GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE TRABAJO Y ECONOMÍA SOCIAL

insst
Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo

Empleos verdes: características e impacto para la seguridad y salud en el trabajo

Documentos Técnicos

Título:

Empleos verdes: características e impacto para la seguridad y salud en el trabajo.

Autor:

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), O.A., M.P.

Elaborado por:

Sonia Mollar Bonilla, Centro Nacional de Condiciones de Trabajo - INSST (Coordinación).
María del Carmen Díaz Muñoz, Centro Nacional de Nuevas Tecnologías - INSST.
Nuria Jiménez Simón, Centro Nacional de Condiciones de Trabajo - INSST.

Edita:

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), O.A., M.P.
C/ Torrelaguna 73, 28027 Madrid
Tel. 91 363 41 00, fax 91 363 43 27
www.insst.es

Maquetación:
Azcárate & Asocia2

Edición: Madrid, diciembre 2025

NIPO (en línea): 118-25-029-X

Hipervínculos: El INSST no es responsable ni garantiza la exactitud de la información en los sitios web que no son de su propiedad. Asimismo, la inclusión de un hipervínculo no implica aprobación por parte del INSST del sitio web, del propietario del mismo o de cualquier contenido específico al que aquel redirija.

Como citar este documento:
Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), O.A., M.P. *Empleos verdes: características e impacto para la seguridad y salud en el trabajo*. Madrid: INSST, 2025.

Catálogo de publicaciones de la Administración General del Estado:
http://cpage.mpr.gob.es

Catálogo de publicaciones del INSST:
http://www.insst.es/catalogo-de-publicaciones

datos abiertos

Prólogo

El Marco estratégico de la Unión Europea (UE) en materia de salud y seguridad en el trabajo 2021-2027 (1) recoge entre sus objetivos transversales el de "anticipar y gestionar el cambio en el nuevo mundo del trabajo que han traído consigo las transiciones ecológica, digital y demográfica".

La Estrategia Española de Seguridad y Salud en el Trabajo (EESST) 2023-2027 (2), en su objetivo 2, establece que se deben "gestionar los cambios derivados de las nuevas formas de organización del trabajo, la evolución demográfica y el cambio climático desde la óptica preventiva".

En esta línea, los efectos cada vez más acusados del cambio climático, alertan sobre la necesidad de mejorar la protección de las personas frente a condiciones climáticas adversas. Estamos en una evolución hacia una economía sostenible y un mayor fomento del uso de las energías renovables, que generan nuevos empleos denominados "verdes" y que suponen un desafío de las políticas públicas para la protección de la seguridad y salud en el trabajo durante los próximos años.

El documento que se presenta se enmarca en la línea de actuación "Refuerzo de la investigación para conocer y gestionar los desafíos que en materia de prevención de riesgos laborales supone la transformación del mundo del trabajo de la EESST 2023-2027". Está centrado en la identificación de las actividades y riesgos asociados, tanto conocidos como emergentes, con el fin de anticiparnos y lograr la identificación de aquellas actividades que requieran de un estudio más detallado, y así adoptar medidas para eliminar o reducir los riesgos.

El objetivo principal de este documento es ofrecer una perspectiva general del concepto de empleo verde y de las problemáticas que le acompañan en relación con la identificación de actividades y empleos verdes o medioambientalmente sostenibles y con la consideración de los riesgos laborales en los nuevos escenarios en los que se realizan.

Para ello, se han definido también unos objetivos secundarios con el fin de alcanzar el principal:

1. Identificar el contexto en relación con la aparición de los empleos verdes.
2. Definir los empleos verdes.
3. Determinar el criterio para establecer qué empleo se puede considerar verde.
4. Determinar los impactos para la seguridad y la salud de los empleos verdes y de los cambios que estos conllevan.

Índice

PRÓLOGO 3

1. INTRODUCCIÓN 5

2. CONTEXTO SOCIAL, ECONÓMICO Y POLÍTICO 7

2.1. Datos de impacto y desafíos en relación con el empleo 11

3. CONCEPTO DE EMPLEO VERDE 14

3.1. Análisis de las definiciones 18

4. CLASIFICACIÓN DE ACTIVIDADES Y OCUPACIONES 20

4.1. Clasificación europea de la Cuenta de bienes y servicios ambientales del INE 21

4.2. Clasificación de la Organización Internacional del Trabajo 23

4.3. Clasificación de ocupaciones del Centro Nacional para el Desarrollo de O*NET 24

4.4. Clasificación de Bowen y Hancké para la Comisión Europea 26

4.5. Clasificación de ocup aciones de la Fundación Biodiversidad y la Oficina Española de Cambio Climático 28

4.6 Clasificación de habilidades verdes de ESCO 31

4.7 Análisis de las clasificaciones 32

5. IMPLICACIONES DE LOS EMPLEOS VERDES PARA LA SEGURIDAD Y LA SALUD 37

5.1. Estudios específicos 46

5.2. Análisis de aspectos transversales 58

6. CONCLUSIONES 61

7. ANEXOS 64

Anexo I. Comparativa de los sectores identificados por O*NET y su correspondencia con los CNAE 65

Anexo II. Tecnologías clave en los empleos verdes identificadas en el estudio prospectivo de EU-OSHA de 2013 66

Anexo III. Implicaciones de la economía circular en la SST. Estudio prospectivo de la economía circular de la EU-OSHA de 2023 68

8. BIBLIOGRAFÍA 70

8.1. Referencias bibliográficas 71

8.2. Referencias legislativas 80

1. Introducción

En una realidad donde los efectos directos e indirectos de la crisis climática aumentan considerablemente, poniendo en riesgo la salud de nuestro planeta, la sostenibilidad resulta un pilar fundamental en las actividades cotidianas. El objetivo de una economía circular, global y sostenible no puede ser alcanzado si el mundo del trabajo no participa en la gran transformación que las economías actuales requieren.

La crisis climática es una amenaza a la que se enfrentan Europa y el resto del mundo. La necesidad de garantizar una transición ecológica, digital y demográfica socialmente justa tiene que ir acompañada de un conjunto de acciones con el fin de mitigar los impactos para la seguridad y salud en el trabajo, que puede suponer la creación de nuevos empleos derivados de estas transiciones.

Tras la pandemia de COVID-19, se ha hecho hincapié en la necesidad de impulsar una doble transición económicamente competitiva, innovadora y neutra desde el punto de vista ambiental y digital que contribuya a una sociedad y mercado laboral inclusivos, garantizando la dirección y el apoyo de las instituciones. En el estudio *Impact of climate change and climate policies on living conditions, working conditions, employment and social dialogue: A conceptual framework* (2023) se aborda, en base a la literatura existente, el impacto del cambio climático y las políticas europeas en las condiciones de vida, el empleo, las condiciones de trabajo y el diálogo social. La crisis climática y la digitalización no son fenómenos nuevos y han ido incrementándose de manera progresiva, pero esta tendencia se está acelerando y tiene cada vez un mayor impacto en la economía, el mercado laboral y las instituciones (3).

El director general de la Organización Internacional del Trabajo (OIT), en el centenario de la organización (1919-2019), se comprometía con el respeto al medioambiente incluyendo la denominada "iniciativa verde", cuyo objeto es tener en cuenta la dimensión del trabajo decente en el proceso de transición hacia un desarrollo económico sostenible con bajas emisiones de carbono (4). El compromiso para lograr una "economía más verde", implica inversión en investigación de nuevas tecnologías, formación en nuevas competencias, la generación de nuevos empleos, los denominados empleos verdes (del inglés *green jobs)* y el fomento de otros ya existentes.

La crisis climática está impulsando las políticas mediante el establecimiento de compromisos a nivel internacional, europeo y estatal. Esta acción conjunta fomenta una nueva economía relacionada con la transición ecológica, que se materializa en la creación de nuevas empresas y en la adaptación de las existentes al nuevo contexto.

De esta forma, se fomenta un cambio en los modelos productivo y de consumo más sostenible y se protegen y restauran los ecosistemas garantizando el cumplimiento de los protocolos ambientales, por ejemplo, mediante el incremento del uso de energías renovables, la reducción y limitación de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), el fomento del uso de medios de transporte y vehículos ecológicos, el aumento de la eficiencia en la generación, transporte y consumo de energía y en el consumo de materias primas y la minimización de la generación de residuos y la contaminación.

Sin embargo, muchas actividades económicas orientadas a la sostenibilidad ambiental pueden conllevar riesgos para la salud y para la seguridad (5) que deben identificarse para poder eliminarse o reducirse, evitando que estos empleos puedan ocasionar lesiones o enfermedades derivadas del trabajo. Garantizar que todos los empleos, incluidos los empleos verdes, sean seguros y saludables es un aspecto fundamental de la mejora de la calidad del empleo.

2. Contexto social, económico y político

A continuación, se indican brevemente las políticas, compromisos y estrategias derivados de la acción internacional, europea y estatal para la mitigación de los efectos del cambio climático y la adaptación a la transición ecológica. También se exponen algunos datos que dan relevancia a la nueva economía y a los nuevos empleos verdes, así como a los sectores que previsiblemente se verán afectados.

En el **ámbito internacional**, destacan la Agenda 2030 y el Acuerdo de París.

La Agenda 2030 de las Naciones Unidas para el Desarrollo Sostenible es un plan global aprobado, en 2015, por 193 países miembros de la Organización de las Naciones Unidas (ONU). Surge como respuesta a la necesidad de abordar desafíos mundiales como la pobreza, la desigualdad, el cambio climático, la degradación ambiental o la falta de desarrollo sostenible.

En la Agenda se establecen 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) (6). El ODS 8, "promover el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, el empleo pleno y productivo y el trabajo decente para todos/as" está directamente relacionado con el trabajo e incluye, en una de sus metas, la promoción de un entorno de trabajo seguro y sin riesgos para todas las personas trabajadoras. Otros ODS vinculados a la transición ecológica están relacionados con el bienestar y la vida saludable (ODS 3), la igualdad de género (ODS 5), la disponibilidad y gestión sostenible del agua y saneamiento (ODS 6) y el acceso a una energía asequible, fiable, sostenible y moderna para todos (ODS 7).

El 12 de diciembre de 2015, en la 21.ª Conferencia sobre el Cambio Climático de París (o la Conferencia de las Partes (COP 21)) de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) (7), se firmó el denominado Acuerdo de París (8).

La CMNUCC es el órgano de la ONU, con sede en Bonn (Alemania), encargado de establecer las bases para la acción internacional conjunta en cuanto a mitigación y adaptación al cambio climático. El Acuerdo de París es un tratado internacional que establece una serie de objetivos centrados en la reducción sustancial de las emisiones de GEI para lograr que el aumento de la temperatura global en este siglo sea, como máximo, de 2 °C o, preferiblemente, de 1,5 °C, con el compromiso de todos los países y ofreciendo financiación a los estados en desarrollo (9).

En el **ámbito europeo**, la UE ha impulsado políticas relacionadas con la crisis climática y la transición ecológica teniendo como horizonte que Europa sea el primer continente climáticamente neutro para 2050. En relación con la política medioambiental, el eje del cambio es el Pacto Verde Europeo (PVE) (10).

El PVE, presentado en 2019, consiste en una estrategia de crecimiento para una UE donde no haya emisiones netas de GEI, el crecimiento económico no se relacione con el consumo de recursos y donde nadie se quede atrás (11).

Su hoja de ruta establece un conjunto de políticas y de medidas clave para conseguir los objetivos climáticos europeos. Este pacto persigue obtener muchos beneficios desde la creación de nuevas oportunidades para la innovación, la inversión y los empleos verdes, hasta la mejora de la salud y del bienestar.

Para alcanzar las metas del PVE, han comenzado a llevarse a cabo acciones en diferentes ámbitos:

- Clima: reducir las emisiones de GEI en al menos un 55 % para 2030 y en un 90 % para 2040, comparado con niveles preindustriales del año 1990.

- Energía: promover el uso de energías renovables y reducir la dependencia de los combustibles fósiles, priorizando la eficiencia energética.
- Economía circular: fomentar un modelo económico sostenible que minimice la generación de residuos y maximice la reutilización de recursos y el reciclaje. Se ha creado la Alianza Circular de Plásticos para impulsar el mercado de plásticos reciclados de la UE.
- Biodiversidad: proteger y restaurar los ecosistemas naturales (incluidos mares y océanos) y la biodiversidad. Se busca garantizar la sostenibilidad de nuestra economía azul y los sectores de la pesca.
- Agricultura sostenible: apoyar las prácticas agrícolas más respetuosas con el medioambiente, garantizando la sostenibilidad, la competitividad y la resiliencia en la agricultura de la UE y el dinamismo de sus zonas rurales.
- Transporte: proporcionar un transporte eficiente, seguro y respetuoso con el medioambiente, como los vehículos eléctricos y el transporte público eficiente, reduciendo emisiones y mejorando las infraestructuras.
- Investigación e innovación: impulsar las transiciones necesarias para buscar soluciones innovadoras e implicar a la ciudadanía y, así, lograr modernizar la economía y la sociedad de la UE.
- Industria: impulsar una estrategia industrial que tenga en cuenta la doble transición ecológica y digital e impulse la competitividad europea poniendo el foco en la creación de nuevas tecnologías y productos con "cero emisiones".
- Construcción: impulsar la renovación de los edificios para mejorar la eficiencia energética.

La UE, en 2025, ha publicado un informe, denominado *Delivering the EU Green Deal. Progress towards targets* (12), donde se analizan los progresos en el alcance de la neutralidad climática para 2050, siguiendo una transición verde sostenible a través del PVE. El análisis lo ha realizado el *Joint Research Centre* (JRC) basándose en datos públicos disponibles a mediados de 2024 y concluye que se han logrado avances en, aproximadamente, un 62 % de los objetivos establecidos.

Normativa y estrategias europeas relacionadas con el PVE

Con el fin de conseguir los objetivos climáticos y de sostenibilidad propuestos y seguir la hoja de ruta del PVE, se ha impulsado la actualización y la adopción de una serie de normativa europea. A continuación, se recogen las principales normas legales promulgadas:

- El Reglamento (UE) 2021/1119 del Parlamento y del Consejo, de 30 de junio de 2021, por el que se establece el marco para lograr la neutralidad climática (legislación europea sobre el clima).

  Establece el objetivo de neutralidad climática en la UE para el año 2050, a la vez que proporciona un marco orientado a impulsar las acciones de adaptación frente a los efectos del cambio climático. En virtud de ello, se exige a todos los Estados Miembros (EE. MM.) poner en marcha estrategias y planes de adaptación adecuados a sus contextos nacionales.

- El Reglamento (UE) 2018/1999 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 11 de diciembre de 2018, sobre la gobernanza de la Unión de la Energía y de la Acción por el Clima.

  Establece un sistema de gobernanza en la UE para apoyar el cumplimiento de los objetivos de la Unión de la Energía, especialmente los relacionados con el marco 2030 en clima y energía, como la reducción de emisiones de GEI, el fomento de energías renovables y la mejora de la eficiencia energética. También determina una serie de obligaciones para los EE. MM. en materia de control de las emisiones de GEI y de información sobre sus actuaciones.

- Paquete de medidas "Objetivo 55".

  El paquete de medidas "Objetivo 55" (13), también conocido como "Fit for 55", es un conjunto de propuestas legislativas encaminadas a revisar y actualizar la normativa y a poner en marcha nuevas iniciativas para alcanzar los diferentes objetivos, en materia de energías renovables, eficiencia energética, emisiones de GEI, contaminación de los medios de transporte, etc. En el apartado de referencias legislativas, se han indicado algunas de las normativas pertenecientes a este paquete.

Algunas estrategias y planes de acción son la estrategia "De la Granja a la Mesa" (*Farm to Fork*), el Plan de Acción Europeo sobre la Energía Eólica, el Plan Industrial del Pacto Verde para la era de cero emisiones netas y el Plan de Acción para la economía circular.

En el **ámbito español**, la política medioambiental está determinada por el contexto internacional y la política europea descritos con anterioridad. Para la consecución de los objetivos internacionales y europeos se han elaborado estrategias y planes de acción estatales y autonómicos. Se indican a continuación algunos de estos:

- El Plan Estratégico de Salud y Medio Ambiente 2022-2026 (PESMA) (14) establece un marco para actuar de forma urgente frente a los retos ambientales que inciden en la salud pública, incluida la de las personas trabajadoras (la OMS en 2019 estimó que el 23 % de la mortalidad es debida a factores ambientales (15)), así como para lograr la reducción de los riesgos asociados a factores ambientales, afrontando los desafíos del cambio climático, la contaminación del aire, por ejemplo, las partículas finas, el dióxido de nitrógeno y el ozono troposférico que acentúan las afecciones cardiovasculares y respiratorias; la exposición a productos químicos que pueden provocar alteración endocrina o cáncer, el impacto sobre la salud resultante de la contaminación acústica o la presión sobre los hábitats que incrementan los riesgos de nuevas zoonosis.
- El Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (2021-2030) (PNIEC), en su actualización de 2024 (PNIEC 2023-2030) (16), constituye la planificación de una serie de medidas que facilita la anticipación y coherencia de las políticas públicas y las decisiones de inversión e integra

la política de energía y clima con un horizonte temporal a 2030, de acuerdo con la normativa nacional y europea.

El PNIEC tiene como objetivo la reducción de un 32 % de emisiones de GEI respecto a 1990, un aumento del uso de energías renovables, la mejora de la eficiencia energética y la reducción de la dependencia energética exterior. También establece objetivos en materia de investigación, innovación, competitividad, creación de empleo, posicionamiento de liderazgo del país en las energías y tecnologías renovables, desarrollo del medio rural, justicia social y la mejora de la salud de las personas y del medioambiente.

- La Estrategia Española de Economía Circular 2030 (EEEC) (17) establece unos desafíos y retos globales para pasar de un modelo de sistema económico "lineal", que conlleva un impacto negativo por el uso intensivo de recursos naturales y una elevada presión sobre el medioambiente, a un nuevo modelo de producción y de consumo en el que se evite la obsolescencia programada fomentando la durabilidad de los productos, se reduzca al mínimo la generación de residuos y se promueva la reutilización y el reciclaje.

  Aunque la EEEC posee un carácter transversal, contempla una planificación y seguimiento especiales en determinadas actividades económicas como la construcción, la agroalimentación, la pesca, la silvicultura, la actividad industrial, la producción de bienes de consumo, el turismo y las relacionadas con la confección y el sector del textil (17).
- El Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático 2021-2030 (PNACC) (18) establece una hoja de ruta para desarrollar las acciones encaminadas a prevenir o reducir los impactos derivados de un clima más cálido, extremo e incierto. Este plan adapta, al ámbito nacional, la Estrategia Europea de adaptación al Cambio Climático.

2.1. Datos de impacto y desafíos en relación con el empleo

Datos de impacto

En el informe *Investing in Climate, Investing in Growth* de 2017, elaborado por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) (19), se estima que las políticas de adaptación frente al clima darán lugar a una modesta redistribución adicional del empleo a nivel mundial para 2050, por lo que en muchos sectores se crearán y se eliminarán puestos de trabajo.

En general, la destrucción de empleo se centrará en las industrias con alto nivel de emisiones de dióxido de carbono y alta utilización de recursos naturales como la extracción y refino de petróleo y la minería del carbón. Esto se compensará, parcialmente, con la creación de empleo en sectores relacionados con la producción y uso de energías renovables (hidráulica, fotovoltaica, etc.), el uso de vehículos eléctricos, la construcción y renovación de edificios orientada a un aumento de la eficiencia energética, la investigación y desarrollo en ámbitos de ingeniería sostenible, la agricultura orgánica y ecológica y la economía circular, que incluye la gestión de residuos, el diseño de productos con materiales reciclados así como la creación de nuevas industrias basadas en esta economía (20; 19).

El PNIEC (16), en su actualización de 2024, incluye un análisis de impacto de las actuaciones llevadas a cabo desde su aprobación en 2020, en el cual se contempla, para el periodo entre 2025 y 2030, un escenario de crecimiento de la economía española adicional de un 3,2 % del PIB y un aumento del número total de personas empleadas de entre 362.000 y 560.000, y un aumento del empleo del 2,8 %. Este plan segrega el impacto por sectores, siendo el "Comercio y otros servicios", la "Industria y energía" y la "Construcción" las ramas de actividad que generarían más empleo, tal y como puede verse en la figura 1.

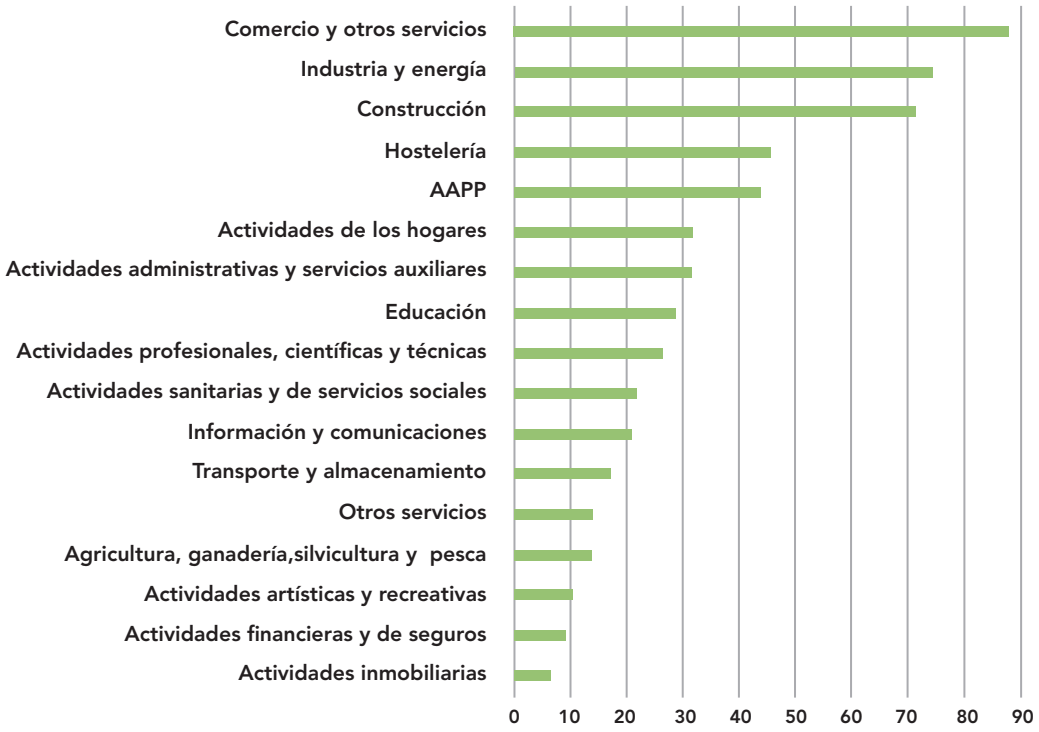


Figura 1. *Resultados del análisis de impacto en el empleo por sectores. Fuente. PNIEC 2023-2030.*

Los resultados de las Cuentas medioambientales publicados por el Instituto Nacional de Estadística, en su avance del año 2023 (21), muestran que el valor añadido bruto de la economía ambiental representó el 2,65 % del PIB en 2023, y que la economía ambiental generó 577.700 empleos, un 2,95 % del total. Las actividades con mayor empleo ambiental fueron "construcción" y "suministro de agua, actividades de saneamiento, gestión de residuos y descontaminación".

El impacto del actual modelo de crecimiento sobre el entorno natural y los daños potenciales del cambio climático plantea un riesgo sistémico importante para el bienestar futuro de la sociedad y los ecosistemas. El ritmo y escala de la transformación económica necesaria no tiene precedentes. Por lo tanto, si se quieren evitar estos riesgos, se requiere planificación e inversión en adaptación. El PVE, la normativa europea de desarrollo, así como los planes de acción estatales que derivan de su adaptación suponen un impulso a una nueva economía.

Desafíos

El informe de Eurofound de 2024, denominado *Job quality side of climate change* (22), realiza una investigación sobre los cambios en la calidad del empleo a medida que las economías se adaptan al cambio climático. Según se indica en este informe, los efectos derivados del cambio climático darán lugar a una mayor inseguridad laboral, a cambios en las tareas y responsabilidades laborales, y a cambios en los lugares de trabajo. Todo esto podrá suponer modificaciones en las prácticas laborales y en los servicios prestados por las empresas, por ejemplo, en las actividades y en los productos que desarrollen. Las adaptaciones de los métodos y procesos de trabajo exigirán capacitación y actualización de los conocimientos.

Por lo tanto, de acuerdo con este informe, los empleos generados por la nueva economía sostenible pueden mostrar algunos desafíos:

- La influencia en el empleo se prevé que sea desigual entre los diferentes sectores. Determinados sectores se verán beneficiados por la creación de empleo y otros, como el carbón o la industria pesada, podrían tener una destrucción en el empleo. Integrar este aspecto constituye un desafío para la nueva economía.
- El reto para el mercado laboral es estar preparado para la transición a la economía circular y de bajas emisiones. Tanto desde la perspectiva de las personas trabajadoras, adaptando sus capacidades y habilidades a las nuevas demandas del mercado mediante políticas activas, como desde la perspectiva de las empresas y administraciones públicas, adaptando la cultura empresarial a los principios de responsabilidad social empresarial.

  El informe indica que, si bien las ocupaciones medioambientalmente sostenibles encarnan los esfuerzos de aprendizaje permanente que apoyarán la transición, las empresas también participan en acciones y prácticas en los lugares de trabajo que fomentan la descarbonización. La participación del personal en el desarrollo y la aplicación de estas prácticas puede enriquecer la calidad del empleo.
- Otro reto es el de impulsar, por parte de las empresas, la integración de las políticas de seguridad y salud en el trabajo derivadas de los posibles cambios que conlleve la transición hacia esta nueva economía más verde.
- Es posible que se generen nuevos riesgos para la seguridad y salud laboral o se agraven los existentes. El reto para las empresas y organizaciones es anticiparse en identificar, eliminar o reducir adecuadamente estos riesgos, con el objetivo de lograr que esta economía, más sostenible y verde, vaya de la mano de una mejora de las condiciones de trabajo.

  El informe muestra que el impacto directo del cambio climático en la calidad del empleo va más allá de la exposición al calor, e incluye otros riesgos como los riesgos psicosociales, el aumento de la contaminación del aire, la radiación ultravioleta y los fenómenos meteorológicos extremos. Las personas trabajadoras de los sectores de agricultura, pesca, silvicultura, construcción, turismo y de los servicios de emergencia son las más afectadas.

3. Concepto de empleo verde

Actualmente, no hay una definición de empleo verde aceptada unánimemente. A lo largo de los años se ha definido el término por diferentes autores desde distintos enfoques, algunos centrados en las características "verdes" de los empleos y algunos, más genéricos, centrados en aspectos como son, entre otros, su impacto social o económico.

Como resultado de la búsqueda bibliográfica realizada, en este apartado se introducen diferentes definiciones del término empleo verde publicadas por distintas entidades, así como de otros conceptos relacionados con este término.

En 1999, el grupo de trabajo informal formado por la Oficina Estadística de la Unión Europea (Eurostat) y la OCDE definió la industria de los bienes y servicios ambientales como "las actividades que producen bienes y servicios para medir, prevenir, limitar, minimizar o corregir el daño ambiental al agua, aire y suelo, así como los problemas relacionados con los residuos, el ruido y los ecosistemas. Esto incluye tecnologías, productos y servicios limpios que reducen el riesgo medioambiental y que minimizan la contaminación y la utilización de recursos" (23).

En 2008, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), como parte de la iniciativa conjunta "Empleos Verdes" junto a la OIT, la Organización Internacional de Empleadores (OIE) y la Confederación Sindical Internacional (CSI), definió el término empleo verde como el trabajo en la agricultura, la manufactura, la construcción, la instalación y el mantenimiento, así como en actividades científicas y técnicas, administrativas y de servicios, que contribuyen sustancialmente a preservar o restaurar la calidad ambiental" (24).

Esta definición se complementa con la observación de que estos trabajos deben ser también decentes, es decir, "buenos empleos que ofrezcan salarios adecuados, condiciones de trabajo seguras, estabilidad laboral, perspectivas profesionales razonables y derechos laborales". Asimismo, establece que estos empleos ayudan, entre otros, a evitar o reducir la generación de residuos y la contaminación, reducir o lograr un consumo eficiente de las materias primas y de la energía, descarbonizar la economía y proteger y restaurar los ecosistemas y la biodiversidad (24).

En el documento de trabajo de la Comisión Europea de 2012 sobre el crecimiento verde (25), se consideran empleos verdes "los trabajos que dependen del medioambiente o que han sido creados, sustituidos o redefinidos en el proceso de transición hacia una economía más verde". Así mismo, la Comisión publicó, en 2018, el informe *SMEs, resource efficiency and green markets* (26) donde también se proporciona una definición de empleo verde y se mencionan las habilidades necesarias para llevarlo a cabo: "el empleo directamente relacionado con información, tecnologías o materiales que preservan o restauran la calidad del medioambiente. Esto requiere habilidades, conocimiento, formación o experiencia especializadas (por ejemplo, verificación del cumplimiento de la legislación medioambiental, monitorización de la eficiencia de recursos en la compañía, promoción y venta de productos y servicios verdes)".

La especialización a la que se refiere la Comisión Europea son las denominadas habilidades verdes (*green skills*, en inglés). El Centro Europeo para el Desarrollo de la Formación Profesional (Cedefop) define las habilidades verdes como "los conocimientos, habilidades, valores y actitudes necesarios para vivir, desarrollar y apoyar una sociedad que reducen el impacto de la actividad humana en el medioambiente" (27). En esta línea, las universidades, escuelas y otros centros formativos pueden contribuir a la generación de conocimientos sobre cómo proteger el medioambiente favoreciendo, a su vez, la creación de empleos verdes (28).

Cedefop distingue entre competencias verdes generales, específicas y especializadas:

- "Las competencias verdes generales contribuyen a la concienciación y la puesta en práctica de actividades eficientes en el uso de los recursos, ecociudadanía, etc.
- Las competencias verdes específicas son necesarias para aplicar normas y procesos destinados a proteger los ecosistemas y la biodiversidad, reducir el consumo de energía, de recursos y de agua.
- Las competencias verdes especializadas son necesarias para desarrollar y poner en práctica tecnologías ecológicas, como la energía renovable, el reciclado y el tratamiento de aguas residuales" (29).

La OIT, en la 19.ª Conferencia Internacional de Estadísticos del Trabajo (CIET) celebrada en 2013, estableció una definición, con fines estadísticos, para las actividades medioambientales, en el Marco Central del Sistema de Contabilidad Ambiental y Económica (SCAE): "aquellas actividades económicas cuya finalidad primordial es reducir o eliminar las presiones sobre el medio ambiente o hacer un uso más eficiente de los recursos naturales" (30).

Además, indica que los empleos verdes son "empleos decentes que contribuyen a preservar y restaurar el medio ambiente ya sea en los sectores tradicionales como la manufactura o la construcción o en nuevos sectores emergentes como las energías renovables y la eficiencia energética" (31). También indica que permiten "aumentar la eficiencia del consumo de energía y materias primas, limitar las emisiones de gases de efecto invernadero, minimizar los residuos y la contaminación, proteger y reconstruir los ecosistemas y contribuir a la adaptación al cambio climático".

Por otro lado, describe el empleo verde desde el punto de vista de las actuaciones de la empresa, es decir, según el producto o servicio final o según el proceso de producción. En este sentido, considera empleos verdes aquellos que "pueden producir bienes o prestar servicios que benefician al medio ambiente" así como los que conllevan "procesos de producción más respetuosos con el medio ambiente". Sin embargo, apunta que los empleos definidos como verdes por sus productos o servicios y los definidos por sus procesos, no siempre emplean tecnologías o métodos de producción verdes o finalizan en productos o servicios ecológicos, respectivamente (31).

En el ámbito estatal, el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO), en 2018, llevó a cabo el programa "Destino Empleo Verde: encuentra tu empleo desde la Innovación Social" a través de la Fundación Biodiversidad. En este marco, se consideró que un empleo verde es "un empleo de calidad que contribuye a preservar y restaurar el medio ambiente ya sea en los sectores tradicionalmente relacionados con el cuidado del medio ambiente, como:

- el tratamiento y la gestión del agua,
- la gestión de los residuos,
- los servicios ambientales,
- la protección de los espacios naturales y de la biodiversidad,
- la gestión forestal sostenible,
- el turismo rural o
- la educación y formación medioambiental,

o en nuevos sectores emergentes como:

- la movilidad urbana,
- las energías renovables,
- la eficiencia energética,
- la agricultura ecológica, etc.

impulsados por la implantación de las políticas ambientales y de las estrategias de sostenibilidad a distintos niveles, escalas y sectores" (32).

En 2020, se aprobó el Reglamento (UE) 2020/852 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 18 de junio de 2020, relativo al establecimiento de un marco para facilitar las inversiones sostenibles y por el que se modifica el Reglamento (UE) 2019/2088, conocido como el reglamento de la taxonomía verde, en el que se establecieron determinados criterios para considerar si una actividad económica tiene la consideración de medioambientalmente sostenible.

Este reglamento establece que una actividad económica tendrá la consideración de medioambientalmente sostenible cuando contribuya sustancialmente y no perjudique de forma significativa a los siguientes objetivos medioambientales:

- mitigación del cambio climático,
- adaptación al cambio climático,
- uso sostenible y protección de los recursos hídricos y marinos,
- transición hacia una economía circular,
- prevención y control de la contaminación.

La actividad económica deberá cumplir con los criterios para determinar la contribución a dichos objetivos, cuya determinación delega en la Comisión Europea. Asimismo, establece que dichas actividades económicas deberán cumplir con unas garantías mínimas relacionadas con una conducta empresarial responsable que respete los derechos humanos en todas sus dimensiones.

El Centro de Estudios Políticos Europeos (CEPS, por sus siglas en inglés) concluye, en su estudio de 2023 (33), que las definiciones que se han hecho del término empleo verde se pueden categorizar en tres enfoques: enfoque de producto, enfoque de proceso y enfoque sistémico.

- Las definiciones que se basan en el enfoque de producto consideran que un empleo es verde cuando produce bienes o servicios que, o bien tienen el objetivo de proteger o ser respetuosos con el medioambiente, o bien el de conservar los recursos naturales. El CEPS cita diferentes autores que consideran que este enfoque es el más utilizado y destaca su uso en las publicaciones estadísticas, por ejemplo, en las estadísticas europeas, se hace referencia al sector de bienes y servicios ambientales (EGSS, por sus siglas en inglés).
- Las definiciones que se basan en el enfoque de proceso consideran que un empleo es verde cuando integra en la empresa prácticas o conductas que tienen como objetivo proteger el medioambiente, evitar dañarlo o conservar los recursos naturales, a pesar de que esas prácticas o procesos no concluyan en un producto o servicio verde. También incluyen en este enfoque, investigaciones que definen un empleo verde según las tareas y habilidades que requiere, con el fin de aclarar los aspectos que dan lugar a la transición verde en los trabajos y que son más cercanos a las personas trabajadoras, por ejemplo, el aprendizaje de nuevas habilidades, el reciclaje formativo o la modificación de las tareas laborales existentes.
- Por último, las definiciones que se basan en el enfoque sistémico, además de los aspectos económicos, le dan relevancia al aspecto social, es decir, a la repercusión de los empleos en el resto de las áreas de la vida de las personas trabajadoras. En este aspecto, el CEPS desarrolla en su estudio el enfoque integrador que da Bohnenberger del término: "los empleos son verdes cuando generan resultados que satisfacen las necesidades humanas sin transgredir los límites ambientales, a la vez que se basan en actividades laborales ecológicas, permiten estilos de vida sostenibles más allá del trabajo y presentan menos presiones ambientales que un empleo con un rendimiento comparable".

Los cambios que se dan en el medioambiente, la sociedad y la economía hacen que el concepto de empleo verde esté en continuo desarrollo y vaya evolucionando con el tiempo. Algunas actividades como las relacionadas con las energías renovables, la conservación de los ecosistemas o el reciclaje se asocian rápidamente con el empleo verde, sin embargo, los cambios en beneficio del medioambiente en empresas o industrias existentes son difíciles de identificar, por ejemplo, las nuevas tecnologías, los cambios implantados en las tareas o procesos orientados a la mejora energética, la minimización de residuos o la reducción del consumo de materias primas (24).

La falta de una definición comúnmente aceptada puede dar lugar a una serie de problemáticas, como la dificultad en la recopilación del número de empleos verdes, dando lugar a estimaciones muy dispares al respecto y, por tanto, complicando la elaboración de estadísticas. También obstaculiza el análisis de las necesidades de los empleos verdes y en cómo la transición verde afecta a las ocupaciones, por ejemplo, en lo que se refiere a su seguridad (28; 33).

3.1. Análisis de las definiciones

Al observar las diferentes definiciones del concepto, se observa que los empleos verdes son un tipo de trabajos que se caracterizan principalmente por su contribución medioambiental (figura 2) y pueden encontrarse dentro de diferentes sectores de actividad, como la construcción, la agricultura o la industria manufacturera. Dado que el cuidado del medioambiente es la contribución principal de este tipo de empleos, es importante tener claro qué se considera que cuida el ambiente, es decir, lo que se considera "verde".

Figura 2. *Resumen de los elementos de las definiciones que hacen referencia a la contribución medioambiental de los empleos verdes.*

Además de su contribución medioambiental, otro aspecto importante que debe caracterizar a los empleos verdes es cómo afectan a las personas que los realizan, es decir, que se tengan presente, en su diseño, los derechos de la población trabajadora, siendo la seguridad laboral el derecho que nos ocupa. Esto se ha visto reflejado en las definiciones de varios organismos que han incluido esta característica o la han desarrollado en sus estudios.

Asimismo, pueden ser empleos de nueva creación pertenecientes a nuevos sectores o empleos redefinidos para adaptarse al proceso de transición verde. Se caracterizan principalmente por minimizar el daño al medioambiente, bien mediante la producción de bienes y prestación de servicios de carácter ecológico, o bien mediante la adopción de procesos de trabajo, tecnologías o materiales que favorecen el cuidado del medioambiente y la optimización de los recursos.

4. Clasificación de actividades y ocupaciones

El compromiso de la UE con una estrategia de crecimiento sostenible, recogida en el Pacto Verde Europeo, supone un cambio en "las políticas de suministro de energía limpia al conjunto de la economía, la industria, la producción y el consumo, las grandes infraestructuras, el transporte, la alimentación y la agricultura, la construcción, la fiscalidad y las prestaciones sociales" (10) y, cómo no, en el empleo. En la transición a una economía más sostenible los empleos verdes se han conformado como una prioridad para la UE.

En el apartado anterior se ha hecho un recorrido por las distintas definiciones aportadas por diferentes organismos internacionales, europeos y nacionales. En este apartado se van a revisar las diferentes clasificaciones sobre empleos, actividades y ocupaciones relacionadas con la transición ecológica.

4.1. Clasificación europea de la Cuenta de bienes y servicios ambientales del INE

El Instituto Nacional de Estadística (INE) establece que la Contabilidad Medioambiental tiene como objetivo la integración de la información medioambiental de manera coherente en el sistema central de Cuentas Nacionales. Muestra las interacciones entre la economía, los hogares y los factores medioambientales.

Una de las cuentas elaboradas por el INE en esta materia es la Cuenta de bienes y servicios ambientales (CBSA), que presenta datos sobre las principales variables, clasificadas por actividades económicas y dominios ambientales, que están asociadas a la producción de bienes y servicios cuyo objetivo es la protección del medioambiente y/o la gestión más eficiente de los recursos naturales.

La clasificación utilizada es compatible con el Sistema Europeo de Cuentas. El Reglamento (UE) n.º 691/2011 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 6 de julio de 2011, relativo a las Cuentas económicas europeas medioambientales, establece en su anexo V que los datos de la CBSA se suministrarán con arreglo a una clasificación cruzada. Por un lado, se utilizará la Nomenclatura estadística de las Actividades económicas de la Comunidad Europea (NACE), es decir, la clasificación europea de actividades económicas, agrupadas de una forma concreta y, por otro lado, los grupos de la Clasificación de fines medioambientales. En España, la equiparable a NACE es la Clasificación Nacional de Actividades Económicas (CNAE).

Hasta 2025, los grupos de clasificación consistían en las categorías de la Clasificación de las Actividades de Protección Ambiental (CAPA, o CEPA, en inglés) y la Clasificación de las Actividades de Gestión de Recursos (CAGR, o CReMA, en inglés). A partir de la última modificación del Reglamento (UE) n.º 691/2011, en 2025, estas dos categorías se han agrupado en una única denominada CEP por su denominación en inglés *Classification of Environmental Purposes,* la cual estructura las actividades tanto dirigidas a la protección del medioambiente como las dirigidas a preservar los recursos naturales y a evitar su agotamiento.

Dado que no existe una correlación en el reglamento entre las clasificaciones anteriores y la nueva, en la tabla 1, se propone una posible equivalencia entre ellas.

CEP	CAPA / CAGR
CEP 01: Aire y clima.	CAPA 1: Protección del aire y del clima.
CEP 0201: Energía procedente de fuentes renovables.	CAGR 13A: Producción de energía procedente de fuentes renovables.
CEP 0202: Ahorro y gestión de energía.	CAGR 13B: Ahorro y gestión del calor y de la energía.
CEP 0301: Gestión de las aguas residuales.	CAPA 2: Gestión de las aguas residuales.
CEP 0302: Ahorro de agua y gestión de los recursos hídricos.	CAGR 10: Gestión de los recursos hídricos.
CEP 0401: Gestión de residuos.	CAPA 3: Gestión de residuos.
CEP 0402: Recuperación y ahorro de materiales.	CAGR 13C: Reducción del uso de energías fósiles como materias primas. CAGR 14: Gestión de minerales.
CEP 0501: Protección del suelo, las aguas superficiales y las aguas subterráneas.	CAPA 4: Protección y descontaminación de suelos, aguas subterráneas y aguas superficiales.
CEP 0502: Protección de la biodiversidad y el paisaje.	CAPA 6: Protección de la biodiversidad y el paisaje. CAGR 12: Gestión de la flora y la fauna silvestres.
CEP 0503: Gestión de los recursos forestales.	CAGR 11: Gestión de los recursos forestales.
CEP 06: Ruido y radiación.	CAPA 5: Disminución del ruido y de las vibraciones. CAPA 7: Protección contra las radiaciones
CEP 0701 + CEP 0703 + CEP 0705 + CEP 0707 + CEP 0709: I+D en materia de reducción y control de emisiones a la atmósfera, gestión de aguas residuales, gestión de residuos, suelo, aguas superficiales, aguas subterráneas y biodiversidad, y ruido y radiación.	CAPA 8: Investigación y desarrollo sobre el medio ambiente.
CEP 0702 + CEP 0704 + CEP 0706 + CEP 0708: I+D en materia de energía, recursos hídricos, recuperación y ahorro de materiales, y gestión de los bosques.	CAGR 15: Actividades de investigación y desarrollo para la gestión de los recursos.
CEP 08: Aspectos transversales y otros fines medioambientales.	CAPA 9: Otras actividades de protección del medio ambiente. CAGR 16: Otras actividades de gestión de los recursos.

Tabla 1. Grupos de CEP junto con su posible equivalente en CAPA y CAGR.

4.2. Clasificación de la Organización Internacional del Trabajo

Como ya se ha indicado, la OIT, en la 19.ª reunión de la CIET celebrada en 2013, estableció unas directrices para una definición estadística de actividades en el sector del medioambiente.

A efectos estadísticos, la OIT define este sector como aquel que "comprende todas las unidades económicas que llevan a cabo actividades medioambientales" (30) dirigidas a evitar el daño al medioambiente o a hacer un consumo eficiente de los recursos naturales. En línea con su concepto de **actividades medioambientales**, descrito en el apartado anterior, las divide en dos tipos:

- Las actividades de protección medioambiental: "aquellas actividades cuya finalidad primordial es la prevención, la reducción y la eliminación de la contaminación y de otras formas de degradación del medio ambiente".
- Las actividades de gestión de los recursos: "aquellas actividades cuya finalidad primordial es la preservación y el mantenimiento de la reserva de recursos naturales y, por consiguiente, la protección contra su agotamiento".

Asimismo, especifica que las actividades de la agricultura, la pesca y la silvicultura pueden considerarse como medioambientales si se utilizan tecnologías y prácticas ecológicamente sostenibles.

En cuanto al **empleo** en el sector, la OIT establece una relación entre el empleo total, el empleo del sector medioambiental y el trabajo decente (figura 3). Dentro del sector del medioambiente, distingue entre el empleo en la producción de resultados medioambientales (A) y el empleo en procesos medioambientales (B) e introduce una tercera tipología independiente del sector, los trabajos decentes (C). Este criterio de la OIT considera los empleos verdes como aquellos que pertenezcan al sector del medioambiente tanto en la tipología A como la B, siempre que cumplan con la caracterización de trabajo decente (C). Se puede determinar si un empleo es decente o no y en qué grado haciendo uso de los indicadores del manual de la OIT denominado *Decent work indicators. Guidelines for producers and users of statistical and legal framework indicators* (34).

Las dos tipologías de empleos verdes se definen como (30):

- El empleo en la producción de resultados medioambientales (A) es "el empleo en la producción de bienes y servicios medioambientales destinados al consumo fuera de la unidad de producción".
- El empleo en los procesos medioambientales (B) es "el empleo en la producción de bienes y servicios medioambientales destinados al consumo dentro de la unidad de producción". También incluyen los puestos de trabajo en los que se hace uso de procedimientos o prácticas de trabajo y de tecnologías para lograr que los procesos de producción dentro de las unidades económicas sean más respetuosos con el medioambiente.

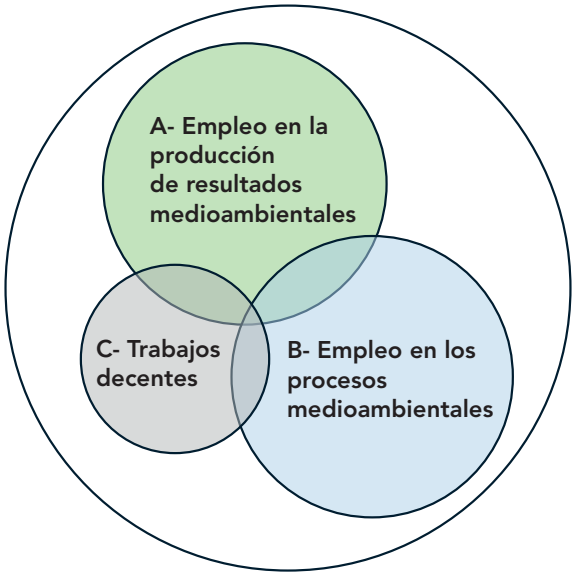


Figura 3. *Relaciones entre el empleo total, el empleo en el sector del medioambiente y el trabajo decente. Fuente: elaboración a partir del documento de la OIT de 2013 (30).*[1]

Esta clasificación, a pesar de ser bastante genérica, contempla la dimensión social de los empleos verdes: que sean también decentes, es decir, empleos que buscan asegurar condiciones laborales justas y dignas para todos, incluyendo la seguridad y salud en el trabajo.

4.3. Clasificación de ocupaciones del Centro Nacional para el Desarrollo de O*NET

El Departamento de Trabajo de los Estados Unidos encargó al Centro Nacional para el Desarrollo de O*NET (Occupational Information Network) definir un marco para ocupaciones verdes, con el fin de conocer el impacto de las actividades y tecnologías de la economía verde en los requisitos para el empleo y las ocupaciones.

En 2009, a raíz de este encargo, el Centro Nacional junto con la Universidad Estatal de Carolina del Norte elaboraron un estudio, reflejado en el doucmento *Greening of the World of Work: Implications for O*NET-SOC and New and Emerging Occupations* (35), que aporta tres definiciones interesantes: economía verde, ocupación y ecologización de las ocupaciones.

Considera que "la economía verde engloba la actividad económica relacionada con la reducción del uso de combustibles fósiles, la disminución de la contaminación y las emisiones de gases de efecto invernadero, el aumento de la eficiencia del uso de energía, el reciclaje de materiales y el desarrollo y adopción de fuentes de energía renovable".

El segundo concepto, ocupación, lo define como "un conjunto de trabajos, ubicados en más de un establecimiento en el que se realiza un conjunto común de tareas o están relacionados en términos de similares objetivos, metodologías, materiales, productos, acciones de las personas trabajadoras o sus características".

Por último, con ecologización de las ocupaciones se refiere "al grado en que las actividades y tecnologías de la economía verde aumentan la demanda de ocupaciones existentes, moldean el trabajo y los requisitos del personal necesarios para el desempeño ocupacional, o generan trabajos y requisitos únicos de las personas trabajadoras".

---

[1] Empleo en el sector del medioambiente = A∪B. Empleos verdes = (A∪B)∩C.

A raíz de esta última definición y en línea con el objetivo del estudio, proponen una clasificación general de las **ocupaciones** en función de cómo se han visto afectadas por las actividades y tecnologías de la economía verde (figura 4):

- Ocupaciones verdes de mayor demanda: son aquellas en las que el impacto de la economía verde influye en la demanda de las ocupaciones ya existentes. En este contexto, consideran ocupaciones existentes aquellas que están incluidas en la base de datos de O*NET. En este caso, las ocupaciones no sufren cambios significativos en sus tareas ni en los requisitos que se les exigen a las personas que las realizan.

  Ejemplos de tales trabajos son personas que instalan o reparan líneas eléctricas, carpinteros/as y electricistas que trabajan en construcciones ecológicas, geocientíficos/as o gerentes de ciencias naturales.

- Ocupaciones verdes que requieren mayores habilidades: son aquellas ocupaciones existentes en las que el impacto de la economía verde sí ha supuesto un cambio significativo en las tareas y requisitos laborales (habilidades, conocimientos, etc.) manteniendo su objetivo o propósito. En este caso, el impacto en la demanda podría afectar o no.

  Se pone como ejemplo la profesión de arquitecto/a. Debido a los cambios en los empleos asociados a esta profesión, en la arquitectura se necesita ampliar los conocimientos en relación con el uso de materiales y técnicas de construcción energéticamente más eficientes. Otros ejemplos de ocupaciones que entran dentro de esta categoría son las personas que operan plantas de energía, técnicos/as especializados en automóviles y las personas dedicadas a la gestión de residuos y materiales reciclables.

- Las ocupaciones verdes nuevas y emergentes: son aquellas que surgen debido a la "generación de necesidades laborales completamente nuevas por la ecologización de la economía". En el contexto de este estudio, se entiende por ocupaciones nuevas y emergentes "las ocupaciones que implican un trabajo significativamente diferente al realizado en otras ocupaciones y que no están adecuadamente reflejadas en el sistema O*NET existente".

  En esta categoría se encontrarían ocupaciones asociadas a la climatización o sellado de edificios para mejorar la eficiencia energética, marketing de productos o servicios verdes, ingeniería de investigación y desarrollo de tecnología verde y ocupaciones en áreas de agricultura de precisión y cultivo de biomasa en el futuro.

Una vez definidas las categorías, identificaron las ocupaciones existentes en la base de datos O*NET y las ocupaciones nuevas y emergentes. Esto se logró mediante un proceso sistemático de búsqueda y revisión de la literatura existente, identificación de nombres de ocupaciones y comparación con la base de datos O*NET. Aquellas ocupaciones nuevas requerían ser creadas de cero en esta base de datos. En la página web de la O*NET (36) se puede acceder a los listados de las ocupaciones en función de su categoría y sector.

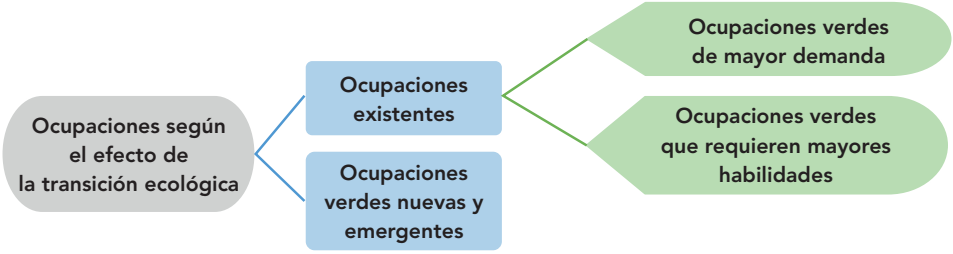


*Figura 4. Esquema de la clasificación general de las ocupaciones de O*NET, en función de cómo se han visto afectadas por las actividades y tecnologías de la economía verde.*

Por otro lado, este estudio propone doce **sectores** dentro de la economía verde, que, aunque no crean una lista exhaustiva, son los más mencionados en la bibliografía recalcando así su importancia para los académicos. Estos sectores no son independientes entre sí, puesto que una misma ocupación podría cumplir las condiciones para formar parte de dos o más sectores distintos.

- Generación de energías renovables: solar, eólica, geotérmica, biomasa y fuentes de energía tradicionales no renovables (petróleo, carbón, gas y nuclear) transformadas con nuevas tecnologías para hacerlas más sostenibles o menos dañinas para el medioambiente.
- Transporte: aumento de la eficiencia (menor consumo de recursos) y reducción de la contaminación, ya sea por carretera, por ferrocarril u otros medios.
- Eficiencia energética: utilización de la energía de forma más eficiente, por ejemplo, con una respuesta a la demanda más ajustada o mediante redes eléctricas inteligentes (smart grids) para una mejor distribución y consumo.
- Construcción verde: construcción o renovación de edificios de forma más sostenible mediante tecnologías de construcción ecológicas.
- Comercio de energía: aspectos financieros del mercado de energía (electricidad, gas o petróleo) y negocios relacionados con la compra y venta de emisiones de carbono.
- Captura y almacenamiento de energía y carbono: captura y almacenamiento de emisiones contaminantes como el CO_2 y tecnologías para reducir el impacto ambiental cuando se usa carbón u otros combustibles fósiles como el ciclo combinado de gasificación integrada (IGCC).
- Servicios de Investigación, diseño y consultoría: trabajos de apoyo a la economía verde como las asesorías técnicas, servicios profesionales especializados, investigaciones científicas, etc.
- Protección del medioambiente: aire más limpio y protección, restauración y adaptación del entorno al cambio climático.
- Agricultura y silvicultura: prácticas agrícolas, forestales y acuicultura que buscan la eficiencia en el uso de los recursos naturales (suelo, agua, etc.), utilización de productos naturales menos contaminantes, etc.
- Fabricación: elaboración de productos ecológicos, como turbinas eólicas, y aplicación de procesos de fabricación respetuosos con el medioambiente.
- Reciclaje y reducción de residuos: reciclaje y tratamiento adecuado de los desechos y de las aguas residuales y su reducción.
- Administración gubernamental y regulatoria: protección, conservación y cuidado del medioambiente mediante la aplicación de políticas, leyes y actuaciones de organismos públicos y privados.

4.4. Clasificación de Bowen y Hancké para la Comisión Europea

En 2019, se elaboró un estudio para la Comisión Europea con el objetivo de evaluar el impacto del desarrollo sostenible en la economía europea, reflejado en el documento *The Social Dimensions of "Greening the Economy"* (37). Los autores, Alex Bowen y Bob Hancké, amplían la taxonomía de los empleos verdes elaborada por la O*NET y, partiendo de la clasificación estadounidense de las ocupaciones, la trasladan al contexto de la UE bajo el supuesto de que "el diseño de los empleos en la UE es muy similar al de EE. UU.", pero sabiendo que "la correspondencia entre ocupaciones y sectores de la UE y EE. UU. no es perfecta".

También asumen las diferencias entre los países europeos en los ámbitos relacionados con la organización de las empresas, de las formas de trabajo y relaciones entre el personal en los lugares de trabajo, así como en la formación técnica y profesional.

Observaron que la clasificación ocupacional estadounidense se corresponde directamente con la Clasificación Internacional Uniforme de Ocupaciones (ISCO, por sus siglas en inglés) utilizada por Eurostat, y cotejaron las ocupaciones de la base de datos O*NET clasificadas como verdes con las ocupaciones identificadas en ISCO, concretamente, ISCO-88 y ISCO-08. De esta forma, pudieron identificar los empleos verdes en las encuestas de población activa de la UE.

En este estudio modifican la nomenclatura de las 3 categorías de O*NET (ocupaciones verdes de mayor demanda, que requieren mayores habilidades y nuevas y emergentes) empleando el término **empleo** (*job*) en lugar de ocupación (*occupation*).

Bowen y Hancké consideran que todos los otros empleos que no puedan clasificarse en una de estas 3 clases se consideran empleos no verdes (*non-green jobs*). Los autores distinguen, dentro de los empleos no verdes, entre los "Empleos rivales de los verdes" (*Green rival jobs*) y los "Otros empleos no verdes" (*Other non-green jobs*) (figura 5).

Definen los "Empleos rivales de los verdes" como trabajos similares a los empleos verdes de las 3 categorías de O*NET en lo que se refiere a los requisitos para realizarlos (habilidades y experiencia de las personas trabajadoras), pero que no están relacionados con actividades específicamente verdes. Consideran que "es más fácil, para las personas trabajadoras, la transición de dichos empleos a los empleos verdes (y viceversa) que de los otros empleos no verdes a los empleos verdes" (37). Asocian este tipo de empleos a los sectores de la agricultura, silvicultura y pesca; minería y canteras; y reparación de vehículos de motor y motocicletas.

Los "Otros empleos no verdes" requieren tareas y habilidades diferentes a las de la mayoría de las ocupaciones verdes. Por lo tanto, es poco probable que se vean afectados por la ecologización de las actividades económicas. En esta categoría podría incluirse profesiones como las relacionadas con el cuidado de personas o la educación.

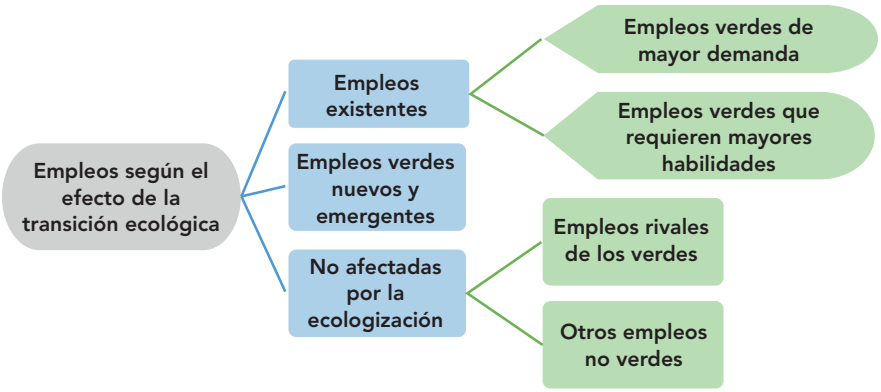


Figura 5. Esquema de la clasificación de empleos verdes de Bowen y Hancké para la Comisión Europea.

Por otro lado, adaptaron los **sectores** de la economía verde identificados por la O*NET a la nomenclatura europea NACE, o CNAE en España.

Bowen y Hancké complementaron los sectores de la O*NET (anexo I) bajo el razonamiento de que "cualquier ocupación que se identifique como verde en estas industrias es probable que también lo sea en otras" (37), ampliando así el alcance más allá de los sectores verdes y no verdes tradicionales.

Los grupos de CNAE de este listado utilizan las nomenclaturas de la versión de 2009. Debido a las fechas de los datos que emplearon en el estudio, agruparon las categorías para adaptarse a la versión CNAE-93. El listado de sectores de actividad económica resultó de la siguiente forma:

- Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca (Grupo A).
- Industrias extractivas (Grupo B).
- Industria manufacturera (Grupo C).
- Suministro de energía eléctrica, gas, vapor y aire acondicionado (Grupo D) y suministro de agua, actividades de saneamiento, gestión de residuos y descontaminación (Grupo E).
- Construcción (Grupo F).
- Comercio al por mayor y al por menor; reparación de vehículos de motor y motocicletas (Grupo G).
- Hostelería (Grupo I).
- Transporte y almacenamiento (Grupo H) e información y comunicaciones (Grupo J).
- Actividades financieras y de seguros (Grupo K).
- Actividades inmobiliarias (Grupo L), actividades profesionales, científicas y técnicas (Grupo M) y actividades administrativas y servicios auxiliares (Grupo N).
- Administración pública y defensa; Seguridad Social obligatoria (Grupo O).
- Educación (Grupo P).
- Actividades sanitarias y de servicios sociales (Grupo Q).
- Actividades artísticas, recreativas y de entretenimiento (Grupo R) y otros servicios (Grupo S).
- Actividades de los hogares como empleadores de personal doméstico; actividades de los hogares como productores de bienes y servicios para uso propio (Grupo T).
- Actividades de organizaciones y organismos extraterritoriales (Grupo U).

4.5. Clasificación de ocupaciones de la Fundación Biodiversidad y la Oficina Española de Cambio Climático

La Fundación Biodiversidad (FB) y la Oficina Española de Cambio Climático llevaron a cabo, en 2023, el estudio reflejado en el documento Empleo y transición ecológica. Yacimientos de empleo, transformación laboral y retos formativos en los sectores relacionados con el cambio climático y la biodiversidad en España (38) con el objetivo de identificar los yacimientos de empleo y las nuevas competencias y capacidades técnicas y profesionales requeridas para el proceso hacia la transición verde.

El estudio se centró en el análisis de los sectores de actividad prioritarios de la transición ecológica. Para ello definieron catorce ejes que, o bien respondían al cumplimiento de normativas o estrategias en materia de energía, clima y biodiversidad, o bien se caracterizaban por su "potencial trasformador, de reconversión y de generación de empleos en nuestro territorio", teniendo en cuenta los empleos emergentes o nuevos y los ya existentes, pero que necesitan una adaptación.

Estos ejes se agrupan a su vez en dos ámbitos: Clima, que incluye aquellos sectores o actividades vinculadas a la mitigación y adaptación al cambio climático, y Biodiversidad, cuyas actividades están ligadas a la gestión y conservación de la diversidad biológica. Además, se identificaron varias actividades denominadas "transversales" a los dos ejes que también contribuyen a la transición ecológica, pero que no se analizan en el estudio: la investigación y desarrollo, los servicios tecnológicos, la formación y capacitación profesional, la consultoría técnica y económica y la gestión y transformación de residuos o economía circular. Esta última se ha incluido por su naturaleza transversal en todos los ejes, de clima y de biodiversidad, aunque sí se haya contemplado en el estudio.

En este trabajo no se han considerado únicamente los empleos verdes, sino que se ha ampliado a "todas las actividades relevantes o estratégicas para la transición ecológica y las ocupaciones que, de algún modo, se han visto o se verán afectadas por la misma" (38).

Una vez definidos los ejes, se identificaron las ocupaciones más relevantes o estratégicas en los próximos 10 años mediante la consulta a un grupo de agentes sectoriales. Finalmente, de entre todas las ocupaciones relevantes identificadas, se elaboró una selección de 40 ocupaciones prioritarias. Para ello, se pidió a los agentes consultados que seleccionaran 2 o 3 de entre las más relevantes, según su criterio, dentro del eje de su competencia. La FB, en su página web, tiene disponible un panel interactivo (39) donde pueden consultarse las ocupaciones identificadas.

A continuación, se listan los ejes identificados en este estudio divididos en función del ámbito: clima o biodiversidad (38).

El ámbito Clima se divide en 7 ejes (figura 6) y se recogen las actividades "encaminadas a reducir las emisiones netas de gases de efecto invernadero a la atmósfera y prevenir y limitar los impactos potenciales y los riesgos derivados del cambio climático":

CC1. Rehabilitación energética de edificios y eficiencia energética.

Recoge actividades relacionadas con la renovación de los edificios priorizando la eficiencia energética (instalación o sustitución de sistemas de aislamiento térmico, de la carpintería, de los sistemas de iluminación) y la incorporación de las energías renovables, por ejemplo, para los sistemas de calefacción.

CC2. Construcción de viviendas de bajo consumo.

Incluye actividades dirigidas al diseño y construcción de edificios de bajo consumo prestando atención a los sistemas de aislamiento térmico y acústico, el empleo de fuentes renovables en los sistemas térmicos y eléctricos, la instalación de tecnologías de regulación y control del consumo eléctrico, entre otros.

CC3. Medio urbano: urbanismo y movilidad sostenible.

Engloba actividades relacionadas con el diseño de planes de movilidad urbana sostenibles de cero o bajas emisiones en los que se promueve el uso del transporte público (aparcamientos disuasorios), el desplazamiento a pie o en bicicleta y el uso de vehículos que utilicen combustibles no fósiles.

CC4. Producción de energía renovable.

Incluye actividades relacionadas con la producción de energía procedente de fuentes renovables: eólica, solar fotovoltaica, biomasa, solar termoeléctrica, biocarburantes, minihidráulica, solar térmica, geotermia, marina, etc.

CC5. Emergencias climáticas: protección y respuesta frente a eventos extremos.

Abarca actividades dirigidas a la observación del clima, el desarrollo de planes de contingencia en caso de riesgo climático o la gestión y restauración una vez ocurrido el fenómeno.

CC6. Medios de transporte electrificados (vehículo eléctrico).

Engloba actividades relacionadas con la integración de energías renovables en la movilidad: la electrificación de los vehículos, el desarrollo de una red de puntos de recarga, el uso de biocombustibles como el biometano y el hidrógeno verde y la fabricación de baterías, equipos y otros componentes para este tipo de vehículos.

CC7. Economía circular.

Incluye actividades involucradas en el diseño y en la retirada o reciclaje de los materiales o productos, por ejemplo, el diseño de productos orientado a facilitar su reciclaje, el uso de materia prima obtenida del reciclaje, la reparación de productos para darles un segundo uso y el reciclaje de minerales procedentes de los dispositivos tecnológicos.

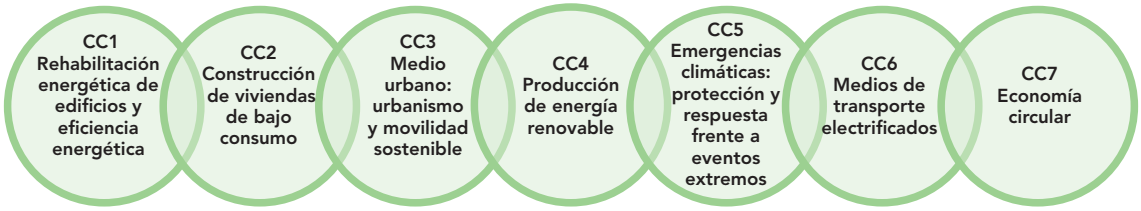


Figura 6. *Ejes que conforman el ámbito Clima.*

El ámbito Biodiversidad también se divide en 7 ejes (figura 7) y engloba las actividades centradas en "la conservación y gestión responsable de la biodiversidad, la infraestructura verde, la conectividad y restauración ecológicas" con el objetivo de revertir la pérdida de diversidad biológica.

BIO1. Renaturalización urbana.

Este concepto consiste en el refuerzo del papel de la naturaleza en el entorno urbano mediante el impulso de la infraestructura verde, la conectividad entre los espacios verdes y azules, la restauración de los ecosistemas fluviales para evitar inundaciones, entre otros.

BIO2. Gestión del patrimonio natural y las áreas protegidas.

Abarca actividades relacionadas con la protección y gestión de ecosistemas terrestres y marinos. Incluye tareas como la vigilancia y conservación de espacios naturales (seguimiento y evaluación de la biodiversidad mediante indicadores o recuperación de fauna), la prevención y lucha contra incendios forestales, así como el mantenimiento de infraestructuras verdes.

BIO3. Restauración ecológica.

Las actividades de este eje están relacionadas con: la remediación ambiental, la restauración del relieve natural, la reintroducción de especies de flora y fauna, la reforestación, etc.

BIO4. Turismo de naturaleza sostenible.

En el turismo sostenible están involucrados diferentes ámbitos de actividad como los guías turísticos, la elaboración de producto local, la elaboración de productos artesanales o la hostelería, con la finalidad de evitar o controlar la generación de residuos, la contaminación del aire, el agua o el suelo y la amenaza para la biodiversidad, entre otros.

BIO5. Explotaciones agropecuarias sostenibles (agricultura, ganadería, apicultura).

Se incluyen prácticas agropecuarias donde se impulsan las estrategias de riesgo para el aprovechamiento de los recursos hídricos, integración de agricultura y ganadería en una misma parcela, reducción en el uso de antibióticos en la alimentación del ganado, diseño de instalaciones adecuadas para crear un entorno más saludable para los animales, etc.

BIO6. Pesca y acuicultura sostenibles.

Algunos ejemplos de actividades emergentes en este eje son el cultivo de micro y macroalgas, la integración de las actividades de producción de energía con las prácticas acuícolas y el turismo pesquero y marinero, orientadas al cuidado de la biodiversidad y los ecosistemas marinos.

BIO7. Gestión forestal sostenible.

Engloba actividades que comprenden la gestión sostenible de los ecosistemas forestales orientada a la producción de biomasa como fuente de energía renovable y a la captura de carbono mediante sumideros naturales. Además, se contempla el aprovechamiento de productos obtenidos de dicha gestión forestal y la identificación de especies autóctonas con capacidad de adaptación frente al cambio climático.

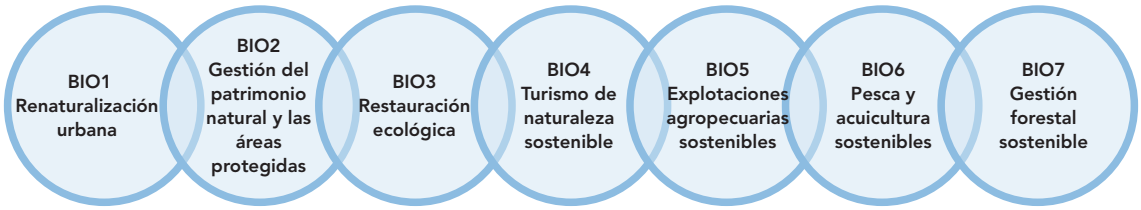


Figura 7. *Ejes del ámbito Biodiversidad.*

4.6 Clasificación de habilidades verdes de ESCO

ESCO (*European Skills, Competences, Qualifications and Occupations*) es la clasificación multilingüe europea de habilidades, competencias y ocupaciones, un proyecto de la Comisión Europea, dirigido por la Dirección General de Empleo, Asuntos Sociales e Inclusión. Es una herramienta que describe, identifica y clasifica las ocupaciones profesionales y las competencias relevantes para el mercado laboral y la educación y la formación de la UE.

La taxonomía de ESCO desempeña "un papel central como taxonomía europea de competencias y ocupaciones" (40) y consta de tres pilares: ocupaciones, habilidades/competencias y calificaciones. Esta clasificación proporciona una terminología estandarizada y determina las competencias necesarias para cada ocupación estableciendo un vínculo entre ellas.

La Agenda de Capacidades Europea (*European Skills Agenda*) es un plan quinquenal elaborado por la Comisión Europea para ayudar a las personas y a las empresas a desarrollar más y mejores capacidades y a ponerlas en práctica, entre otros, reforzando la competitividad sostenible, tal como se establece en el Pacto Verde Europeo. Esta agenda incluye 12 acciones, siendo la sexta: Habilidades para apoyar las transiciones gemelas (*twin transitions*), que son la transición ecológica y la digital. ESCO respondió a esta llamada a la acción y ha añadido información al segundo pilar (habilidades/competencias) diferenciando entre habilidades verdes, blancas y marrones (40) (figura 8).

- Las habilidades verdes "reducen el impacto negativo de la actividad humana en el medioambiente".
- Las habilidades blancas "no aumentan ni reducen el impacto negativo de la actividad humana en el medioambiente". Incluyen en esta categoría actividades que, aunque no generan un alto impacto ambiental tampoco ayudan a mejorar el medioambiente, por ejemplo, aquellas

vinculadas al ámbito del cuidado o la gestión de personal. Justamente porque no encajan claramente en ninguna categoría, representan un reto para los sistemas de clasificación y pueden afectar la fiabilidad de los resultados. Esto da lugar a falsos positivos, es decir, "competencias no ecológicas que el modelo clasifica como ecológicas".

- Las habilidades marrones "aumentan el impacto negativo de la actividad humana en el medioambiente".

La determinación de si una habilidad es verde o no se ha logrado siguiendo una metodología en 3 pasos. Primero se identificaron aquellas habilidades consideradas verdes de forma manual y también mediante machine learning (primer y segundo paso), en base a la definición de habilidad verde (green skill) que proporciona Cedefop, ya citada anteriormente. El tercer paso fue la comparación de los hallazgos de ambos métodos de identificación siguiendo un criterio para determinar, de forma definitiva, qué habilidades se etiquetan como verdes. Un total de 591 habilidades y conocimientos de ESCO se clasificaron como verdes y se asociaron a diferentes sectores económicos cubriendo las actividades del mercado laboral europeo.

Algunos de estos sectores con ocupaciones para las que se requieren habilidades verdes son: la construcción e ingeniería civil, la tecnología de protección del medioambiente, los servicios de transporte, el derecho, la ingeniería y procesos químicos, la electricidad y energía o la producción agrícola y ganadera (41).

Este listado de habilidades verdes puede consultarse a través de la página web de ESCO, tanto de forma online (42), añadiendo el filtro green, como mediante descarga (41) siguiendo las instrucciones de su página web.

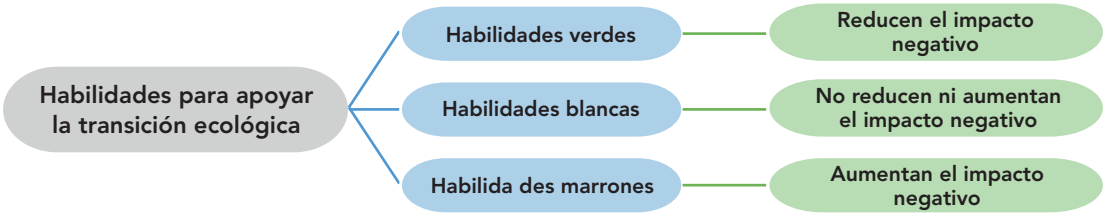


Figura 8. Esquema de la clasificación de ESCO de habilidades para apoyar la transición ecológica.

4.7 Análisis de las clasificaciones

Al igual que no ha habido consenso en la definición, tampoco lo ha habido en su taxonomía. Esto ocurre, en parte, por la diversificación de actividades que pueden ser verdes. Por otro lado, en función de la finalidad de la clasificación, esta estará orientada de una manera u otra; no se procede de la misma forma en la organización de la información para proporcionar datos estadísticos, económicos o sobre el impacto en el empleo.

Las clasificaciones que se recogen en este documento muestran diferentes enfoques de organización de la información relativa a las actividades relacionadas con la ecologización, la transición ecológica y los empleos verdes. Al igual que en el caso de las definiciones, se observan ciertas similitudes, pero sus finalidades son dispares y por eso se enfocan en distintos atributos (tabla 2).

	FINALIDAD	ASPECTOS RELEVANTES
Instituto Nacional de Estadística.	Estadísticas sobre economía.	Clasificación cruzada de las actividades para las Cuentas de Bienes y Servicios Ambientales: • Clasificación Nacional de Actividades Económicas (CNAE). • Dominios ambientales: CEP.
Organización Internacional del Trabajo.	Estadística.	La forma de cuidado del medioambiente: • Protección ambiental. • Gestión de recursos. Tipo de actuaciones verdes de las empresas: • Producción de bienes y servicios ecológicos. • Cambios a procesos y tecnologías de trabajo ecológicos.
Centro Nacional para el Desarrollo de O*NET.	Evaluar el impacto de la ecologización en los requisitos para el empleo y las ocupaciones.	Afectación a las ocupaciones existentes: • Aumento de la demanda. • Mayores requerimientos en habilidades y competencias. Aparición de nuevas ocupaciones por nuevas necesidades laborales: • Ocupaciones verdes nuevas y emergentes.
Bowen y Hancké (Comisión Europea).	Evaluar el impacto del desarrollo sostenible en la economía europea.	Se basa en la clasificación de ocupaciones proporcionada por O*NET. Utiliza el término "empleo" en lugar de "ocupación". Añade a las 3 categorías de O*NET, categorías para los empleos no verdes: • Empleos rivales de los verdes. • Otros empleos no verdes.
Fundación Biodiversidad y Oficina Española de Cambio Climático.	Evaluar el impacto de la transición verde en la creación de empleo.	Clasificación en 14 ejes de los sectores de actividad prioritarios en la transición ecológica, que a su vez se agrupan en: • Mitigación y adaptación al cambio climático. • Gestión y conservación de la biodiversidad. Considera, además de los empleos verdes, todos aquellos implicados en la transición ecológica. De forma anexa, se agruparon, en la categoría de transversales, actividades que contribuyen a la transición, pero no de forma directa.
Clasificación Europea de Capacidades, Competencias y Ocupaciones.	Definir la tipología de las habilidades en función de su impacto en el medioambiente.	Impacto negativo de la actividad humana en el medioambiente: pueden reducirlo (verdes), aumentarlo (marrones) o un término medio, es decir, no aumentarlo gravemente pero tampoco mejorarlo (blancas).

Tabla 2. Finalidad y aspectos relevantes de las clasificaciones.

Teniendo presente el hecho de que los empleos verdes se caracterizan principalmente por su contribución a la preservación y mejora del medioambiente, parece razonable clasificarlos de este modo. En el ámbito internacional (OIT) y en el europeo y nacional (CBSA), se divide dicha contribución mediante dos actuaciones principales: la protección del medioambiente y la gestión de los recursos naturales.

Por lo tanto, se pueden clasificar los empleos verdes de la siguiente forma:

- Empleos en los que se realizan actividades que contribuyen a eliminar o reducir el daño al medioambiente (protección del medioambiente). También se incluyen las empresas que ejecutan cambios en sus organizaciones con este mismo objetivo. De esta forma, se logra una eliminación o reducción de la contaminación (ruido, vibraciones, radiaciones, emisiones de carbono, contaminación de suelos y aguas, etc.) y se evita la destrucción de los ecosistemas.
- Empleos en los que se realizan actividades que contribuyen a la gestión de los recursos naturales. También se incluyen las empresas que ejecutan cambios en sus organizaciones con este mismo objetivo. Esto se puede lograr mediante la reutilización de los recursos (agua, minerales, materias primas, etc.), la utilización de energías de origen renovable, la reparación y reciclaje de los productos para darles una segunda vida o el cuidado de los espacios naturales (bosques, campos, mares, océanos, etc.).

Algunos ejemplos de actividades que contribuyen a **eliminar o reducir el daño al medioambiente** son:

- Actividades agrícolas dirigidas a la producción respetuosa con el medioambiente mediante, por ejemplo:
  - el empleo de productos fitosanitarios basados en componentes naturales y orgánicos,
  - la implantación de métodos de riego con un consumo de agua más eficiente,
  - la selección de cultivos locales o más resistentes para aprovechar los recursos ya existentes en el entorno (tipo de suelo, clima),
  - el uso de métodos agrícolas como la agricultura regenerativa, dirigida a la restauración del suelo, mejorando su fertilidad, biodiversidad y resiliencia.
- Actividades relacionadas con la pesca extractiva sostenible donde:
  - se empleen métodos de pesca selectiva evitando capturas de especies de forma accidental.
  - se respeten las poblaciones de las especies, evitando una pesca masificada y cumpliendo con los límites de captura.
- Fabricación de productos fitosanitarios con componentes naturales y orgánicos con el objetivo de reducir la contaminación de la flora, el suelo, el agua, etc.
- Control de plagas mediante la lucha biológica, es decir, mediante la utilización de organismos vivos que son enemigos naturales de aquellos cuya población se pretende controlar.
- Actividades de descontaminación del suelo y del agua (superficial, subterránea, océanos y mares, incluidas las costas), por ejemplo, la descontaminación de minas o debida a vertidos de contaminantes.
- Transporte de pasajeros o mercancía por carretera con vehículos que emplean fuentes de energía renovables.
- Elaboración de planes de movilidad urbana sostenible en los que:

- se promueva el uso del transporte público frente al privado, impulsando el vehículo eléctrico o que utilice combustibles alternativos a los fósiles,
- se realice un diseño eficaz de las vías para el uso de bicicletas de forma segura,
- se promuevan las vías peatonales para fomentar el desplazamiento a pie.

- Actividades de asesoramiento en ingeniería ambiental y relacionadas, como la realización de estudios de viabilidad técnica y de impacto ambiental previos a la ejecución de un proyecto de parque eólico, o estudios de carácter medioambiental para la elaboración de los planes de movilidad urbana sostenibles.
- Actividades de campañas de educación de la ciudadanía, de recaudación de fondos, etc. para la defensa del medioambiente (movimientos ecológicos).

Algunos ejemplos de actividades que contribuyen a la **gestión de recursos naturales** son:

- Actividades de conservación y mantenimiento de bosques y zonas forestales, parques nacionales, naturales y reservas, así como de los árboles de las zonas urbanas, como, por ejemplo, su limpieza para la prevención de incendios.
- Actividades de valorización, tratamiento y transformación de residuos de todos los sectores productivos y en todo el circuito de fabricación, uso y recuperación de productos, con el objetivo de crear materias primas secundarias, por ejemplo:
  - Recolección y producción de residuos de la explotación forestal, por ejemplo, matorrales, astillas de madera de la tala y otros residuos forestales para su uso como recurso energético.
  - Recuperación de energía mediante el tratamiento térmico de los residuos.
- Actividades relacionadas con obras nuevas o de rehabilitación con el objetivo de mejorar la eficiencia energética y lograr un bajo consumo, por ejemplo:
  - Diseño del edificio considerando el entorno, el clima, los materiales de construcción, los sistemas constructivos, las fuentes de energía, las instalaciones térmicas y de iluminación, etc.
  - Planificación y ejecución de la obra seleccionando procedimientos y maquinaría que conlleven el menor consumo de energía posible.
  - Sustitución de los sistemas de aislamiento térmico, de la carpintería o de los sistemas de iluminación por otros más energéticamente eficientes.
  - Instalación, de sistemas de generación de calor basados en fuentes de energía renovables.
- Reparación y mantenimiento especializados de materiales o de bienes para darles un segundo uso.
- Fabricación de combustibles alternativos a los fósiles, como, por ejemplo:
  - Combustibles sólidos a partir de biomasa vegetal (briquetas, madera para combustible y pellets, desechos y pedazos de madera, paja u otra biomasa vegetal).
  - Biocombustibles (biodiésel, biometano, bioetanol, hidrógeno verde).
- Fabricación e instalación de bienes que obtienen su energía de fuentes de energía renovables como sistemas de iluminación solar, calderas de calefacción central y calentadores de agua solares, o paneles solares.
- Diseño y fabricación de vehículos eléctricos o que utilicen combustibles alternativos a los fósiles.

- Construcción de parques de energía solar o de energía eólica, así como su alquiler.
- Explotación de instalaciones de generación que producen energía eléctrica a partir de fuentes renovables: biocombustibles gaseosos, energía hidroeléctrica, energía eólica terrestre y marina, energía solar fotovoltaica, energía solar térmica, energía geotérmica y energía de las mareas, las olas y los océanos.
- Actividades de asesoramiento sobre ahorro energético, como la investigación para el desarrollo de sistemas innovadores para la eficiencia energética en edificios.
- Actividades de ingeniería de soluciones para la economía circular, como el diseño de modelos de negocio en economía circular, para ayudar a las empresas con esta transformación.

Haciendo un repaso de las diferentes clasificaciones expuestas, algunos de los otros aspectos que tienen en cuenta completan la clasificación anterior (figura 9). Dependiendo de cómo afecta la transición ecológica al empleo pueden ocurrir dos escenarios: que los empleos existentes se adapten o que se creen nuevos empleos debido al descubrimiento de nuevas formas de contribución al cambio.

Asimismo, las empresas y organizaciones pueden actuar ofreciendo un producto o un servicio a terceros para fomentar el cuidado del medioambiente o ejecutando cambios en sus procesos y métodos de trabajo para que su actividad tenga un impacto negativo cero o mínimo.

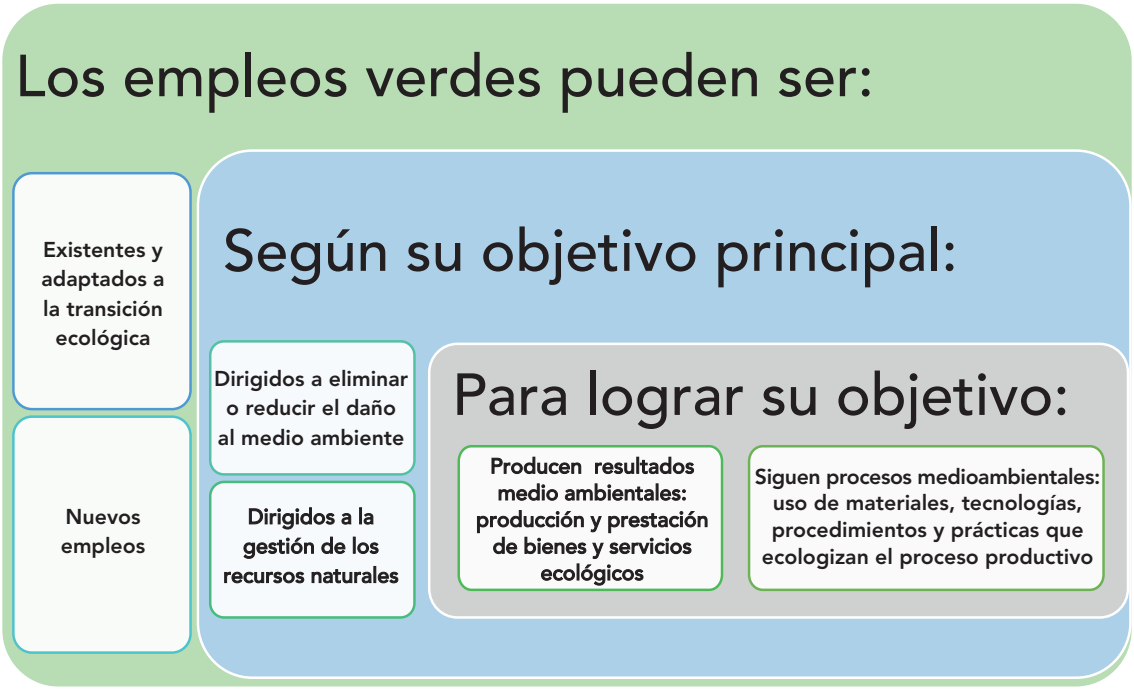


Figura 9. Conclusión sobre la clasificación de los empleos verdes considerando todos los aspectos analizados.

5. Implicaciones de los empleos verdes para la seguridad y la salud

La nueva economía, consecuencia de la transición ecológica derivada de la crisis climática y las políticas y normativas internacionales y europeas en relación con la protección del medioambiente, ocasionará cambios tanto por la creación de nuevas empresas como por la adaptación de las existentes a nuevos métodos y procesos de trabajo y a la generación de nuevos productos y servicios. Se podrán producir cambios en la forma de organizar la mano de obra y en las exigencias laborales, por ejemplo, en la adaptación de las tareas o trabajos y en la formación del personal, tanto para su actualización como para la adquisición de nuevas competencias (43).

Para sumarse a una política empresarial más respetuosa con el medioambiente, las empresas y organizaciones adoptan cambios principalmente centrados en el uso de tecnologías y materiales ecológicos, en la reutilización o el reciclaje, el uso de fuentes de energía o combustibles de origen renovable o la aplicación de métodos o procesos de trabajo de cero residuos o cero emisiones, entre otros (44).

Pero "cuando predominan las preocupaciones medioambientales, existe la posibilidad de que el riesgo se transfiera a las personas trabajadoras" (45). "Es habitual asociar la palabra "verde" con la seguridad, pero lo que respeta el medioambiente no tiene por qué respetar también la salud y la seguridad de las personas que realizan ese tipo de trabajo" (46). Y aunque se desconozca el alcance exacto de su peligrosidad, ya que esto dependerá del trabajo concreto, se puede afirmar que los empleos verdes, como todos los trabajos, conllevan la exposición a unos riesgos.

La Agencia Europea para la Seguridad y Salud en el Trabajo (EU-OSHA, por sus siglas en inglés) encargó, a un grupo de expertos, en 2013, un estudio prospectivo, denominado *Green jobs and occupational safety and health: Foresight on new and emerging risks associated with new technologies by 2020* (47), sobre los riesgos laborales nuevos y emergentes asociados a las nuevas tecnologías en relación con los empleos verdes. En este informe destacan una serie de retos para la seguridad y salud en el trabajo (SST) que se presentan en todos los empleos verdes a pesar de su diversidad (figura 10):

- Procesos de trabajo: la descentralización de los procesos de trabajo debida a la dispersión de los lugares de trabajo supone una dificultad para su supervisión y control, lo que da lugar a un mayor reto para el mantenimiento de unas condiciones adecuadas de SST y de unas prácticas de trabajo seguras.
- Subcontratación: el incremento del trabajo subcontratado, por cuenta propia y un aumento de las micro y pequeñas empresas puede dificultar el acceso a los recursos y servicios relacionados con la SST, así como la posibilidad de una cultura de prevención menos desarrollada.
- Formación: en los empleos verdes pueden surgir necesidades de formación por la aplicación de nuevas tecnologías y procesos ecológicos que requieren conocimientos específicos que no están plenamente desarrollados. La posible exposición a riesgos ya conocidos o "antiguos" o a nuevas combinaciones de riesgos también requeriría una nueva capacitación. Otra dificultad será la contratación de personal atraído por las oportunidades laborales que ofrecen estos empleos con una capacitación que no se ajusta a las necesidades del trabajo y con poco o ningún conocimiento sobre los desafíos de estos nuevos empleos.
- Capacitación: falta de personal con las habilidades o formación necesarias, lo que promueve la aceptación de trabajos con peores condiciones laborales y más difíciles, que suelen implicar tareas más peligrosas.

- Automatización: incremento de la automatización. Aunque, por un lado, un mayor apoyo en la tecnología de robotización puede mejorar las condiciones de seguridad en el trabajo, también puede causar nuevos retos debidos a la aparición de una dependencia de la tecnología y a problemas en la interfaz humano-máquina.
- Política medioambiental y de SST: nuevos retos debidos a la interferencia entre los intereses por el bien del medioambiente y por el bien de la SST. Esto puede ocasionar un detrimento en la seguridad en el caso de reforzar únicamente la parte ecológica.
- Nuevos materiales: uso de materiales nuevos potencialmente peligrosos. Estos materiales pueden tener características peligrosas que son difíciles de identificar, debido a que se requieren estudios a largo plazo, durante todo el ciclo de vida del material, para poder obtener información que permita la protección frente a los peligros que supone su utilización. El informe destaca la dificultad de esta tarea dado que "nadie permanece en el mismo puesto de trabajo de por vida, lo que dificulta la vinculación de los efectos sobre la salud con la exposición profesional" (47).

Todos estos desafíos hacen priorizar la anticipación a los nuevos riesgos para la seguridad y la salud de las personas trabajadoras en la fase de creación o diseño del empleo, proporcionando unas condiciones de trabajo seguras.

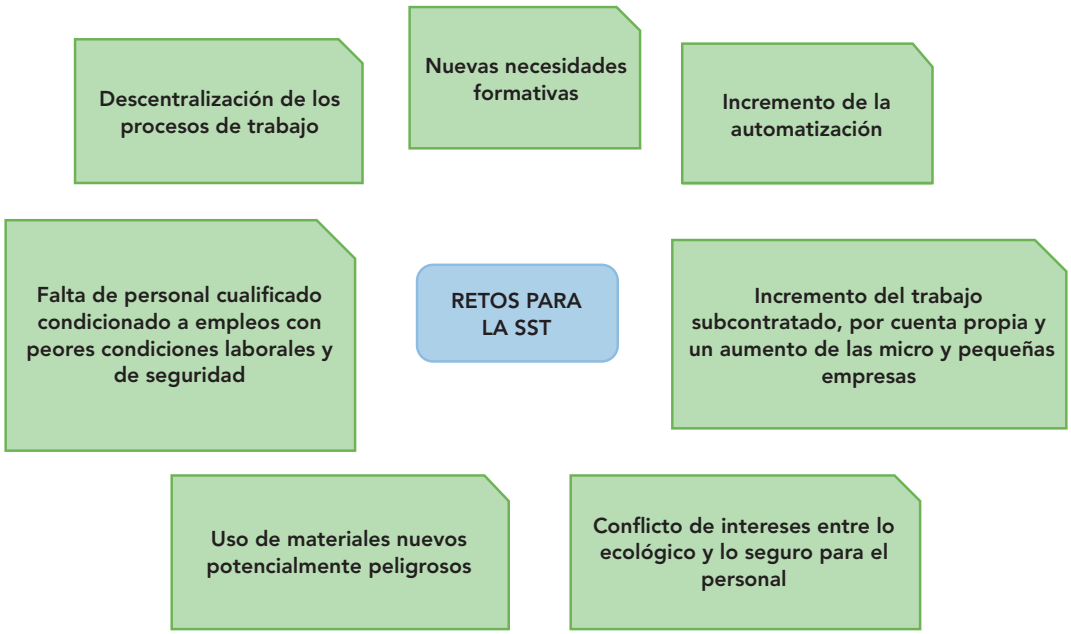


Figura 10. *Desafíos para la prevención de riesgos laborales de los empleos verdes. Fuente: elaborado a partir del estudio de EU-OSHA de 2013 (47).*

La EU-OSHA define un riesgo emergente para la seguridad y la salud en el trabajo como "cualquier riesgo laboral que sea tanto nuevo como creciente" (48).

Considera un riesgo como nuevo cuando es desconocido hasta la fecha y causado por la utilización o aplicación de nuevas tecnologías y procesos, o por cambios sociales u organizativos. También es el caso de un problema ya existente, que debido a cambios en las percepciones sociales o públicas o como resultado de nuevos conocimientos científicos, pasa a considerarse actualmente un riesgo. Un riesgo se considerará nuevo si aparece cuando el trabajo se realice en nuevos lugares de trabajo (48).

Por otro lado, un riesgo lo considera creciente cuando aumenta el número de peligros que materializan el riesgo o aumenta la probabilidad de exposición al peligro que origina el riesgo. También se considera creciente si el efecto sobre la salud de las personas trabajadoras empeora, bien por un incremento de la población afectada, bien por un incremento de la gravedad de las consecuencias (48). En la figura 11, se describen las características de los riesgos emergentes.

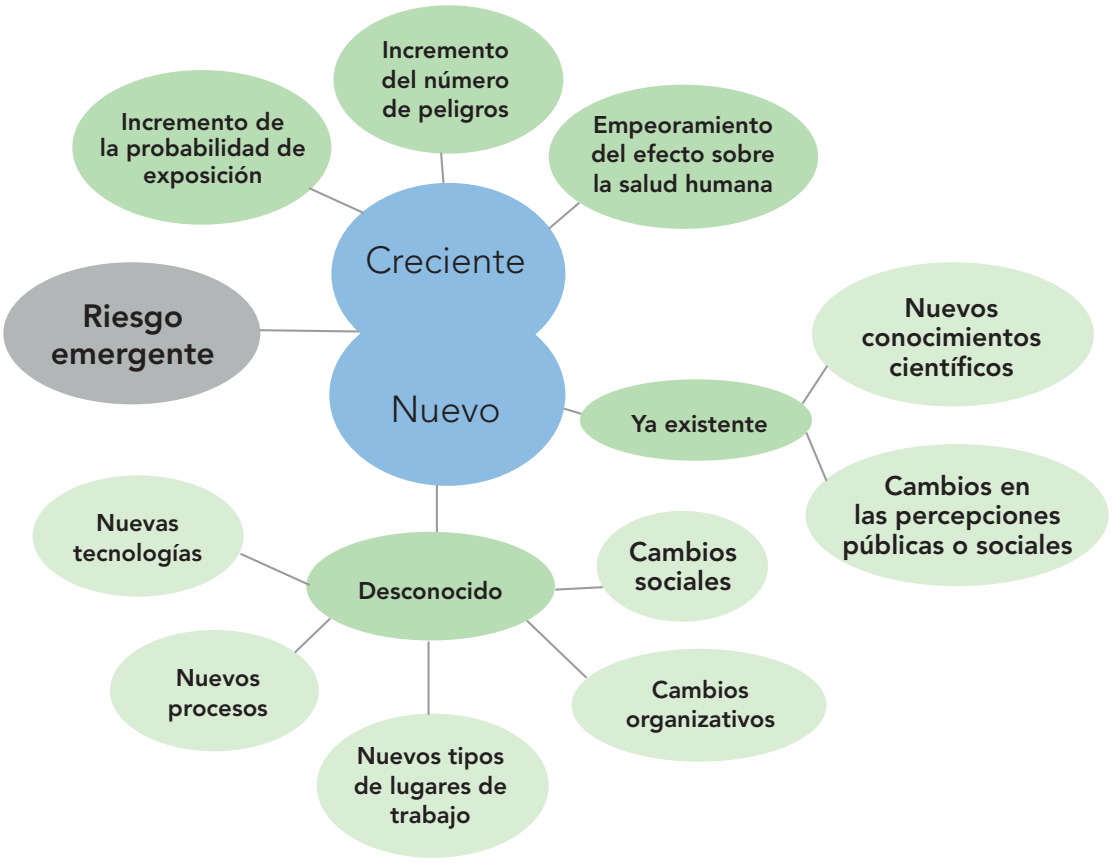


Figura 11. *Aspectos de la definición de los riesgos emergentes.*

El planteamiento de posibles escenarios futuros permite abrir un debate entre las diferentes partes interesadas y proporciona una buena herramienta para ampliar la visión de lo que podría ocurrir y así gestionar mejor la incertidumbre. Los escenarios deben tener lógica y coherencia de forma que puedan servir para tomar decisiones en el presente, promover políticas y estrategias e incluso valorar su eficacia. También pueden utilizarse para analizar aspectos concretos como, en este caso, los posibles riesgos futuros debidos a los cambios en las tecnologías y sistemas económicos orientados a un mundo más respetuoso con el medioambiente.

Este estudio prospectivo (47) se realizó en tres fases y fue fruto de una revisión bibliográfica extensiva, de la consulta mediante entrevistas a expertos y de la discusión de los posibles escenarios en grupos de trabajo. Se inició identificando los principales factores contextuales que impulsan el cambio que pueden contribuir a la aparición de riesgos emergentes para la SST asociados a nuevas tecnologías empleadas en los empleos verdes para 2020, ampliando, en determinados aspectos, hasta 2025.

A continuación, identificaron el conjunto de innovaciones tecnológicas clave que podrían introducirse en los empleos verdes, en los espacios temporales indicados, y que podrían dar lugar a

riesgos emergentes para la SST (figura 12). Las tecnologías identificadas se detallan en el anexo II. Y, por último, se definieron los escenarios, en base a los factores impulsores del cambio definidos, donde se exploró el posible desarrollo de las tecnologías identificadas y su impacto en la SST para el año 2025.

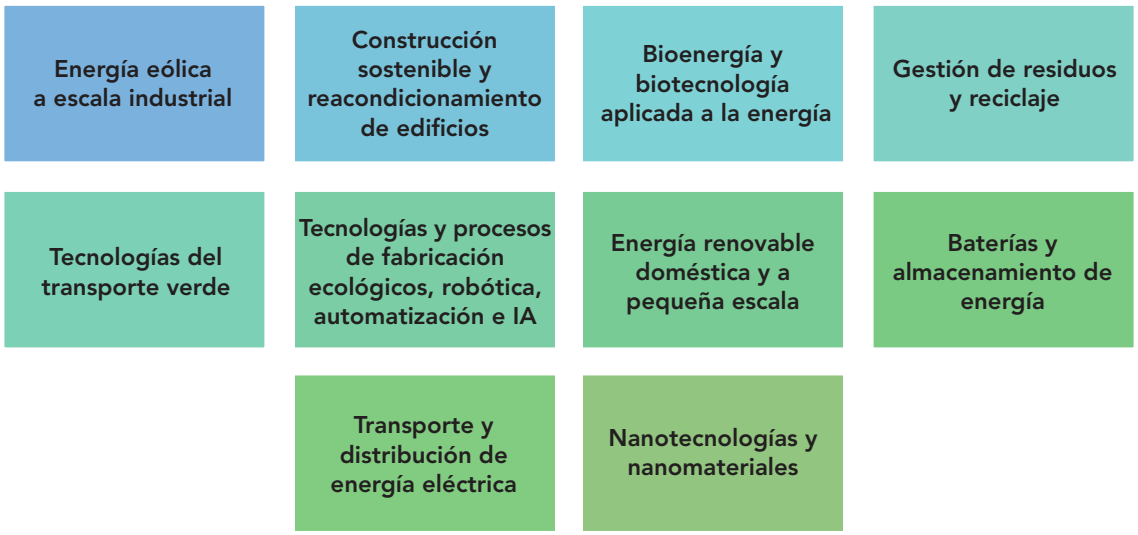


Figura 12. Conjunto de innovaciones tecnológicas claves identificadas en el estudio prospectivo de EU-OSHA. Fuente: elaborada a partir de la información contenida en el estudio de EU-OSHA de 2013 (47).

Los escenarios se definieron teniendo en cuenta tres aspectos: el crecimiento económico, los valores ecológicos y la innovación en tecnología verde. Los tres escenarios seleccionados fueron:

- Verde intenso (Deep green): se priorizan los valores ecológicos a costa del crecimiento económico. Bajo crecimiento económico, innovación ecológica intermedia y fuertes valores ecológicos.
- Ventajas para todas las partes (Win-win): el crecimiento económico se relaciona estrechamente con los valores ecológicos, apoyado por las innovaciones tecnológicas. Alto crecimiento económico e innovación ecológica y fuertes valores ecológicos.
- Mundo del lucro (Bonus world): se prioriza la prosperidad económica frente a los valores ecológicos. Alto crecimiento económico, media innovación ecológica y bajos valores ecológicos.

Los cambios sociales y económicos acaecidos desde la elaboración del estudio prospectivo de EU-OSHA hacen difícil asociar la situación actual a uno de los escenarios considerados, ya que correspondería más bien a una combinación los mismos. Por este motivo, de todas las implicaciones para la SST derivadas de la implantación de las nuevas tecnologías que se identificaron en el estudio prospectivo para cada escenario futuro, se han seleccionado aquellas que se identifican en las situaciones que más se asemejan al contexto actual (tabla 3).

Tecnología/área	Aspectos de los escenarios prospectivos identificados en el contexto actual	Implicaciones para la SST[2]
Energía eólica a escala industrial.	• La potencia eólica instalada ha crecido hasta llegar a los 230 GW. • Empleo de dispositivos electrónicos más fiables para el seguimiento y control de las infraestructuras. Se ha incrementado la instalación de parques eólicos en el medio marino, algunos de ellos a gran distancia de la costa.	• Riesgos en la fabricación de las turbinas eólicas debido a los nuevos diseños y la utilización de nuevos componentes y nanomateriales. • En los parques eólicos en alta mar: - Complejidad en la manipulación y transporte de los elementos de las turbinas, donde son necesarios buques especializados. - Problemas de acceso a las instalaciones, tanto para el montaje (incluyendo la cimentación) como para el mantenimiento. - Problemas psicosociales y organizativos como consecuencia de la permanencia lejos de la costa. • Riesgos en las actuaciones de desmantelamiento de los parques eólicos que han llegado al final de su vida útil en cuyo diseño no se contempló la seguridad en estas actuaciones. • Incremento de los riesgos en las tareas asociadas al reacondicionamiento de edificios y a la gestión de los residuos generados: caídas en altura, exposición a plomo y a amianto, etc. • Aunque el mantenimiento es exigente, las mejoras en los procesos de vigilancia ayudan a reducir mantenimientos imprevistos.
Construcción sostenible y reacondicionamiento de edificios.	• Ha aumentado la construcción de edificios a partir de módulos prefabricados, trasladando parte del proceso a ambientes industriales. • Se han adoptado medidas para reducir la huella de carbono del parque inmobiliario, entre ellas, el aislamiento de los elementos externos. • Los nuevos edificios incluyen sistemas de generación de energía (principalmente fotovoltaica) integrados en redes inteligentes y sistemas de recarga de automóviles eléctricos.	• Mejora de la seguridad en la construcción modular o prefabricada de edificios como consecuencia de su realización en entornos industriales controlados y a la reducción del número de tareas. • Exposición a sustancias nuevas como nanomateriales o compuestos fibrosos utilizados en materiales de construcción. • Exposición a sustancias presentes en el aire en obras en interiores como consecuencia de la mejora del aislamiento de la edificación. • Incremento de los riesgos en las tareas asociadas al reacondicionamiento de edificios y a la gestión de los residuos generados: caídas en altura, exposición a plomo y a amianto, etc. • Incremento del riesgo eléctrico debido al aumento de la integración de la red inteligente en los edificios.

[2] Se incluyen en esta columna, únicamente, las implicaciones para la SST que se mencionan en el estudio prospectivo citado. De todas, se han seleccionado aquellas que se identifican en las situaciones que más se asemejan al contexto actual.

Tecnología/área	Aspectos de los escenarios prospectivos identificados en el contexto actual	Implicaciones para la SST[2]
Bioenergía y biotecnología aplicada a la energía.	• Se ha incrementado la producción de biogás a partir de residuos agrícolas, de aguas residuales, etc. • Se ha producido un aumento en la producción y utilización de biocarburantes.	• Riesgos de incendio y explosión en las diferentes tecnologías de bioenergía. • En la producción, manipulación y almacenamiento de biomasa, el personal está expuesto a riesgos físicos, como las altas temperaturas; biológicos, durante los procesos de descomposición; y químicos, debido a los residuos tóxicos, por ejemplo, las cenizas de madera que contienen metales pesados. • Posibles problemas derivados de las diferencias en la composición del gas procedente de la biomasa frente a la de los combustibles fósiles.
Gestión y reciclado de residuos.	• Se ha incrementado la segregación de residuos mediante la utilización de sistemas automatizados. • Incremento de la recuperación de metales y tierras raras, habiendo adquirido gran relevancia la recuperación de metales valiosos procedentes de residuos urbanos (minería urbana). • Se extrae energía de los flujos de residuos mediante técnicas como la gasificación y la pirólisis.	• Dificultades en la identificación de las sustancias a las que está expuesto el personal, incluidos los nanomateriales conforme se va extendiendo su utilización. • Incremento de la exposición a sustancias peligrosas en la manipulación de residuos de origen industrial o procedentes de la minería urbana.
Tecnologías del transporte verde.	• El número de vehículos eléctricos se ha incrementado, al igual que los vehículos híbridos eléctricos conectables a la red. Este incremento ha sido mayor en vehículos utilizados en servicios urbanos como el reparto y el transporte público. • Existen vehículos que funcionan con biocarburantes o gas y comienzan a realizar pruebas con vehículos impulsados por hidrógeno. • Se han producido avances en relación con los vehículos sin conductor, especialmente en los trenes de metro.	• Riesgos de incendio y explosión durante la realización de cargas de vehículos, especialmente la carga rápida, y en caso de accidentes posteriores. • Riesgo eléctrico en las tareas de mantenimiento y reparación de vehículos eléctricos e híbridos. • Mejora de la seguridad de los ocupantes de vehículos sin conductor, si bien es necesario que dispongan de sistemas altamente fiables y a prueba de fallos en situaciones de problemas, accidente, etc. • Reducción de los riesgos asociados a los desplazamientos de las personas trabajadoras gracias a la implantación del teletrabajo y de las reuniones virtuales.

Tecnología/área	Aspectos de los escenarios prospectivos identificados en el contexto actual	Implicaciones para la SST[2]
		• Riesgos derivados de la reutilización de baterías, p. ej. de vehículos eléctricos, por encontrarse en mal estado o sin información sobre su composición, características, condiciones de uso, etc. • Riesgos de caídas por el aumento del uso de vehículos de dos ruedas en tareas de reparto y para el desplazamiento de la población trabajadora.
Tecnologías y procesos de fabricación ecológicos, robótica y automatización.	• El sector industrial se encuentra en un proceso de transformación debido a los altos niveles de innovación, la personalización a gran escala y los sistemas flexibles de fabricación, como es la impresión en 3D. • Se ha incrementado la automatización y la utilización de robots colaborativos.	• Mejora de las condiciones de seguridad y salud a causa de la implantación de sistemas automatizados y la utilización de robots que alejan a las personas trabajadoras de tareas peligrosas, si bien pueden suponer riesgos en el caso de no disponer de protección externa. • Incremento de los problemas para la seguridad y la salud del personal debidos a la interacción humano-máquina, como la sobrecarga cognitiva por los ritmos de trabajo. • Dificultad en la prevención de los riesgos derivados del uso de robots por la complejidad de la identificación, a tiempo, de errores en su funcionamiento. • Exposición a nuevos materiales y nanocompuestos empleados en los procesos de fabricación, cuyos efectos para la salud a largo plazo son desconocidos. • Riesgos de exposición a agentes químicos o radiaciones no ionizantes por el uso de técnicas de fabricación rápida.
Energía renovable doméstica y a pequeña escala.	• Ha incrementado el uso de sistemas de generación de energía a pequeña escala. • Las empresas y hogares disponen de contadores inteligentes. • Se ha extendido la instalación de sistemas de energía fotovoltaica en los centros de trabajo.	• Riesgos para los servicios de emergencia debidos al incremento del uso de sistemas de energía solar fotovoltaica, por ejemplo, en los tejados, donde las instalaciones siguen teniendo corriente, aunque se haya desactivado la conexión a la red. • Riesgos eléctricos para el personal de mantenimiento debido a la combinación de tecnologías e instalaciones no normalizadas. • Efectos desconocidos de las tecnologías emergentes por su prolongado período de latencia.

Tecnología/área	Aspectos de los escenarios prospectivos identificados en el contexto actual	Implicaciones para la SST[2]
Baterías y almacenamiento de energía.	• Con el mayor uso de energías de fuentes renovables se requiere mayor capacidad de almacenamiento de energía. Se han implantado nuevos sistemas como son los que se basan en sales fundidas y las baterías, incluyendo las utilizadas en el ámbito doméstico. • Se utiliza, cada vez más, el hidrógeno como portador de energía y como combustible para vehículos. • Se empieza a considerar la reutilización de las baterías de vehículos eléctricos cuya vida útil ha llegado a su fin como sistemas de almacenamiento de energía.	• Riesgos de incendio y explosión, de exposición a sustancias químicas peligrosas y de electrocución por alta tensión asociados al uso de las baterías como medio de almacenamiento de energía. • Riesgos relacionados con la composición de las baterías: metales carcinógenos, nanopartículas, fibras, etc. • Dificultades en la gestión al final de la vida útil de las baterías: degradación, riesgo de incendio y procesos de reciclado. Las dificultades se incrementan por el desconocimiento de la composición de las baterías al ser considerado, en ocasiones, secreto comercial. • Riesgos asociados al uso, transporte, almacenamiento del hidrógeno: incendio, explosión y los relacionados con su estado líquido criogénico para aumentar su densidad energética.
Transporte y distribución de la energía eléctrica.	• Suministro de energía complejo debido a los cambios implementados en relación con la demanda de generación, transporte y distribución de energía. • Aumento de la capacidad de almacenamiento de energía. • La demanda de energía sigue creciendo, pero no se ha invertido de manera suficiente en el transporte y distribución de energía y en las redes inteligentes. • Incremento del robo de metales (cobre).	• Incremento del riesgo eléctrico debido a un aumento de los trabajos en tensión, así como de los riesgos de quemaduras, incendio o explosión. • La seguridad de los trabajos se ve afectada por el riesgo de que se produzcan cortes de suministro eléctrico, especialmente en empresas con maquinaria en movimiento y sectores donde el suministro eléctrico es crucial.

Tabla 3. *Implicaciones para la SST detectadas en el estudio prospectivo de la EU-OSHA de 2013, seleccionadas de las situaciones que más se asemejan al contexto actual. Fuente: elaboración a partir del estudio prospectivo de EU-OSHA de 2013 (47).*

La nanotecnología y los nanomateriales se han considerado en el estudio como una nueva tecnología clave empleada en los empleos verdes, pero por su carácter tan amplio y por estar presente en muchas de las otras, se consideró como un aspecto transversal y, por tanto, se incluyó en el análisis de cada una de las tecnologías seleccionadas.

Posteriormente, en 2023, la EU-OSHA publicó un estudio prospectivo sobre la economía circular (EC) y sus efectos en la SST (49). Su objetivo es estudiar el posible impacto para el empleo que tendrá, en el futuro, la implantación de una economía circular teniendo en cuenta, además, el impacto para la SST en los puestos de trabajo de los sectores con mayor peligrosidad.

El proyecto tiene varias fases. En la fase 1, partiendo de una revisión extensiva de la literatura científica y entrevistas con expertos, se elaboraron cuatro macro escenarios con el objetivo de explorar los posibles futuros en los que los puestos de trabajo y la SST se ven afectados por la implantación de la EC con un horizonte en 2040. La fase 2 ha tenido por objeto la difusión y adaptación de los macro escenarios, estableciendo micro escenarios a medida que exploran las distintas formas en las que la EC puede tener consecuencias para la SST. Aquí se identificaron oportunidades y riesgos potenciales para la SST como resultado de la implantación de la EC en la UE.

Aunque este estudio no tiene como objeto describir el impacto para la SST de los empleos verdes como tal, el impulso derivado del PVE que se va a dar a la economía circular, facilitará la creación de nuevos empleos verdes y, por tanto, es importante prever los posibles riesgos para la SST en los distintos escenarios posibles. En el anexo III, se detallan algunas de las implicaciones para la SST más significativas y transversales a todos los sectores, basadas en la literatura científica existente hasta la fecha contenidas en este estudio.

5.1. Estudios específicos

Actualmente, todavía no hay suficientes investigaciones sobre los efectos a largo plazo para la salud, tanto física como mental, derivados de los empleos verdes, sin embargo, ya existe evidencia acerca de la afectación de las nuevas tecnologías y empleos en la SST. A continuación, se exponen algunos ejemplos de estudios sobre esta materia.

Energía eólica a escala industrial

Los parques eólicos no solo se encuentran en tierra, sino que se han trasladado a alta mar. Esto ha supuesto un aumento en las operaciones de manipulación de componentes de las instalaciones de energía eólica marina en los puertos, desde donde se trasladan sus elementos a su ubicación final.

Las operaciones de manipulación de los componentes en los puertos presentan una gran peligrosidad. Los elementos de los sistemas de energía eólica marina se caracterizan por su gran tamaño, peso, formas irregulares y la vulnerabilidad al daño de sus partes, como, por ejemplo, los cables de alimentación que son "susceptibles a la flexión y la tensión durante la carga y descarga lo que puede provocar roturas y daños convirtiéndola en una operación de alto riesgo" (50).

Estos peligros se ven agravados por factores como la organización del trabajo y la coordinación de los equipos que participan en las tareas; la realización de las tareas en diferentes ubicaciones, mar, tierra y embarcaciones, lo que añade mayor complejidad al trabajo; y la posible falta de recursos adecuados por la complejidad de los elementos y el aumento de la actividad (50). En el último caso, por ejemplo, para el transporte de los componentes, se requieren buques especiales equipados con grúas de carga pesada y es posible que su disponibilidad sea limitada y se empleen otro tipo de transportes que, si no se adaptan y se aplican las medidas de seguridad adecuadas pueden afectar a, entre otras cosas, la estabilidad de la embarcación en las actividades de carga y descarga.

Un estudio (51) de 2024 analizó la situación actual en materia de seguridad y salud en la industria de la energía eólica en el mar. Los autores concluyeron que el uso de nuevas tecnologías y sistemas complejos en esta industria puede dar lugar a riesgos emergentes que no se han podido anticipar. Por ello establecen la necesidad de realizar investigaciones más específicas en esta área que aborden algunos de los retos presentes en esta industria como los lugares de trabajo en ubicaciones dispersas y remotas, el desplazamiento frecuente y durante largos periodos de tiempo del personal en embarcaciones y las condiciones meteorológicas adversas.

Construcción sostenible y reacondicionamiento de edificios: reutilización de residuos como materiales de construcción.

Con el objetivo de reducir las emisiones y el consumo de recursos en el sector de la construcción, se emplean materiales reciclados como materiales de construcción.

En 2023, se elaboró un estudio (52) en el que se analizó el uso de hormigón reforzado con fibra de carbono (CRC, por su denominación en inglés) reciclado para la fabricación de suelo industrial, teniendo en cuenta todo el ciclo de vida. Si bien el impacto al calentamiento global fue bajo y la contribución a la circularidad fue alta, el potencial de toxicidad en humanos se apreció mayor que el de productos similares, principalmente en las actividades de procesamiento de residuos de CRC, dada la alta cantidad de partículas emitidas al ambiente.

No solo en el procesamiento de residuos pueden resultar expuestas las personas trabajadoras, sino también durante la segunda vida de los materiales reciclados. Un ejemplo es el uso de residuos de las actividades de minería (relaves mineros) como materiales de construcción, lo que beneficiaría al medioambiente al evitar su acumulación y la contaminación del suelo y el agua. En el sector de la construcción, a estos relaves se les pueden dar diferentes usos como la producción de bloques huecos, ladrillos, adoquines y baldosas, hormigón compactado y cemento (53).

Sin embargo, las personas que deban manipular estos materiales para la fabricación o para el uso de los materiales de construcción, podrían resultar expuestas a las sustancias peligrosas del material original, como arsénico, plomo o mercurio, mediante la inhalación del polvo de las superficies de los materiales fabricados (53).

Bioenergía y biotecnología aplicada a la energía: motores que emplean biocombustibles o mezclas.

En el año 2022 se realizaron una serie de experimentos que proporcionaron resultados sobre la frecuencia del sonido en el espectro infrasónico y audible que un motor diésel genera al utilizar una variedad de mezclas de biocombustibles a diferentes revoluciones (54).

Determinaron que el porcentaje de biodiésel utilizado en la mezcla de combustible afectaba de manera considerable en la generación de vibraciones y, por lo tanto, en las frecuencias de ruido derivadas de estas. Observaron que los combustibles mezclados podrían producir frecuencias cercanas al infrasonido y que cuanto mayor era el porcentaje de biodiésel y menores las revoluciones por minuto del motor, más frecuente era el fenómeno de infrasonido. Asimismo, algunos estudios destacan los efectos perjudiciales para la salud de la exposición a infrasonidos durante la conducción de vehículos como la somnolencia, los dolores de cabeza y las alteraciones cardíacas y respiratorias.

En el estudio concluyeron la importancia de estudiar estos fenómenos para garantizar que el ruido emitido en estas frecuencias, durante las horas de funcionamiento de los motores, no afecte al cuerpo humano, especialmente, de las personas trabajadoras que empleen máquinas o equipos que funcionen con biocombustibles o mezclas.

Gestión de residuos y reciclaje: reciclaje de dispositivos electrónicos.

El reciclaje es una parte clave de la economía circular. El objetivo de este es dar una segunda vida a los materiales reduciendo la generación de residuos y la explotación de recursos para la fabricación de un producto nuevo.

La peligrosidad de los trabajos de reciclaje viene determinada por el producto que se vaya a reciclar. Uno de los productos que supone un mayor volumen de reciclado y una de las fuentes de contaminación más grandes son los equipos electrónicos. Esto se debe a que el rápido avance de la tecnología da lugar a que los dispositivos electrónicos queden desfasados y sean sustituidos por otros más nuevos con mayor rapidez. Este proceso acelerado de sustitución genera una

cantidad grande y creciente de residuos electrónicos o *e-waste*, concretamente, los de pequeño tamaño.

Los residuos electrónicos pueden incluir dispositivos de todos los tamaños y usos, por ejemplo, electrodomésticos, impresoras, lámparas, paneles fotovoltaicos, cámaras, teclados, pantallas, ordenadores, teléfonos móviles, etc. (55).

En este caso, el objetivo es la reutilización de los metales que los componen, reduciendo las actividades mineras, la contaminación del agua, protegiendo los ecosistemas e incrementando el ahorro energético en la producción de los metales a partir de chatarra, entre otros beneficios.

Durante las operaciones de reciclaje de dispositivos electrónicos, las personas trabajadoras pueden estar expuestas a metales tóxicos como mercurio, plomo, níquel, cadmio, bario, litio o cromo, así como a compuestos orgánicos como los retardantes de llama bromados (BFRs, por sus siglas en inglés) (55; 56; 57; 58).

Estas sustancias pueden causar daños graves a órganos vitales como el hígado, los riñones, el cerebro, los pulmones y el corazón; los sistemas óseo, nervioso, inmunológico y reproductivo, y también pueden provocar alteraciones en el ADN (56; 57; 59; 60).

Una de las problemáticas de este tipo de reciclado es la dificultad en la separación de los distintos metales debido a que los residuos electrónicos presentan mucha variedad en sus composiciones, además de diseños complejos (56; 55). Por ejemplo, las placas de circuito impreso están compuestas por fibra de vidrio y metales valiosos, como el cobre (56).

En 2024 se realizó una investigación sobre los peligros biológicos potenciales en el aire en las instalaciones de reciclaje de dispositivos electrónicos (58). Se analizaron genes de resistencia a antibióticos (ARGs, por sus siglas en inglés), elementos genéticos móviles y genes de resistencia a metales (MRG, por sus siglas en inglés), endotoxinas y especies bacterianas y los correlacionaron con la presencia de metales pesados. El estudio se centró en los siguientes metales: cobalto, cobre, cadmio, plomo, mercurio y zinc.

Tras analizar cuatro instalaciones de reciclaje, se encontraron tipos similares de ARGs y MRGs en las cuatro instalaciones. La exposición a este tipo de genes en aerosoles supone un riesgo adicional para las personas trabajadoras que incluye la posible colonización o infecciones por bacterias resistentes a los antibióticos.

Al margen de la complejidad de su reciclaje y de sus diferentes componentes peligrosos, las practicas inadecuadas en su gestión al final de su vida útil son determinantes, existiendo mucha diferencia en la exposición a los riesgos entre instalaciones de reciclaje formales e informales, siendo estas últimas en las que existe una mayor exposición, así como las que más abundan, y donde participan personas que no disponen de las herramientas, instalaciones y medidas de protección adecuadas para ejecutar las prácticas de reciclaje de manera segura (56).

Otra problemática en estas actividades es que, aunque las leyes prohíban determinados materiales en la fabricación de productos por su peligrosidad, en el reciclaje, se procesan productos anteriores a la aplicación de las prohibiciones, por lo que existe exposición a sustancias conocidamente peligrosas.

Tecnologías del transporte verde: movilidad sostenible e hidrógeno.

Los esfuerzos de la UE para reducir las emisiones de carbono en la movilidad por carretera, ferroviaria, marina y el transporte aéreo implican una sustitución progresiva de los combustibles

fósiles por combustibles de cero emisiones o sostenibles. Esto requiere la implantación de nuevas tecnologías para producir, almacenar y transportar estos nuevos combustibles que pueden conllevar riesgos para la SST (61).

Un estudio (61) publicado en 2025 se centra en analizar las posibles implicaciones para la SST de algunos colectivos laborales del sector transporte (personal conductor de medios de transporte, personal técnico, de mantenimiento y personal de emergencia) como resultado una movilidad sostenible de cero o bajas emisiones mediante el uso de combustibles sostenibles o nuevos vectores energéticos, como las baterías eléctricas, el hidrógeno (H_2) y los portadores orgánicos líquidos de hidrógeno (LOHC, por sus siglas en inglés). Un vector energético puede ser tanto una sustancia (combustibles) como un sistema de almacenamiento de una forma de energía, que posteriormente se transforma en otra.

Según este estudio, en la actualidad se ha incrementado el número de vehículos que utilizan baterías eléctricas, gas natural comprimido (GNC) o hidrógeno para circular, sin embargo, existen otros combustibles sostenibles para los que se prevé que su uso crezca. El estudio resume algunos de los riesgos para la SST relacionados con los combustibles sostenibles:

- La manipulación de baterías eléctricas (ion litio). Principalmente riesgos relacionados con su inflamabilidad, la fuga térmica, incendio y exposición a gases tóxicos y materia particulada.
- El uso de hidrógeno (H_2). Esencialmente, riesgos de explosión, detonación y de incendio.
- El uso de GNC (metano, mayoritariamente) debidos a fugas del gas que dan lugar a incendios y explosiones de nube de gas.
- El uso de gas natural licuado (GNL), siendo los más típicos explosión por nube de vapor, incendio o, específicamente, incendio por un charco de líquido combustible; y quemaduras por frío y asfixia por desplazamiento de aire debidas a la fuga del combustible.
- El uso de amoníaco (NH_3). Los principales riesgos son la toxicidad, incendio, explosión, irritación del sistema respiratorio y las quemaduras químicas, esto debido a posibles fugas de esta sustancia y su descomposición en gases inflamables a altas temperaturas.
- El uso de LOHC. Los riesgos dependen del tipo, en caso de tolueno o metanol, los riesgos son de inflamabilidad, explosión y toxicidad.

Una de las oportunidades que ofrecen los nuevos combustibles sostenibles es la prevención de los efectos para la salud relacionados con el uso de los fósiles, en particular, reducir el uso de combustibles como la gasolina y el diésel, conlleva mejoras para la salud pública y para las personas trabajadoras que pudieran resultar expuestas a los gases de emisión de los motores que funcionan con este tipo de combustibles.

Otro ejemplo de estudio específico es el elaborado en 2024 sobre consideraciones de seguridad en el uso del hidrógeno en el transporte ferroviario (62). Este indica que, en el uso a gran escala del hidrógeno, es inevitable el riesgo de fugas accidentales y, por tanto, de explosión. La tecnología de almacenamiento del hidrógeno para este tipo de aplicaciones es diferente dependiendo del uso. Para pequeña escala es óptimo el hidrógeno comprimido a alta presión (CGH_2); sin embargo, para gran escala, su almacenamiento líquido (LH_2) o criogénicamente comprimido (CcH_2) podrían ser mejores soluciones. Sin embargo, estas áreas todavía requieren investigación para garantizar la seguridad de los sistemas ferroviarios impulsados por hidrógeno.

Aunque ya existe experiencia en la industria acerca de su uso seguro dado que se utiliza desde hace bastante tiempo, la experiencia y el conocimiento que se dispone es, principalmente, sobre su uso a pequeña escala (62). En la producción, almacenamiento y transporte de hidrógeno a gran escala, cuando su uso se haya extendido y normalizado, es probable que los riesgos aumenten y se deban aplicar sistemas de gestión del riesgo más precisos y desarrollados (63). En la actualidad se siguen planteando aplicaciones del hidrógeno en diferentes sistemas de transporte, como el aéreo (64).

Energía renovable doméstica y a pequeña escala: energía fotovoltaica.

En los últimos años se ha puesto el foco en el desarrollo de tecnologías para aprovechar los recursos energéticos renovables. Con los cambios reglamentarios y el aumento de la concienciación de la ciudadanía se observa un incremento en la demanda de energía procedente de fuentes renovables. Una de las más empleadas y cuyo uso va en aumento es la fotovoltaica. A pesar de llevar tiempo en el mercado continúa en desarrollo, buscando la mayor eficiencia.

En 2025, Yandem *et al*. analizaron los beneficios y los riesgos de implementar paneles fotovoltaicos en las ciudades inteligentes, centrándose en los paneles solares que contienen elementos tóxicos como telururo de cadmio, plomo y minerales críticos como indio, telurio, galio y germanio (65).

La exposición al telururo de cadmio está relacionada con problemas de salud graves, como daño renal, daño pulmonar y un mayor riesgo de cáncer, por lo que puede suponer un riesgo para la salud humana si no se gestiona adecuadamente. Asimismo, la exposición a plomo puede causar envenenamiento y afectar a los sistemas nervioso y cardiovascular (65).

La energía solar fotovoltaica integrada en edificios (*Building Integrated Photovoltaics o BIPV*) consiste en la integración de módulos fotovoltaicos en la estructura de un edificio o de un elemento urbano que actúa como un material de construcción sustituyendo, en parte, a los convencionales. Este estrecho vínculo con las construcciones supone nuevos retos para la seguridad frente a incendios.

Los módulos fotovoltaicos suelen instalarse en elementos exteriores, como fachadas, por lo que en caso de incendiarse uno de los módulos, la propagación del fuego sería rápida, debido a que la propagación por fachada está considerada como uno de los medios más rápidos de transmisión del fuego en un edificio. Además, el hecho de que se encuentren en el exterior y de que se pueda ver afectado el sistema eléctrico puede dificultar la detección del inicio del incendio. Por

otra parte, se tendrá que prestar atención al posible riesgo eléctrico en la extinción del incendio con agua. El riesgo de que se inicie un incendio se incrementa debido al desgaste de los elementos del módulo, como los cables, al estar expuestos a la intemperie durante largos periodos de tiempo (66).

Baterías y almacenamiento de energía: baterías de iones de litio.

Las baterías de iones de litio son una de las tecnologías de almacenamiento de energía renovable más conocida y que más se utiliza. Pero, aunque sea una tecnología conocida, se sigue investigando y desarrollando para conseguir obtener una mayor eficacia.

En 2024 se elaboró un estudio (67) sobre el impacto en la salud de los PFAS a los que están expuestos las personas trabajadoras, sobre todo en los procesos de producción de baterías y en el desmantelamiento o la eliminación en vertederos de las baterías usadas (p. ej. en el vertido, incineración o reciclaje). En el estudio, denominan PFAS a los aditivos orgánicos de flúor de reciente uso que se añaden a las baterías de litio, como el perfluoroalquilo y polifluoroalquilo. Las vías de entrada de estas sustancias al cuerpo humano son la dérmica, la digestiva y la inhalatoria.

Durante el proceso de producción de baterías, la exposición depende del tipo de tarea o actividad que se realice. En las etapas de recubrimiento de los electrodos con papel de aluminio y papel de cobre, de laminado, de bobinado (si se lleva a cabo) y de llenado o ensamblaje de las celdas, podrían liberarse los compuestos nocivos al ambiente en forma de partículas finas o compuestos gaseosos. Además, también podrían liberarse en caso de incendio o explosión de las baterías, por ejemplo, de un vehículo eléctrico (67).

Hasta la fecha, no se han realizado evaluaciones sistemáticas sobre la liberación de estas sustancias en las etapas de vida de las baterías de iones de litio, además de que existen datos limitados sobre los impactos de los PFAS en la salud de las personas (67). Sin embargo, en el estudio concluyen que la utilización de este tipo de aditivos en las baterías puede suponer un riesgo para la salud de las personas trabajadoras, sobre todo en las etapas comentadas de producción y eliminación.

Los procesos de reciclaje de las baterías de litio comprenden diversos desafíos, puesto que las personas que realizan los trabajos de tratamiento, reciclaje y eliminación de los residuos están expuestas a riesgos para su seguridad y salud. La variedad de diseños y composiciones, la complejidad de los paquetes de baterías o la ausencia de un etiquetado estandarizado da lugar a la imposibilidad de unificar las técnicas o procedimientos de trabajo/desmantelamiento (68).

Si bien, gracias a la robotización, muchas de las tareas de desmantelamiento de las baterías se pueden realizar evitando el trabajo manual y, por tanto, reduciendo la exposición a los riesgos, las técnicas robóticas existentes no son del todo válidas para el conjunto de tipologías de baterías de litio, debido a la variedad en su diseño (68).

Algunos de los riesgos derivados de la manipulación de baterías usadas son: la fuga térmica que supone un aumento rápido e incontrolado de la temperatura y que podría provocar un incendio o explosión; el riesgo de exposición a sustancias peligrosas, como el cobalto, el níquel, las sales de litio o electrolitos tóxicos; y el riesgo de cortocircuito o el de quemadura química. Estos riesgos se incrementan en el caso de una categorización inadecuada de las baterías basadas en sus condiciones y tipologías, por ejemplo, si están dañadas o no (68).

Transporte y distribución de energía eléctrica: exposición a campos electromagnéticos.

Los cambios en la digitalización y la industria 5.0, la automatización avanzada, la robótica, la virtualización y el trabajo en remoto pueden generar riesgos emergentes de exposición a campos electromagnéticos (CEM) (69). En relación con los empleos verdes, la transición hacia energías renovables implica la expansión y optimización de la infraestructura eléctrica, como la instalación de nuevas líneas de alta tensión y subestaciones, además de una mayor supervisión del consumo energético mediante la implementación de sensores o medidores inteligentes. Derivado de esta transición, se están cambiando progresivamente las instalaciones de calefacción industrial, a tecnologías de inducción eléctrica, en las que se generan CEM de baja frecuencia (70).

Otras tecnologías donde pueden generarse fuentes de CEM son las que se utilizan en la transferencia inalámbrica de energía como son, entre otros, la recarga de vehículos eléctricos (69). Aunque es posible que la exposición en estos casos sea inferior a los límites de exposición establecidos, "futuros aumentos de potencia, por ejemplo, para la carga de grandes vehículos eléctricos, podrían provocar una mayor exposición, especialmente en entornos laborales" (69).

Las investigaciones hasta la fecha de los efectos para la salud derivados de la exposición a los CEM se han centrado en efectos agudos y a corto plazo. Además, también se han asociado efectos indirectos que representan riesgos para la seguridad, como corrientes de contacto, descargas eléctricas, interferencias electromagnéticas con dispositivos médicos implantados o incluso su calentamiento (69). Sin embargo, existen lagunas en la investigación sobre los posibles efectos sobre la salud a largo plazo en entornos laborales y sobre los niveles de exposición en ocupaciones que utilizan equipos que generan campos intensos.

Nanotecnologías y nanomateriales.

Existen en el mercado nuevos materiales con estructuras complejas que se diseñan y fabrican intencionadamente para que presenten un rendimiento superior o funciones especiales. Son los denominados materiales avanzados (71). Este tipo de materiales juega un papel relevante en muchas de las tecnologías y procesos involucrados en la transición ecológica.

Un ejemplo son los nanomateriales, que se utilizan en muchos sectores. En la agricultura se utilizan en estrategias para la detección y eliminación de posibles contaminantes para el medioambiente. Es el caso de algunos componentes de los fertilizantes o pesticidas y los metales pesados (72).

Otro ejemplo de estos materiales son los nanomateriales de celulosa (NMC). Son de origen natural y se emplean en la construcción, el diseño de dispositivos electrónicos, el tratamiento de aguas, como embalaje sostenible y en la fabricación de ropa, entre otros usos. Por su origen sostenible se utilizan como sustitutos de determinados materiales sintéticos.

Sin embargo, a pesar de su carácter ecológico, presentan riesgos para la salud de las personas expuestas a ellos, en general, en todas las etapas de su ciclo de vida: producción, uso, reciclaje y eliminación de residuos. Estos problemas para la salud se deben a la liberación de sustancias durante la producción de los NMC, que dependerá del proceso utilizado, o durante la producción de nanocompuestos basados en NMC. La salud también puede verse afectada por la posible toxicidad combinada de los componentes de los nanocompuestos, después de la producción, en las etapas de uso, reciclaje y eliminación (73).

Existe escasa información sobre cómo evaluar la exposición a los nanomateriales y de cuáles son los procedimientos más adecuados desde la perspectiva de la prevención de riesgos laborales para cuantificar la exposición en los lugares de trabajo (74).

Hay que tener en cuenta, además del carácter novedoso de los compuestos que da lugar a perfiles de toxicidad no observados hasta ahora, los posibles nuevos patrones de uso pueden generar nuevos riesgos. No solo puede generar un riesgo para las personas el material en sí, sino también cómo se utiliza. Cuando se trabaja con materiales novedosos, los problemas más comunes que surgen se deben a la falta de información, lo que genera una incertidumbre sobre el estado de innovación y sobre los modos de aplicación del material, y un desequilibrio entre la innovación y la seguridad, donde la seguridad va pasos por detrás respecto a la innovación (73).

Urbanismo sostenible: espacios verdes en las zonas urbanas.

En cumplimiento de los objetivos de desarrollo sostenible, muchas ciudades han optado por mejorar los espacios verdes en sus planes urbanísticos. Esto favorece la protección y conservación de la biodiversidad, por ejemplo, creando hábitats para diversas especies de plantas y animales, y también mejora la calidad del aire y ayuda a la reducción de la temperatura, creando microclimas más frescos.

Sin embargo, los cambios para mejorar la biodiversidad también tienen inconvenientes, que pueden afectar a las personas que se encuentren en estos espacios, entre ellas, aquellas cuyo trabajo sea el mantenimiento de los espacios verdes. Estas actuaciones pueden favorecer la presencia de vectores o huéspedes de patógenos, como las garrapatas, que promueven una mayor transmisión de patógenos y la aparición y propagación de enfermedades como la encefalitis o las fiebres hemorrágicas. Además, la conexión de los espacios verdes urbanos con los bosques

facilita el desplazamiento a las ciudades de los animales portadores, incrementando el riesgo de transmisión de enfermedades (75).

Ecoansiedad y sus implicaciones para la SST.

Diferentes estudios han evaluado el efecto que tiene el cambio climático en la salud mental de las personas que trabajan en temas medioambientales. "La ecoansiedad se considera un impacto en la salud mental que surge como consecuencia del cambio climático" (76). Está reconocida en Europa como un riesgo emergente para la salud que también afecta a la seguridad y salud de la población trabajadora y se relaciona con síntomas de depresión, ansiedad, estrés, insomnio, apatía, parálisis y deterioro cognitivo funcional y emocional (77; 78).

Quienes trabajan en el sector medioambiental, debido a que están involucrados regularmente con información relacionada con el medioambiente, pueden desarrollar sentimientos de desesperanza y angustia, entre otros, por la imposibilidad de frenar el cambio climático y sus consecuencias (76; 79).

Los profesionales de SST deberían identificar la ecoansiedad y sus consecuencias. Este es un fenómeno en aumento y las consecuencias negativas para la salud y el bienestar deberían ser abordadas desde la perspectiva de la SST. En este sentido se necesitaría más investigación sobre este tema, puesto que los estudios hasta la fecha son limitados y no son concluyentes.

En la tabla 4 se muestra un resumen de los artículos mencionados en este apartado junto con una pequeña descripción de los riesgos que identifican y la categoría de clasificación de fines medioambientales (CEP) y el grupo CNAE a los que podrían pertenecer.

Tecnología/Área	CNAE (grupo) / CEP	Riesgos para la SST[3]
Energía eólica: manipulación de los componentes de los sistemas de energía eólica marina en los puertos y en el mar.	D: suministro de energía eléctrica, gas, vapor y aire acondicionado. CEP 0201: Energía procedente de fuentes renovables.	Seguridad: riesgos incrementados por la complejidad de los elementos manipulados, las actuaciones relacionadas con la coordinación de los diferentes equipos involucrados, las diferentes ubicaciones donde se realizan los trabajos (mar tierra y embarcaciones) y por la posible falta de recursos adecuados (50).
Construcción sostenible y reacondicionamiento de edificios: reutilización de residuos como materiales de construcción.	F: construcción. CEP 0402: Recuperación y ahorro de materiales.	Higiene industrial, agentes químicos: exposición a sustancias perjudiciales para la salud humana procedentes de: • el procesamiento del hormigón reforzado con fibras de carbón reciclado (partículas en forma de fibra y polvo) (52). • los polvos con contenido de arsénico, plomo o mercurio, de los residuos mineros reciclados como materiales de construcción (53).

[3] Se incluyen en esta columna, únicamente, los riesgos para la SST que se mencionan en los estudios y artículos citados en el apartado 5.1.

Tecnología/Área	CNAE (grupo) / CEP	Riesgos para la SST[3]
Bioenergía y biotecnología aplicada a la energía: motores que emplean biocombustibles o mezclas.	C: industria manufacturera. CEP 0201: Energía procedente de fuentes renovables. CEP 0401: Gestión de residuos.	Higiene industrial, agentes físicos: exposición a frecuencias infrasonoras y audibles generadas por las vibraciones del motor, lo que puede dar lugar a efectos en las personas como somnolencia, dolores de cabeza, alteraciones cardíacas y respiratorias (54).
Gestión de residuos y reciclaje: reciclaje de los dispositivos electrónicos.	E: suministro de agua, actividades de saneamiento, gestión de residuos y descontaminación. CEP 0401: Gestión de residuos.	Higiene industrial, agentes químicos: exposición a sustancias perjudiciales para la salud: • Metales pesados (mercurio, plomo, níquel, cadmio, litio, etc.) (55; 56; 57; 58). • Compuestos orgánicos (retardantes de llama bromados) (55; 56; 57; 58). Higiene industrial, agentes biológicos: exposición a sustancias perjudiciales para la salud: • Genes de resistencia a antibióticos presentes en aerosoles (58).
Transporte verde: movilidad sostenible.	D: suministro de energía eléctrica, gas, vapor y aire acondicionado. H: transporte y almacenamiento. CEP 01: Aire y clima. CEP 0201: Energía procedente de fuentes renovables.	Riesgos derivados del uso de combustibles sostenibles y vectores energéticos como las baterías eléctricas, hidrógeno, gas natural comprimido, gas natural líquido y amoniaco (61). Seguridad: riesgos de fuga térmica, incendio, explosión, detonación, quemaduras químicas y por frío, asfixia por desplazamiento de aire. Higiene industrial, agentes químicos: riesgo de exposición a sustancias y gases tóxicos y a materia particulada.
Transporte verde: hidrógeno en ferroviaria.	D: suministro de energía eléctrica, gas, vapor y aire acondicionado. H: transporte y almacenamiento. CEP 0201: Energía procedente de fuentes renovables.	Seguridad: riesgo de fugas accidentales y, por tanto, de explosión debido a su alta inflamabilidad. Riesgo incrementado por la dificultad de la manipulación de este elemento a gran escala con la consiguiente adaptación de la técnica (62).
Energía renovable doméstica y a pequeña escala: energía fotovoltaica, componentes de los paneles solares.	D: suministro de energía eléctrica, gas, vapor y aire acondicionado. CEP 0201: Energía procedente de fuentes renovables.	Higiene industrial, agentes químicos: exposición accidental a los componentes tóxicos de los paneles solares, como el telururo de cadmio o el plomo (65).
Energía renovable doméstica y a pequeña escala: energía fotovoltaica, sistemas de energía solar fotovoltaica integrada en edificios (BIPV).	D: suministro de energía eléctrica, gas, vapor y aire acondicionado. CEP 0201: Energía procedente de fuentes renovables.	Seguridad: incendio con mayor facilidad de propagación. Su estrecha integración con los edificios plantea nuevos retos para la seguridad contra incendios (66).

Tecnología/Área	CNAE (grupo) / CEP	Riesgos para la SST[3]
Baterías y almacenamiento de energía: baterías de iones de litio.	D: suministro de energía eléctrica, gas, vapor y aire acondicionado. CEP 0202: Ahorro y gestión de energía.	Higiene industrial, agentes químicos: exposición a los componentes tóxicos de los aditivos orgánicos de flúor añadidos a las baterías para la mejora de su eficiencia (67). Seguridad: fuga térmica, incendio y explosión, cortocircuito y quemadura química en el reciclaje de las baterías de litio de los dispositivos electrónicos (68).
Transporte y distribución de energía eléctrica: exposición a campos electromagnéticos.	C: industria manufacturera. CEP 06: Ruido y radiación.	Higiene industrial: exposición a campos electromagnéticos debido a la expansión y optimización de la infraestructura eléctrica, como la instalación de nuevas líneas de alta tensión y subestaciones, además de una mayor supervisión del consumo energético mediante la implementación de sensores o medidores inteligentes. También puede haber exposición a los CEM en la transferencia inalámbrica de energía, por ejemplo, en la recarga de los vehículos eléctricos (69).
Nanotecnologías y nanomateriales: nanomateriales de celulosa (NMC).	C: industria manufacturera. CEP 08: Aspectos transversales y otros fines medioambientales.	Higiene industrial, agentes químicos: exposición a sustancias potencialmente peligrosas durante su producción y reciclaje. Posible toxicidad combinada de los componentes de los nanocompuestos basados en NMC (73).
Urbanismo sostenible: espacios verdes en las zonas urbanas.	N: actividades profesionales, científicas y técnicas. CEP 0502: Protección de la biodiversidad y el paisaje.	Higiene industrial, agentes biológicos: exposición a vectores o patógenos que transmiten enfermedades (75).
Ecoansiedad.		Psicosociología: la ecoansiedad está reconocida en Europa como riesgo emergente para la salud que afecta a la SST. Se relaciona con síntomas de depresión, ansiedad, estrés, insomnio, apatía, parálisis y deterioro cognitivo funcional y emocional (77; 78). La población trabajadora empleada en el sector medioambiental, por su exposición diaria a información relacionada con el medioambiente, puede desarrollar sentimientos de desesperanza y angustia, entre otros, por la imposibilidad de frenar el cambio climático y sus consecuencias (76).

Tabla 4. Resumen de los riesgos laborales identificados en los artículos citados, agrupados en las tecnologías o áreas clave identificadas en el estudio de EU-OSHA de 2013 y asociados a grupos CNAE y a CEP.

5.2. Análisis de aspectos transversales

Los estudios prospectivos sobre empleos verdes de la EU-OSHA de 2013 (47) y sobre economía circular de 2023 (49) plantean, además de lo comentado en el apartado 5.1, otros factores transversales que podrían influir en los riesgos para la SST de las nuevas tecnologías y los nuevos empleos. Se unifican estos aspectos en: formación, competencias y recualificación; automatización, digitalización, robótica e inteligencia artificial (IA); nuevos materiales y procesos; evaluación de riesgos; y medidas legislativas, de normalización y etiquetado.

- *Formación, competencias y recualificación.*

  En cualquier escenario, el impacto de las políticas de sostenibilidad implicará un crecimiento rápido en el uso de las nuevas tecnologías (47). Este crecimiento puede ir acompañado de una falta de formación y de competencias de las personas trabajadoras, que, hasta la adquisición de estas, serían vulnerables frente al riesgo.

  Además, nuevas formas de proceder pueden dar lugar a "riesgos nuevos específicos que requieren combinaciones innovadoras de competencias en materia de salud y seguridad, que no pueden transferirse de los contextos de trabajo tradicionales" (46). Esto puede dar lugar a que haya personas trabajadoras asignadas a puestos de trabajo con tareas para las que no han recibido una formación adecuada y por tanto no están debidamente cualificadas.

  Por este motivo, la formación impartida al personal al inicio de los trabajos debe incluir todos los aspectos relacionados con la SST, ya no solo de los riesgos tradicionales sino de los emergentes debidos a los nuevos trabajos. Es importante mantener un conocimiento actualizado mediante reciclajes formativos, debido a la rapidez con la que la tecnología avanza, lo que supone nuevos desafíos para quienes la aplican.

  Las políticas climáticas requieren una gran inversión en formación, recualificación y mejora de competencias (49). Los empleos verdes requieren de nuevas habilidades. La integración de la SST en todos los programas de formación garantiza que las personas trabajadoras puedan estar preparadas para realizar su trabajo de forma segura.

- Automatización, digitalización, robótica e inteligencia artificial (IA).

  La automatización de procesos, cuyo objetivo es mejorar la eficiencia, puede contribuir a eliminar tareas peligrosas y reducir cargas físicas (47; 49).

  La robótica tiene una gran implantación en los cinco sectores identificados de economía circular (energía, transporte, construcción, fabricación y residuos) (49), por ejemplo, en la utilización de robots en la construcción de edificios (80) o en los parques eólicos marinos (81). Sin embargo, el uso creciente de robots colaborativos y de nuevas tecnologías en la fabricación puede introducir nuevos riesgos, especialmente en la interfaz humano-máquina. En la integración de la automatización y la robótica en los procesos de fabricación, debe tenerse en cuenta la salud de las personas trabajadoras a largo plazo, tanto física como mental (47).

  Para la economía circular, la digitalización es clave, por ejemplo, en la trazabilidad de productos y materiales durante todo su ciclo de vida (pasaportes digitales) o para calcular las huellas ambientales (49). La economía circular transformará el mundo laboral con más automatización y mayor trabajo remoto. Esto puede mejorar la trazabilidad del producto y material, pero puede generar riesgos ergonómicos y psicosociales si no se gestiona adecuadamente.

  La IA puede ayudar a reorganizar el trabajo y asumir funciones clave, incluyendo la posibilidad de emisión de alertas relacionadas con la SST. Sin embargo, existe incertidumbre sobre si el uso de las nuevas tecnologías (automatización, IA y robots), podría afectar negativamente a la

salud mental, al fomentar, por ejemplo, el trabajo en soledad o si se utiliza como herramienta de vigilancia o control de las personas trabajadoras, lo que incrementaría los riesgos psicosociales.

- Nuevos materiales y procesos

  La descentralización y flexibilización de la fabricación (la impresión en 3D, la fabricación rápida o prototipado rápido, los métodos *lean manufacturing*, etc.) pueden exponer a las personas trabajadoras a nuevos riesgos, debidos a la exposición a sustancias químicas peligrosas y a radiaciones no ionizantes, así como a riesgos psicosociales derivados de la presión de tiempo y de la sobrecarga cognitiva (47). La transición verde requiere de materiales avanzados y procesos innovadores, especialmente en las áreas de biotecnología y nanotecnología. El estudio prospectivo sobre economía circular (49) identifica riesgos potenciales si los efectos para la salud de estos materiales no se evalúan adecuadamente antes de su introducción en el mercado o si no se utilizan correctamente. Las implicaciones de la SST para los sectores en los distintos escenarios prevén que será necesario un mayor control documental y de etiquetado, así como evaluaciones del ciclo de vida, para reducir los riesgos.

- Evaluación de los riesgos

  La aparición de las nuevas tecnologías asociadas a los empleos verdes conlleva, frecuentemente, el desconocimiento sobre sus riesgos y sobre las medidas de prevención a aplicar. Esto sucede, especialmente, en el caso de determinados materiales de los que se dispone un conocimiento científico limitado en relación con sus efectos crónicos (46).

  Estos nuevos riesgos no se materializan de forma independiente, sino que la gran mayoría de las veces aparecen junto a otros ya conocidos o tradicionales. Un ejemplo de esta combinación se encuentra en el sector de la energía eólica. Al mismo tiempo que existe una exposición a riesgos tradicionales "como el riesgo eléctrico, el riesgo de caídas desde altura o el trabajo en espacios confinados" también existe exposición a las sustancias químicas peligrosas contenidas en "materiales nuevos, innovadores y resistentes, como resinas y disolventes, utilizados en la fabricación las palas eólicas", o la manipulación de cargas mediante cuerdas en condiciones ambientales desfavorables" (44).

  Una mayor investigación acerca de la interacción entre los riesgos tradicionales y los nuevos facilitarían "la transferencia del conocimiento de SST existente a las tecnologías verdes, el desarrollo de evaluaciones de riesgos específicas para empleos verdes, así como la identificación de necesidades de capacitación en SST" (82). Por otra parte, en ausencia también de un mayor conocimiento científico acerca de los efectos de las nuevas tecnologías asociadas a los empleos verdes podría plantearse una mayor cautela a la hora de utilizarlas hasta disponer de evaluaciones del ciclo de vida elaboradas durante el diseño considerando, aparte de su aportación a la sostenibilidad, los aspectos relativos a la SST (49).

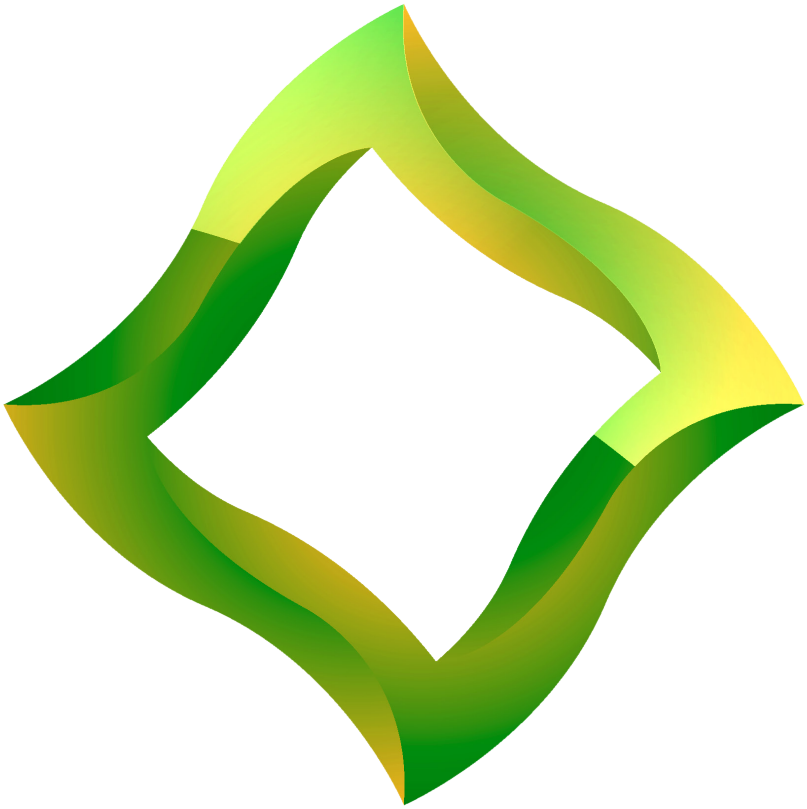
  En cada empresa que incorpore tecnologías asociadas a empleos verdes, la evaluación de riesgos laborales deberá adaptarse y, en su caso, actualizarse, teniendo en cuenta la información sobre los riesgos para la SST asociados a dichas tecnologías.

- Medidas legislativas, de normalización y etiquetado.

  El estudio de la EU-OSHA de 2023 (49) concluye que los responsables políticos deben integrar la SST en los estándares de contratación pública, siguiendo un enfoque holístico centrado en la circularidad y la SST. El impulso de iniciativas legislativas y de normalización constituye un factor clave para la SST. Asimismo, algunas herramientas como los pasaportes de materiales y los gemelos digitales pueden ser una forma de mejorar la trazabilidad de las sustancias, a

lo largo de todo el ciclo de vida y, en consecuencia, facilitar la identificación de los peligros derivados de su manipulación.

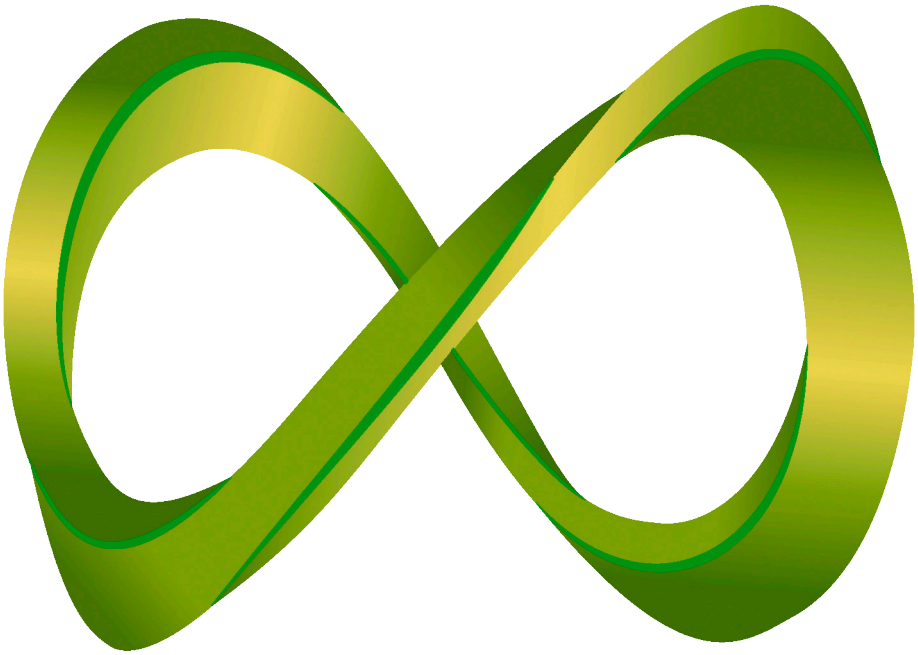
Por todo lo anterior, se requiere disponer de estudios que proporcionen información sobre los riesgos emergentes para la seguridad y salud de las personas trabajadoras en los empleos verdes, así como sobre cómo pueden afectar los nuevos escenarios a los riesgos tradicionales ya presentes. El objetivo es poder prevenirlos antes de que se manifieste el daño, actuando en origen.



6. Conclusiones

- La crisis climática y la degradación del medioambiente son una amenaza a la que se está enfrentando la Unión Europea y el resto del mundo. Los efectos directos e indirectos de esta crisis están aumentando considerablemente, por lo que es necesaria la participación del mundo del trabajo en la transformación de la economía actual hacia una nueva economía sostenible. El eje del cambio, en la UE, es el Pacto Verde Europeo, que establece un conjunto de políticas y medidas clave para conseguir los objetivos climáticos europeos.
- La adopción de los diferentes planes, estrategias y legislaciones tendrá un impacto en el empleo que afectará de forma distinta en los diferentes sectores de actividad. Mientras que en algunos existirá una destrucción del empleo (industrias con altos niveles de emisiones de gases de efecto invernadero y alta utilización de recursos), en otros se creará empleo nuevo (energías renovables, combustibles ecológicos, transporte electrificado, construcción sostenible, agricultura ecológica, economía circular o gestión de residuos).
- La transición ecológica tiene que ir de la mano con la necesidad de mitigar los impactos para la seguridad y salud en el trabajo que puede suponer la creación de nuevos empleos y la adaptación de los existentes, por lo que los organismos encargados de dirigir esta transición deben incluir la prevención de riesgos laborales en sus políticas.
- Influenciados por la transición ecológica e impulsados por políticas ambientales y estrategias de sostenibilidad, se ha incrementado la aparición de los denominados empleos verdes. El término empleo verde hasta la fecha está en continuo desarrollo y evolución y se va adaptando en función de los cambios que se dan en el medioambiente y en la sociedad. En cualquier caso, todas las definiciones tienen en común que un empleo o actividad verde debe contribuir a la preservación o restauración del medioambiente.
- Los empleos verdes pueden ser empleos nuevos creados con la finalidad de promover una economía y una sociedad respetuosas con el medioambiente o pueden ser empleos redefinidos para adaptarse al proceso de transición verde. Y, ante todo, deberán respetar los derechos de las personas trabajadoras considerando, entre otros, la seguridad y salud en el trabajo, lo que se denomina, trabajo decente.
- Las empresas y organizaciones están llevando a cabo cambios en su funcionamiento para adaptarse a la transición ecológica y así transformar sus políticas en más respetuosas con el medioambiente. Estos cambios se han producido mediante la introducción de nuevas tecnologías y nuevos procedimientos de trabajo que dan lugar a unos riesgos que, en algunos casos, pueden ser nuevos en el lugar de trabajo. Si bien a nivel social, lo ecológico, natural o sostenible en ocasiones se asocia a lo seguro, se requiere información adicional para saber con certeza el impacto en la salud de las personas que pueden suponer las prácticas sostenibles. Los empleos verdes, que se caracterizan por ser respetuosos con el medioambiente, pueden generar riesgos emergentes para las personas trabajadoras que los desempeñan.
- A la hora de abordar la gestión de los riesgos laborales en los empleos verdes, pueden presentarse algunos desafíos y dificultades relacionados, principalmente, con la descentralización de los procesos de trabajo, con el incremento de la subcontratación y de la automatización; con la interferencia entre los intereses por el bien del medioambiente y por el bien de la SST; con el uso de materiales nuevos potencialmente peligrosos y con la formación y capacitación específicas de las personas trabajadoras sobre el uso de las nuevas tecnologías y materiales.
- Las tecnologías con un mayor impacto en la SST en los empleos verdes son las utilizadas en los sectores de la construcción y el transporte, en las actividades de gestión y reciclado de residuos y almacenamiento, transporte y distribución de energía; en los procesos de fabricación ecológicos, robótica y automatización; en la nanotecnología y en el ámbito de la energía renovable doméstica y a pequeña escala, en la energía eólica a gran escala y en la bioenergía.

- Los riesgos laborales identificados derivados del uso de nuevas tecnologías en los empleos verdes están relacionados principalmente con:
  - el incremento de determinadas actividades, como el trabajo en altura en la instalación de paneles fotovoltaicos, lo que puede traducirse en una falta de profesionales con la formación y capacitación adecuada;
  - el uso de nuevos materiales compuestos por sustancias cuyos efectos para la salud, especialmente a largo plazo, todavía no se comprenden en su totalidad, como los nanomateriales;
  - el incremento de las actividades de desmantelamiento de instalaciones de gestión de residuos y reciclaje, donde el personal está expuesto a sustancias peligrosas de las que puede no tenerse toda la información e incluso desconocer su presencia;
  - los trabajos en alta tensión derivados de la necesidad de encontrar sistemas energéticos eficientes y sostenibles. Por ejemplo, en la manipulación de baterías y mantenimiento de los sistemas de almacenamiento de la energía existe riesgo de incendio, explosión y electrocución. Asimismo, en los empleos relacionados con la expansión y optimización de la infraestructura eléctrica también puede haber exposición a campos electromagnéticos.
  - los cambios en la industria manufacturera dirigidos a la optimización de la producción para reducir consumo energético y de recursos, como la automatización, la IA, la robótica colaborativa o los métodos de fabricación mediante 3D si bien pueden reducir los riesgos ergonómicos derivados de las tareas repetitivas o manipulación de cargas pesadas, también pueden dar lugar a riesgos psicosociales por la presión o sobrecarga cognitiva o por la interacción humano-máquina.
- Se han identificado una serie de factores transversales asociados a la práctica totalidad de las nuevas tecnologías asociadas a los empleos verdes con una influencia en la SST: formación, competencias y cualificación; automatización, digitalización, robótica e inteligencia artificial; nuevos materiales y procesos; evaluación de riesgos; y medidas legislativas, de normalización y etiquetado.
- Es posible que aparezcan nuevos riesgos laborales debidos a las modificaciones en los procesos de trabajo o recursos utilizados que, a su vez, requerirán una actualización de la formación y capacitación del personal. Estos coexisten con otros ya conocidos en unas nuevas condiciones de trabajo y es posible que los ya existentes e identificados se agraven. Por ello es necesario tener en cuenta los cambios y adaptaciones realizados y disponer de un conocimiento específico de las nuevas tecnologías que permita identificar los peligros y eliminar o reducir los riesgos, actualizar las evaluaciones de riesgos e implantar nuevas medidas preventivas.
- Aunque ya existen algunos estudios sobre las implicaciones para la SST que tiene la implantación de las tecnologías, materiales y procesos nuevos, todavía hace falta un mayor número de investigaciones para comprender su impacto, sobre todo en lo que respecta a la salud física y mental a largo plazo. Poseer este conocimiento es de gran importancia antes de su comercialización, para disponer de la información necesaria y hacer una correcta gestión de los riesgos laborales.
- Para poder mejorar la prevención de los riesgos y evitar accidentes y enfermedades profesionales será necesario actuar en las fases iniciales, es decir, en la planificación y organización de los trabajos, la adquisición de maquinaria y equipos, la formación especializada del personal asignado y la investigación y desarrollo del conocimiento científico. En los empleos verdes, puede darse el caso de que se deban emplear materiales y tecnologías novedosos con unas características técnicas únicas. En estos casos, será difícil sustituir el material o tecnología fuente del riesgo y obtener los resultados deseados, por lo que deberá recurrirse a la aplicación de medidas de carácter técnico y organizativo de protección colectiva e individual.



7. Anexos

Anexo I. Comparativa de los sectores identificados por O*NET y su correspondencia con los CNAE

En este anexo se ha incluido una tabla (tabla 5) donde se establece una relación entre los sectores identificados en el estudio elaborado por O*NET en 2009 (35) con los grupos de CNAE.

Esta información se ha extraído del documento *Jobs for the green transition. Definitions, classifications and emerging trends* (33) de CEPs y se ha adaptado para que las nomenclaturas de los grupos de actividades económicas correspondan a la versión española en lugar de la europea, que es como se muestran en el documento original. La versión utilizada es la del año 2009, equivalente a la Rev. 2 utilizada en la fuente original.

Sectores identificados por O*NET	CNAE 2009
1. Agricultura, silvicultura y pesca.	A. Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca.
2. Minería y canteras.	B. Industrias extractivas.
3. Fabricación.	C. Industria manufacturera.
4. Suministro de electricidad, gas, vapor y aire acondicionado. Suministro de agua; Alcantarillado, gestión de residuos y actividades de remediación.	D. Suministro de energía eléctrica, gas, vapor y aire acondicionado. E. Suministro de agua, actividades de saneamiento, gestión de residuos y descontaminación.
5. Construcción.	F. Construcción.
6. Comercio mayorista y minorista; reparación de vehículos de motor y motocicletas.	G. Comercio al por mayor y al por menor; reparación de vehículos de motor y motocicletas.
7. Actividades de alojamiento y servicios de alimentación.	I. Hostelería.
8. Transporte y almacenamiento. Información y comunicación.	H. Transporte y almacenamiento. J. Información y comunicaciones.
9. Actividades financieras y de seguros.	K. Actividades financieras y de seguros.
10. Actividades inmobiliarias. Actividades profesionales, científicas y técnicas. Actividades administrativas y servicios de apoyo.	L. Actividades inmobiliarias. M. Actividades profesionales, científicas y técnicas. N. Actividades administrativas y servicios auxiliares.
11. Administración pública y defensa; seguridad social obligatoria.	O. Administración pública y defensa; seguridad social obligatoria.
12. Educación.	P. Educación.
13. Actividades de salud humana y trabajo social.	Q. Actividades sanitarias y de servicios sociales.

Sectores identificados por O*NET	CNAE 2009
14. Artes, entretenimiento y recreación. Otros servicios o actividades.	R. Actividades artísticas, recreativas y de entrenamiento. S. Otros servicios.
15. Actividades de los hogares como empleadores; actividades de producción de bienes y servicios de los hogares para uso propio.	T. Actividades de los hogares como empleadores de personal doméstico; actividades de los hogares como productores de bienes y servicios para uso propio.
16. Actividades de organizaciones y órganos extraterritoriales.	U. Actividades de organizaciones y organismos extraterritoriales.

*Tabla 5. Comparativa de los sectores identificados por O*NET y su correspondencia con los CNAE. Fuente: documento Jobs for the green transition. Definitions, classifications and emerging trends (33).*

Anexo II. Tecnologías clave en los empleos verdes identificadas en el estudio prospectivo de EU-OSHA de 2013

En este anexo se detallan las tecnologías que se identificaron como claves en los empleos verdes y que podrían contribuir a la aparición de riesgos emergentes para la SST (tabla 6).

Tecnología	Subáreas
Energía eólica a escala industrial.	Terrestre (*onshore*) y marina (*offshore*).
Construcción sostenible y reacondicionamiento en edificios.	Medidas para la mejora de la eficiencia energética: • En obra de nueva construcción y en rehabilitación de edificios: aislamiento de los elementos de construcción, ventanas aislantes que retienen el calor en el interior, ventilación con recuperación del calor y alumbrado eficiente energéticamente. • Energía renovable: calefacción y refrigeración solar y geotérmica; fotovoltaica; eólica; cogeneración (CHP, por sus siglas en inglés) de electricidad y calor; sistemas de monitorización avanzados y conexión de los sistemas para la alimentación de la red eléctrica (feed-in to grid). • Nuevas técnicas de construcción, como la modular o prefabricada (off-site). • Nuevos materiales de construcción, como los nanomateriales o el cemento de bajas emisiones de carbono en su fabricación. • Tecnologías de la información y de la comunicación (TIC): uso creciente. • Robótica y automatización.
Bioenergía y biotecnología aplicada a la energía.	Biocombustibles (diésel, etanol, etc.), combustión de biomasa, co-combustión de biomasa, digestión anaeróbica para la producción de biogás, utilización del gas de vertedero (LFG), gasificación de biomasa y pirólisis. Biocatalizadores, fábricas celulares diseñadas mediante ingeniería, biofábricas de plantas, nuevas ventanas de proceso (NPW)/ampliación a escala industrial, bioprocesamiento a muy gran escala y biorrefinería, procesos de manufactura a escala media, tecnologías agrícolas, biología sintética y modificación genética.

Tecnología	Subáreas
Gestión de residuos y reciclaje.	Recogida, clasificación y tratamiento de residuos para su reciclado o para la producción de energía; y reciclaje de materiales y componentes.
Transporte verde.	Vehículos eléctricos, híbridos o propulsados por biocombustibles para transporte por carretera; tecnología de baterías; hidrógeno y pilas o células de combustible; electrificación de ferrocarriles; biocombustibles en la aeronáutica; materiales nuevos en la aeronáutica; motores de combustión interna con mayor eficiencia, sistemas de transporte inteligentes; infraestructuras de repostaje y de recarga.
Tecnologías y procesos de fabricación ecológicos, robótica, automatización e IA.	Técnicas de fabricación avanzadas; fabricación distribuida, como la fabricación personalizada, la impresión en 3D y la fabricación rápida/prototipado rápido; métodos de *lean manufacturing*; biotecnologías, química verde y nanomateriales. Se emplean en la industria manufacturera, en la agricultura, en la construcción y en otras industrias.
Energía renovable doméstica y a pequeña escala.	Tecnologías de generación de energía descentralizada: eólica, solar térmica, solar fotovoltaica, bioenergía, energía geotérmica, CHP y pilar o células de combustible.
Baterías y almacenamiento de energía.	Baterías, volates de inercia, supercondensadores (EDLC, por sus siglas en inglés), almacenamiento de energía magnética por superconducción (SMES, por sus siglas en inglés), hidrógeno, central hidroeléctrica de bombeo, almacenamiento de energía en aire comprimido (CAES, por sus siglas en inglés) y almacenamiento de energía criogénico con nitrógeno u oxígeno líquidos. Tipos de baterías: plomo-ácido, ion-litio, sodio-azufre, cloruro de sodio-níquel.
Transporte y distribución de energía eléctrica.	Red eléctrica inteligente, medidores de consumo inteligentes, generación descentralizada de energía procedentes de pequeñas fuentes próximas, CHP, electrodomésticos y dispositivos inteligentes.
Nanotecnologías y nanomateriales.	Existe una amplia gama de potenciales aplicaciones: en la agricultura y silvicultura; baterías mejoradas; aditivos para motores; nuevos materiales compuestos; materiales utilizados en la construcción, como pavimentos, ladrillos y asfaltos que capturan los contaminantes ambientales, nano-revestimientos o nano-pinturas que transforman la energía solar en electricidad y los nano-revestimientos verdes antiincrustantes.

Tabla 6. *Tecnologías clave en los empleos verdes identificadas en el estudio prospectivo de EU-OSHA de 2013. Fuente: elaborada a partir de la información contenida en el estudio elaborado por EU-OSHA de 2013 (47).*

Anexo III. Implicaciones de la economía circular en la SST. Estudio prospectivo de la economía circular de la EU-OSHA de 2023

En la tabla 7, se recogen las posibles implicaciones de la economía circular en relación con los riesgos para la SST por categoría de riesgo que se analizan en el estudio prospectivo de 2023 de la EU-OSHA sobre la economía circular y sus efectos en la SST (49).

Categoría de riesgos	Implicaciones de la economía circular
Riesgos de seguridad.	• La automatización se utiliza para reducir cargas físicas, por ejemplo, mediante exoesqueletos donde se deben transportar cargas pesadas (83) o mediante la asistencia de robots y de otros sistemas de IA en tareas repetitivas o altamente exigentes. • La demolición de instalaciones de combustibles fósiles en alta mar conlleva riesgos elevados para la SST debido a posibles estructuras comprometidas o condiciones climáticas adversas (84). • El desmantelamiento de antiguas plantas de energía implica riesgos de seguridad, ya que gran parte del trabajo debe realizarse manualmente en instalaciones posiblemente carentes de documentación técnica (85). • La producción de energía renovable presenta significativamente menos riesgos de seguridad que la producción con combustibles fósiles, en particular, con respecto al transporte y manipulación de maquinaria pesada (84). • El trabajo remoto, promovido para reducir la huella de transporte y el espacio de las oficinas, disminuye los riesgos de seguridad (86).
Riesgos químicos.	• Las renovaciones de instalaciones relacionadas con la EC conllevan un alto riesgo de exposición a agentes químicos peligrosos (asbesto, fibras minerales sintéticas, PCB, etc.) (87). • El desmantelamiento de antiguas centrales eléctricas puede asociarse con la liberación de sustancias químicas peligrosas (amianto, fibras artificiales, etc.) (85). • Si los riesgos de exposición a nanomateriales no se exploran suficientemente antes de su introducción en el mercado, pueden surgir nuevos peligros (86; 88).
Riesgos biológicos.	• La biotecnología, clave en la transición a la EC por su capacidad de fabricación de productos químicos y nuevos materiales (89), encuentra pocas barreras de entrada en el mercado, lo que aumenta el riesgo de uso indebido (90).
Riesgos ergonómicos.	• El aumento del teletrabajo, a menudo desde casa con equipos no ergonómicos, incrementa los riesgos en este ámbito (91; 92). • A medida que crece el reciclaje en la EC, los problemas ergonómicos en esta industria afectan a más personas trabajadoras (93). • Los ciclos de vida de los productos son más largos en la EC y esto implica que la ergonomía sea todavía más relevante en el diseño, para reducir los problemas ergonómicos.

Categoría de riesgos	Implicaciones de la economía circular
Riesgos psicosociales.	• La mejora de la calidad ambiental y comunitaria de la EC puede reducir el estrés y la ansiedad. • Sin embargo, el teletrabajo puede aumentar el estrés y la ansiedad en algunos sectores de la población (94). • La automatización y robótica puede generar riesgos potenciales y oportunidades para la SST, pero debe avanzarse en el estudio de los riesgos psicosociales de la interfaz humano-máquina (95).

Tabla 7. *Prospección de las implicaciones para la SST debidas a la implantación de la economía circular. Fuente: elaboración a partir del estudio de EU-OSHA de 2023 (49).*

8. Bibliografía

8.1. Referencias bibliográficas

1. COMISIÓN EUROPEA. *Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones. Marco estratégico de la UE en materia de salud y seguridad en el trabajo 2021-2027. La seguridad y la salud en el trabajo en un mundo laboral en constante transformación. COM/2021/323 final*. Bruselas: 28 de junio de 2021. Disponible en:
https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/ALL/?uri=CELEX:52021DC0323.

2. INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO (INSST), O.A., M.P. *Estrategia Española de Seguridad y Salud en el Trabajo, 2023-2027*. Madrid: INSST, febrero de 2023. Disponible en:
https://www.insst.es/documents/94886/4545430/Estrategia+Espa%C3%B1ola+de+Seguridad+y+Salud+en+el+Trabajo+2023-2027.pdf/793be632-afe9-c738-320a-a0908dcd6110?t=1679059860069.

3. EUROFOUND, ADĂSCĂLIȚEI, D., WEBER, T. & CONSOLI, D. *Impact of climate change and climate policies on living conditions, working conditions, employment and social dialogue: A conceptual framework*. Luxemburgo: Oficina de Publicaciones de la Unión Europea, 2023. ISBN 978-92-897-2318-3. Disponible en:
https://eurofound.link/ef22036.

4. INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO (INSST), O.A., M.P. Miscelánea: Sostenibilidad y empleos verdes: trabajos comprometidos con las personas y con el medioambiente. En: *Erga Bibliográfico*. Barcelona: INSST, octubre de 2023, nº 562. ISSN 0213-943X. Disponible en:
https://www.insst.es/documents/94886/4629793/ERGA+Bibliografico+562+-+2023.pdf/f8737723-ae41-d9d7-535a-35fa1d451756.

5. OFICINA INTERNACIONAL DEL TRABAJO. Informe V. El desarrollo sostenible, el trabajo decente y los empleos verdes. En: *Conferencia Internacional del Trabajo, 102.ª reunión* [en línea]. Ginebra: OIT, 2013. ISBN 978-92-2-326868-8. Disponible en:
https://www.ilo.org/sites/default/files/wcmsp5/groups/public/@ed_norm/@relconf/documents/meetingdocument/wcms_210289.pdf.

6. ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL TRABAJO. *Plan de implementación de la OIT - Agenda 2030 para el desarrollo sostenible*. OIT, 12 de agosto de 2016. Disponible en:
https://www.ilo.org/es/publications/plan-de-implementacion-de-la-oit-agenda-2030-para-el-desarrollo-sostenible.

7. NACIONES UNIDAS. *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. Nueva York: ONU, 9 de mayo de 1992. FCCC/INFORMAL/84*. GE.05-62301 (S) 220705 220705. Disponible en:
https://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf.

8. NACIONES UNIDAS. *Acuerdo de París*. París: ONU, 12 de diciembre de 2015. Disponible en:
https://unfccc.int/sites/default/files/spanish_paris_agreement.pdf.

9. NACIONES UNIDAS. *El Acuerdo de París* [en línea]. 15 de noviembre de 2021. Disponible en:
https://www.un.org/es/climatechange/paris-agreement [consulta: 21 de julio de 2025].

10. COMISIÓN EUROPEA. *Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones. El Pacto Verde Europeo. COM/2019/640 final*. Bruselas: 11 de diciembre de 2019. Disponible en: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/ALL/?uri=COM%3A2019%3A640%3AFIN.

11. COMISIÓN EUROPEA. *The European Green Deal. Striving to be the first climate-neutral continent* [en línea]. 17 de junio de 2024. Disponible en: https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en [consulta: 21 de julio de 2025].

12. Marelli, L., Trane, M., Barbero Vignola, G., Gastaldi, C., Guerreiro, M. M., Delgado Callico, L., Borchardt, S., Mancini, L., Sanye Mengual, E., Gourdon, T., Maroni, M., Georgakaki, A., Seigneur, I., M'barek, R., Acs, S., & Listorti, G. *Delivering the EU Green Deal. Progress towards targets*. Luxemburgo: Oficina de Publicaciones de la Unión Europea, 2025. ISBN: 978-92-68-23180-7. DOI: https://dx.doi.org/10.2760/3105205.

13. CONSEJO EUROPEO. Objetivo 55 [en línea]. 17 de marzo de 2025. Disponible en: https://www.consilium.europa.eu/es/policies/fit-for-55/#:~:text=La%20expresi%C3%B3n%20%C2%ABObjetivo%2055%C2%BB%20remite,UE%20al%20objetivo%20de%202030 [consulta: 7 de julio de 2025].

14. MINISTERIO DE SANIDAD Y MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO. *Plan estratégico de Salud y Medioambiente 2022-2026*. 24 de noviembre de 2021. Disponible en: https://www.sanidad.gob.es/organizacion/planesEstrategias/pesma/docs/241121_PESMA.pdf.

15. ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. *¿Cuál es el panorama general?* [en línea]. 13 de marzo de 2019. Disponible en: https://www.who.int/es/multi-media/details/what-is-the-big-picture [consulta: 24 de julio de 2025].

16. MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO. *Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC 2023-2030)* [en línea]. 27 de septiembre de 2022. Disponible en: https://www.miteco.gob.es/es/energia/estrategia-normativa/pniec-23-30.html [consulta: 21 de julio de 2025].

17. SUBDIRECCIÓN GENERAL DE ECONOMÍA CIRCULAR Y DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL. *Estrategia Española de Economía Circular. España Circular 2030*. Madrid: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2 de junio de 2020. Disponible en: https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/economia-circular/espanacircular2030_def1_tcm30-509532_mod_tcm30-509532.pdf.

18. MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO. *Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático 2021-2030*. Madrid: MITECO, 2020. ISBN: 978-84-18508-32-5. Disponible en: https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/cambio-climatico/temas/impactos-vulnerabilidad-y-adaptacion/pnacc-2021-2030_tcm30-512163.pdf.

19. ORGANIZACIÓN PARA LA COOPERACIÓN Y EL DESARROLLO ECONÓMICO. *Investing in Climate, Investing in Growth*. París: OECD Publishing, 23 de mayo de 2017. Disponible en: https://doi.org/10.1787/9789264273528-en.

20. ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL TRABAJO. *Perspectivas Sociales y del Empleo en el Mundo 2018: Sostenibilidad medioambiental con empleo*. Ginebra: OIT, 2018. ISBN 978-92-2-328541-8. Disponible en: https://www.ilo.org/sites/default/files/wcmsp5/groups/public/@dgreports/@dcomm/@publ/documents/publication/wcms_638150.pdf.

21. INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA. *Cuentas medioambientales. Cuenta de bienes y servicios ambientales. Avance año 2023* [en línea]. 4 de diciembre de 2024. Disponible en: https://ine.es/dyngs/Prensa/es/CBYSA2023.htm [consulta: 20 de julio de 2025].

22. EUROFOUND. *Job quality side of climate change*. Luxemburgo: Oficina de publicaciones de la Unión Europea, 2024. ISBN 978-92-897-2407-4. Disponible en: https://eurofound.link/ef23032.

23. ORGANIZACIÓN PARA LA COOPERACIÓN Y EL DESARROLLO ECONÓMICO Y EUROSTAT. *The Environmental Goods and Services Industry: Manual for Data Collection and Analysis*. París: OECD Publishing, 1999. DOI: https://doi.org/10.1787/9789264173651-en.

24. PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE, ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL TRABAJO, ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DE EMPLEADORES Y CONFEDERACIÓN SINDICAL INTERNACIONAL. *Green Jobs: Towards Sustainable Work in a Low-Carbon World*. Nairobi: Publishing Services Section at the United Nations Office at Nairobi, septiembre de 2008. ISBN: 978-92-807-2940-5. Disponible en: https://www.unep.org/resources/report/green-jobs-towards-sustainable-work-low-carbon-world.

25. COMISIÓN EUROPEA. *Commission Staff Working Document. Exploiting the employment potential of green growth (SWD/2012/0092 final)*. Estrasburgo: 18 de abril de 2012. Disponible en: https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=SWD:2012:0092:FIN:EN:PDF.

26. COMISIÓN EUROPEA, DIRECCIÓN GENERAL DE MERCADO INTERIOR, INDUSTRIA, EMPRENDIMIENTO Y PYMES, Y TNS POLITICAL & SOCIAL. *SMEs, resource efficiency and green markets: report*. Luxemburgo: Oficina de Publicaciones de la Unión Europea, enero de 2018. ISBN 978-92-79-77751-6. DOI: https://data.europa.eu/doi/10.2873/93689.

27. CEDEFOP. *Green skills and environmental awareness in vocational education and training*. Luxemburgo: Oficina de Publicaciones de la Unión Europea, 2012. ISBN 978-92-896-1107-7. DOI: https://data.europa.eu/doi/10.2801/78825.

28. Stanef-Puică, M-R., Badea, L., Șerban-Oprescu, G-L., Șerban-Oprescu, A-T., Frâncu, L-G. & Crețu A. Green Jobs - A Literature Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 29 de junio de 2022, Vol. 19 (13), 7998. DOI: https://doi.org/10.3390/ijerph19137998.

29. CEDEFOP. *Terminología de la política europea de educación y formación: selección de 130 términos clave*. Luxemburgo: Oficina de Publicaciones de la Unión Europea, 2014. ISBN 978-92-896-1165-7. DOI: https://data.europa.eu/doi/10.2801/15877.

30. ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL TRABAJO. *Report of the Conference: 19th International Conference of Labour Statisticians Geneva, 2–11 October 2013*. Ginebra: OIT, 2013. Disponible en: https://www.ilo.org/sites/default/files/wcmsp5/groups/public/@dgreports/@stat/documents/publication/wcms_234124.pdf.

31. ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL TRABAJO. *¿Qué es un empleo verde?* [en línea]. 11 de diciembre de 2014. Disponible en: https://www.ilo.org/es/temas-y-sectores/just-transition-towards-environmentally-sustainable-economies-and-societies/que-es-un-empleo-verde [consulta: 6 de mayo de 2025].

32. MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO. *Destino Empleo Verde, programa de formación gratuita de la Fundación Biodiversidad* [en línea]. 4 de agosto de 2018. Disponible en: https://www.miteco.gob.es/es/ceneam/carpeta-informativa-del-ceneam/novedades/destino-empleo-verde.html [consulta: 15 de mayo de 2025].

33. URBAN, P., RIZOS, V., OUNNAS, A., KASSAB, A. & KALANTARYAN, H. *Jobs for the green transition. Definitions, classifications and emerging trends*. Bruselas: CEPS, septiembre de 2023. Disponible en: https://www.ceps.eu/ceps-publications/jobs-for-the-green-transition/.

34. ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL TRABAJO. *Decent work indicators: guidelines for producers and users of statistical and legal framework indicators. ILO manual: second versión.* Ginebra: OIT, diciembre de 2013. ISBN: 9789221280194. Disponible en: https://www.ilo.org/sites/default/files/wcmsp5/groups/public/@dgreports/@integration/documents/publication/wcms_229374.pdf.

35. DIERDORFF, E. C., NORTON, J. J., DREWES, D. W., KROUSTALIS, C. M., RIVKIN, D. & LEWIS, P. *Greening of the World of Work: Implications for O*NET-SOC and New and Emerging Occupations.* Raleigh: Centro Nacional para el Desarrollo de O*NET, 12 de febrero de 2009. Disponible en: https://www.onetcenter.org/dl_files/Green.pdf.

36. O*NET RESOURCE CENTER. *Greening of the World of Work: Implications for O*NET-SOC and New and Emerging Occupations* [en línea]. 15 de febrero de 2009. Disponible en: https://www.onetcenter.org/reports/Green.html [consulta: 14 de mayo de 2025].

37. BOWEN, A & HANCKÉ, B. *The social dimensions of 'greening the economy': developing a taxonomy of labour market effects related to the shift toward environmentally sustainable economic activities.* Luxemburgo: Oficina de Publicaciones de la Unión Europea, junio de 2019. ISBN 978-92-76-14630-8. DOI: https://data.europa.eu/doi/10.2767/448791.

38. FUNDACIÓN BIODIVERSIDAD, OFICINA ESPAÑOLA DE CAMBIO CLIMÁTICO E IDEARA INVESTIGACIÓN. *Empleo y Transición Ecológica. Yacimientos de Empleo, Transformación Laboral y Retos Formativos en los Sectores Relacionados con el Cambio Climático y la Biodiversidad en España*. Fundación Biodiversidad y Oficina Española de Cambio Climático, 2023. Disponible en: https://fundacion-biodiversidad.es/wp-content/uploads/2023/05/Estudio-Empleo-y-Transicion-Ecologica_-def.pdf.

39. FUNDACIÓN BIODIVERSIDAD. *Yacimientos de empleo* [en línea]. 5 de marzo de 2023. Disponible en: https://fundacion-biodiversidad.es/yacimientos-de-empleo/ [Citado el: 24 de julio de 2025].

40. COMISIÓN EUROPEA. *Green Skills and Knowledge Concepts: Labelling the ESCO classification.* ESCO Publications, enero de 2022. Disponible en: https://esco.ec.europa.eu/en/about-esco/publications/publication/green-skills-and-knowledge-concepts-labelling-esco.

41. COMISIÓN EUROPEA. *ESCO dataset. Green skills collection [Base de datos]*. ESCO, enero de 2022. Disponible en: https://esco.ec.europa.eu/en/use-esco/download?packages=v120_classification_es_ods/&dm-packages=.

42. COMISIÓN EUROPEA. *Skills and competences* [en línea]. 16 de diciembre de 2023. Disponible en: https://esco.ec.europa.eu/en/classification/skill_main [consulta: 15 de mayo de 2025].

43. FERNANDEZ, C. A., MOORE, K., MCCLURE, L. A., CABAN-MARTINEZ, A. J., LEBLANC, W. G., FLEMING, L. E., CIFUENTES, M. & LEE, D. J. Occupational Psychosocial Hazards Among the Emerging US Green Collar Workforce. *Journal of Occupational and Environmental Medicine* [en línea]. enero de 2017, Vol. 59 (1), páginas 1-5. DOI: https://doi.org/10.1097/jom.0000000000000903.

44. VITALE, E., SALVAGO, P., CAMPANELLA, A. F. & CIRRINCIONE, L. Emerging occupational risks in green jobs: a review. *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health*. 2024, Vol. 37 (3), páginas 244-256. DOI: https://doi.org/10.13075/ijomeh.1896.02396.

45. SCHULTE, P. A., HEIDEL, D., OKUN, A. & BRANCHE, C. Making Green Jobs Safe. *Industrial Health*. 2010, Vol. 48 (4), páginas 377-379. DOI: https://doi.org/10.2486/indhealth.MS4804ED.

46. VITALE, E., SALVAGO, P., CAMPANELLA, A. F. & CIRRINCIONE, L. A Protocol of Prevention and Protection Measures on New Occupational Risk Factors in Green Jobs in Italian Workplaces. Sustainability. 2024, Vol. 16 (15), 6691. DOI: https://doi.org/10.3390/su16156691.

47. AGENCIA EUROPEA PARA LA SEGURIDAD Y LA SALUD EN EL TRABAJO, DUCKWORTH, M., ELIWOOD, P., BRADBROOK, S., RAVETZ, J., MIEDZINSKI, M. & REYNOLDS, J. *Green jobs and occupational safety and health. Foresight on new and emerging risks associated with new technologies by 2020: report*. Luxemburgo: Oficina de Publicaciones de la Unión Europea, 2013. ISBN 978-92-9191-966-6. DOI: https://data.europa.eu/doi/10.2802/39554.

48. HOUTMAN, I., DOUWES, M., ZONDERVAN, E. & JONGEN, M. *Monitoring new and emerging risks* [En línea]. OSHwiki, 13 de noviembre de 2012. Disponible en: https://oshwiki.osha.europa.eu/en/themes/monitoring-new-and-emerging-risks [consulta: 3 de junio de 2025].

49. AGENCIA EUROPEA PARA LA SEGURIDAD Y LA SALUD EN EL TRABAJO, DAHEIM, C., PRENDERGAST, J. & RAMPACHER, J. *Estudio prospectivo sobre la economía circular y sus efectos en la salud y la seguridad en el trabajo: Fase 2 - Microescenarios*. Luxemburgo: Oficina de Publicaciones de la Unión Europea, 2023. ISBN: 978-92-9402-016-1. Disponible en: https://osha.europa.eu/es/publications/circular-economy-phase-2-micro-scenarios.

50. LIN, M. S-M. & Lu, B-S. Risk assessment and management in the offshore wind power industry: A focus on component handling operations in ports. *Safety Science*. noviembre de 2023, Vol. 167 106286. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ssci.2023.106286.

51. ROWELL, D., MCMILLAN, D. & CARROLL, J. Offshore wind H&S: a review and analysis. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. enero de 2024, Vol. 189, parte A, 113928. DOI: https://doi.org/10.1016/j.rser.2023.113928.

52. LUTHIN, A., CRAWFORD, R. H. & TRAVERSO, M. Demonstrating circular life cycle sustainability assessment – a case study of recycled carbon concrete. *Journal of Cleaner Production*. 25 de diciembre de 2023, Vol. 433, 139853. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.139853.

53. MAKHATHINI, T. P., BWAPWA, J. K., & MTSWENI, S. Various Options for Mining and Metallurgical Waste in the Circular Economy: A Review. *Sustainability*. 31 de enero de 2023, Vol. 15, 2518. DOI: https://doi.org/10.3390/su15032518.

54. CHAITIDIS, G. D., MARHAVILAS P. K. & KANAKARIS V. Potential Effects on Human Safety and Health from Infrasound and Audible Frequencies Generated by Vibrations of Diesel Engines Using Biofuel Blends at the Workplaces of Sustainable Engineering Systems. *Sustainability*. 21 de junio de 2022, Vol. 14 (13), 7554. DOI: https://doi.org/10.3390/su14137554.

55. Ceballos, D. M. & Dong, Z. The formal electronic recycling industry: Challenges and opportunities in occupational and environmental health research. *Environment International*. 2016, Vol. 95, páginas 157-166. DOI: https://doi.org/10.1016/j.envint.2016.07.010.

56. QUINTO, S., LAW, N., FLETCHER, C., LE, J., ANTHONY JOSE, S., & MENEZES, P. L. Exploring the E-Waste Crisis: Strategies for Sustainable Recycling and Circular Economy Integration. *Recycling*. 14 de abril de 2025, Vol. 10, 72. DOI: https://doi.org/10.3390/recycling10020072.

57. EZE, C. & VINKEN, M. E-waste: mechanisms of toxicity and safety testing 2024, *FEBS Open Bio*. 10 de julio de 2024, Vol. 14, páginas 1420-1440. DOI: https://doi.org/10.1002/2211-5463.13863.

58. AGARWAL, V., MEIER, B., SCHREINER, C., FIGI, R., TAO, Y. & WANG, J. Airborne antibiotic and metal resistance genes - a neglected potential risk at e-waste recycling facilities. *Science of The Total Environment*. 10 de abril de 2024, Vol. 920, 170991. DOI: https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.170991.

59. BALASCH, A., LÓPEZ, M., RECHE, C., VIANA, M., MORENO, T., ELJARRAT, E. Exposure of e-waste dismantlers from a formal recycling facility in Spain to inhalable organophosphate and halogenated flame retardants. *Chemosphere*. Mayo de 2024, Vol. 294, 133775. DOI: https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.133775.

60. Luigi, M., Pironti, C., Pinto, G., Ricciardi, M., Buono, A., Brogna, C., Venier, M., Piscopo, M., Amoresano, A. & Motta, O. Polychlorinated Biphenyls (PCBs) in the Environment: Occupational and Exposure Events, Effects on Human Health and Fertility. *Toxics*. 1 de julio de 2022, Vol. 10, 365. DOI: https://doi.org/10.3390/toxics10070365.

61. ROSMULLER, N. *Sustainable mobility and its consequences for occupational safety and health*. Agencia Europea para la Seguridad y Salud en el Trabajo, 2025. Disponible en: https://osha.europa.eu/sites/default/files/documents/Sustainable-mobility-OSH-emerging-risks_EN.pdf.

62. SUN, Y-Q. Explosions of Hydrogen Storages and the Safety Considerations in Hydrogen-Powered Railway Applications - A Review. *Hydrogen*. 19 de noviembre de 2024, Vol. 5, páginas 901-918. DOI: https://doi.org/10.3390/hydrogen5040047.

63. PASMAN, H., SRIPAUL, E., KHAN, F. & FABIANO, B. Energy transition technology comes with new process safety challenges and risks. *Process Safety and Environmental Protection*. Septiembre de 2023, Vol. 177, páginas 765-794. DOI: https://doi.org/10.1016/j.psep.2023.07.036.

64. SUWAILEH, W., BICER, Y., AL HAIL, S., FAROOQ, S., YUNUS, R. M., ROSMAN, N. N. & KARAJAGI, I. Exploring hydrogen fuel as a sustainable solution for zero-emission aviation: Production, storage, and engine adaptation challenges. *International Journal of Hydrogen Energy*. 23 de abril de 2025, Vol. 121, páginas 304-325. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2025.03.348.

65. YANDEM, G., WILLNER, J. & JABŁOŃĂSKA-CZAPLA, M. Integrating photovoltaic technologies in smart cities: Benefits, risks and environmental impacts with a focus on future prospects in Poland. *Energy Reports*. Junio de 2025, Vol. 13, páginas 2697–2710. DOI: https://doi.org/10.1016/j.egyr.2025.02.014.

66. FANG, P., ZHAO, L., SONG, G., DONG, J., ZHAO, J. & WANG, Z. Fire Safety Assessment of Building-Integrated Photovoltaics (BIPVs). *Fire*. 27 de enero de 2025, Vol. 8, 52. DOI: https://doi.org/10.3390/fire8020052.

67. GAO, W., YU, L., LIN, H., MENG, L., YU, S., LI, J., LIN, Y. & ZHENG, Y. A review on the impacts of fluorinated organic additives in lithium battery industry—an emerging source of per-and polyfluoroalkyl substances. *Critical Reviews In Environmental Science and Technology*. 22 de enero de 2024, Vol. 54 (17), páginas 1285 - 1305. DOI: https://doi.org/10.1080/10643389.2024.2306093.

68. REHMAN, S., AL-GREER, M., BURN, A. S., SHORT, M. & CUI, X. High-Volume Battery Recycling: Technical Review of Challenges and Future Directions. *Batteries*. 28 de febrero de 2025, Vol. 11, 94. DOI: https://doi.org/10.3390/batteries11030094.

69. AERTS, S. & BOLTE, J. *Electromagnetic fields: present and future challenges for occupational safety and health*. Agencia Europea para la Seguridad y Salud en el Trabajo, 2025. Disponible en: https://osha.europa.eu/sites/default/files/documents/Electromagnetic-fields-OSH-emerging-risks_EN.pdf.

70. COMISIÓN EUROPEA, DIRECCIÓN GENERAL DE EMPLEO, ASUNTOS SOCIALES E INCLUSIÓN. *Guía no vinculante de buenas prácticas para la aplicación de la Directiva 2013/35/UE sobre campos electromagnéticos. Volumen 1, Guía práctica*. Luxemburgo: Oficina de publicaciones de la Unión Europea, 2015. DOI: https://data.europa.eu/doi/10.2767/626645.

71. COMISIÓN EUROPEA. *Advanced Materials* [en línea]. 27 de febrero de 2024. Disponible en: https://single-market-economy.ec.europa.eu/industry/advanced-manufacturing/advanced-materials_en [consulta: 13 de junio de 2025].

72. IAVICOLI, I., LESO, V., BEEZHOLD, D. H. & SHVEDOVA, A. A. Nanotechnology in agriculture: Opportunities, toxicological implications, and occupational risks. *Toxicology and Applied Pharmacology*. 15 de agosto de 2017, Vol. 329, páginas 96-111. DOI: https://doi.org/10.1016/j.taap.2017.05.025.

73. PEIJNENBURG, W., OOMEN, A.G., SOETEMAN-HERNÁNDEZ, L.G., GROENEWOLD, M., SIPS, A.J.A.M., NOORLANDER, C.W., KETTELARIJ, J.A.B. & BLEEKER, E.A.J. Identification of emerging safety and sustainability issues of advanced materials: Proposal for a systematic approach. *NanoImpact*. Julio de 2021, Vol. 23, 100342. DOI: https://doi.org/10.1016/j.impact.2021.100342.

74. ALBERTO, A.R., MATOS, C., CARMONA-APARICIO, G., ITEN, M. Nanomaterials, a New Challenge in the Workplace. *Nanotoxicology in Safety Assessment of Nanomaterials. Advances in Experimental Medicine and Biology*. Cham: H., Silva, M.J. Louro (eds.), Springer, 19 de mayo de 2022, Vol. 1357, páginas 379-402. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-88071-2_15.

75. FOURNET, F., SIMARD, F. & FONTENILLE D. Green cities and vector-borne diseases: emerging concerns and opportunities. *Euro Surveill*. 7 de marzo de 2024, Vol. 29 (10), 2300548. DOI: https://doi.org/10.2807/1560-7917.ES.2024.29.10.2300548.

76. MOILANEN, F., TURUNEN, J. & TEPERI, A-M. *Eco-anxiety and its implications for occupational safety and health.* Agencia Europea para la Seguridad y Salud en el Trabajo, 2025. Disponible en: https://osha.europa.eu/sites/default/files/documents/Eco-anxiety-OSH-emerging-risks_EN.pdf.

77. BOLUDA-VERDÚ, I., SENENT-VALERO, M., CASAS-ESCOLANO, M., MATIJASEVICH, A. Y PASTOR-VALERO, M. Fear for the future: Eco-anxiety and health implications, a systematic review. *Journal of Environmental Psychology*. Diciembre de 2022, Vol. 84, 101904. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2022.101904.

78. CLAYTON, S. & KARAZSIA, B. T. Development and validation of a measure of climate change anxiety. *Journal of Environmental Psychology.* Junio de 2020, Vol. 69, 101434. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2020.101434.

79. NOY, S., PATRICK, R, CAPETOLA, T., HENDERSON-WILSON, C., CHIN, J. W. Y LAMONTAGNE, A. Minding environment, minding workers: environmental workers' mental health and well-being. *Global Health Promotion*. Abril de 2022, Vol. 29 (4), páginas 8-17. DOI: https://doi.org/10.1177/317579759221081881.

80. ACKERMAN, E. Robots build large structures with brick and concrete. *IEEE Spectrum* [en línea]. 06 de julio de 2015. Disponible en: https://spectrum.ieee.org/robots-do-construction-with-brick-and-concrete [consulta: 03 de 09 de 2025].

81. MATHIS, WILL. How Robots Can Help Build Offshore Wind Turbines More Quickly [en línea]. *Bloomberg*. 22 de 05 de 2022. Disponible en: https://www.bloomberg.com/news/articles/2022-05-22/how-to-build-wind-turbines-faster-use-robots?leadSource=uverify%20wall [consulta: 05 de 09 de 2025].

82. VALENTI, A., BURESTI, G., RONDINONE, B.M., PERSECHINO, B., BOCCUNI, F., FORTUNA, G. & IAVICOLI, S. Stakeholders' perception of the possible implications of "green jobs" for health and safety at work in Italy. *Industrial Health*. 2015. Vol. 53 (4), páginas 332-339. DOI: https://doi.org/10.2486/indhealth.2014-0208.

83. MOORE, P. V. *OSH and the Future of Work: benefits and risks of artificial intelligence tools in workplaces*. Agencia Europea para la Seguridad y Salud en el Trabajo, 2019. Disponible en: https://osha.europa.eu/sites/default/files/2021-11/OSH_future_of_work_artificial_intelligence.pdf.

84. RITCHIE, H. What are the safest and cleanest sources of energy? [en línea]. *Our World in Data*. 10 de febrero de 2020. Disponible en: https://ourworldindata.org/safest-sources-of-energy [consulta: 28 de julio de 2025].

85. FAUNCE, T. & KOLODZIEJCZYK, B. *Nanowaste: Need for Disposal and Recycling Standards*. G20 insights, 27 de abril de 2017. Disponible en: https://www.global-solutions-initiative.org/publication/nanowaste-need-for-disposal-and-recycling-standards/.

86. ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL TRABAJO. *Safety and health at the heart of the Future of Work: building on 100 years of experience*. Ginebra: OIT, 2019. ISBN: 978-92-2-133152-0. Disponible en: https://www.ilo.org/sites/default/files/wcmsp5/groups/public/@dgreports/@dcomm/documents/publication/wcms_686645.pdf.

87. CHAREF, R., MOREL, J-C. & RAKHSHAN, K. Barriers to Implementing the Circular Economy in the Construction Industry: A Critical Review. *Sustainability*. 24 de noviembre de 2021, Vol. 13 (23), 12989. DOI: https://doi.org/10.3390/su132312989.

88. ORGANIZACIÓN PARA LA COOPERACIÓN Y EL DESARROLLO ECONÓMICO. Chemical Accidents Involving Nanomaterials: Potential Risks and Review of Prevention, Preparedness and Response Measures – Project Report. *Series on Chemical Accidents*. París: OECD Publishing, 11 de julio de 2022, n° 34. DOI: https://doi.org/10.1787/6395f7ce-en.

89. SCHILLING, C. & WEISS, S. A Roadmap for Industry to Harness Biotechnology for a More Circular Economy. *New Biotechnology*. Enero de 2021, Vol. 60, páginas 9-11. DOI: https://doi.org/10.1016/j.nbt.2020.08.005.

90. CHUI, M., EVERS, M., MANYIKA, J., ZHENG, A. & NISBET, T. *The Bio Revolution. Innovations transforming economies, societies, and our lives*. McKinsey Global Institute, 13 de mayo de 2020. Disponible en: https://www.mckinsey.com/industries/life-sciences/ourinsights/the-bio-revolution-innovations-transforming-economies-societies-and-our-lives.

91. AGENCIA EUROPEA PARA LA SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO, STACEY, N., BRADBROOK, S., ELLWOOD, P., REYNOLDS, J., WILLIAMS, H. & LYE, D. *Foresight on new and emerging occupational safety and health risks associated with digitalisation by 2025*. Luxemburgo: Oficina de publicaciones de la Unión Europea, 2018. ISBN: 978-92-9479-043-9. DOI: https://data.europa.eu/doi/10.2802/515834.

92. KAUFFELD, S., TARTLER, D., GRÄFE, H., WINDMANN, A-K. & SAUER, N. C. What will mobile and virtual work look like in the future?—Results of a Delphi-based study. *Gr Interakt Org*. 29 de abril de 2022, Vol. 53, páginas 189-214. DOI: https://doi.org/10.1007/s11612-022-00627-8.

93. SOLUS GROUP. *Ergonomics in the Waste Handling Industry [blog]*. 26 de abril de 2019. Disponible en: https://solusgrp.com/blog/post/ergonomics-in-the-waste-handling-industry.html [consulta: 28 de julio de 2025].

94. MARTIN, L., HAURET, L. & FUHRER, C. Digitally transformed home office impacts on job satisfaction, job stress and job productivity. COVID-19 findings. *PLoS ONE*. 10 de marzo de 2022, Vol. 17 (3), e0265131. DOI:
https://doi.org/10.1371/journal.pone.0265131.

95. ROSEN, P. H., HEINOLD, E., FRIES-TERSCH, E. & WISCHNIEWSKI, S. Advanced robotics and automation: Implications for occupational safety and health. Report. Agencia Europea pra la Seguridad y Salud en el Trabajo, 2022. ISBN: 978-92-9479-676-9. Disponible en:
https://osha.europa.eu/en/publications/advanced-robotics-and-automation-implications-occupational-safety-and-health.

8.2. Referencias legislativas

Reglamento (UE) 2021/1119 del Parlamento y del Consejo, de 30 de junio de 2021, por el que se establece el marco para lograr la neutralidad climática y se modifican los Reglamentos (CE) n° 401/2009 y (UE) 2018/1999 (Legislación europea sobre el clima). Obtenido de:
ELI: http://data.europa.eu/eli/reg/2021/1119/oj.

Reglamento 2018/1999 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 11 de diciembre de 2018, sobre la gobernanza de la Unión de la Energía y de la Acción por el Clima y por el que se modifican los Reglamentos (CE) N° 663/2009 y (CE) N° 715/2009 del Parlamento Europeo y el Consejo, y las Directivas 94/22/CE, 98/70/CE, 2009/31/CE, 2009/73/CE, 2010/31/UE, 2012/27/UE y 2013/30/UE del Parlamento y el Consejo, y las Directivas 2009/119/CE and (UE) 2015/652 and deroga el Reglamento (UE) N° 525/2013 del Parlamento Europeo y el Consejo. Obtenido de:
ELI: http://data.europa.eu/eli/reg/2018/1999/oj.

Directiva (UE) 2018/2001 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 11 de diciembre de 2018, relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables (versión refundida). Obtenido de:
ELI: http://data.europa.eu/eli/dir/2018/2001/oj.

Directiva (UE) 2018/844 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 30 de mayo de 2018, por la que se modifica la Directiva 2010/31/UE relativa a la eficiencia energética de los edificios y la Directiva 2012/27/UE relativa a la eficiencia energética.
ELI: http://data.europa.eu/eli/dir/2018/844/oj.

Reglamento (UE) 2018/841 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 30 de mayo de 2018, sobre la inclusión de las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero resultantes del uso de la tierra, el cambio del uso de la tierra y la silvicultura en el marco de actuación en materia de energía y clima hasta 2030, y por el que se modifican el reglamento (UE) n° 525/2013 y la Decisión n° 529/2013/UE. Obtenido en:
ELI: http://data.europa.eu/eli/reg/2018/841/2023-05-11.

Reglamento (UE) 2018/842 del Parlamento Europeo y del Consejo de 30 de mayo de 2018 sobre reducciones anuales vinculantes de las emisiones de gases de efecto invernadero por parte de los Estados miembros entre 2021 y 2030 que contribuyan a la acción por el clima, con objeto de cumplir los compromisos contraídos en el marco del Acuerdo de París, y por el que se modifica el Reglamento (UE) N° 525/2013. Obtenido de:
ELI: http://data.europa.eu/eli/reg/2018/842/oj.

Reglamento (UE) 2020/852 del Parlamento Europeo y del Consejo de 18 de junio de 2020 relativo al establecimiento de un marco para facilitar las inversiones sostenibles y por el que se modifica el Reglamento (UE) 2019/2088. Obtenido de:
ELI: http://data.europa.eu/eli/reg/2020/852/oj.

Directiva (UE) 2023/1791 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 13 de septiembre de 2023 relativa a la eficiencia energética y por la que se modifica el Reglamento (UE) 2023/955. Obtenido de:
ELI: http://data.europa.eu/eli/dir/2023/1791/oj.

Reglamento (UE) 2023/1804 del Parlamento Europeo y del Consejo de 13 de septiembre de 2023, relativo a la implantación de una infraestructura para los combustibles alternativos y por el que se deroga la Directiva 2014/94/UE. Obtenido de:
ELI: http://data.europa.eu/eli/reg/2023/1804/oj.

Reglamento (UE) 2023/2405 del Parlamento Europeo y del Consejo de 18 de octubre de 2023 relativo a la garantía de unas condiciones de competencia equitativas para un transporte aéreo sostenible (ReFuelEU Aviation). Obtenido de:
ELI: http://data.europa.eu/eli/reg/2023/2405/oj.

Reglamento (UE) 2023/1805 del Parlamento Europeo y del Consejo de 13 de septiembre de 2023 relativo al uso de combustibles renovables y combustibles hipo- carbónicos en el transporte marítimo y por el que se modifica la Directiva 2009/16/CE. Obtenido de:
ELI: http://data.europa.eu/eli/reg/2023/1805/oj.

Reglamento (UE) 2023/955 del Parlamento Europeo y del Consejo de 10 de mayo de 2023 por el que se establece un Fondo Social para el Clima y se modifica el Reglamento (UE) 2021/1060. Obtenido de:
ELI: http://data.europa.eu/eli/reg/2023/955/oj.

Reglamento (UE) 2023/956 del Parlamento Europeo y del Consejo de 10 de mayo de 2023 por el que se establece un Mecanismo de Ajuste en Frontera por Carbono. Obtenido de:
ELI: http://data.europa.eu/eli/reg/2023/956/oj.

Reglamento (UE) 2023/957 del Parlamento Europeo y del Consejo de 10 de mayo de 2023 por el que se modifica el Reglamento (UE) 2015/757 con el fin de incorporar las actividades de transporte marítimo al régimen para el comercio de derechos de emisión en la Unión y de seguir, notificar y verificar las emisiones de gases de efecto invernadero adicionales y las emisiones procedentes de tipos adicionales de buques (Texto pertinente a efectos del EEE).
ELI: http://data.europa.eu/eli/reg/2023/957/oj.

Directiva (UE) 2023/958 del Parlamento Europeo y del Consejo de 10 de mayo de 2023 por la que se modifica la Directiva 2003/87/CE en lo que respecta a la contribución de la aviación al objetivo de la Unión de reducir las emisiones en el conjunto de la economía y a la adecuada aplicación de una medida de mercado mundial.
Eli: http://data.europa.eu/eli/dir/2023/958/oj.

Reglamento (UE) 2023/851 del Parlamento Europeo y del Consejo de 19 de abril de 2023 por el que se modifica el Reglamento (UE) 2019/631 en lo que respecta al refuerzo de las normas de comportamiento en materia de emisiones de CO2 de los turismos nuevos y de los vehículos comerciales ligeros nuevos, en consonancia con la mayor ambición climática de la Unión (Texto pertinente a efectos del EEE).
ELI: http://data.europa.eu/eli/reg/2023/851/oj.

Reglamento (UE) 2024/1787 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 13 de junio de 2024, relativo a la reducción de las emisiones de metano en el sector energético y por el que se modifica el Reglamento (UE) 2019/942.Obtenido de:
ELI: http://data.europa.eu/eli/reg/2024/1787/oj.

Reglamento (UE) 2024/1735 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 13 de junio de 2024, por el que se establece un marco de medidas para reforzar el ecosistema europeo de fabricación de tecnologías de cero emisiones netas y se modifica el Reglamento (UE) 2018/1724
ELI: http://data.europa.eu/eli/reg/2024/1735/oj.

Reglamento (UE) 2024/1252 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 11 de abril de 2024, por el que se establece un marco para garantizar un suministro seguro y sostenible de materias primas fundamentales y por el que se modifican los Reglamentos (UE) n° 168/2013, (UE) 2018/858, (UE) 2018/1724 y (UE) 2019/1020.
ELI: http://data.europa.eu/eli/reg/2024/1252/oj.

Reglamento (UE) 2024/1991 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 24 de junio de 2024, relativo a la restauración de la naturaleza y por el que se modifica el Reglamento (UE) 2022/869.
ELI: http://data.europa.eu/eli/reg/2024/1991/oj.

Directiva (UE) 2024/1788 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 13 de junio de 2024, relativa a normas comunes para los mercados interiores del gas renovable, del gas natural y del hidrógeno, por la que se modifica la Directiva (UE) 2023/1791 y se deroga la Directiva 2009/73/CE, (versión refundida), (Texto pertinente a efectos del EEE).
ELI: http://data.europa.eu/eli/dir/2024/1788/oj.

Directiva (UE) 2024/1799 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 13 de junio de 2024, por la que se establecen normas comunes para promover la reparación de bienes y se modifican el Reglamento (UE) 2017/2394 y las Directivas (UE) 2019/771 y (UE) 2020/1828.
ELI: http://data.europa.eu/eli/dir/2024/1799/oj.

Reglamento (UE) 2024/3110 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 27 de noviembre de 2024, por el que se establecen reglas armonizadas para la comercialización de productos de construcción y se deroga el Reglamento (UE) n.° 305/2011 (Texto pertinente a efectos del EEE)
ELI: http://data.europa.eu/eli/reg/2024/3110/oj.

Directiva 2003/87/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 13 de octubre de 2003, por la que se establece un régimen para el comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero en la Unión y por la que se modifica la Directiva 96/61/CE del Consejo (Texto pertinente a efectos del EEE). Modificación de1 de marzo de 2024.
ELI: http://data.europa.eu/eli/dir/2003/87/2024-03-01.

Reglamento (UE) no 691/2011 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 6 de julio de 2011, relativo a las cuentas económicas europeas medioambientales (Texto pertinente a efectos del EEE)
ELI:http://data.europa.eu/eli/reg/2011/691/2025-06-24.

DT.136.1.25

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE TRABAJO Y ECONOMÍA SOCIAL
insst
Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo