comunicativa, la capacidad de presentación y la colaboración, que son importantes porque desempeñan un papel fundamental en el trabajo en equipo (Kienegger et al., 2017). Estas competencias se incluyen en la encuesta realizada por EXAM 4.0, mencionadas en diferentes categorías, por ejemplo, competencias sociales y competencias metodológicas.

Las competencias de comportamiento serán las más importantes en relación con la I4.0, según la encuesta realizada por la Universidad Técnica de Múnich. Creen que hay que seguir investigando y analizando cómo se pueden adaptar a la I4.0 las competencias ya adquiridas por estudiantes y empleados. Además, la investigación debería centrarse en los nuevos requisitos de los planes de estudio y los programas educativos relativos a la I4.0 (Kienegger et al., 2017).

3.2 Resultados de aprendizaje

Requisitos para satisfacer las demandas de la industria 4.0 en la FP

Los currículos de la FP de grado superior y medio no se han adaptado al mismo ritmo que la industria. Los titulados de los centros no se ajustan a las necesidades directas de la industria, según las partes interesadas. Los titulados no pueden empezar a trabajar de forma instantánea, sino que deben someterse a un proceso de formación antes de poder realizar tareas sin orientación directa (CECIMO 2013, referenciado en PwC 2020).

En la actualidad, los centros educativos apenas se plantean evolucionar para adaptarse a las exigencias educativas de la industria 4.0, aunque existen y se abordan sucesivas metodologías. La actualización y el perfeccionamiento de los planes de estudio es un posible enfoque que implica procedimientos complicados.



La organización de los programas de estudio más allá de las facultades y divisiones es un reto debido a las complicaciones administrativas. Muchas facultades y divisiones tienen redes limitadas, por lo que no son capaces de trabajar más allá de los grupos pequeños debido al "pensamiento de silo". Para hacer frente sucesivamente a las demandas, es esencial trabajar entre facultades y divisiones (Impuls Foundation 2019, referenciado en PwC 2020).

Ámbitos en los que es necesario el cambio

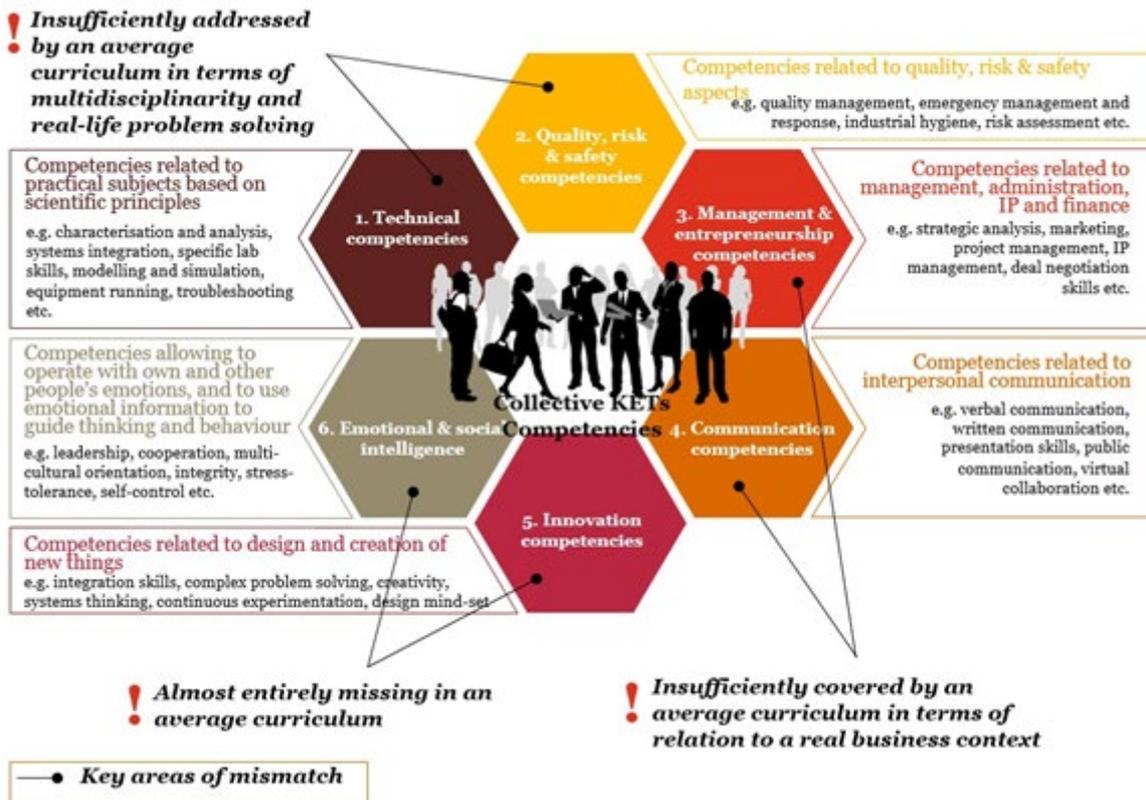


Figura 11 Competencias colectivas de las TFE y áreas clave de discordancias (PwC 2016, referenciado en PwC 2020)

La figura 11 muestra un modelo de los cambios necesarios en la educación para tener éxito en la enseñanza de las competencias requeridas por la I4.0.

En este modelo podemos ver lo que tenemos que abordar en relación con los resultados del aprendizaje:

- 6. Competencias técnicas
- 7. Competencias de calidad, riesgo y seguridad
- 8. Competencias de gestión y empresariales



9. Competencias de comunicación

10. Competencias de innovación

11. Inteligencia emocional y social

Los programas educativos existentes no incluyen las adecuadas y codiciadas competencias no técnicas y técnicas que son vitales para los expertos en el sector de la FA. Las competencias no técnicas han resultado ser tan esenciales como las técnicas, ya que siempre hay ajustes en el mercado, en el entorno legal, cultural y empresarial. Para poder dar servicio a compradores de todo el mundo en equipos más grandes son esenciales las competencias asociadas a la resolución de problemas, el espíritu empresarial, la negociación y la comunicación (Impuls Foundation 2019, referenciado en PwC 2020)

En cuanto a las competencias técnicas, algunos estudiantes no tienen los conocimientos necesarios para trabajar en una organización real, esto es a menudo el resultado de software y equipos anticuados utilizados en la educación. Con un acceso limitado a los nuevos equipos, los estudiantes carecen de los conocimientos necesarios para trabajar en el sector de la FA, por lo que no son capaces de realizar tareas de forma independiente en empresas que utilizan las últimas versiones de software y equipos.

FESTO señala que los centros de FP superior y medio no pueden seguir el ritmo de desarrollo de las empresas, por lo que los titulados no tendrán los conocimientos adecuados cuando soliciten un empleo. Por lo tanto, es necesario que los centros cooperen con las empresas o las organizaciones I4.0 (FESTO n.d). En los programas de formación técnica suelen faltar competencias no técnicas, como las de liderazgo, innovación, espíritu empresarial, marketing y ventas. Estas competencias no reciben suficiente reconocimiento en comparación con lo que se desea para un estudiante técnico en lo que respecta a la FA (PwC 2020).

Las escuelas suelen centrar su educación en el aprendizaje de hechos específicos y en la resolución de problemas dentro de un área de conocimiento limitada. El enfoque educativo que se necesita para la FA se traduce en un conocimiento que puede utilizarse en múltiples campos. Los programas educativos necesitan nuevas formas de enseñar, estos nuevos métodos deben cambiar las actuales formas tradicionales de pensar. Como resultado, los estudiantes aprenderán a ver los vínculos entre campos inconexos y serán capaces de crear vínculos entre ellos. Además, suelen tener dificultades para enseñar a los estudiantes a transformar los conocimientos teóricos en problemas industriales reales, aunque este es un atributo muy deseable en los nuevos reclutas de la industria avanzada, la industria 4.0 (PwC 2020).



Los programas educativos existentes a menudo no logran encontrar el equilibrio entre calidad y cantidad cuando se trata de contenidos y competencias educativas. Las partes interesadas sostienen que no hay un enfoque que deba aplicarse siempre. La educación requiere un equilibrio entre conocimientos y capacidades específicas y generales, las empresas prefieren titulados con diferentes grados de conocimientos específicos (PwC 2020).

Existen diferencias entre los grupos ocupacionales dentro de la FA, por lo que hay muchas diferencias entre el contenido educativo. Una ocupación específica puede requerir más conocimientos y capacidades generales mientras que otra ocupación necesita conocimientos y capacidades más específicas (PwC 2020).

Trabajar los conocimientos modernos de una manera moderna

Los conocimientos en FA que son esenciales en el siglo XXI no son necesariamente nuevos. Estos conocimientos han existido a lo largo de la historia (Rotherham y Willingham 2009, citado en PwC 2020)

Se generan tantos conocimientos nuevos que muchas partes interesadas creen que el conocimiento real de la información no importa. Creen que la capacidad de encontrar información es más importante que poseer la información. Uno no es más importante que el otro, poseer la información es tan importante como la capacidad de encontrarla. La tarea consiste en proporcionar información, así como capacidades, para mejorar con éxito los resultados del aprendizaje para los empresarios, los empleados y los estudiantes. Por lo tanto, la información y las competencias deben tratarse por igual en la enseñanza (Rotherham y Willingham 2009, citado en PwC 2020).

Capacidades y competencias a tratar en relación con la Industria 4.0

La industria 4.0 crea necesidades de una cantidad abundante y variada de capacidades (Fitsilis, Tsoutsas y Gerogiannis, 2018). El término capacidad en el contexto de la industria 4.0 se utiliza con mayor frecuencia como el término competencia, por lo que se utiliza de forma incorrecta. Se ha investigado más sobre las competencias importantes para la industria 4.0 que sobre las capacidades específicas. Por ello, el informe se centra principalmente en las competencias. Las competencias importantes siguen el desarrollo de las tecnologías, en este caso la industria 4.0, y se describen con respecto a ellas. La robótica es, por ejemplo, una tecnología facilitadora clave de la FA, por lo que los conocimientos relativos a la programación de robots son esenciales.

Las competencias identificadas se dividen en cuatro grupos en el estudio de Leinweber (Leinweber 2013, referenciado en Fitsilis, Tsoutsas y Gerogiannis 2018).

Hay muchas competencias metodológicas que son esenciales para los estudiantes técnicos durante la educación en los talleres EXAM 4.0. Según Fitsilis, Tsoutsas y Gerogiannis las competencias de creatividad, pensamiento emprendedor, resolución de problemas, resolución de conflictos, toma de decisiones, capacidad de análisis, capacidad de investigación y orientación a la eficiencia, son vitales para ser educados



(Fitsilis, Tsoutsas y Gerogiannis 2018). Las competencias necesarias para enseñar en los talleres EXAM 4.0 son: la creatividad, el espíritu empresarial, la resolución de problemas y la toma de decisiones; que se describen como competencias importantes según Grzybowska y Łupicka (Grzybowska y Łupicka 2017). Grzybowska y Łupicka afirman que la creatividad es vital para un empleado del siglo XXI (Grzybowska y Łupicka 2017). La creatividad es crucial para ver los retos de una manera nueva y útil, para idear nuevas soluciones y establecer vínculos entre temas que de otro modo no estarían relacionados (Grzybowska y Łupicka 2017).

Se necesita un mayor número de especialistas (Vieweg 2011, referenciado en Abele, Metternich y Tisch 2019). Los estudios muestran que hay una alteración notable en la dirección de más puestos de trabajo que requieren competencia y conocimientos (CEDEFOP 2010, referenciado en Abele, Metternich y Tisch 2019).

Fitsilis, Tsoutsas y Gerogiannis afirman que la capacidad intercultural, la capacidad lingüística, la capacidad de comunicación, la capacidad tecnológica, la capacidad de trabajar en equipo, la capacidad de compromiso y cooperación, la capacidad de transferir conocimientos y la capacidad de liderazgo; es decir, las competencias sociales, son importantes para que los estudiantes técnicos se las encuentren (Fitsilis, Tsoutsas y Gerogiannis 2018). Las competencias sociales más esenciales que deben ser trabajadas en los talleres EXAM 4.0 son la lingüística y la comunicación, el trabajo en equipo y la cooperación.

Según Fitsilis, Tsoutsas y Gerogiannis la flexibilidad, la tolerancia a la ambigüedad, la motivación para aprender, la capacidad de trabajar bajo presión, la mentalidad sostenible y el cumplimiento son las competencias personales más importantes (Fitsilis, Tsoutsas y Gerogiannis 2018). Las competencias personales que se requieren para que cada estudiante aprenda en los talleres EXAM 4.0 son la flexibilidad, la motivación para aprender, tener una mentalidad sostenible y el manejo de la presión.

Fitsilis, Tsoutsas y Gerogiannis afirman que todos los profesionales que trabajan con la FA necesitan una formación y un desarrollo constantes (Fitsilis, Tsoutsas y Gerogiannis 2018). Además, afirman que esto se debe al cambio constante en relación con el desarrollo tecnológico, la globalización, la reestructuración industrial, el creciente papel de las TIC y los nuevos patrones de organización del trabajo (Fitsilis, Tsoutsas y Gerogiannis 2018). Los profesionales, en este caso los profesores, están en constante necesidad de desarrollo para mantenerse al día con los requisitos de las organizaciones y empresas de FA. También señalan la necesidad del aprendizaje permanente y la necesidad que tiene para el desarrollo individual (Fitsilis, Tsoutsas y Gerogiannis 2018).

Requisitos para un educador de industria 4.0



El párrafo anterior servirá para resumir lo que se le exige a un profesor que enseña en un taller EXAM 4.0:

- A un profesor que educa en un taller EXAM 4.0 se le exige que pase por cursos continuos de FA. Denominado aprendizaje a lo largo de la vida.
- Un profesor que enseña en un taller EXAM 4.0 debe estar en posesión de todas las competencias enumeradas en los párrafos anteriores y estar cualificado para enseñarlas.

Marco de directrices curriculares

EXAM 4.0 COMPETENCIES FRAMEWORK FOR ADVANCED MANUFACTURING						
	TECHNICAL	QUALITY, RISK & SAFETY	MANAGEMENT & ...	COMMUNICATION	INNOVATION	EMOTIONAL INTELLIGENCE
General competencies	<ul style="list-style-type: none"> • Knowledge in STEM • ICT skills • Programming • Coding • Computer skills • Design methodology • Systems analysis • Data management skills • Ability to interact with human-machine interfaces • Interdisciplinary understanding (processes/technologies/organisations) • Manufacturing skills • Modelling & simulation 	<ul style="list-style-type: none"> • Quality management • Risk assessment • Health & security • Industrial hygiene • Equipment safety • Emergency response & management • Data security • ethics 	<ul style="list-style-type: none"> • Strategic analysis • Technology strategy • Marketing • Customer orientation • Project Management • Time Management • Teamwork & ability to work in interdisciplinary environments • Change management • Risk management • Leadership 	<ul style="list-style-type: none"> • Interpersonal skills • Verbal communication • Written communication • Presentation skills • Public communication • Virtual collaboration 	<ul style="list-style-type: none"> • Integration skills • Continuous experimentation • Complex problem solving • Creativity • Abstraction ability • Critical thinking 	<ul style="list-style-type: none"> • Flexibility & Adaptability • Responsibility • Stress tolerance • Ability to thrive on failures • Work-life balance • Self-control & discipline • Decision making • Mindset towards lifelong learning & continuous improvement • Self management & organisation • Cooperation & collaboration skills • Intercultural competencies • Attention to detail
Specific competencies	<ul style="list-style-type: none"> • Life cycle analysis • Scalability analysis • Specific lab skills • Computer aided manufacturing/ engineering 		<ul style="list-style-type: none"> • Management of Personal resources • Management of financial resources • IP management • Deal negotiation skills 			

Figura 12 MARCO DE COMPETENCIAS PARA LA FABRICACIÓN AVANZADA (EXAM 4.0)



Figura 13 Marco de directrices curriculares (PwC 2020)

PwC implica que "no hay un enfoque único para todos" en la educación (PwC 2020).

PwC indica que el objetivo con el Marco de Directrices Curriculares es ofrecer una visión completa sobre todos los aspectos relevantes para el currículo, para ver el currículo como la capacidad de educación de los individuos durante el curso de su vida profesional (PwC 2020).

El marco de las Directrices Curriculares, figura 13, se basa en ocho fases únicas pero entrelazadas (PwC2020).

Las cuatro primeras fases se describen con más detalle, ya que requieren una atención especial para remodelar los planes de estudios de acuerdo con las partes interesadas (PwC 2020).

Estrategia

- Tras el programa de estudios, el estudiante debe estar preparado para el aprendizaje permanente, es decir, poseer la voluntad y la capacidad de participar en un aprendizaje a lo largo de su vida.
- Ofrecer una educación completa, reconocer la visión más amplia de cómo la oferta de aprendizaje encaja en la trayectoria general de aprendizaje y en el mercado laboral.
- Tener en cuenta no sólo las necesidades sociales y características del alumno, sino también las necesidades de las partes interesadas, como la empleabilidad.
- Para tener éxito en el desarrollo personal, el empleo, así como en presencia de una sociedad del conocimiento, los alumnos necesitan transformar los conocimientos en competencias.



- Para presentar una formación personal y personalizada relevante es esencial ir más allá de los objetivos convencionales del currículum y de los resultados del aprendizaje.

- Implicar a los alumnos en el desarrollo y la aplicación del currículum.

Colaboración

- Ampliar y mejorar la colaboración entre las escuelas y los grupos de interés para aumentar el número de colaboraciones y las formas de colaboración.

- Conceder a los grupos de interés una parte como socios laborales, de investigación y educativos, garantizando que se responsabilicen en la experiencia de aprendizaje de los alumnos.

- Facilitar que los centros educativos compartan experiencias entre ellos.

- Aplicar el aprendizaje entre iguales para que los alumnos aprendan tanto de los demás como de forma conjunta.

- Conectar a las partes interesadas aplicando ecosistemas de aprendizaje.

- Pasar de la comunicación hombre-máquina a la colaboración hombre-máquina como forma de colaboración en desarrollo.

Contenido

- Para hacer frente a las demandas educativas de la industria 4.0, es esencial actualizar la parte técnica del plan de estudios.

- Implementar competencias no técnicas en el currículum.

- Implicar materias de sostenibilidad, ética, diversidad e inclusión social.

- Ofrecer una visión completa de la vida útil de los sistemas y productos.

- Educar a los estudiantes y trabajadores para que nunca dejen de recuperar información del cada vez más grande "océano" de datos, así como la forma de utilizar la información recuperada.

- Educar a los estudiantes y trabajadores para que sean conscientes de su seguridad y ergonomía, los requisitos esenciales para mantener una buena salud mental y física. Enseñar los resultados probables de la exposición al riesgo.

El entorno de aprendizaje

- Conseguir que el alumno trabaje con tareas sin soluciones tradicionales para aprender a pensar libremente, con ayuda del aprendizaje basado en problemas.

- Enseñar la creatividad formando un entorno educativo que ayude al alumno a formar puntos de vista y comprensiones personales.

- Crear un entorno educativo en el que el fracaso sea aceptable, considerado como experiencias educativas útiles.



- Hacer entornos educativos que puedan dar a los estudiantes experiencia práctica.
- Ofrecer a los estudiantes espacios virtuales y físicos para la colaboración, el aprendizaje con las partes interesadas, por ejemplo.
- Fomentar el aprendizaje facilitado por la tecnología.

(PwC 2020)

3.3 Efecto de la educación en la economía

He aquí algunos ejemplos que señalan la importancia de la educación dentro de la industria 4.0 en relación con la economía y la riqueza:

- Desde una perspectiva económica, la calidad de la educación mejora los ingresos del individuo, la competencia entre empresas y el crecimiento económico (Gylfason 2001, Hanushek y Woessmann 2007, Barro 1996, referenciado en Abele, Metternich y Tisch 2019).
- Los conocimientos y la capacidad de los directivos e ingenieros crean la base del beneficio financiero para las empresas actuales y futuras (O'Sullivan, Rolstadås y Filos 2011, referenciado en Abele, Metternich y Tisch 2019).
- Se dice que cuando faltan capacidades como las de investigación, emprendimiento, así como las de gestión, esto afecta a la capacidad de innovación en lo que respecta a productos fundamentalmente nuevos, a la eficiencia de los procesos y a la calidad (Tether et al. 2005, referenciado en Abele, Metternich y Tisch 2019).
- La mejora de la capacidad de innovación, una mayor flexibilidad, así como más acciones de valor añadido son ejemplos de resultados educativos (Smith 2001, referenciado en Abele, Metternich y Tisch 2019).
- El sector de la industria es esencial para la economía en todas las naciones. La industria en Europa representa más del 26% de la cuota de valor añadido en la economía empresarial no financiera (Eurostat 2016, referenciado en Abele, Metternich y Tisch 2019).
- El 75% del PIB y el 70% de los empleos en Europa están asociados a la industria (O'Sullivan et al. 2011, referenciado en Abele, Metternich y Tisch 2019).

Para resumir el efecto educativo, la educación con respecto a la producción y la fabricación, etc, está afectando a la industria real que afecta a la economía. La industria, a su vez, está afectando a la economía individual y mundial. Se estima que el 70% de los puestos de trabajo están asociados a la industria (O'Sullivan et al. 2011, referenciado en Abele, Metternich y Tisch 2019). Por lo tanto, es vital contar con una formación adecuada para las demandas actuales y futuras de la industria. Los conocimientos que poseen los ingenieros y directivos son los que afectan a las empresas de forma positiva o negativa. Por lo tanto, es esencial adquirir conocimientos de buena calidad y adecuados a partir de la educación para crear un futuro crecimiento financiero para las empresas, los individuos y las naciones.



3.4 La tecnología de la FA en la educación

Este es un ejemplo de cómo se pueden utilizar las tecnologías de FA para formar en las competencias esenciales para la Industria 4.0.

Los resultados relativos a la evaluación de los métodos de enseñanza de una investigación centrada en la cuarta revolución industrial y las normas nacionales de competencia de Corea del Sur mostraron que la realidad virtual es el método principal para el desarrollo de competencias (Lee y Shvetsova 2019).

Existen numerosos juegos disponibles para la RV, es posible educar a través de estos juegos y entrenar virtualmente tareas laborales reales. Las posibilidades de los juegos y las no limitaciones de la simulación dan la oportunidad de educar numerosas competencias.

Conocimientos técnicos:

La experiencia técnica es necesaria para poder manejar sin problemas una tecnología de vanguardia que es esencial en la cuarta revolución industrial. Aprender a manejar el equipo real de RV, incluso sin juegos, ayuda a los alumnos a adquirir más conocimientos técnicos.

Conocimientos informáticos:

Existen numerosos tipos de software para el aprendizaje de la RV/RA. Es importante poseer conocimientos informáticos para poder utilizar el software asociado a la RV/RA y resolver los problemas que se presenten. Los conocimientos de TI obtenidos durante el aprendizaje de la RV pueden transferirse a otras situaciones relacionadas con la TI, lo que es importante para la I4.0.

Capacidades de comunicación y cooperación:

El desarrollo de las capacidades de comunicación es necesario para aprender a cooperar en la RV, ya que un aspecto importante del trabajo en equipo es la comunicación. Las capacidades comunicativas pueden trabajarse fácilmente a través de los juegos de RV. La RV es un método útil para educar la cooperación y el trabajo en equipo. El formador puede establecer tareas de aprendizaje cooperativo para mejorar la capacidad de trabajo en equipo de los alumnos. Las tareas pueden realizarse en aulas de RV en línea o entre un estudiante que no utilice la RV y otro que la utilice.

Resolución de problemas:

En la cuarta revolución industrial es fundamental ser un solucionador de problemas avanzado. Las nuevas tecnologías requieren mentes innovadoras para afrontar los nuevos y complejos problemas. El desarrollo de la competencia de resolución de problemas encaja perfectamente con el aprendizaje mediante la RV, ya que numerosos juegos de aprendizaje se han diseñado prácticamente para la resolución de problemas.



3.5 Cuadro de competencias específicas

Cuadro de las competencias específicas vinculadas a los perfiles de las personas que pilotan los diseños del Taller FA 4.0

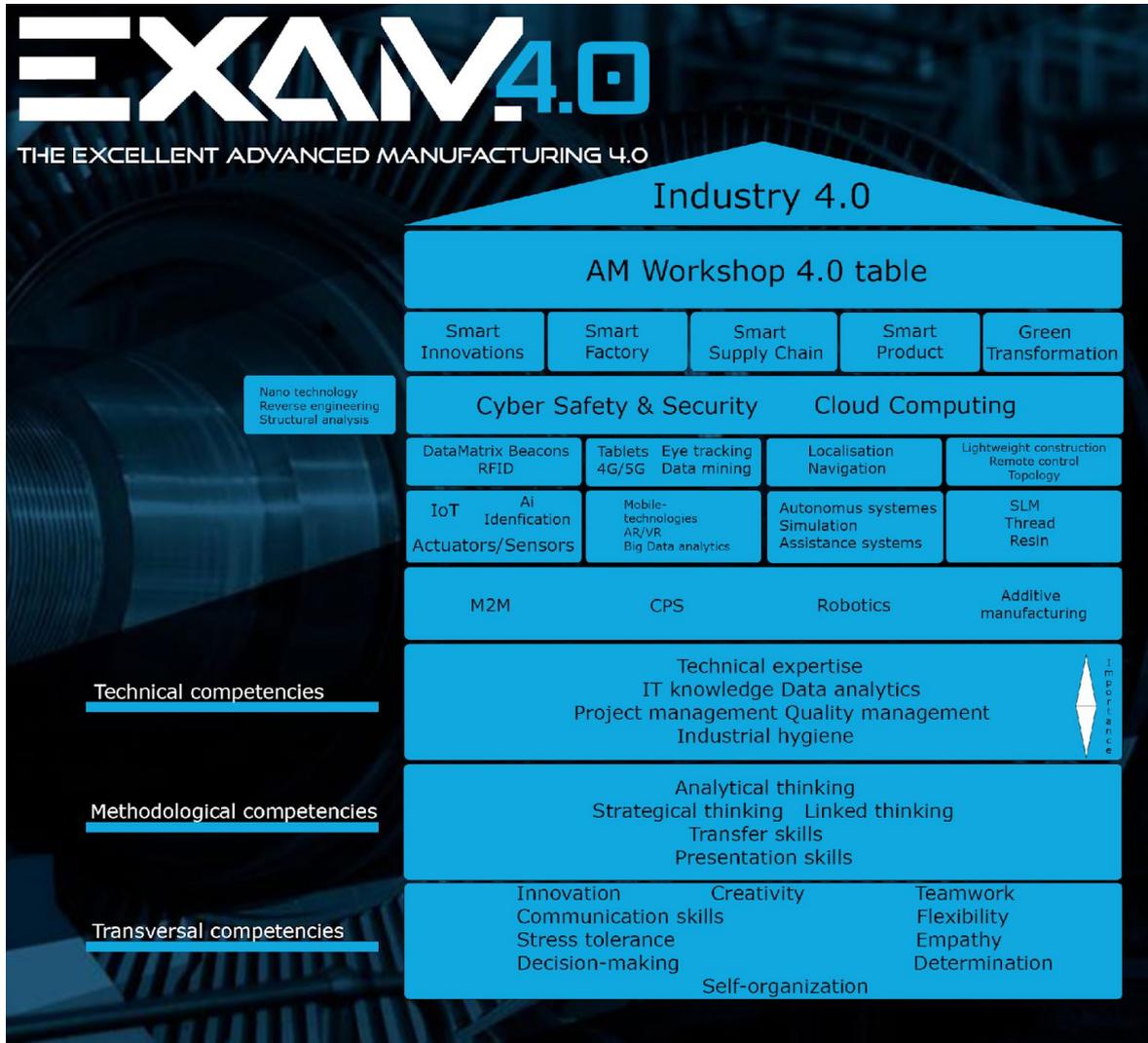


Figura 14 Cuadro de competencias específicas (EXAM 4.0)

Las competencias son uno de los aspectos más importantes en cuanto a los requisitos específicos para las personas que dirigen un taller de FA 4.0, es decir, los trabajadores del sector de la FA. Las competencias constituyen el fundamento, la base, de la figura 14 relativa a la Industria 4.0. El contenido del cuadro significa que los trabajadores dentro de la Industria 4.0 necesitan tener competencias transversales, metodológicas y técnicas para tener éxito en su carrera. El cuadro muestra las competencias más importantes dentro de cada uno de los tres grupos, separadas en tres rectángulos diferentes, según las fuentes y la investigación interna de EXAM 4.0. La importancia de las competencias ha sido clasificada por los investigadores del PT4 basándose en los estudios mencionados; las competencias se presentan de mayor a menor importancia de arriba a abajo. Las competencias transversales se refieren a las competencias que no están vinculadas a un trabajo específico, por lo que son transferibles entre diferentes trabajos (Heron 2019).



Las competencias transversales asientan la base de un empleado de la Industria 4.0 según la tabla de EXAM 4.0. Incluye competencias como la creatividad, la innovación y el trabajo en equipo, que son importantes en muchos puestos de trabajo, por tanto, para un empleado de la Industria 4.0. La Industria 4.0, la FA, da lugar a nuevas tecnologías y métodos. Por lo tanto, competencias como la creatividad y la innovación son vitales para hacer frente a nuevos problemas y retos complejos.

Las competencias metodológicas constituyen la segunda capa de competencias en el modelo del Taller FA 4.0. Estas competencias están más orientadas a áreas de trabajo específicas que las competencias transversales y las competencias metodológicas de este cuadro son esenciales para la I4.0.

Las competencias técnicas son competencias relacionadas con un área de trabajo concreto. Los distintos sectores de trabajo requieren conocimientos específicos y, por lo tanto, diversas competencias específicas. Es importante obtener las competencias técnicas requeridas para un campo específico con el fin de convertirse en un gran empleado (Zamboni 2018). Las competencias técnicas de la tabla están relacionadas con la Industria 4.0.

La parte central muestra capas de diferentes tecnologías que el trabajador, dependiendo de su área de trabajo, debe tener o conocimientos o capacidades dentro de ellas. Un trabajador que trabaja con una tecnología I4.0 específica necesita tener un conocimiento extraordinario dentro de la materia a diferencia de un empleado que trabaja con todas las tecnologías I4.0 de forma más general.

Ejemplo de tecnología, fabricación aditiva y capacidades relevantes

Capacidades:

- Ingeniería 3D
- CAD 3D: Diseñar, reparar, modificar datos CAD 3D
- Acabado: Montar, pintar, lijar, mejorar un modelo 3D
- Programación: Gestión de múltiples materiales, envíos, máquinas, pedidos, etc.
- Mantenimiento: Calibrar, reparar y probar las impresoras 3D
- Manipulación de materiales
- Medición de piezas

(Vulkov n.d)



Los ingenieros y diseñadores de fabricación aditiva de hoy en día fueron formados para utilizar técnicas de producción tradicionales para fabricar, de esta manera, también tienen este pensamiento de técnica convencional incrustado. Su creatividad está limitada por esta forma de pensar tradicional (Knezic 2017).

Por ejemplo, es vital que la próxima generación de diseñadores e ingenieros de fabricación aditiva desarrolle un pensamiento creativo y, de este modo, sea capaz de pensar más allá del pensamiento convencional en relación con las técnicas de producción. El pensamiento creativo es, por tanto, una de las competencias esenciales para un empresario de la I4.0 que trabaje con la Fabricación Aditiva.

La parte superior muestra aspectos diferentes pero muy importantes de la industria 4.0. El trabajador debe tener conocimientos dentro de estos aspectos para tener éxito en el sector de la FA. Se trata de fábricas inteligentes, innovaciones inteligentes, cadenas de suministro inteligentes, productos inteligentes y transformación ecológica.



• Anexo

Diferencia entre capacidades y competencias:

Cuando se busca información sobre capacidades y competencias es fácil perderse en lo que realmente se aplica. Los términos "capacidades técnicas", "capacidades transversales" y "competencias" se utilizan con frecuencia, pero en contextos diferentes. No existe una definición real del significado específico de los distintos términos y se utilizan con frecuencia en contextos diferentes. En este informe, los términos capacidades y capacidades técnicas se definen como sinónimos y las capacidades transversales y las competencias de la misma manera, con el fin de reducir la confusión para el lector.

	Definition	Examples
Skills	Specific learned abilities that you will require to perform a given job successfully	Handling accounts; coding; welding; writing tenders; computer programming; foreign language proficiency
Competencies	Knowledge and behaviours that lead you to be successful in a job	Analytical ability; problem-solving; initiative; negotiation; improving business processes; strategic planning; data-based decisions

Figura 9 Capacidades vs. competencias (McNeill 2019)

HAYS Recruiting experts worldwide

WHAT'S THE DIFFERENCE BETWEEN A SKILL AND A COMPETENCY?

SKILLS are the specific learned abilities that you need to perform a given job well, such as:

- 01 0110101 1000101 0101101 11 **CODING**
- HANDLING ACCOUNTS**
- WRITING TENDERS**

COMPETENCIES are the knowledge and behaviours that lead you to be successful in a job, such as:

- PROBLEM SOLVING**
- STRATEGIC PLANNING**
- NEGOTIATION**

Visit our blog to find out more social.hays.com

Figura 10 ¿Cuál es la diferencia entre una capacidad y una competencia? (McNeill 2019)

Una capacidad es una habilidad necesaria para realizar físicamente una tarea laboral, por ejemplo, codificar, soldar o escribir (McNeill 2019).

Una competencia está más en el contexto del conocimiento o el comportamiento para que una persona tenga éxito en el lugar de trabajo. Ejemplos de competencias son la competencia social, el pensamiento analítico y la creatividad (McNeill 2019).

5. Referencias



Abele, Eberhard; Chryssolouris, George; ElMaraghy, Hoda; Hummel, Vera; Metternich, Joachim; Ranz, Fabian; Sihm, Wilfried and Tisch, Michael. (2015a). Learning Factories for Research, Education, and Training. *5th Conference on Learning Factories*. Elsevier B.V, pp. 1-6. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2015.02.187> (gathered 2020-09-10).

Abele, Eberhard; Hummel, Vera; Metternich, Joachim; Ranz, Fabian and Tisch, Michael. (2015b). *Learning Factory Morphology – Study Of Form And Structure Of An Innovative Learning Approach In The Manufacturing Domain*. The Turkish Online Journal of Educational Technology. https://www.researchgate.net/publication/281344323_Learning_Factory_Morphology_-_Study_Of_Form_And_Structure_Of_An_Innovative_Learning_Approach_In_The_Manufacturing_Domain (gathered 2020-09-07).

Abele, Eberhard; Metternich, Joachim; and Tisch, Michael. (2019). *Learning Factories Concepts, Guidelines, Best-Practice Examples*. Cham: Springer Nature Switzerland AG. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-92261-4> (gathered 2020-08-28).

Alves, A.C; Pereira, A.C and Lopes Nunes, M. (2017). *Smart products development approaches for Industry 4.0*. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.035> (gathered 2020-10-17).

AM FIELD GUIDE COMPACT. (2020). *Formnext magazine fon extra*. (gathered 2020-10-05).

Aventis Learning Group. (2019). *Skills You Must Have To Stay Relevant In Industry 4.0*. <https://aventislearning.com/skills-you-must-have-to-stay-relevant-in-industry-4-0/> (gathered 2020-09-14).

Barro, R. J. (1996). Determinants of economic growth: *A cross-country empirical study*. NBER working paper series: Vol. 5698. Cambridge, MA: National Bureau of Economic Research.

Bilberg, A; Bogers, M; Madsen, E.S and Radziwon, A. (2014). *Procedia Eng.*, 69 1184–1190 (gathered 2020-10-17).

Buchner, Tilman; Knizek, Claudio; Kuhlmann, Kristian; Küpper, Daniel; Lorenz, Markus; Lässig, Ralph and Maue, Andreas. (2019). *Advanced Robotics in the Factory of the Future*. BCG Innovation Center, Germany. <https://www.bcg.com/publications/2019/advanced-robotics-factory-future> (gathered 2020-10-17).

Buck Institute for Education. (n.d). *What is PBL?*. <https://www.pblworks.org/what-is-pbl> (gathered 2020-09-28).

Burnaby schools. (2020). *RESPONSIBILITIES OF STUDENT*. <https://burnabyschools.ca/responsibilities-of-students/> (gathered 2020-10-15).

CECIMO. (2013) The European machine tool industry's Manifesto on skills.

CEDEFOP. (2010). *Skills supply and demand in Europe: Medium-term forecast up to 2020*. Luxembourg: Publications Office of the European Union.

Cherry, Kendra. (2020). *The Experiential Learning Theory of David Kolb*. <https://www.verywellmind.com/experiential-learning-2795154> (gathered 2020-09-29).

Duch, B. J., Groh, S. E and Allen, D. E. (Eds.). (2001). *The power of problem-based learning*. Sterling

Epicor. n.d. *What is Industry 4.0—the Industrial Internet of Things (IIoT)?* <https://www.epicor.com/en/resource-center/articles/what-is-industry-4-0/>. (gathered 2020-10-15).

Eurostat. (2016). Manufacturing statistics - NACE Rev. 2: Relative importance of manufacturing (NACE Section C), 2013 (% share of value added and employment in the non-financial business economy total). Retrieved from http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Manufacturing_statistics_-_NACE_Rev_2.

FESTO (n.d). *Industry 4.0 User's Guide: Educator Edition*. <https://www.festo-didactic.com/us-en/news/industry-4-0-user-s-guide-educator-edition.htm?fbid=dXMuZW4uNTc5LjE3LjE2LjU4MjA> (gathered 2020-09-08).

Fitsilis, Panos; Gerogiannis, Vassilis and Tsoutsas, Paraskevi. (2018). INDUSTRY 4.0: REQUIRED PERSONNEL COMPETENCES. *INDUSTRY 4.0*. Vol. 3, Issue 3. Bulgaria: Scientific technical union of mechanical engineering, pp. 130-133. <https://stumejournals.com/journals/i4/2018/3/130> (gathered 2020-08-26).

Gewerbliche Schule Crailsheim. (n.d). *WAS IST EINE LERNFABRIK 4.0*. <https://www.gscr.de/index.php?id=203> (gathered 2020-09-09).



- Growth Engineering. (2017). *WHAT IS THE EXPERIENTIAL LEARNING CYCLE?*
<https://www.growthengineering.co.uk/what-is-experiential-learning/> (gathered 2020-09-29).
- Grzybowska, Katarzyna, and Łupicka, Anna. (2017). Key competencies for Industry 4.0. *Economics & Management Innovations* 1(1): pp. 250-253.
https://www.researchgate.net/publication/322981337_Key_competencies_for_Industry_40 (gathered 2020-08-27).
- Gylfason, Thorvaldur. (2001). Natural resources, education, and economic development. *European Economic Review: EER*, 45, 847–859.
- Hanushek, E. A., and Woessmann, L. (2007). *The role of education quality in economic growth. Policy research working paper: Vol. 4122*. Washington, DC: World Bank Human Development Network Education Team.
- Helbig, J; Kagermann, H and Wahlster, W. (2013). *Securing the Future of German Manufacturing Industry: Recommendations for Implementing the Strategic Initiative INDUSTRIE 4.0*, München, 2013 (gathered 2020-10-17).
- Heron, Chris. (2019). *What is a Transversal Competency?* Vivagogy. <http://vivagogy.com/2019/03/04/transversal-competencies-2/> (gathered 2020-10-17).
- Härtling, R.-C; Jozinović, P; Möhring, M; Neumaier, P; Reichstein, C and Schmidt, R. (2015). International Conference on Business Information Systems. 16–27. (gathered 2020-10-17).
- Impuls Foundation (2019) “Impuls compact: Engineers for Industrie 4.0”, VDMA (The Mechanical Engineering Industry Association).
- i-SCOOP. (n.d). *Logistics 4.0 and smart supply chain management in Industry 4.0*. <https://www.i-scoop.eu/industry-4-0/supply-chain-management-scm-logistics/> (gathered 2020-10-15).
- Karukapadath Haffees, Rasim and Parekattil, Aswin Kumar. (2019). *A literature review on learning factory*. Diss, Chalmers University of Technology. <https://hdl.handle.net/20.500.12380/256553> (gathered 2020-09-09).
- Kienegger, Harald; Knigge, Marlene; Krcmar, Helmut and Prifti, Loina. (2017). *A Competency Model for "Industrie 4.0" Employees: 13th International Conference on Wirtschaftsinformatik*. St. Gallen, Switzerland February 12-15, 2017.
https://www.researchgate.net/publication/314391765_A_Competency_Model_for_Industrie_40_Employees (gathered 2020-09-14).
- Knezic, Kruno. (2017). *Creativity is the key to design for additive manufacturing*. LinkedIn.
<https://www.linkedin.com/pulse/creativity-key-design-additive-manufacturing-kruno-knezic/> (gathered 2020-09-02).
- Kolb, D. A. (1984). *Experiential Learning: Experience as the Source of Learning and Development*. New Jersey: Prentice-Hall.
- Koo, Jenna. (2020). *What is a Smart Factory? (And what it means for you)*. Tulip. <https://tulip.co/blog/digital-transformation/what-is-a-smart-factory-and-what-it-means-for-you/> (gathered 2020-10-08).
- Kirchner, Matthew D. (2017). *Teaching the Industrial Internet of Things*. Mequon. <https://labmidwest.com/wp-content/uploads/2017/09/Teaching-IIoT-Preparing-Students-and-Learners-for-Industry-4.0-2.pdf> (gathered 2020-10-15).
- Kreimeier, Dieter. (2016). *Die LPS Lernfabrik Qualifizierung in einem realitätsnahen Fabrikumfeld*. Ruhr-Universität Bochum. [PowerPoint slides]. https://www.uni-siegen.de/smi/aktuelles/20161115_lps_lernfabrik_praesentation_kreimeier.pdf (gathered 2020-09-10).
- K3 Syspro. (n.d). *What's the Difference Between 3D Printing and Additive Manufacturing?*
<https://www.k3syspro.com/advice-centre/erp-advice/whats-the-difference-between-3d-printing-and-additive-manufacturing/>. (gathered 2020-10-1).
- LAB Midwest. (2020). *How to Teach Industry 4.0 in 2020*. <https://www.youtube.com/watch?v=OhbDfAZ6JUc> (gathered 2020-10-16).



Lead The Change Community. (2019). *KEY COMPETENCIES FOR INDUSTRY 4.0 — NEGOTIATION AND CREATIVITY*. Medium. <https://medium.com/@LeadTheChange/key-competencies-for-industry-4-0-negotiation-and-creativity-2f7685f8d49f> (gathered 2020-09-14).

Lee, Hee Jang and Shvetsova A. Olga. (2019). *The Impact of VR Application on Student's Competency Development: A Comparative Study of Regular and VR Engineering Classes with Similar Competency Scopes*. https://www.researchgate.net/publication/332386448_The_Impact_of_VR_Application_on_Student's_Competency_Development_A_Comparative_Study_of_Regular_and_VR_Engineering_Classes_with_Similar_Competency_Scopes. (gathered 2020-09-02).

Leinweber S. Etappe 3: Kompetenzmanagement. In: Meifert MT, editor. *Strategische Personalentwicklung - Ein Programm in acht Etappen*. 3rd ed. Wiesbaden: Springer Fachmedien; 2013

Linke, Rebecca. (2017). *Additive manufacturing, explained*. MIT management. <https://mitsloan.mit.edu/ideas-made-to-matter/additive-manufacturing-explained>. (gathered 2020-10-1).

Loughborough University. (n.d). *About Additive Manufacturing*. <https://www.lboro.ac.uk/research/amrg/about/the7categoriesofadditivemanufacturing/vatphotopolymerisation/> (gathered 2020-10-02).

Marr, Bernard. (2018). *What is Industry 4.0?* Forbes. <https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2018/09/02/what-is-industry-4-0-heres-a-super-easy-explanation-for-anyone/?sh=4acd83579788>. (gathered 2020-10-15).

McNeill, Jane. (2019). *SKILLS VS. COMPETENCIES – WHAT'S THE DIFFERENCE, AND WHY SHOULD YOU CARE*. Hays. <https://social.hays.com/2019/10/04/skills-competencies-whats-the-difference/> (gathered 2020-10-09).

Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Wohnungsbau Baden-Württemberg. (2019). *Lernfabriken 4.0 in Baden-Württemberg*. <https://wm.baden-wuerttemberg.de/de/innovation/schluesseltechnologien/industrie-40/lernfabrik-40/> (gathered 2020-09-10).

O'Sullivan, D., Rolstadås, A., and Filos, E. (2011). Global education in manufacturing strategy. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 22(5), 663–674. <https://doi.org/10.1007/s10845-009-0326-2>.

OTTO Motors. (2019). *What Is the Smart Factory and Its Impact on Manufacturing?*. <https://ottomotors.com/blog/what-is-the-smart-factory-manufacturing>. (gathered 2020-10-15).

Pappas, Christopher. (2014). *Instructional Design Models and Theories: The Discovery Learning Model*. <https://elearningindustry.com/discovery-learning-model> (gathered 2020-09-29)

Prince J. Michael and Felder M Richard. (2006). *Inductive Teaching and Learning Methods: Definitions, Comparisons, and Research Bases*. *Journal of Engineering Education*. American Society for Engineering Education. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2006.tb00884.x> (gathered 2020-10-17).

PwC. (2016). *Skills for Key Enabling Technologies in Europe State-of-Play, Supply and Demand, Strategy, Recommendations and Sectoral Pilot*. Directorate-General for Internal Market, Industry, Entrepreneurship and SMEs (European Commission). https://ec.europa.eu/growth/content/final-report-skills-key-enabling-technologies-europe-0_en (gathered 2020-08-26).

PwC. (2020). *Skills for Industry Curriculum Guidelines 4.0 Future-proof education and training for manufacturing in Europe*. Executive Agency for Small and Medium-sized Enterprises (European Commission). <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/845051d4-4ed8-11ea-aece-01aa75ed71a1> (gathered 2020-09-05).

QEC. (n.d). *Duties and Responsibilities of a Teacher*. <https://ntu.edu.pk/qec/duties-and-responsibilities-of-a-teacher/> (gathered 2020-10-15).

Raji, R.S. (1994). *IEEE Spectr.* 31 (6) 49–55 (gathered 2020-10-17).

Rotherham A.J. and Willingham D. (2009) “21st Century Skills: The Challenges Ahead”.

Serhat, Kurt. (2020). *Problem-Based Learning (PBL)*. Educational technology. <https://educationaltechnology.net/problem-based-learning-pbl/> (gathered 2020-09-25).



Smith, A. (2001). *Return on investment in training: Research readings*. Leabrook, S. Aust.: NCVER

Spectral Engines. (2018). *Industry 4.0 and how smart sensors make the difference*.
<https://www.spectralengines.com/articles/industry-4-0-and-how-smart-sensors-make-the-difference> (gathered 2020-10-01).

Tether, B., Mina, A., Consoli, D., and Gagliardi, D. (2005). *A literature review on skills and innovation: How does successful innovation impact on the demand for skills and how do skills drive innovation? A CRIC report for the department of trade and industry*. Manchester, England: ESRC Centre for Research on Innovation and Competition.

Thames, L., and Schaefer, D. (2016). *Software-defined Cloud Manufacturing for Industry 4.0*. *Procedia CIRP*, 52, 12–17.
<https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.07.041>.

The Challenge Institute. (2018). *Challenge based learning*. <https://www.challengebasedlearning.org/> (gathered 2020-09-28).

Throughput. (2019). *Smart Supply Chain Management: Why it is Important to Implement?*
<https://throughput.world/blog/smart-supply-chain-management/> (gathered 2020-10-17).

University of Illinois Board of Trustees, et al. (2020). *JUST-IN-TIME TEACHING*. <https://citl.illinois.edu/citl-101/teaching-learning/resources/teaching-strategies/just-in-time-teaching> (gathered 2020-09-25).

University of Illinois Board of Trustees, et al. (2020). *PROBLEM-BASED LEARNING (PBL)*. [https://citl.illinois.edu/citl-101/teaching-learning/resources/teaching-strategies/problem-based-learning-\(pbl\)](https://citl.illinois.edu/citl-101/teaching-learning/resources/teaching-strategies/problem-based-learning-(pbl)) (gathered 2020-09-25).

Vieweg, H.-G. (2011). *Study on the competitiveness of the EU mechanical engineering industry*. Munich: Ifo Institute

Vulkov, Volen. N.d. *3d Printing Skills: Example Usage on Resumes, Skill Ser & Top Keywords in 2020*. Enhacv.
<https://enhacv.com/resume-skills/3d-printing/>. (gathered 2020-09-02).

Whitton, Nicola. (2012). *Games-Based Learning*. https://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007%2F978-1-4419-1428-6_437 (gathered 2020-09-29).

Wirtschaft digital Baden-Württemberg. (2020). *Lernfabriken*. <https://www.wirtschaft-digital-bw.de/zielgruppen/produzierendes-gewerbe/lernfabriken-industrie-40/> (gathered 2020-09-10).

Zamboni, Jon. (2018). *What Are Examples of Technical Competencies?* Leaf Group Media.
<https://careertrend.com/how-5867853-write-competency-based-resume.html> (gathered 2020-10-17).

Zhong, R. Y; Xu, X; Klotz, E; and Newman, S. T. (2017). *Intelligent Manufacturing in the Context of Industry 4.0: A Review*. *Engineering*, 3(5), 616–630. <https://doi.org/10.1016/j.eng.2017.05.015>

