

## 1. Introducción

Las proyecciones de envejecimiento de la población nos dicen que en el 2050 el 38% de la población española será mayor de 60 años (ONU, 2017). La esperanza de vida en España ha pasado de estar entorno a los 40 años en el año 1900 a alcanzar los 80,9 años para los hombres y los 86,2 para las mujeres en el año 2019 (INE, 2021). Es decir, en un siglo la esperanza de vida al nacer en España se ha duplicado lo que a priori parece una buena noticia. Esta es la principal razón que hace que la población envejezca, el aumento de la esperanza de vida debido a los avances en la medicina y al acceso generalizado en las últimas décadas a los servicios de salud públicos. A pesar de ello, el envejecimiento sigue trayendo consigo efectos en la salud y en la capacidad intrínseca de las personas. Existen ciertos cambios relacionados con la edad, como la presbicia, y ciertas enfermedades cuya prevalencia comienza a ser importante a partir de los 35 o 40 años. Dichos cambios pueden afectar a la capacidad intrínseca de la población y pueden derivar en dificultades a la hora de llevar a cabo las actividades básicas de la vida diaria y a la hora de utilizar los productos y tecnologías que les rodean.

Así, según la encuesta sobre Discapacidad, Autonomía personal y Dependencia EDAD 2020 (Instituto Nacional de Estadística, 2022b) se estima que un total de 4,38 millones de personas residentes en hogares tienen discapacidad o limitación en el año 2020. Por sexo, 1,81 millones eran hombres y 2,57 millones mujeres. La discapacidad o limitación afectaba, por tanto, al 9,49% de las personas y en mayor medida a las mujeres (10,9) que a los hombres (8,01). Por edad, el 75,4% del colectivo con discapacidad o limitación residente en hogares tenía 55 o más años. Tres de cada cinco de estas personas eran mujeres.

Por otro lado, la última encuesta sobre Equipamiento y Uso de Tecnologías de Información y Comunicación en los Hogares (Instituto Nacional de Estadística, 2022a) recoge que en el año 2022 en España, el 82,9% de los hogares con al menos un miembro de 16 a 74 años disponía de algún tipo de ordenador (de sobremesa, portátil, *Tablet*...). Sin embargo, al aumentar la edad descende el uso de Internet, siendo el porcentaje más bajo el que corresponde al grupo de edad de 65 a 74 años (un 76,4% para los hombres y un 76,5% para las mujeres).

Así, la OMS en sus informes sobre envejecimiento y salud subraya la necesidad de adaptar los entornos físicos, digitales y relacionales a las nuevas necesidades de una sociedad, cada vez más envejecida, con el objetivo de mantener la capacidad funcional de las personas. Es decir, la capacidad de las personas de seguir participando en la sociedad, realizando las actividades importantes y significativas para ellas independientemente de su edad (World Health Organization, 2021).

Esta necesidad de adaptar los entornos físicos, digitales y relacionales al envejecimiento de la población se extiende también al envejecimiento de la población activa. Casi la mitad de las personas que tienen trabajo o lo buscan en España, el 48% concretamente, tiene 45 años o más, frente al 36% de hace una década. Las proyecciones dicen que en 2030 los mayores de 45 años supondrán el 60% de la población activa (Fundación ADECCO, 2022). El imparable envejecimiento demográfico se traslada al mercado de trabajo dando como resultado una fuerza laboral cuya media de edad ya alcanza los 43 años y que en 2026 llegará a los 50, según previsiones del INE (INE, 2022).

Según el informe de la Fundación ADECCO (2022) las personas sénior tienen un peso creciente en el mercado laboral pero su búsqueda de trabajo se torna mucho más difícil que para el resto de las personas desempleadas. Así lo acredita el porcentaje de paro de larga duración, que en el caso de las personas paradas mayores de 45 años roza el 60%, frente al 47% de la media general. La principal razón que subyace tras esta mayor tendencia a la

cronificación del desempleo son los prejuicios y estereotipos sociales que se trasladan a las empresas en forma de reticencias a la hora de incorporar mayores de 45 años a los equipos de trabajo. Algunas de estas erróneas creencias sostienen que las personas sénior tienen competencias obsoletas, que no encajarán en una plantilla mayoritariamente joven o que tendrán menos flexibilidad para viajar o hacer horas extra. Es necesario poner en valor cualidades que habitualmente ven reforzadas como la experiencia, la madurez, el pensamiento crítico, las habilidades sociales o la templanza. Se trata de atributos que se traducen en compromiso, fidelidad al proyecto, rendimiento y buenos resultados. Además, a menudo, cuentan con competencias muy válidas pero desconocen cómo ponerlas en valor. Por otro lado, este mismo informe destaca que la diversidad en las capacidades sensoriales, motrices y cognitivas está aumentando en los entornos de trabajo debido a que los cambios relacionados con la edad comienzan antes de la edad de jubilación.

Las instituciones locales también están considerando el envejecimiento de la población como uno de los retos importantes a abordar. Así se refleja en el Libro Blanco del Empleo en Euskadi (de la Rica et al., 2022). El empleo, debido a su dimensión retributiva, ya que su función está intrínsecamente ligada al trabajo remunerado, es un instrumento fundamental de inclusión social y de desarrollo humano. Además, cuando es de suficiente calidad, el trabajo es un medio que permite dar rienda suelta al potencial de las personas, a la creatividad, a la innovación y a la imaginación. Es esencial para que la vida humana sea productiva, útil y significativa. Permite a las personas ganarse la vida, es un canal de participación en la sociedad, proporciona seguridad y confiere un sentido de dignidad. Por ello es necesario un análisis contrastado, desde las evidencias científicas, que sean útiles para la inclusión de aquellas personas que en la actualidad no están plenamente integradas en el ámbito laboral, como son, entre otras, las mayores de 45 años y aquellas que tienen algún tipo de discapacidad.

Las nuevas tecnologías pueden suponer una oportunidad para la inclusión de la diversidad en los puestos de trabajo o, por el contrario, suponer nuevas barreras para algunas personas. Organismos internacionales como la UNESCO están publicando recomendaciones éticas para garantizar el respeto, la protección y la promoción de la diversidad y la inclusión a lo largo del ciclo de vida de las nuevas tecnologías, de conformidad con el derecho internacional y en particular de los derechos humanos (UNESCO, 2022). Para ello propone promover la participación activa de todas las personas o grupos, con independencia de su raza, color, ascendencia, género, edad, idioma, religión, opiniones políticas, situación económica o capacidades.

En esta línea, la Comisión Europea defiende la industria 5.0 que promueve el empoderamiento y el bienestar de las personas trabajadoras a través del diseño centrado en las personas. Persigue la adaptación de los puestos, entornos y herramientas de trabajo a la evolución y la mejora de sus habilidades. Reconoce el poder de la industria para alcanzar objetivos sociales, más allá del empleo y el crecimiento, para convertirse en un proveedor de prosperidad haciendo que la producción respete los límites del planeta y sitúe el bienestar de las personas en el centro del proceso de producción (European Commission, 2021). Así, en lugar de tomar la tecnología emergente como punto de partida y examinarla sólo desde el punto de vista productivo para aumentar la eficiencia, propone el enfoque del proceso de producción centrado en las personas para ver qué puede hacer la tecnología por las personas. En lugar de pedir al trabajador industrial que adapte sus conocimientos a las demandas de una tecnología que evoluciona rápidamente, se quiere utilizar la tecnología para adaptar el proceso de producción a las necesidades de las personas trabajadoras, por ejemplo, guiándolas y formándolas. Esto significa, por ejemplo, garantizar que el uso de las nuevas

tecnologías no afecte a los derechos fundamentales de los trabajadores, como el derecho a la intimidad, la autonomía y la dignidad humana.

Con el objetivo de garantizar la inclusión en el diseño de productos, servicios y entornos, es decir, de integrar la diversidad y la accesibilidad en los enfoques de Diseño Centrado en las Personas, surge el enfoque del Diseño Inclusivo. La norma BS 7000-6:2005 de la British Standard Institution lo define como el diseño de productos, servicios y entornos accesibles y utilizables por el mayor número de personas razonablemente posible, independientemente de su edad, sexo/género, capacidades sensoriales, cognitivas y físicas y bagaje cultural, sin la necesidad de adaptación o diseño específico para ellas (British Standard Institution, 2005). Para su implementación existen herramientas de cálculo de la exclusión o herramientas de simulación de discapacidades como las que propuso el Inclusive Design Toolkit hace más de una década (Cambridge University, 2010). Dichas herramientas se centran únicamente en la diversidad de capacidades y no profundizan de igual manera en el sexo/género, como sí lo hace el departamento de Gendered innovations (Stanford University, 2009) o el más reciente proyecto de Intersectional design puesto en marcha por el mismo equipo de Stanford (Jones et al., 2021).

A pesar de la existencia de enfoques que permiten incluir la diversidad y la accesibilidad en el diseño de nuevos productos servicios y entornos, su aplicación y validación se ha experimentado en productos y bienes de consumo o de la vida diaria. La adaptación de dichos métodos y herramientas al ámbito industrial permitiría proveer a los distintos sectores profesionales de recursos para abordar la revolución de la industria 5.0.

Con el objetivo de comprobar si existen enfoques específicos de Diseño Inclusivo centrados en la industria, en este artículo se realiza una revisión de la literatura relativa a la adaptación de los puestos y entornos de trabajo al envejecimiento de la población activa. Como resultado se presentan los distintos enfoques identificados y se constata la necesidad de nuevos enfoques centrados en la diversidad, la accesibilidad y el diseño inclusivo de los entornos de trabajo en la industria. Así como la necesidad de definir las variables que caracterizan el envejecimiento en distintos sectores y perfiles profesionales con el objetivo de proponer futuras directrices de adaptación de los puestos de trabajo.

## **2. Objetivos**

El objetivo de este estudio es analizar el estado del arte de la aplicación del Diseño Inclusivo en la adaptación de los entornos de trabajo al envejecimiento de la población activa. Dicho objetivo se divide en tres subobjetivos:

- Analizar la literatura existente en torno al Diseño Inclusivo, la diversidad y la accesibilidad aplicados al envejecimiento de la fuerza de trabajo.
- Identificar los métodos y herramientas existentes y sus características. Los dominios que abarcan y los sectores en los que han sido validados.
- Plantear nuevas líneas de investigación para abordar el reto del envejecimiento de la población activa desde el enfoque del Diseño Inclusivo y la accesibilidad de productos, servicios y entornos presentes en distintos entornos laborales.

Con este fin, se ha realizado una búsqueda bibliográfica siguiendo la metodología que se describe en el apartado 3. En el apartado 4 se describen y analizan los resultados obtenidos.

Por último, en el apartado 5, se extraen las conclusiones obtenidas y las oportunidades detectadas.

### 3. Metodología

Se ha realizado una revisión de la literatura existente utilizando las bases de datos *Scopus*, *Web of Science (WoS)* y *Engineering Village (EV)*. Para ello, se han definido las palabras clave o grupos de términos relativos al diseño inclusivo, al envejecimiento de la plantilla y al diseño de puestos de trabajo, dichos grupos de términos se recogen en la tabla 1.

**Tabla 1: Grupos de términos para la búsqueda bibliográfica estructurada**

Grupo de términos 1: Diseño Inclusivo	Grupo de términos 2: Envejecimiento de la plantilla	Grupo de términos 3: Puesto de trabajo
"Inclusive Design" OR "Universal Design" OR "Design for All" OR "Accesibility"	"Ageing workforce" OR "Aging workforce" OR "older worker*" OR "aged workforce" OR "ageing population" OR "adult worker"	"workplace*" OR "work environment*" OR "work tool*" OR "workstation*"

Una vez realizada la búsqueda, se han filtrado las referencias excluyendo los resultados que no corresponden a artículos de revistas, artículos de revisión y capítulos de libros obtenido un total de 32 referencias relevantes para el estudio. Después, se han eliminado las referencias duplicadas y se ha leído el título y el resumen de cada una de ellas. Tras dicha lectura, se han seleccionado las publicaciones que están directamente relacionadas con el diseño de puestos y entornos de trabajo inclusivos teniendo en cuenta el envejecimiento de las personas trabajadoras. De este modo, se obtienen 11 referencias de las que se ha leído el texto completo. De estas 11 referencias, 6 plantean métodos, herramientas o recomendaciones específicas y otras 5 realizan análisis genéricos del estado del arte y la importancia del tema. Finalmente, se han añadido 3 publicaciones que siendo revisiones del estado del arte se han considerado importantes a la hora de completar las conclusiones. En el siguiente apartado se describen y analizan los resultados más significativos.

### 4. Resultados

Las 9 publicaciones que presentan modelos, herramientas o recomendaciones específicas identificados en la revisión de la literatura se clasifican en la tabla 2. En ella, se describen los métodos propuestos en las distintas publicaciones, los dominios que incluye haciendo referencia al tipo de características corporales, capacidades, características del ambiente o incluso protocolos que analizan, y por último, el sector o ámbito en el que se han experimentado dichos métodos o herramientas. En los siguientes subapartados, se describen sus características y se hace un análisis crítico de ellas.

**Tabla 2: Modelos, herramientas y recomendaciones específicas**

Autoría	Método/Herramienta	Dominios que incluye	Sector o ámbito de validación
(Hussain et al., 2016)	<i>Postural evaluation methods (OWAS y REBA)</i>	Espalda, brazos, piernas, carga, cambios de postura rápidos, posturas inestables...	Construcción, automoción, agricultura, enfermería, cría de aves.

(Gonzalez & Morer, 2016a)	<i>UCAP</i>	Usuario, producto, actividad, contexto	Industria del conocimiento
(Gonzalez & Morer, 2016b)	<i>InWoDG</i>	Aspectos físicos, cognitivos y emocionales del usuario; Componentes del puesto de trabajo; Apertura, colectividad, protocolos y personalización del contexto; Actividades pre, durante y post	Oficina
(Case et al., 2015; Marshall et al., 2022; Maurya et al., 2019)	<i>Digital Human Modeling (DHM)</i>	Datos antropométricos en 3D, estrategias de trabajo, datos sobre discapacidad	Montaje de muebles
(Bühler, 2009)	<i>Ambient Assisted Working (AAW)</i>	Aplicación directa de sensores, interacción con agentes y/o asistencia a través de interface móvil	Oficina y mantenimiento de maquinaria
(Afacan, 2015)	<i>Survey and interviews</i>	Iluminación, confort acústico, ergonomía, localización y navegación, calidad del aire, confort térmico	Oficina
(da Silva et al., 2022)	<i>Virtual reality and Digital Human Modeling</i>	Análisis ergonómico y postural combinando realidad virtual y modelado humano digital	Automoción, aeroespacial, construcción, plantas industriales, industria energética, etc.

#### 4.1. Métodos de evaluación postural (Hussain et al., 2016)

La primera publicación seleccionada presenta un modelo basado en métodos de evaluación postural utilizados tradicionalmente en el ámbito de la ergonomía. Los autores afirman que las personas tienen distintas habilidades físicas, psicológicas y cognitivas, por ello responden de forma diferente a factores físicos, psicológicos y organizacionales relacionados con sus riesgos laborales.

Defienden así mismo que las personas trabajadoras más mayores prefieren puestos con menor carga de trabajo, ya que la vejez está relacionada con enfermedades y una función física reducida relacionada con desórdenes musculoesqueléticos relacionados con el trabajo. Sin embargo, también concluyen que hay evidencia de que no hay una relación directa entre estos desórdenes y la edad. Así, las diferencias entre técnicas de trabajo también pueden jugar un papel importante en la exposición de los trabajadores a los riesgos laborales. Por ejemplo, afirman que las mujeres usan más frecuentemente sus manos por encima de la altura de los hombros, lo que se considera un factor de riesgo de lesiones para el cuello y los hombros. Factores cuantitativos como posturas de trabajo forzadas, vibraciones y picos elevados de carga y cargas estáticas, la manipulación manual de materiales y los movimientos complejos del cuerpo también llevan a una mayor probabilidad de desórdenes musculoesqueléticos relacionados con el trabajo. Además, apuntan que en los últimos años se les está dando más importancia a los riesgos psicosociales como el alto estrés laboral, la insatisfacción, la falta de control del trabajo, la alta demanda de trabajo, la alta presión mental,

el apoyo inadecuado y la percepción de un clima poco seguro que contribuyen significativamente a empeorar los problemas musculoesqueléticos.

Así, proponen dos métodos de análisis postural. En primer lugar el método OWAS describe la postura de trabajo en relación con la postura de la espalda, los brazos, las piernas y la carga. La utilidad del método OWAS ha sido validada en numerosos ambientes de trabajo, incluyendo sectores como la construcción, la automoción, la agricultura, la enfermería o la industria de aves de corral. Este método es capaz de detectar el nivel de malestar y riesgo y de hacer recomendaciones adecuadas para la mejora de la estrategia de trabajo y el diseño de los puestos de trabajo para minimizar los riesgos de desórdenes musculoesqueléticos. En segundo lugar, el método REBA es un método de evaluación postural para evaluar la severidad del riesgo musculoesquelético en base a los antebrazos, brazos, muñecas, tronco, cuello, piernas y a las cargas, la actividad muscular causada por posturas estáticas y dinámicas, las posturas rápidamente cambiantes o inestables, y los efectos de acoplamiento. El método REBA también se ha probado útil en un amplio rango de profesiones.

Cada trabajador adopta estrategias significativamente distintas de trabajo que afectan en el riesgo de desórdenes musculoesqueléticos. Las personas con alta habilidad adoptan estrategias de trabajo más seguras y productivas, mientras que los menos hábiles son más vulnerables a factores de riesgo en su trabajo debido a sus estrategias pobres de trabajo. El manejo de carga manual es el área clave que supone la mayor causa de riesgo laboral para los trabajadores menos hábiles. La formación en estrategias de manipulación de cargas sería una estrategia útil para la promoción de prácticas seguras y productivas de trabajo.

Los autores afirman que ambos métodos son útiles para entender el efecto de la diversidad en la seguridad y la productividad en el trabajo. Sin embargo, estos métodos solo contemplan las capacidades motrices de las personas, dejando de lado el resto de variables sensoriales, cognitivas, psicológicas que caracterizan el envejecimiento de las personas.

#### **4.2. Herramienta de apoyo al diseño de Workstations para la inclusión de trabajadores senior en la industria del conocimiento (Gonzalez & Morer, 2016a)**

En este estudio González y Morer abordan dos tendencias globales: la tendencia al trabajo del conocimiento y la del envejecimiento de la población. Estas tendencias implican la inclusión de trabajadores más mayores en las profesiones relacionadas con el conocimiento.

Afirman que hay muchas herramientas que contienen información relevante pero que es necesario desarrollar herramientas más apropiadas orientadas a diseñadores industriales que cubran la fase inicial del proceso de diseño. Se propone y desarrolla un marco teórico llamado UCAP, una herramienta de guía para el diseño inclusivo de puestos de trabajo, productos y ambientes propios del ámbito del conocimiento.

Las industrias del conocimiento son según la Organization of Economic Co-operation and Development (OECD) la industria manufacturera, los servicios financieros, los servicios de negocios, las telecomunicaciones, la educación y los servicios de salud. En este sector del conocimiento las capacidades cognitivas y emocionales son muy significativas, mientras que las físico-sensoriales permanecen en un segundo plano. La necesidad de acomodar las capacidades físico-sensoriales de las personas mayores en la industria del conocimiento hace que el problema de la ergonomía en términos de ajustes en los componentes de los puestos de trabajo sea más complejo y retador y afecte a trabajadores de todas las edades.

Nuevas tendencias como la creciente demanda de trabajadores del conocimiento y la movilidad han traído consigo espacios abiertos y compartidos donde varias personas trabajan simultáneamente y han hecho emerger los puestos de trabajo basados en la actividad, donde varias personas comparten el mismo puesto a turnos. Estas tendencias añaden complejidad

al problema de ajustar los componentes de un puesto de trabajo a las necesidades de cada persona. Los autores observan que el incluir trabajadores mayores en puestos diseñados para personas más jóvenes supone un coste humano y además afecta a la productividad y el bienestar de los trabajadores convirtiéndose en un coste para la organización para la que trabajan.

González y Morer concluyen que es necesario crear nuevas herramientas para llevar a cabo diseños más inclusivos, ya que aunque los equipos de diseño estén motivados y comprometidos con la creación de productos inclusivos, a menudo carecen de conocimiento y experiencia suficiente en dicho ámbito. Necesitan métodos, herramientas y criterios específicos. Las herramientas que abordan los aspectos sensoriales, las técnicas que abordan los aspectos físicos y cognitivos suelen fallar por el hecho de no ser fáciles de usar, visuales, flexibles, abiertas, y pragmáticas a la hora de representar y comparar la visión de los diseñadores y los usuarios.

El diseño de la nueva herramienta UCAP, propuesta por González y Morer, ofrece una nueva forma de conectar la investigación en ergonomía con el conocimiento de los diseñadores para el beneficio de las personas trabajadoras de la industria del conocimiento y hace posible la inclusión de los trabajadores mayores en la industria del conocimiento. Incluye cuatro categorías de información: a) ergonomía y nuevos factores humanos como la autoestima, autoactualización y la pertenencia, a través del diseño transgeneracional que es el diseño inclusivo que cubre los cambios relacionados con la edad, b) consideración de otros agentes: usuarios, compradores, beneficiarios, externos, c) visión sistémica: usuario, contexto, actividad y producto y d) necesidades de los diseñadores a lo largo del proceso de diseño: herramientas fáciles de usar, visuales, flexibles, abiertas y pragmáticas.

A priori este método parece más completo en cuanto a los dominios que abarca, pero su nivel de desarrollo y su ámbito de aplicación es limitado, ya que presenta únicamente un marco teórico aplicado en las industrias del conocimiento.

#### **4.3. Inteligencia ambiental en ambientes de trabajo (Bühler, 2009)**

La inteligencia Ambiental (Aml) se ha adoptado en el entorno de la vivienda y se ha denominado *Ambient Assisted Living* (AAL) ofreciendo soluciones positivas de cuidados y apoyo a las personas mayores en el hogar. Bühler propone que este enfoque puede tener un importante campo de aplicación relacionado con el trabajo. Este autor afirma que las personas trabajadoras a pesar de desarrollar un incremento en su experiencia y habilidades a lo largo del tiempo, también necesitan un sistema de apoyo a medida para mantener la eficiencia y la efectividad y elementos de prevención y ajuste para abordar los cambios en sus capacidades.

Tradicionalmente solo cuando una persona con discapacidad se incorporaba a la plantilla se consideraba la adaptación de su puesto de trabajo. Esta estrategia reactiva resulta obsoleta ya que hoy en día toda la infraestructura debe ser considerada previamente para hacer accesible un puesto de trabajo. El *Ambient Assisted Work* (AAW) ofrece un enfoque flexible hacia una adaptación de los puestos de trabajo para todas las personas, incluyendo las personas con discapacidad y las personas mayores de la plantilla, desde su diseño.

Bühler observa que los entornos industriales y de trabajo ofrecen un alto grado de infraestructuras para el trabajo en red y computacional, a menudo mucho mayor que los entornos privados. Sistemas de control de accesos, de optimización del tiempo, de control de procesos, automatización tecnológica, trazabilidad de bienes, planificación y seguimiento del trabajo y de trabajo asistido por ordenador, mantenimiento, etc. que combinados con la intranet de las empresas pueden ofrecer las bases para una infraestructura avanzada de inteligencia ambiental (Aml) con el potencial de crear un ambiente de trabajo muy flexible y de apoyo para todas las personas. La base de la inteligencia ambiental es que todos los

sistemas están conectados y que los sensores y actuadores inteligentes son capaces de intercambiar información para crear un ambiente flexible e inteligente. La interacción con la persona trabajadora puede hacerse de varias formas: a través de la aplicación directa de sensores e interacción con agentes y/o operar a través de interfaces móviles.

Bühler presentan dos casos hipotéticos donde se podría aplicar el AAW: un especialista concreto que trabaja en un entorno de oficina y una persona que realiza tareas de mantenimiento en un entorno de taller.

En el primer caso se usarían intranet, sistemas de control de accesos electrónicos biométricos, puestos de trabajo accesibles y orientación dinámica accesible, ambiente de *software* individualizado en el respectivo puesto de trabajo, dispositivo móvil personalizado, detección y apoyo a personas con pérdidas de memoria a través de patrones de interacción usando intranet o coach personal que le ayuda a reanudar el trabajo. También un dispositivo de telemonitorización de la salud, avisos, alarmas y apoyo inmediato de emergencia, envío de consultas a personas similares para aprender unas de otras y acceso a base de datos o wiki compartida con soluciones previas donde se comparten experiencias e información adaptada de otras personas con la misma discapacidad.

En el segundo caso se usaría un sistema de apoyo al mantenimiento basado en PDA que guía al profesional de forma dinámica, donde se muestran los materiales y herramientas necesarios, la localización de la máquina que necesita mantenimiento. La PDA indicaría las medidas de seguridad y la configuración del entorno necesarias para desarrollar la tarea. Cada paso se presentaría únicamente después de haber completado el anterior con éxito. En caso de tener problemas concretos se ofrecería asistencia a través de video bidireccional. Incluso las personas con discapacidades relacionadas con el aprendizaje podrían ser habilitadas con un sistema de apoyo tan interactivo, por ejemplo, en el mantenimiento de impresoras y fotocopiadoras.

Bühler defiende que la base del AAW puede y debe ser implementado en la infraestructura de la inteligencia ambiental desde las primeras fases del diseño de los entornos de trabajo ya que así puede apoyar a las necesidades de muy distintas personas y puede ayudar a crear entornos de trabajo para todas. Sin embargo, su planteamiento es hipotético y no ha sido validado empíricamente.

#### **4.4. Modelado humano digital y el envejecimiento de la plantilla (Case et al., 2015; Marshall et al., 2022; Maurya et al., 2019)**

El equipo de Case y el de Marshall reconocen que la edad aporta muchos aspectos positivos, desde una mayor experiencia, sabiduría, lealtad y motivación, pero también reconoce sus inevitables consecuencias como la pérdida de capacidades, fuerza, movilidad, visión y audición. Observan que los trabajadores mayores son muy diferentes en términos de sus capacidades físicas, fisiológicas y cognitivas y esto afecta al desempeño en el trabajo.

Además, sostienen que los entornos de trabajo requieren los máximos niveles de productividad y el reto de incluir a las personas trabajadoras mayores lo plantean como un importante aspecto del Diseño Inclusivo y proponen el *Digital Human Modelling* (DHM) como un método potencialmente útil para su implementación. Afirman que la evaluación de riesgos laborales a través del método del DHM ha resultado exitoso a través de la evaluación ergonómica basada en posturas virtuales, sin embargo, Marshall et al. añaden que otros aspectos como el comportamiento o el confort quedan infravalorados.

Case et al. sugieren el uso de entornos virtuales para analizar la validez de una estrategia de trabajo basada en datos reales sobre capacidades de personas mayores. Presentan un caso de estudio en una empresa de fabricación de mobiliario donde los trabajadores de la línea de



montaje fueron grabados para capturar la variedad de estrategias de trabajo, métodos y procedimientos que utilizaban. Usaron también la herramienta SAMMIE para modelar los entornos de trabajo incluyendo los sofás, las herramientas utilizadas en el ensamblaje y otros elementos relevantes. Las posturas seleccionadas fueron replicadas por modelos que representaban a 31 personas mayores en SAMMIE desarrolladas definiendo distintos datos antropométricos y de capacidades. Se comprueba cómo algunas de las personas pueden completar el ensamblado utilizando una de las estrategias, pero tienen problemas en el resto de estrategias de trabajo. Esto permite promover las prácticas más adecuadas para sus plantillas, por ejemplo, para las personas mayores.

Defienden que la utilidad del DHM subraya la importancia de disponer de datos más realistas sobre las capacidades humanas. Además, Marshall et al. defienden que los usuarios del DHM deberían familiarizarse con las tareas a evaluar y recoger información de primera mano realizando testeos con personas reales interactuando con dichos productos. Remarcan que es importante tener en cuenta que el DHM provee información sobre lo que es posible o probable que suceda en una interacción concreta, pero que en general no aporta hallazgos en cuanto a lo que debería suceder para que dicha interacción fuera más inclusiva y confortable. Además, alertan sobre el riesgo de crear evaluaciones que asumen que todas las personas actúan de la manera “correcta”, mientras que en la realidad otros factores como el tiempo, el mínimo esfuerzo o los hábitos pueden jugar un papel importante.

#### **4.5. Recomendaciones para entornos de oficina sostenibles (Afacan, 2015)**

En este caso Afacan desarrolla una encuesta y una serie de entrevistas entre personas trabajadoras mayores de tres empresas diferentes. El objetivo de su estudio es identificar los factores que hacen de los edificios sostenibles también entornos inclusivos para los trabajadores senior. Consigue identificar seis factores principales que dice están interrelacionados y que pueden influir significativamente en la productividad y en el bienestar de las personas de mayor edad.

Los factores identificados son: la iluminación, el confort acústico, la ergonomía, la localización y navegación, la calidad del aire, y el confort térmico. Describe las particularidades que las personas van desarrollando respecto a estos factores a lo largo que avanza su edad.

Este enfoque subraya que es necesario englobar una gran variedad de variables a la hora de evaluar el Diseño Inclusivo de los entornos de trabajo.

#### **4.6. Realidad virtual y Modelado Humano Digital (da Silva et al., 2022)**

El equipo de Da Silva analiza la combinación de la realidad virtual y el modelado humano digital para las evaluaciones ergonómicas en el desarrollo industrial de productos. Observan un desarrollo exponencial de patentes y nuevas tecnologías por parte de los principales actores tecnológicos como Microsoft, Apple, Intel, Facebook, IBM y Bytedance. Nuevas tecnologías y dispositivos con numerosas aplicaciones potenciales.

La combinación de la realidad virtual y el modelado humano digital permite evaluar aspectos ergonómicos de forma dinámica haciendo interactuar personas virtuales con entornos virtuales desarrollando distintas tareas. Esto permitiría incluir variables como el comportamiento o las estrategias de adaptación de las personas a medida que experimentan un deterioro en sus capacidades, cosa que a día de hoy no se ha implementado. Por otro

lado, presentan numerosas aplicaciones de esta combinación en sectores tan dispares como la industria de la automoción, la aeroespacial, la energética, la construcción, etc. Sin embargo, no ponen el foco en la inclusión de personas con discapacidad o personas mayores.

Este enfoque tiene un gran potencial de desarrollo. Sin embargo, requiere aún de mejoras en su aplicación. Por una parte, los modelos humanos digitales requieren de un mayor desarrollo para plasmar la diversidad existente, lo que implicaría la necesidad de una mayor recogida de datos o la grabación de diversas personas usuarias reales desempeñando dichas tareas. Por otro lado, los entornos virtuales generalmente están basados en equipamientos y espacios ya implementados, es decir, sería conveniente utilizar la combinación de la realidad virtual y el modelado humano digital también en las fases iniciales del diseño de los entornos de trabajo.

## **5. Conclusiones**

Se ha conseguido analizar el estado del arte de la aplicación del Diseño Inclusivo en la adaptación de los entornos de trabajo al envejecimiento de la población activa. Por una parte, se ha analizado la literatura existente en torno al Diseño Inclusivo y la accesibilidad aplicados al envejecimiento de la fuerza de trabajo y se han identificado seis modelos interesantes que incluyen métodos y herramientas muy diversos procedentes de ámbitos como la ergonomía, la prevención de riesgos, el confort y la sostenibilidad de los entornos de trabajo. No obstante, no se ha identificado ningún modelo que abarque todas variables que caracterizan el envejecimiento de las personas trabajadoras, ni tampoco se ha identificado ningún modelo que haya sido validado en todo tipo de sectores. El sector del conocimiento y el del ensamblaje de muebles han sido los únicos en los que se ha realizado una validación específica de las herramientas propuestas.

Esta falta de modelos holísticos que abarquen la complejidad del envejecimiento puede ser debido a tres cuestiones: en primer lugar, la falta de datos antropométricos y biomecánicos en general y en especial los referidos a personas con discapacidad o personas mayores; en segundo lugar, la amplitud de variables que caracterizan el envejecimiento de las personas, incluyendo variables de comportamiento como las estrategias de adaptación; y en tercer lugar, a que dicho abanico de variables puede variar en función del sector o ámbito laboral al que se refieran los estudios.

Se ha identificado así, la necesidad de desarrollar nuevas líneas de investigación para abordar el reto del envejecimiento de la fuerza de trabajo desde el enfoque del Diseño Inclusivo y la accesibilidad de productos, servicios y entornos para los distintos sectores o ámbitos laborales. Por un lado, se cree necesario definir las variables que caracterizan el envejecimiento en distintos sectores y perfiles profesionales. Una vez definidas las variables se podrían proponer herramientas específicas para evaluar dichas variables y el nivel de adaptación de los entornos de trabajo a ellas. Por otro lado, analizar la idoneidad de los métodos basados en datos antropométricos y biomecánicos en este ámbito, ya que requieren igualmente de la participación directa de las personas y se debería simplificar y agilizar para que los datos disponibles reflejaran la diversidad existente en cuanto a las capacidades y al comportamiento de las personas. Por último, una vez definidas las herramientas de evaluación específicas, se podrían proponer directrices concretas de adaptación de los puestos de trabajo para mejorar su adaptación a la diversidad existente en los distintos perfiles profesionales.

## 6. Referencias

- Afacan, Y. (2015). Older Workers and a Sustainable Office Environment. *The Design Journal*, 18(1), 57–82. <https://doi.org/10.2752/175630615X14135446523260>
- British Standard Institution. (2005). *British Standard BS 7000-6:2005 Design Management Systems: Managing inclusive design. Guide, Parte 6*. BS 7000-6:2005 Design Management Systems: Managing Inclusive Design. Guide, Parte 6.
- Bühler, C. (2009). Ambient intelligence in working environments. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 5615 LNCS(PART 2), 143–149. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-02710-9\\_17/COVER](https://doi.org/10.1007/978-3-642-02710-9_17/COVER)
- Cambridge University. (2010). *Inclusive Design Toolkit*. <http://www.inclusivedesigntoolkit.com/>
- Case, K., Hussain, A., Marshall, R., Summerskill, S., & Gyi, D. (2015). Digital Human Modelling and the Ageing Workforce. *Procedia Manufacturing*, 3, 3694–3701. <https://doi.org/10.1016/J.PROMFG.2015.07.794>
- da Silva, A. G., Gomes, M. V. M., & Winkler, I. (2022). Virtual Reality and Digital Human Modeling for Ergonomic Assessment in Industrial Product Development: A Patent and Literature Review. In *Applied Sciences (Switzerland)* (Vol. 12, Issue 3). MDPI. <https://doi.org/10.3390/app12031084>
- de la Rica, S., Gorjón, L., Martínez de Lafuente, D., Romero, G., & Camper, A. (2022). *LIBRO BLANCO DEL EMPLEO EN EUSKADI*. [https://www.euskadi.eus/contenidos/noticia/libro\\_blanco\\_empleo\\_2013/es\\_def/adjuntos/Libro-Blanco-del-Empleo-en-Euskadi-ISEAK.pdf](https://www.euskadi.eus/contenidos/noticia/libro_blanco_empleo_2013/es_def/adjuntos/Libro-Blanco-del-Empleo-en-Euskadi-ISEAK.pdf)
- European Commission. (2021). *Industry 5.0 - Towards a sustainable, human-centric and resilient European industry*. <https://doi.org/https://data.europa.eu/doi/10.2777/308407>
- Fundación ADECCO. (2022). *Tu edad es un tesoro 2022*. <https://fundacionadecco.org/wp-content/uploads/2022/06/TuEdadEsUnTesoro-2022.pdf>
- Gonzalez, I., & Morer, P. (2016a). Developing a workstation design assistance tool for older knowledge workforce inclusion. *Universal Access in the Information Society*, 16. <https://doi.org/10.1007/s10209-016-0507-7>
- Gonzalez, I., & Morer, P. (2016b). Ergonomics for the inclusion of older workers in the knowledge workforce and a guidance tool for designers. *Applied Ergonomics*, 53, 131–142. <https://doi.org/10.1016/J.APERGO.2015.09.002>
- Hussain, A., Case, K., Marshall, R., & Summerskill, S. (2016). Using Ergonomic Risk Assessment Methods for Designing Inclusive Work Practices. *Human Factors in Ergonomics & Manufacturing*, 26(3), 337–355. <https://doi.org/10.1002/HFM.20650>
- INE. (2022). *Encuesta de Población Activa (EPA) y Estadística de Flujos de la Población Activa (EFPA)*.
- Instituto Nacional de Estadística. (2022a). Encuesta sobre Equipamiento y Uso de Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) en los Hogares. In *INE*.
- Instituto Nacional de Estadística. (2022b). *Encuesta sobre Discapacidad, Autonomía y situaciones de Dependencia EDAD 2020*. [https://www.ine.es/prensa/edad\\_2020\\_p.pdf](https://www.ine.es/prensa/edad_2020_p.pdf)
- Jones, H., Schiebinger, L., Grimes, A., & Small, A. (2021). *Intersectional Design Cards – Explore, analyze and invent inclusive design solutions*. <https://intersectionaldesign.com/>
- Marshall, R., Brolin, E., Summerskill, S., & Högberg, D. (2022). Digital Human Modelling: Inclusive Design and the Ageing Population. In *Studies in Computational Intelligence* (Vol. 1011, pp. 73–96). Springer Science and Business Media Deutschland GmbH. [https://doi.org/10.1007/978-981-16-8488-3\\_5](https://doi.org/10.1007/978-981-16-8488-3_5)

Maurya, C. M., Karmakar, S., & Das, A. K. (2019). Digital human modeling (DHM) for improving work environment for specially-abled and elderly. In *SN Applied Sciences* (Vol. 1, Issue 11). Springer Nature. <https://doi.org/10.1007/s42452-019-1399-y>

Stanford University. (2009). *Gendered Innovations | Stanford University*. <https://genderedinnovations.stanford.edu/>

UNESCO. (2022). *Recomendación sobre la ética de la inteligencia artificial*. [https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000381137\\_spa](https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000381137_spa)

World Health Organization. (2021). *Ageing and health*. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ageing-and-health>

**Comunicación alineada con los  
Objetivos de Desarrollo Sostenible**

