



Análisis: Wearables en el entorno de las factorías del futuro

Documento generado por técnicos de la División de Tecnologías Multimedia del Instituto Tecnológico de Aragón (ITAINNOVA) enmarcado en la **ORDEN de 29 de diciembre de 2014, del Consejero de Industria e Innovación, por la que se encomienda al Instituto Tecnológico de Aragón la realización de actuaciones para potenciar e impulsar el sector de tecnologías audiovisuales en Aragón.**



Material desarrollado por el Instituto Tecnológico de Aragón

Este obra está bajo una [licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](#)



Referencia / Cita:

“Lacueva Pérez, F.J., Gracia Bandrés, M.A., González Muñoz, C., Gracia Murugarren, J., Romero San Martín, D. – (2015) TecsMedia: Análisis de wearables en el entorno de las factorías del futuro”

www.aragon.es
www.itainnova.es

Índice

01.	RESUMEN EJECUTIVO	3
02.	INTRODUCCIÓN A LA INDUSTRIA 4.0	4
03.	RETOS DE LA INDUSTRIA 4.0. “HUMAN CENTRED MANUFACTURING”	6
04.	TECNOLOGÍAS WEARABLES O PONIBLES	7
04.1.	Gafas de Realidad Aumentada	7
04.1.	Relojes inteligentes o smartwatches	12
05.	RETOS DE LOS WEARABLES.....	15
06.	CONCLUSIONES	16
07.	REFERENCIAS	17

01. Resumen ejecutivo

En este estudio, se pretende hacer un análisis de los wearables principales disponibles en el dominio de las factorías del futuro (Industria 4.0). Se pretende por el foco en este tema, ya que las prioridades de investigación presentes en este campo están centradas en reforzar el papel y el potencial de las personas que trabajan en las fábricas para poder conseguir una serie de objetivos entre los que se encuentran: aumentar la productividad, incrementar la flexibilidad, mejorar las interacciones, así como la seguridad y satisfacción de los empleados, mejorar el aprendizaje y facilitar la compartición del conocimiento, etc.

En este documento se van a presentar los retos a los que se enfrenta las factorías del futuro con la importancia del trabajador como centro del proceso y una revisión de los dispositivos que se presentan con mayor potencial, cascos y gafas de realidad aumentada y los relojes inteligentes, ya que estas tecnologías se presentan como multimodales, intuitivas, ubicuas y permiten trabajar en entornos de movilidad, apoyando a los trabajadores en los procesos que tienen y tendrán lugar en la Industria 4.0.

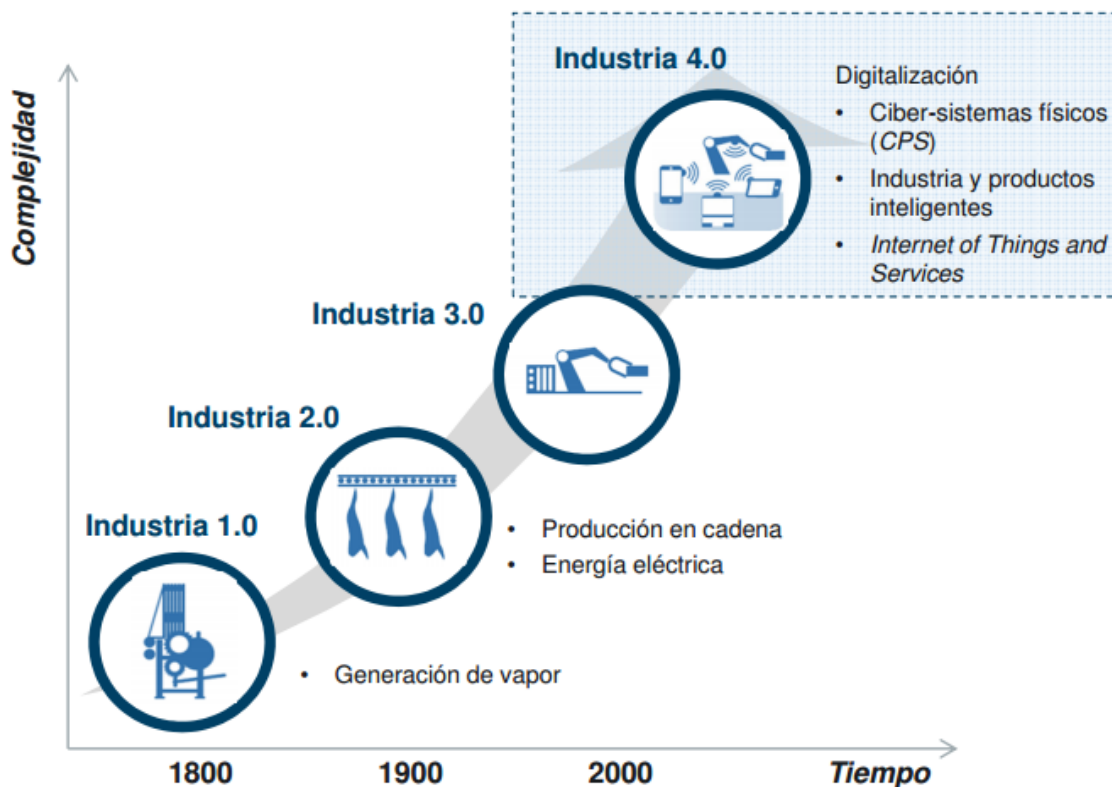
Para finalizar se presentarán los retos que estos dispositivos/tecnologías deben afrontar para su inclusión en entornos productivos y unas conclusiones del mismo.

02. Introducción a la Industria 4.0

El concepto de **Industria 4.0** surge en Alemania y se corresponde a una nueva manera de organizar los medios de producción mediante la puesta en marcha de la fábrica inteligente (Smart Factories), una visión de la fabricación informatizada con todos los procesos interconectados por Internet de las Cosas (IOT) y abriendo así el camino a la “Cuarta Revolución Industrial”.

Las primeras revoluciones industriales son el resultado de la mecanización, de la industrialización y de las tecnologías de la información (IT). En la actualidad, la cuarta revolución industrial, también conocida como Industria 4.0, gira en torno al concepto de los sistemas ciber-físicos y el concepto de Internet de las cosas. Los sistemas ciberfísicos son las tecnologías informáticas y de la comunicación incorporadas en todo tipo de dispositivos, dotándolos de “inteligencia” para hacerlos más eficientes. Estos sistemas se integran en las fábricas y proceso industriales para conformar una nueva generación de elementos interconectados [1].

Esta evolución queda reflejada en la siguiente imagen.



Fuente: Elaboración IBC en base a Zukunftsprojekt Industrie 4.0

Figura 1: Soluciones de excelencia científico tecnológica

La industria 4.0 depende del desarrollo y penetración en las fábricas de una serie de tecnologías como son [2]:

- **Tecnologías de la información y las comunicaciones**, cuya aplicación servirá para digitalizar la información e integrar sistemas a lo largo de la cadena de producción.
- **Sistemas ciberfísicos** para monitorizar y controlar los procesos físicos. Estos sistemas incluyen sensores embebidos, robots inteligentes, etc.
- **Redes de comunicaciones**, incluyendo Internet y redes inalámbricas, que permitan unir máquinas, productos, sistemas y operarios en las fábricas y con sus proveedores y distribuidores.
- **Tecnologías de simulación, modelado y virtualización** para el diseño de productos y procesos de fabricación.
- **Big data y cloud computing** para el análisis y explotación de datos.
- Tecnologías de apoyo al trabajador, entre ellas se incluyen herramientas de **Realidad Aumentada, robots inteligentes**, etc.

Estas tecnologías se ilustran en el trabajo de Boston Consulting Group que recoge las nueve tecnologías principales que están transformando la producción industrial [3].

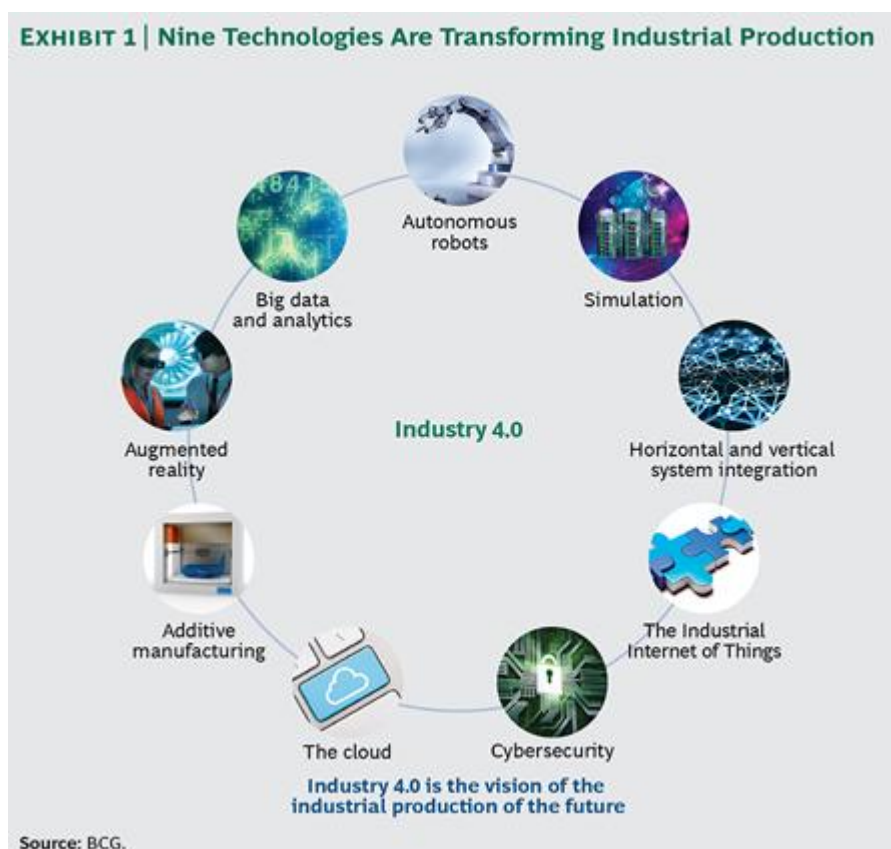


Figura 2: Tecnologías destinadas a transformar la producción industrial

03. Retos de la Industria 4.0. “Human centred manufacturing”

Uno de los grandes retos de la industria 4.0 es el que está relacionado con proporcionar herramientas de apoyo a los trabajadores. Lo importante para que estas herramientas y tecnologías tengan éxito y, por lo tanto, sean adoptadas por los trabajadores es que se incluya a los mismos como parte central del proceso. Este hecho es el que se aborda en el dominio 5, relativo a “Human Centre manufacturing” y al que aplica todas las técnicas de proceso centrado en usuario [4].

Este proceso implica que los trabajadores son pieza clave en las fábricas del futuro para aumentar la flexibilidad, agilidad, y la competitividad. Esto se presenta como una oportunidad para el continuo desarrollo de sus habilidades y competencias a través de nuevas formas de compartición de conocimiento y gracias a mejor equipamiento y tecnologías, entre ellas las TICs, que van a permitir ayudar a la transmisión de conocimientos a los nuevos empleados que se incorporan a la empresa, mejorar la comunicación entre trabajadores y permitir una comprensión más sencilla de los procesos de fabricación complejos o avanzados.

Para conseguir estos objetivos, los trabajadores tendrán que usar interfaces multimodales, intuitivos y la experiencia de usuario va a tener que guiar los procesos y flujos de trabajo para que los trabajadores dispongan de herramientas útiles para los mismos. Escenarios en movilidad, ubicuos que permitan a los trabajadores controlar y supervisar proceso y operaciones. Lugares de trabajo seguros, colaboraciones entre robots y humanos, gestión dinámica de tareas y cambios, automatización de tareas son el día a día en los entornos de fabricación.

Los tres aspectos claves a considerar para entender y gestionar los roles y lugares de trabajo en las factorías del futuro son:

- Cómo la gente trabaja y aprende
- Cómo la gente interactúa con la tecnología
- Cómo la gente aporta valor a los procesos de fabricación y manufactura

04. Tecnologías wearables o ponibles

Alineado con los objetivos y retos presentados anteriormente se presenta el concepto de las tecnologías wearables. Los wearables son una tecnología ponible y según los datos recogidos por el Workforce Institute de Kronos Incorporated [5] son dispositivos que pueden beneficiar a los trabajadores en tres áreas fundamentales: eficiencia, productividad y seguridad.

Los wearables que actualmente tienen mayor potencial en los entornos de trabajo son los dispositivos de visión, que incluyen las gafas de realidad aumentada, y los relojes inteligentes.

04.1. Gafas de Realidad Aumentada

Las gafas de realidad aumentada son una de las tecnologías destinadas a transformar la producción industrial. Actualmente, en el mercado se encuentran gafas y dispositivos de fabricantes, como pueden ser Vuzix, Epson, Google; y aunque éstos son modelos comerciales, aún les queda recorrido para que la tecnología esté más madura y pueda penetrar en las fábricas; ya que a día de hoy presentan numerosas limitaciones en cuanto a comodidad, duración de la batería y hacen que no sean totalmente funcionales en entornos empresariales.

Una vez situado el contexto en el que nos encontramos sí que conviene indicar que parece que los dispositivos de Realidad Aumentada son el camino en el futuro ya que podrán guiar y ayudar al operario en numerosos procesos de fabricación ya que esta tecnología dota al usuario de una capacidad de observar realidad e imágenes virtuales de una forma perfectamente fusionada, sobreimprimiendo la información digital de forma natural.

Se incluye una imagen del modelo de gafas Epson Moverio BT-200 a modo de ejemplo, y a continuación, se muestra una lista con los dispositivos de Realidad Aumentada y de visión con display en la cabeza (Visión Head Mounted Displays):



Figura 1: modelo de gafas see-through Epson Moverio BT-200

Antes de presentar la lista, señalar que los criterios de inclusión son los que se listan a continuación:

- Los HMD tienen que aumentar la experiencia de usuario de alguna forma. Los cascos o gafas orientados únicamente a Realidad Virtual han sido excluidos.
- Tiene que existir al menos un prototipo funcional con un roadmap claro hacia producto final.
- Los dispositivos que no se montan en la cabeza tampoco entran en la lista.
- Por último, señalar que la lista se compone de un conjunto de HMD cuyo uso previsto es en entornos de movilidad y se evalúa su viabilidad y competitividad.
- Para la selección de los dispositivos los siguientes criterios se han tenido en consideración:
 - Coste
 - Tamaño y peso: distribución de peso y peso soportado por la nariz.
 - Resolución: es un parámetro muy importante pues de ella depende mayormente la definición de la imagen percibida por el usuario.
 - Refresco de pantalla (frame rate): el número de imágenes mostradas por segundo. A partir de 60 Hz se considera un buen ratio.
 - Seguimiento de orientación (head tracking): mediante sensores internos (giroscopio, acelerómetro, magnetómetro) el HMD detecta hacia dónde está orientada la cabeza del usuario.
 - Seguimiento de posición (positional tracking): también conocido como posicionamiento absoluto, se logra mediante un sensor externo que detecta dónde está situada exactamente la cabeza del usuario y cualquier cambio que se produzca en esa posición. Es una característica que solo incorporan los HMD más avanzados.

- Visión estereoscópica: característica presente en casi todos los aparatos de realidad virtual, que mostrando una imagen ligeramente diferente a cada ojo permite visualizar el entorno en tres dimensiones.
- Campo de visión: en inglés field of view (FoV), es la amplitud del campo visual del usuario ocupado por la imagen virtual. Cuanto mayor sea mejor será la sensación de inmersión y podrá proporcionar mayor información. Pero para tener una gran amplitud de campo visual con una buena resolución angular se requiere un display con alta resolución y con una óptica sobresaliente lo que encarece mucho el dispositivo.
- Visión periférica: este punto es de gran importancia en escenarios en los que el usuario vaya andando o conduciendo.
- Tipo de conectividad: si el dispositivo es cableado o sin cables. Si es dispositivo es sin cables permite trabajar en entornos de movilidad pero también puede tener limitaciones en cuanto a capacidad de procesamiento, peso, etc.
- Duración de la batería y peso: Si el dispositivo va cableado o dispone de una batería es un tema importante dependiendo de su uso. En caso de que disponga de batería, hay que conocer su duración y el peso.
- Tipo de dispositivo: monoculares, binoculars, See-Through, cascos de RV, etc.
- Tipo de dispositivo en cuanto a cómo se monta. Este punto quiere decir si es un casco que se monta en la cabeza, si son gafas, etc.
- SDK: si el dispositivo proporciona un SDK sobre el cual se puedan hacer desarrollos de aplicaciones
- Sistema Operativo: sistema operativo sobre el que corre el dispositivo.
- Tipo de Mercado al que va dirigido: los dispositivos pueden estar orientados a un mercado específico como pueden ser el industrial, militar, médico o de consumo.
- Características adicionales: en este punto se pueden completar características como la capacidad de almacenamiento del dispositivo, la robustez o fragilidad del mismo, la calidad de la cámara, si dispone de sensores (IMU sensors), la apariencia, etc.
- Para la selección de los dispositivos, se recogen algunos de los criterios arriba mencionados y se muestran en una tabla (actualizada con fecha 4 de Junio de 2015).

Producto	Empresa	Clase	Tipo de Óptica	Tipo de Dispositivo	Mercado	Estado	Interfaz de Usuario	Sistema Operativo	SDK
AiR	Atheer Labs	see through	binocular	gafas	industrial	En beta	Interfaz gestual	Atheer AiR OS	Atheer SDK (Android)
AiRScouter (WD-100G)	Brother	see through	monocular	gafas	industrial	En producción	Caja de controladores periféricos , teclado y ratón	Windows	Windows IDE
Moverio BT-200	Epson	see through	binocular	gafas	consumo	En producción	Almohadilla táctil (touch pad)	Android	standard Android, Metaio, Wikitude
Eyes-On Glass 1.0	Evena Medical	see through	binocular	gafas	médico	En producción	Dispositivo computacional en red	Android(?)	No disponible
Golden-i 3.8	Kopin	near eye microdisplay	monocular	headset	industrial	En producción	Por voz y movimiento	Gi-OS	Golden-i SDK
SeeThru	Laster Technologies	see through	monocular	gafas	consumo	En producción	Por voz y gestual	Android	SeeThru SDK
Pro Mobile Display	Laster Technologies	see through	monocular	gafas	industrial	En producción	Por voz y gestual	Android	G2 Development Reference Kit (DRK)
MG1	Laster Technologies	see through	monocular	gafas	consumo	En producción	Por voz y gestual	Android	No disponible
DK-40	Lumus	see through	monocular	gafas	consumo OEM	En producción	Dispositivo móvil	Android	DK-40 SDK
DK-32	Lumus	see through	binocular	gafas	consumo OEM	En producción	Dispositivo móvil	Android	DK-32 SDK
PD-18	Lumus	see through	monocular	clip-on	industrial, militar OEM	En producción	Dispositivo móvil o ordenador	Android	PD-18 SDK
HC1	Motorola Solutions	near eye microdisplay	monocular	headset	industrial	En producción	Por voz, gestual y movimiento	Windows CE	Plataforma Windows
nVisor ST50	NVIS Inc.	see through	binocular	visor	industrial, militar	En producción	Por ordenador	desconocido	desconocido
R-6S	Osterhout Design Group (ODG)	see through	binocular	gafas	industrial, militar	En producción	Táctil, dispositivo móvil y periféricos	Reticle OS (Android)	ReticleOS SDK
Jet	Recon Instruments	near eye microdisplay	monocular	gafas	consumo	En producción	Táctil	Recon OS (Android)	Jet Android SDK
Snow2	Recon Instruments	near eye microdisplay	monocular	gafas	consumo	En producción	Brazalete de control remoto	Recon OS (Android)	HUD SDK
SimEye SX50T II	Rockwell Collins Inc.	see through	binocular	clip-on	militar	En producción	Controlador	No disponible	No disponible
zSight	Sensics Inc.	camera view	binocular	visor	industrial, militar	En producción	Controlador	Windows	Plataforma Windows

ODIN	Six15 Technologies	see through	monocular	clip-on	industrial, militar	En producción	Dispositivo de salida de vídeo	No disponible	No disponible
DASH Gen IV	Vision Systems International LLC	see through	binocular	casco	militar	En producción	Sistema de vuelo	No disponible	No disponible
JHMCS	Vision Systems International LLC	see through	binocular	casco	militar	En producción	Sistema de vuelo	No disponible	No disponible
m100	Vuzix	near eye microdisplay	monocular	gafas	consumo, industrial	En producción	Táctil, gestual, voz y por dispositivo móvil	OS 2.0	M100 SDK

Tabla 1: Dispositivos de Realidad Aumentada y de visión con display en la cabeza

En línea con lo comentado anteriormente, en el caso de las gafas de realidad aumentada, una de las barreras a las que esta tecnología se enfrenta es la necesidad de evolucionar en temas de comodidad para el trabajador y de ser lo menos intrusivas posibles. Estas son dos de las características principales que presentan los relojes o pulseras inteligentes.

04.1. Relojes inteligentes o smartwatches

A SmartWatch o reloj inteligente es un ordenador conectado al brazo del usuario. Estos wearables son uno de los dispositivos que presentan mayores posibilidades en el entorno laboral. Según el estudio de Kronos [5], alrededor del 20% de los trabajadores de EEUU, Reino Unido, Francia o Alemania cree que los *smartwatches* le serán útiles en el trabajo, mientras que este porcentaje sube en China (56%), India (49%), México (40%) o Australia (33%).

Las razones por las que los relojes inteligentes se pueden convertir en una herramienta muy valiosa en los entornos de fabricación y manufactura es que estos dispositivos que presenta una característica y es que están siempre encendidos, no necesitan encenderse y apagarse, y además permite la multitarea con lo cual se pueden usar sin interferir con las tareas que el trabajador está realizando en ese momento.

Otras capacidades muy valoradas son que se conoce la localización del trabajador y que estos dispositivos permiten recibir notificaciones en tiempo real. Estas dos características los hacen especialmente útiles en escenarios ubicuos de trabajo colaborativo y resolución de problemas críticos en planta.

Por el momento existen tres tendencias diferentes en implementaciones de SmartWatch [6]. Por un lado, hay smartwatches que son ordenadores independientes como el SmartWatch Pebble y que no necesitan de ningún otro dispositivo para su funcionamiento.

Otra aproximación, es la que siguen Sony O Samsung que ven los relojes como un interfaz complementario a sus dispositivos móviles (teléfonos o tabletas). Y por último, está el enfoque híbrido que permite conectar el SmartWatch al teléfono inteligente para obtener aplicaciones y datos pero que es capaz de funcionar de forma independiente. Esta filosofía la siguen el reloj de Apple y el Microsoft Band.

Si bien existen grandes expectativas en su uso, gracias a su potencial como dispositivo para recibir notificaciones; hoy en día los relojes inteligentes presentan algunas limitaciones importantes que reducen su introducción, en particular, en el mundo industrial. Primero, tienen un tamaño pequeño de pantalla que limita los datos de entrada y salida que se pueden mostrar, su adaptabilidad al entorno de trabajo de una fábrica (robusto, resistente al agua, etc.) y también los interfaces para usar estos dispositivos ya que hay que ir a nuevas interfaces de usuario basada en técnicas de interacción como reconocimientos gestuales, por voz, etc.

Con todas estas restricciones en mente se presenta una comparación de dispositivos donde se evalúan el sistema operativo, el hardware y software del dispositivo, las características de la pantalla y la batería entre otros parámetros [7]:

	Apple Watch	Pebble Time	Pebble Steel	Alcatel One Touch Watch	Moto 360	LG G Watch R	Sony Smartwatch 3	Asus Zen Watch	Huawei Watch	Samsung Gear S
Smartphone Compatibility	iPhone 5 and Newer	Android OS 4.1+ iPhone 4, 4s, 5, 5s, and 5c, iOS 6 and iOS7	Android OS 4.1+ iPhone 4, 4s, 5, 5s, and 5c, iOS 6 and iOS7	iOS 7+ Android 4.3+	Android 4.3+	Android 4.3+	Android 4.3+	Android 4.3+	Android 4.3+	Android 4.3+
Price in USD	\$349+	\$299	\$149 - \$180	\$149	\$249.99	\$299	\$200	\$199	\$349 - 399	\$299 \$149 (w/ contract)
Availability	✓	May 2015	✓	✓	✓	June 2015	✓	✓	June 2015	✓
Display Type	Retna	Color-Ink	Black and White e-Ink	LCD	LCD	OLED	LCD Transflective	AMOLED	AMOLED	Super AMOLED
Screen Size	38mm: 1.5" 42mm: 1.65"	1.25"	1.25"	1.22"	1.56"	1.3"	1.6"	1.64"	1.4"	2"
Screen Resolution	38mm: 240x272 (192 ppi) 42mm: 360x312 (192 ppi)	144 x 168 pixel	144 x 168 pixel	204 x 204 Pixel 258 ppi	320x290 pixel 205 ppi	320x320 pixel 245 ppi	320 x 320 pixel 269 ppi	320x320 278ppi	400x400 Pixel 286 ppi	480 x 360 Pixel 300 ppi
Glass Type	Sport: Ion-X Glass Watch: Sapphire Edition: Sapphire	Gorilla 3	Gorilla	Corning Glass	Gorilla 3	Gorilla 3	Gorilla 3	Gorilla 3	Sapphire	Gorilla 3
Battery	315mAh Approx 18 hrs. Up to 72 hrs on Battery Reserve Mode	150 mah	130 mah	210 mah	320 mah	410 mah	420 mah	370 mah	300 mah	300 mah
Charging	Wireless	Magnetic Charger	Magnetic Charger	Integrated USB inside watch band	Wireless Qi	Magnetic Charger	Micro USB	Magnetic Charger	Magnetic Charger	Charging Cradle
Sensors	Hear Rate Pulse Oximeter (Blood oxygen) Accelerometer Gyroscope Barometer Ambient Light Sensor Force Touch	3-Axis Accelerometer Magnetometer E-compass Ambient Light Sensor Microphone	3-Axis Accelerometer Magnetometer E-compass Ambient Light Sensor	Hear Rate Monitor Accelerometer Gyroscope Altimeter	Hear Rate Monitor Pedometer 9-axis accelerometer Ambient Light Sensor	Heart Rate Monitor Barometer Accelerometer Gyroscope	Ambient light sensors Accelerometer Compass Gyroscope GPS	Heart Rate monitor Accelerometer Gyroscope Barometer	Heart rate monitor Barometer Gyroscope Accelerometer	Multi-touch Accelerometer Gyroscope Compass Heart Rate monitor Ambient Light sensor UV sensor Barometer
CPU	Apple S1 Chip	ARM Cortex-M4 CPU 100Mhz	ARM Cortex-M3 CPU 64Mhz	STM 429	1 GHz Cortex A8	Qualcomm Snap- dragon Quad-core 1.2 GHz	1.2 GHz Quad ARM A7	1.2GHz Qualcomm Snapdragon 400	1.2GHz Qualcomm Snapdragon 400	Dual Core 1GHz Dual-core Snapdrag- on 400 processor
Storage	8GB Limited to 2GB for Music and 75MB for Photos	No Limit on Apps (smart caching system)	Up to 8 apps	4 GB	4 GB	4 GB	4 GB	4 GB	4 GB	4 GB
Bluetooth	✓	Bluetooth 4.0+EDR 4.0+LE	Bluetooth 4.0+EDR 4.0+LE	Bluetooth 4.0 LE	Bluetooth 4.0 LE	Bluetooth 4.0 LE	Bluetooth 4.1 LE	Bluetooth 4.1 LE	Bluetooth 4.1 LE	Bluetooth 4.1 LE
NFC	✓	✗	✗	✓	✗	✗	✓	✗	✗	✗
Wi-Fi	✓	✗	✗	✗	✓	✓	✓	✗	✗	✓
Dedicated GPS	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✗	✗	✓
Microphone	✓	✓	✗	✓	✓ Dual	✓	✓	✓	✓	✓
Speaker	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✓
Colors & Options	6 colors 2 sizes 6 bands/straps Up to 54 different types of combina- tions	Available in Steel or Plastic 6 colors 1 size	2 colors (Silver or Black) 1 size	1 Color 1 size 4 straps	3 Colors 1 Size Many band/straps combinations	1 Color 1 Size	1 size 5 Colors	1 Color 1 Size	3 Colors (Silver, Black, Gold) 1 Size	1 Size 5 Colors
Band Size	Custom	Standard 22mm	Custom	Custom - USB Charger Embedded	22mm (Custom Notch)	Standard 22mm	Custom	Standard 22mm	Standard 18mm/ 21mm	Custom
Case	Sport: Aluminum Watch: Stainless Steel Edition: 18k Gold	Plastic or Stainless Steel	Stainless Steel	Stainless Steel	Stainless Steel	Stainless Steel	Plastic Stainless Steel	Stainless Steel	Stainless Steel	Stainless Steel
Dimensions	38mm: 38.6 x 33.3 x 10.5 mm 42mm: 42 x 35.9 x 10.5 mm	40.5mm (47 incl. lug) L x 37.5 (40 incl. buttons) W x 9.5mm T, -15.4mL	38mm (46 incl. lug) L x 34.1 W x 10.3mm H, -13.3mL	41.8 x 10.5mm	46 x 11.5mm	46.4 x 53.6 x 9.7mm	36 x 51 x 10 mm	39.9 x 51 x 7.9mm	42 x 11.3	39.9 x 58.1 x 12.5mm
Weight	25 - 69g (varying models)	42.5g / 1.5oz (w/ included silicone strap)	56g / 2.0oz (w/ included leather band), 99g / 3.5oz (w/ steel band)	60g	49g	62g	45 g	50g	?	67-84g
Waterproof Rating	IPX7 (Water resistant but not completely waterproof)	3ATM Up to 30 meters	3ATM Up to 50 meters	IP67	IP67 Rated 30-minutes at 1.5 meters	IP67 1 metre for 30 minutes	IP68	IP55 Water resistant, not fully waterproof	IP67	IP67
Operating System	Watch OS	PebbleOS	PebbleOS	Custom Android	Android Wear	Android Wear	Android Wear	Android Wear	Android Wear	Tizen (Samsung Proprietary)

Tabla 2: Comparativa de características de los relojes inteligentes

05. Retos de los wearables

Uno de los retos más importantes a los que se enfrentan las tecnologías wearables en su introducción en los entornos de trabajo es que estos dispositivos no sean percibidos por los empleados como un intento, por parte de sus supervisores, de monitorizar o evaluar su trabajo o una forma de inmiscuirse en su privacidad, ya que estas tecnologías pueden guiar y grabar los movimientos de los trabajadores.

Además, está todo el tema relacionado con la privacidad ya que estos dispositivos pueden proporcionar a las empresas datos antes desconocidos relacionados con sus rutinas diarias y su salud, en el caso de los relojes inteligentes. Por lo tanto estos asuntos legales y relativos a la privacidad de los trabajadores se tienen que abordar y resolver como paso previo a su introducción en los entornos de trabajo.

Actualmente, en el entorno industrial, los principales inconvenientes que presentan los relojes están relacionados con el limitado tamaño de pantalla y, por consiguiente, en su capacidad limitada de introducir datos de entrada/salida y sus sensores menos precisos; y por su parte las gafas de realidad aumentada se enfrentan al reto de superar las limitaciones en cuanto a comodidad y duración de la batería. Para ambos tipos de dispositivos son aplicables todos los aspectos relacionados con entornos de trabajo hostiles ya que los dispositivos pueden requerir trabajar en condiciones deficientes de iluminación, tener que ser resistentes al agua y que no se deterioren por rasguños, golpes, etc. Por lo tanto reducir los costes de los dispositivos ruggedizados se presenta como otro de los retos importantes a conseguir, así como mejora el ciclo de vida de las baterías y temas relativos a la disipación de calor de estos dispositivos.

06. Conclusiones

Las conclusiones de este trabajo son que las tecnologías wearables tienen mucho que decir en el entorno industrial y empresarial futuro, siendo su adopción por parte de los trabajadores un proceso crítico.

Una de las claves para que los wearables sean adoptados por parte de los trabajadores, es que las aplicaciones sean intuitivas, ubicuas, con interfaces multimodales y, sobre todo, que los empleados experimenten beneficios reales en el trabajo; por eso es tan importante el tema de diseño centrado en usuarios al que se refiere el dominio 5 (“Human centred manufacturing”) de las factorías del futuro, porque este hecho ayudará a que se superen las reticencias en cuanto a temas de privacidad y monitorización/evaluación de los trabajadores.

Las ventajas que presentan los wearables son claras y se centran en las capacidades para proporcionar datos en tiempo real y actuar sobre los mismos permitiendo el seguimiento de proceso de fabricación, control de stocks, formación y asistencia en procesos complejos.

La penetración y adopción de las tecnologías wearables en plantas cambiará radicalmente el escenario actual y éstas tecnologías ayudarán en el proceso de transformación de la industria en una Industria 4.0 consiguiendo mejorar considerablemente la seguridad, la productividad, la colaboración y la eficacia en el lugar de trabajo.

07. Referencias

- [1] [Industria conectada 4.0. Presentación del proyecto.](#) Indra Consulting Group, 2015.
- [2] [Industry 4.0 Digitalization for productivity and growth](#), European Parliament, 2015.
- [3] [Industry 4.0: the future of productivity and growth in manufacturing industries](#), Boston Consulting Group, 2015.
- [4] Factories of the future : multi-annual roadmap for the contractual PPP under Horizon 2020, European Commission, 2013.
- [5] [Kronos Survey Indicates Workers Around the World are Poised to Embrace Wearable Technology](#), Kronos, 2014
- [6] RAWASSIZADEH, Reza; PRICE, Blaine A.; PETRE, Marian. Wearables: has the age of smartwatches finally arrived?. Communications of the ACM, 2014, vol. 58, no 1, p. 45-47.
- [7] [Smartwatch Specs Comparison Chart](#), Smartwachme, 2015