

## Introducción

La computación espacial emerge como una vanguardia tecnológica que promete transformar la interacción entre los entornos físicos y los sistemas digitales. Esta disciplina se centra en la captura del espacio circundante, traduciendo las dinámicas físicas en información procesable que puede ser utilizada como input para una variedad de sistemas electrónicos, abarcando desde máquinas autónomas hasta dispositivos de realidad virtual.

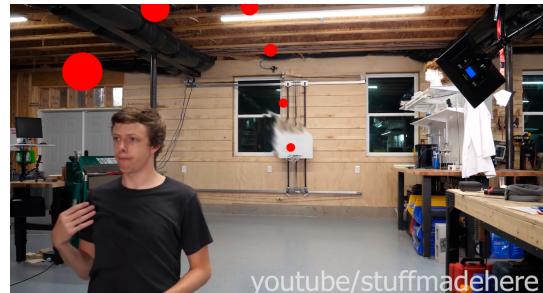
La esencia de la computación espacial radica en su capacidad para discernir y rastrear el entorno con una precisión notable, ofreciendo una interfaz natural entre el mundo físico y el digital.

Ilustrando la aplicación práctica de la computación espacial, la Figura X muestra un escenario donde una serie de sensores avanzados, como se muestra en la Figura X+1, se dedican a monitorear la posición y trayectoria de una pelota de baloncesto. Esta información capturada en tiempo real se transmite a una canasta equipada con un sistema mecánico que ajusta su posición conforme a la trayectoria calculada de la pelota, de forma que esta acabe siempre entrando en la canasta.

La capacidad de la computación espacial para reemplazar inputs tradicionales con gestos más intuitivos y naturales, resalta un avance significativo en la interfaz hombre-máquina. Por ejemplo en el caso de la canasta en lugar de introducir manualmente coordenadas en un ordenador el usuario podría señalar el lugar al que quiere mover la canasta resultando una comunicación más natural y eficiente entre máquina y humano o incluso como ya se ha mencionado puede llegar a eliminarse la necesidad de cualquier intervención humana, pavimentando el camino hacia una automatización sofisticada.

La computación espacial, en su esencia, se perfila como un catalizador para una nueva era de interacción y automatización, donde la comprensión profunda del espacio físico se convierte en un insumo vital para sistemas electrónicos avanzados. A medida que se exploran y refinan las tecnologías subyacentes, como los sensores y los algoritmos de procesamiento,

se abre un horizonte vasto de aplicaciones innovadoras que prometen redefinir la relación entre el espacio físico y el digital, llevando la automatización y la interacción humano-máquina a umbrales inexplorados.



youtube/stuffmadehere

Figura x

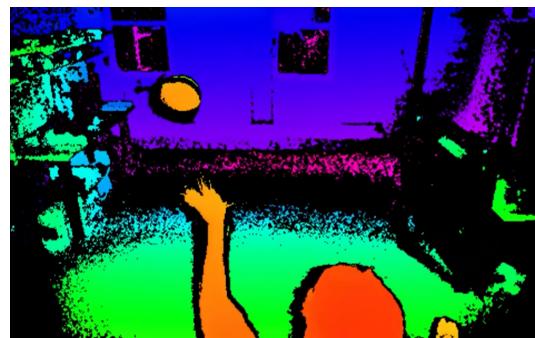


Figura x+1

Con un enfoque particular en las aplicaciones prácticas y las perspectivas futuras, este documento se esfuerza por desentrañar las capas de la computación espacial, desde sus principios fundamentales hasta las implicaciones prácticas en sectores como la realidad virtual y la automatización. A través de una revisión exhaustiva y análisis crítico, se busca proporcionar una comprensión integral de la computación espacial y su potencial para revolucionar la interacción humano-máquina en la era digital.

# Hardware para la computación espacial

## Sensores para Computación Espacial

El núcleo de la computación espacial radica en la capacidad de capturar con precisión las dinámicas del entorno físico. Esta captura se realiza mediante una variedad de sensores, cada uno con características y aplicaciones específicas.

**Cámaras:** Estas son esenciales para la percepción visual. Varían desde cámaras monoculares convencionales hasta cámaras estéreo que capturan imágenes desde múltiples perspectivas, permitiendo calcular la profundidad y estructura tridimensional del entorno.

**Sensores de Profundidad:** Dispositivos como el Kinect de Microsoft utilizan tecnologías como la proyección de patrones infrarrojos para determinar la distancia entre el sensor y los objetos circundantes, ofreciendo un mapeo tridimensional del espacio.

**LIDAR:** Esta tecnología utiliza pulsos láser para medir distancias con gran precisión. Es fundamental en aplicaciones como la cartografía y la navegación autónoma de vehículos.

**Sensores Inerciales:** Acelerómetros y giroscopios detectan el movimiento y la orientación, permitiendo determinar cambios en la posición y actitud de un dispositivo.

## Dispositivos Móviles en Computación Espacial

Los smartphones y tablets se han consolidado como herramientas poderosas en la computación espacial. Integrando una serie de sensores, como cámaras, giroscopios y acelerómetros, estos dispositivos pueden capturar y procesar datos espaciales con gran precisión. Ejemplos prácticos incluyen aplicaciones de realidad aumentada, donde el entorno real se fusiona con elementos digitales, y sistemas de navegación que interpretan y reaccionan ante el entorno. La habilidad de los dispositivos móviles en el campo de la realidad aumentada supone un gran salto en accesibilidad para la realidad aumentada, ya

que por normal general supone eliminar la necesidad de adquirir nuevo hardware para poder experimentarla.



## Cascos de Realidad Virtual y Realidad Aumentada

Para una experiencia más inmersiva existen dispositivos específicamente desarrollados para rastrear el entorno y los movimientos de un usuario y al mismo tiempo mostrar a este el entorno virtual con el que está interactuando en tiempo real. Dependiendo del modelo existen dispositivos que incorporan todos los sensores necesarios en su interior y otros que requieren colocar sensores externos para rastrear al usuario.

Al poder mostrar el resultado de los movimientos del usuario en tiempo real el operador podría usar un casco de realidad virtual para ver a través de las cámaras montadas en un robot, mientras que los movimientos del operador se traducen en comandos, permitiendo una interacción más natural y precisa.

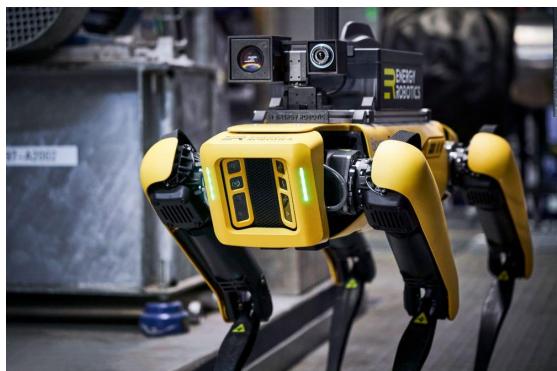


## Dispositivos Específicos con Integración Sensorial

Los dispositivos de seguimiento y visualización pueden utilizarse para controlar robots a distancia de manera intuitiva y precisa. Por ejemplo, un operador podría usar un casco de realidad virtual para ver a través de las cámaras montadas en un robot, mientras

que los movimientos del operador se traducen en comandos para el robot, permitiendo una interacción más natural y precisa.

Más allá de los dispositivos móviles y cascos de realidad, hay una serie de dispositivos específicos diseñados para la percepción espacial. Robots equipados con múltiples sensores navegan e interactúan con su entorno de manera autónoma. Los vehículos autónomos, con sistemas avanzados de cámaras y LIDAR, pueden transitar calles y carreteras sin intervención humana. Drones, sistemas de seguridad y otros dispositivos también se benefician de esta integración sensorial, ampliando las posibilidades de interacción y automatización.



## 2 Impacto en distintas industrias

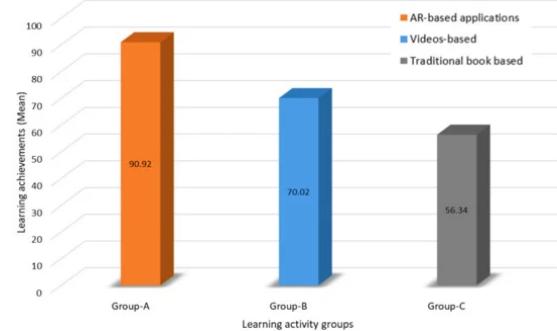
### A Realidad virtual/aumentada

La computación espacial permite el uso de dispositivos de realidad virtual y aumentada, la imagen que se muestra en las pantallas de estos dispositivos gira según los usuarios mueven la cabeza y se rastrean los brazos de estos para crear copias digitales que pueden interactuar con el mundo virtual. El resultado es una inmersión mucho más lograda cuyas posibilidades son ilimitadas.

### 1)Educación

<https://www.mdpi.com/2076-3417/11/11/5277>  
<https://ideas.demco.com/blog/teach-with-virtual-reality/>  
<https://www.ixrlabs.com/blog/virtual-reality-in-the-classroom/>

<https://www.researchgate.net/publication/327701823>  
[VIRTUAL REALITY AT SECONDARY SCHOOL - FIRST RESULTS](https://www.researchgate.net/publication/327701823)[link/5cc70386299bf120978835fd/download](https://www.researchgate.net/publication/327701823)



La realidad virtual (RV) y la realidad aumentada (RA) están redefiniendo la educación, proporcionando entornos simulados que enriquecen la experiencia de aprendizaje. Mediante la inmersión en mundos virtuales y la interacción con contenido aumentado, los educandos pueden visualizar, interactuar y evaluar conocimientos de manera más dinámica y contextual. Este despliegue tecnológico abre un abanico de posibilidades para una educación más lúdica, práctica y evaluativa, fundamentada en la experiencia directa y la exploración interactiva.

#### Entornos Simulados:

La RV y la RA permiten la creación de entornos simulados que proporcionan una comprensión más profunda y práctica de los conceptos teóricos. Estos entornos, diseñados de manera pedagógica, pueden replicar situaciones reales o abstractas, permitiendo a los estudiantes explorar y aprender de manera autónoma o guiada. Por ejemplo, la simulación de un laboratorio de ciencias permite la ejecución de experimentos sin los riesgos asociados a un entorno real.

#### Visualización del Contenido de la Asignatura:

La capacidad de visualizar contenido abstracto o complejo es una ventaja significativa de la RA y RV. Por ejemplo, los estudiantes pueden explorar modelos tridimensionales de estructuras celulares o históricas, facilitando una comprensión más intuitiva y contextual de la materia. Esta visualización interactiva permite una conexión más profunda con el contenido, facilitando el proceso de retención y comprensión.

### **Explicación a Pacientes usando RV/RA:**

Mediante la RA y la RV, los médicos pueden explicar diagnósticos y procedimientos quirúrgicos a los pacientes de una manera más visual e interactiva, ayudando a aliviar la ansiedad y a mejorar la comprensión del paciente.

### **Interacción Física con el Contenido:**

La tecnología de RV y RA permite una interacción física y gestual con el contenido educativo. Los estudiantes pueden manipular objetos virtuales, moverse por entornos simulados y realizar actividades prácticas. Esta interactividad no solo enriquece la experiencia de aprendizaje, sino que también promueve el desarrollo de habilidades motoras y cognitivas, esenciales para el aprendizaje kinestésico.

### **Nuevas Formas de Evaluación:**

La RV y la RA abren la puerta a métodos de evaluación más interactivos y contextuales. Los educadores pueden diseñar evaluaciones basadas en la resolución de problemas en entornos virtuales, proporcionando feedback inmediato y contextual. Además, la captura de datos en tiempo real permite una evaluación continua del desempeño del estudiante, ofreciendo insights valiosos para la mejora educativa.

### **Conclusión:**

La integración de la realidad virtual y aumentada en la educación no solo enriquece la experiencia de aprendizaje, sino que también proporciona herramientas valiosas para la evaluación y mejora continua. A medida que estas tecnologías continúan evolucionando, su adopción en el ámbito educativo se vuelve esencial para preparar a los estudiantes para un mundo cada vez más digitalizado e interactivo. La inversión en estas tecnologías y en la formación del personal docente es fundamental para aprovechar al máximo las oportunidades que la RV y la RA ofrecen en la educación contemporánea.

## **2) Sanidad**

[The Role of Spatial Computing in Healthcare](#)  
[Ready Healthcare One](#)

El sector sanitario ha presenciado una revolución digital en los últimos años, con una adopción creciente de tecnologías como la computación espacial. Estas tecnologías están redefiniendo la manera en la que los profesionales médicos interactúan con los pacientes y entre ellos, así como con el entorno médico en general.

### **Rehabilitación con Realidad Virtual/Aumentada:**

[1]<https://link.springer.com/article/10.1186/1743-0003-1-10>

La Realidad Virtual y la Realidad Aumentada han demostrado ser herramientas valiosas para la rehabilitación de pacientes. Estas tecnologías, al simular entornos controlados y ofrecer una interacción inmersiva, permiten crear escenarios favorables para el tratamiento y la mejora de diversas condiciones físicas y cognitivas. A través de una serie de experiencias visuales y sensoriales, la RV y la RA transportan a los pacientes a espacios donde pueden practicar, recuperar y mejorar sus habilidades motoras y cognitivas de manera segura y efectiva.

Se demostró que existen diferencias significativas entre el desempeño del alcance lateral en un entorno real en comparación con un entorno virtual. La tecnología RV utilizada proporcionó a los participantes una vista en tercera persona de ellos mismos en entornos virtuales, permitiéndoles interactuar con objetos virtuales. Los participantes, tanto jóvenes como adultos, alcanzaron distancias significativamente mayores en el entorno virtual en comparación con el entorno real, lo cual podría estar relacionado con una reducción en el miedo a perder el equilibrio en el entorno virtual. [The Effect of Two Types of Virtual Reality on Voluntary Center of Pressure Displacement]

Se exploró la transferencia de habilidades aprendidas en un entorno virtual a tareas equivalentes en el mundo real. Por ejemplo, se estudió la transferencia de entrenamiento de una tarea sensoriomotora simple virtual a su equivalente en el mundo real, encontrando que el desempeño final en el mundo real se benefició tanto de la práctica virtual como de la real. [Virtual environments in neuropsychological assessment and rehabilitation]

Se han desarrollado diversas aplicaciones de RV para evaluar y mejorar la función de las extremidades superiores e inferiores. Se describen estudios de caso donde se observaron mejoras en la función de la extremidad superior utilizando tecnología de captura de video, así como sistemas hápticos combinados con entornos virtuales para evaluar y mejorar la función motora.

[ Adapting an immersive virtual reality system for rehabilitation. Virtual environment training: a new tool for rehabilitation. Virtual reality: as an assessment tool for arm motor deficits after brain lesions.]

La realidad virtual se ha utilizado como técnica distractora durante las sesiones de tratamiento de fisioterapia, resultando en una reducción de la ansiedad y del dolor reportado por los pacientes, lo que sugiere un potencial para mejorar la tolerancia al ejercicio y el tratamiento del dolor.

[Virtual reality as a pediatric pain modulation technique: a case study.]



#### Consultas Online:

La telemedicina ha permitido consultas online en tiempo real entre médicos y pacientes, facilitando el acceso a la atención médica, especialmente en áreas remotas o durante situaciones de emergencia como la pandemia de COVID-19. [\[Source\]](#)

El problema es que los sistemas actuales de telemedicina, destinados a facilitar consultas médicas a distancia, se fundamentan en una tecnología de videoconferencia que tiene ya varias décadas de antigüedad. Su función principal es proporcionar una comunicación de video y voz entre los proveedores

de servicios médicos, además de transmitir las constantes vitales del paciente. Sin embargo, esta tecnología no brinda al médico especialista la misma experiencia práctica que tendría al examinar al paciente en persona (como por ejemplo auscultar al paciente). Por otro lado, las tecnologías de Realidad Virtual y Realidad Aumentada tienen el potencial de mejorar la comunicación y la experiencia entre los profesionales de la salud ubicados en diferentes lugares del mundo utilizando dispositivos como cámaras RGB+D.

Este tipo de cámara recopila información de color estándar (RGB) junto con datos de profundidad (D). Esto permite la creación de representaciones tridimensionales del entorno capturado, combinando la colorimetría convencional con la medición de la distancia o profundidad de los objetos presentes en la escena. Al transmitir video RGB+D del paciente, el médico especialista puede interactuar con esta representación 3D en tiempo real de maneras innovadoras.

Además, el empleo de la tecnología de Realidad Aumentada en el lado del paciente puede mejorar la comunicación al ofrecer instrucciones visuales claras al cuidador. Se muestra la eficacia de este marco de trabajo en un sistema prototípico compuesto por una cámara de profundidad, un proyector y una pantalla 3D. Este sistema se utiliza para analizar el rendimiento de la red y la calidad de la transmisión de datos del streaming multimodal en un escenario remoto.

[Source](#)

#### Terapia para el Síndrome de Miembro Fantasma

1 <https://www.youtube.com/watch?v=Ni7zHeBWrJE>

2

[https://www.odtmag.com/contents/view\\_breaking-news/2017-06-01/virtual-reality-eases-phantom-limb-pain/](https://www.odtmag.com/contents/view_breaking-news/2017-06-01/virtual-reality-eases-phantom-limb-pain/)

3 A Virtual Reality Intervention for the Treatment of Phantom Limb Pain: Development and Feasibility Results

Es común que tras la pérdida de un miembro o una parte del cuerpo, los individuos continúen experimentando sensaciones como si aún tuvieran esa parte perdida. En ciertos casos, el cerebro puede malinterpretar estas percepciones del denominado "miembro fantasma", interpretandolas como dolor [1].

Existen terapias que consisten en utilizar un espejo para hacer ver al paciente que el miembro sigue en su lugar para intentar engañar a su cerebro. Esta terapia se considera efectiva pero tiene serias limitaciones como la necesidad de estar sentado delante del espejo y de hacer el mismo movimiento con ambas partes del cuerpo al mismo tiempo [2].

En los últimos años ha nacido una nueva terapia que utiliza un casco de realidad virtual para mostrar al usuario una copia virtual suya con el miembro perdido. Existen distintas experiencias 3D desarrolladas específicamente como terapias para esta condición. Los resultados de esta terapia están siendo muy positivos y suponen una mejora sustancial en contraste con la técnica del espejo [3].



### Terapia Online:

La integración de la computación espacial junto con las tecnologías de Realidad Virtual y Realidad Aumentada, en el ámbito de la terapia mental ha abierto nuevas vías para el tratamiento de diversas condiciones psicológicas. La RV, en particular, ha emergido como una herramienta significativa para la investigación, evaluación y tratamiento de trastornos mentales en salud mental durante las últimas dos décadas, permitiendo la creación de entornos interactivos generados por computadora donde los individuos pueden experimentar repetidamente

situaciones problemáticas para ellos y aprender a superar dichas dificultades<sup>23</sup>.

Estas tecnologías permiten simular situaciones que causan ansiedad o miedo, como aracnofobia, volar o estar en lugares altos, proporcionando un entorno seguro para que los pacientes enfrenten y trabajen sobre sus fobias. Además, estas tecnologías permiten elaborar situaciones complejas y controladas, como secuencias de acciones y cambios en el entorno, facilitando la creación de escenarios terapéuticos más precisos<sup>4</sup>. En este sentido, la RV y la RA enriquecen la exposición terapéutica y permiten una aplicación más higiénica de la misma, ya que en España, por ejemplo, se han desarrollado programas de realidad aumentada en psicoterapia enfocados a abordar ciertas fobias específicas<sup>5</sup>.



Una de las ventajas de la RV es la sensación de realidad que proporciona, donde la mente y el cuerpo reaccionan como si fuera una situación real, aunque los usuarios sepan que es un entorno informático no real. Esto facilita enfrentar situaciones complejas a través de la RV en comparación con las generadas en la vida real, y también probar nuevas estrategias de intervención en ambientes controlados, manteniendo la verosimilitud de experiencias cotidianas<sup>2</sup>.

Además, la RA y la RV pueden ser utilizadas como herramientas valiosas en la evaluación, tratamiento e investigación de trastornos mentales, ya que permiten la reproducción de ambientes y estímulos controlados que pueden ser replicados las veces que sea necesario, en diversos contextos. Esto transforma el diagnóstico y tratamiento de los trastornos mentales, al permitir una observación clínica directa de las conductas en pacientes en diversos escenarios, los

cuales se pueden replicar dependiendo de situaciones específicas y contextos particulares<sup>2</sup>.

En el ámbito de la rehabilitación neuropsicológica, estas tecnologías permiten la rehabilitación de habilidades visoespaciales, ayudando a mejorar las capacidades cognitivas afectadas del paciente<sup>6</sup>.

En resumen, la incorporación de la computación espacial, junto con la RV y la RA, en la terapia mental presenta un abanico de posibilidades para mejorar la evaluación, tratamiento e investigación de trastornos mentales, permitiendo una interacción mejorada entre el paciente y el terapeuta, así como una rehabilitación más efectiva.

### 3) Entrenamiento

[1][The 5 Emerging Technologies Driving Industrial Digital Transformation | PTC](#)

[2][A VR training system for learning and skills development for construction workers | SpringerLink](#)

[3][AR/VR Technologies In eLearning: Opportunities, Challenges, And Future Possibilities.](#)

[4][NYPD Uses Location-Based VR For Active Shooter Training - VRScout](#)

[5][Immersive technology has arrived: AR and VR set to become mainstream in business operations in the next 3 years - Capgemini UK](#)

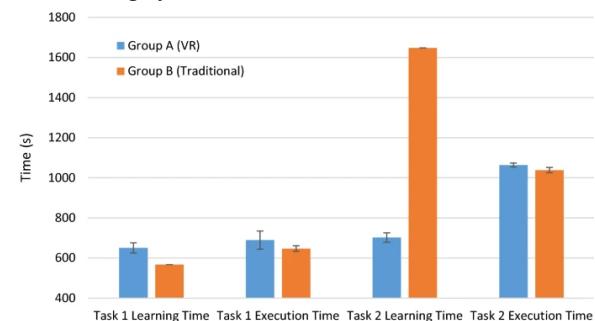
[6][What does virtual reality and the metaverse mean for training?](#)

#### Skill development and practice:

AR/VR technologies can be used to simulate real-life scenarios, providing the user ways to train specific skills. An example use case would be the training of NYPD police using VR technology [[NYPD Uses Location-Based VR For Active Shooter Training - VRScout](#)]. The simulation of a hostage situation can be performed to train the police officers in those specific circumstances. The movement and voice of the policemen is tracked, as well as their weapon accuracy. After the simulation, they can review it and see what they can improve, for instance their negotiation skills, or weapon accuracy.



Another example illustrating the potential of spatial computing can be found in the article published on the 26 September 2020 [3], comparing the learning curve between construction workers who train their skills through 2D videos, and others who train with a VR training system.



The results of the study have shown that the group trained with VR learned faster in average speed than the group trained traditionally. This is promising, as it can lead to a decrease in training costs for businesses adopting this technology.

VR training, due to its immersive capabilities, keeps users engaged in the activity. Users learning through VR/AR will remember information better than when using conventional methods [3]. Moreover, it allows flexible and remote training as users can access the material anywhere. An example would be dentists training in the comfort of their house for a difficult operation. In addition, time and money are spared. A completely simulated environment doesn't require any other equipment, and can be accessed quickly.

Promoting training via spatial computing techniques could therefore reduce training costs for companies for several reasons. To begin with, the company

could reduce the amount of facilities dedicated for training, thus minimizing costs for maintaining the training centers. It can also increase overall productivity by allowing employees to train by themselves at their own rhythm. Moreover, it reduces risks of accidents in certain work fields, since it provides a safe and controlled environment for employees to train in (simulated) dangerous situations. Training of the NYPD police with virtual tools mentioned earlier in this paper, is an example for this.

On the other hand, there exists disadvantages in investing into AR/VR technologies for a business. Indeed, having this technology will decrease training costs in the long run, but is also expensive. Not all businesses, especially not smaller ones, have the budget to afford the emerging technology. Likewise, AR/VR devices are sophisticated and complex, as well as prone to hardware issues. There exists potential for hardware malfunction, which could lead to a disruption in the training process. Also, extensive use might lead to health problems such as motion sickness, and eye strain. Although there are some negative aspects, the benefits that spatial computing brings to businesses and education institutions largely surpass them. As mentioned previously, those benefits include improved engagement and retention during the training process, realistic simulations, and allow more flexible, remote training.

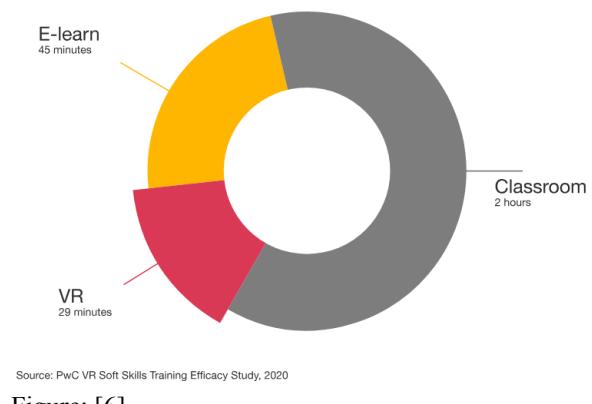


Figure: [6]

A study conducted by Capgemini in 2018 [5] gives us context on the actual state of spatial computing in businesses that integrated the technology. According to the study, 82% of the businesses have confirmed that AR/VR tech. meets, or exceeds their

expectations. However, they acknowledged limits in growth, namely due to a lack of technical knowledge within their business and insufficient database storage. At the company *Airbus*, VR technology is used in production, assembly workers have access to 3D models of the aircraft prior to building it. This reduces the inspection time from three weeks to four days [5].

#### 4) Video juego

- [1] [Spatial Computing: A Complete Guide](#)
- [2] [Gaming is booming and is expected to keep growing. This chart tells you all you need to know](#)
- [3] [How gaming industry has established itself as the leader of digital entertainment world.](#)
- [4] [What is the Role of Spatial Computing in Gaming? - Basically AI - Metaverse and Technology](#)

[ENGLISH]

##### **Spatial Computing and the Gaming Industry:**

The gaming industry represents the major sector in the media and entertainment market, with \$185 billion generated in revenues last year [3]. The immersion possibilities that spatial computing offers makes it very attractive for game development. Spatial Computing devices are originally expensive, as it requires heavy processing power and multiple precision sensor input devices to work effectively. However, due to the continuous technological progress made in VR headsets, they are becoming more accessible to the public as advancements make the devices more efficient and drive down cost.

##### **Immersiveness :**

In contrast to conventional games, VR games (such as VRChat) will place the user in a virtual environment, where his movements in the physical world such as jumping, looking left or right, or closing his hand will be tracked and replicated in a digital environment, closing the gap between the virtual and physical worlds. This allows the creation of unique gaming experiences, where the player becomes an active participant inside the game. Consequently, it unlocks the potential for new gameplay mechanics, storytelling and social interactions.

### Historical Context:

VR/AR headsets have been in existence for several decades but are still considered an emerging technology. The first ever VR headset to exist, known as “*The Sword of Damocles*” was built in 1968, and is the pioneer of HMD devices. Although it was never commercialized, the device had a significant impact in the research and development of VR headsets. It laid the groundwork for the subsequent advancement in the technology.

### Challenges:

As mentioned previously, Spatial Computing is creating new opportunities in gaming. It shifts the player experience into a more immersive environment compared to conventional games. However, there are difficulties coming with this. The first one being hardware limitations. As it requires a huge amount of memory and processing to handle its calculations, thus requiring heavy computational resources. Moreover, the large energy consumption coming with this also has to be managed. To remediate those concerns, researchers are exploring other emerging technologies such as quantum computing, and neuromorphic computing, which could help perform the heavy computations more effectively. In addition to this, spatial data capture and real-time processing requires advanced-level programming that relies on machine learning techniques, which requires prior training on vast datasets. [\[Challenges and Future Directions in Spatial Computing - Basically AI - Metaverse and Technology\]](#)

### Impact on users focusing on youth:

There are numerous benefits, as well as drawbacks that come from playing immersive VR/AR games. First, it helps maintain physical health. Players are not spending hours in a sedentary position, they use their body to interact with the 3D environment. Some games such as VR fitness, promote and encourage physical activity, leading to a healthier lifestyle.



The next benefit is social interaction. Multiplayer VR/AR videogames foster social interactions, where players can interact with their friends in a virtual space, or even make new friends. This would help children develop their social and communication skills. During unusual situations such as the covid pandemic and quarantine periods, that forces social distancing and isolation, meeting in a virtual environment would have been a perfect solution. Hopefully, if a similar event happens in the near future, the technology allowing this will have become more accessible to the public. In addition, VR enhanced games can be educational and informative, and can contribute positively to the education of the youth. It also requires the players to often use their spatial-awareness and critical thinking skills.



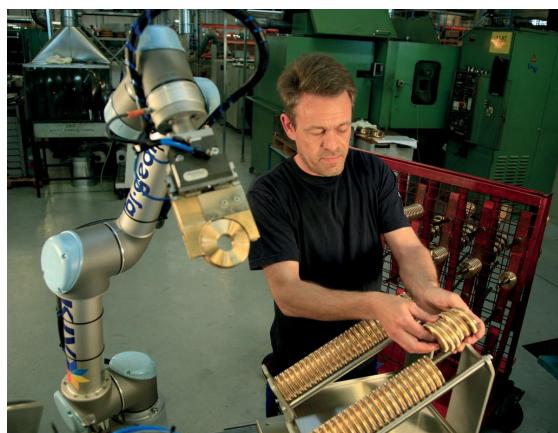
One of the drawbacks of spatial computing games (also applies to standard video games), is that they can lead to addiction, which could lead to negative impacts on mental health. Younger players should be supervised by parents to prevent this. Furthermore, some content in VR games (once more also applies to standard video games) can be inappropriate for children, which should be looked after by the parents.

## 5) Manufactura

La industria manufacturera ha sido testigo de un incremento en la adopción de tecnologías robóticas, con casi un millón de robots no colaborativos instalados en fábricas alrededor del mundo. Sin embargo, la evolución no se detiene ahí. La Colaboración Física Humano-Robot (HRC, por sus siglas en inglés) representa un avance significativo, donde humanos, robots y el entorno interactúan de manera dinámica para cumplir con tareas específicas.

Los cobots, o robots colaborativos, se destacan por su capacidad de interactuar de manera segura con los trabajadores humanos. A diferencia de los robots tradicionales, los cobots poseen mecanismos de seguridad incorporados que reducen la velocidad al invadir espacios de trabajo, detectan colisiones y se detienen inmediatamente en caso de un impacto.

En este escenario, la computación espacial emerge como una herramienta vital. Al ser capaces de comprender y mapear su entorno, los robots pueden adaptarse dinámicamente a los cambios y evitar errores acumulativos en cadenas de montaje con múltiples brazos mecánicos. Este nivel de conciencia espacial reduce los riesgos potenciales para los trabajadores humanos, minimizando las posibilidades de accidentes.



Además, la computación espacial facilita una interacción más intuitiva entre humanos y máquinas. Por ejemplo, un cobot puede depositar una herramienta en la mano de un trabajador en lugar de en un lugar predefinido ya que es capaz de seguir el movimiento de los trabajadores en tiempo real,

eliminando la necesidad de programar cada acción de manera manual. Esta forma de interacción no solo mejora la eficiencia, sino que también reduce el tiempo inactivo de los trabajadores, como se evidenció en una reducción del 85% en un estudio realizado por el laboratorio de Shah.

Algunos casos reales:

El Director General de la compañía Nichrominox destacó el impacto significativo de la robótica colaborativa en la productividad, mencionando que los robots UR5 incrementaron la productividad en un 10% de manera instantánea. Además de aliviar la monotonía de las tareas y reducir los riesgos para los empleados, la automatización proporcionada por los cobots de Universal Robots ha tenido un impacto inmediato y positivo. La simplicidad en la implementación y el bajo costo fueron factores cruciales, permitiendo a la empresa reflejar un Retorno de Inversión (ROI) en los robots en tan solo 14 meses

La multinacional Continental es un buen ejemplo de la transición que se lleva a cabo en la industria. Como una empresa líder en el sector de la automoción, Continental es, por mucho, el fabricante español más robotizado en el negocio y el primero en liderar el movimiento hacia la industria 4.0. En el 2016, la empresa decidió adquirir varios cobots de UR10 para automatizar la fabricación y manipulación de placas PCB, y redujo los tiempos de cambio en un 50 %, de 40 a 20 minutos, cuando se compara con la tarea realizada de forma manual.

La filial española del grupo multinacional alemán MANN+HUMMEL ha apostado por la implantación de robots colaborativos de Universal Robots para optimizar procesos de fabricación de piezas de automóviles y alcanzar pequeñas ganancias en productividad requeridas por sus clientes sin necesidad de añadir más operarios a la línea de producción, evitando así costes innecesarios y el riesgo de sobreproducción.

## 6) Vehículos autónomos / semiautónomos

[1.] [What Is Spatial Computing? | PTC](#)

[2.] [The Advantages of Spatial Computing for Autonomous Vehicles and Transportation \(ts2.space\)](#)

[3.] [Spatial Computing, Beyond Smart Cars - DEV Community](#)

[4.] [“GeoPose Evangelist” Talks Spatial Computing And Autonomous Vehicles | ARPost](#)

[5.] [Ford boosts spatial computing with \\$7 billion investment in autonomous vehicles - Spatial Reality](#)

La intersección entre la computación espacial y el ámbito de los vehículos autónomos o semiautónomos abre un panorama de innovación y eficiencia operacional. Las empresas en el sector de vehículos autónomos o semiautónomos están aprovechando este campo tecnológico para mejorar las funcionalidades y la eficiencia de sus vehículos y de sus operaciones.

Un vehículo autónomo, utiliza una combinación de hardware y software para navegar y operar sin intervención humana. Utiliza tecnologías como LiDAR, radares y cámaras, junto con algoritmos avanzados y computación espacial para interpretar su entorno, tomar decisiones en tiempo real y navegar por las rutas. La computación espacial, que implica el procesamiento de datos relacionados con la posición y el movimiento, es fundamental para entender y reaccionar ante el entorno dinámico en el que se desplaza el vehículo.

Una arquitectura robusta de software y hardware es un requisito esencial para alcanzar la conducción autónoma. La arquitectura de sistemas de vehículos inteligentes se halla intrínsecamente ligada a diversos tipos de sensores, tales como los radares de onda milimétrica y el LiDAR. LiDAR (Light Detection and Ranging, o Detección y Medición de Luz) es una tecnología de telemetría remota que emplea pulsos láser para medir distancias, siendo fundamental en el ámbito de los vehículos autónomos para generar representaciones tridimensionales y detalladas del entorno que rodea al vehículo. Un desafío que continúa estando bajo investigación es determinar las mejores acciones a seguir en escenarios donde los sensores no operen en condiciones óptimas. Por ejemplo, el rendimiento del LiDAR se ve notablemente afectado bajo condiciones meteorológicas adversas como lluvia, nieve o niebla.[\[Source\]](#)

Una de las plataformas esenciales para el desarrollo de vehículos autónomos es NVIDIA DRIVE. Abarca soluciones tanto dentro del coche como en infraestructura de desarrollo. Para el vehículo, ofrece una arquitectura que incluye sensores, computación y herramientas de software necesarias para una conducción autónoma robusta y capacidades inteligentes en la cabina. En el centro de datos, proporciona el hardware y software necesarios para el desarrollo de vehículos autónomos, incluyendo entrenamiento de redes neuronales y generación de conjuntos de datos para validar la tecnología de conducción autónoma. A través de plataformas como DRIVE Hyperion, DRIVE SDK y DRIVE Sim, NVIDIA DRIVE facilita la creación, evaluación y validación de tecnologías de conducción autónoma, contribuyendo a una implementación segura, escalable y eficiente de vehículos autónomos [\[Source\]](#)

Una de las funcionalidades más interesantes de la computación espacial en el sector de vehículos es la optimización y control de flotas. Principalmente para gestionar y optimizar una flota de vehículos autónomos, controlando las distancias relativas entre ellos y la proximidad hacia sus destinos asegurándose de que todos los vehículos pueden realizar sus tareas de la manera más eficiente [1].

### Casos reales de robo taxis

Actualmente existen varias implementaciones de vehículos autónomos.

Uno de las implementaciones más populares es el uso de robo taxis. Actualmente se pueden encontrar centenares de estos vehículos autónomos transportando pasajeros sin que haya un conductor tras el volante tanto en Estados Unidos como en China.

Existen algunas empresas que, gracias a una licencia especial, han obtenido el permiso para operar vehículos autónomos sin tener presente un operador humano de seguridad. Entre las compañías que han adquirido o están cerca de obtener esta licencia se encuentran Aurora, Deeproute, Poni.ai y Zoox.

Otros casos reales donde se aplicaron vehículos autónomos o semiautónomos incluyen:

En China, AutoX puso en marcha su servicio de robo taxis sin conductor para el público en Shenzhen en 2021, tras operaciones exitosas, aunque con un conductor de seguridad, en Shanghai durante todo el año 2020. [\[Source\]](#)

En mayo de 2022, el gigante tecnológico Baidu desplegó su operación comercial de taxis sin conductor en Beijing, siendo esta la primera en todo el país.

### **La industria del transporte por carretera**

Un buen ejemplo de como vehículos autónomos se aplicaron para satisfacer algunas necesidades en el mercado fue con la industria del transporte por carretera. Esta industria se enfrentó a varias dificultades para llenar sus vacantes laborales; debido en parte a las condiciones rigurosas del estilo de vida de los camioneros y los efectos de la pandemia. Proyecciones indican una reducción del 30% en el costo por milla a la hora de utilizar transportes autónomos, logrado a través de la disminución de los costos laborales, optimización de los tiempos y rangos de conducción, mejora de la eficiencia del combustible y un rendimiento de seguridad mejorado.

### **Casos de uso reales:**

En 2021, Plus reveló que llevaría a cabo un programa de prueba para el SF Express en China. Los resultados mostraron que los camiones autónomos de Plus recorrieron con éxito más de 100,000 km en 2 rutas de largo recorrido sin un solo problema de seguridad, logrando además una reducción del 20% en los costos de combustible durante todo el trayecto. Amazon en el 2021 les quiso adquirir 1,000 sistemas de camiones autónomos, con una opción de adquirir una participación del 20% en su compañía por \$200 millones. [\[Source\]](#)

TuSimple reportó que sus camiones autónomos transportaron sandías por 1530 kilómetros en apenas 14 horas, una tarea que normalmente duraba 24 horas. Por otro lado, Kodiak anunció que sus camiones AV autónomos ya están realizando entregas comerciales con conductores de seguridad [\[source\]](#). La compañía ha estado enfocándose en rutas de autopistas de media distancia desde agosto de 2019.

## **Desafíos en la Industria**

[1.] [Spatial Computing Market Size & Share, Statistics Report 2032](#)

[2.] [The Spatial Computing Revolution \(forbes.com\)](#)

[3.] [How Spatial Computing in Enterprise Will Revolutionize Digital Transformation? \(appinventiv.com\)](#)

[4.] [Guide to Understanding Spatial Computing: How it will revolutionize enterprises? \(openxcell.com\)](#)

[5.] [Why spatial computing is the next frontier for industrial efficiency | E+T Magazine \(theiet.org\)](#)

[6.] [What is Spatial Computing and How is it Revolutionizing Our World? \(verses.ai\)](#)

La creciente popularidad de la Realidad Aumentada (RA) y la Realidad Virtual (RV) está impulsando significativamente el crecimiento del mercado de la computación espacial. La adopción cada vez mayor ha elevado la demanda de tecnologías de computación espacial. Este renovado interés ha desencadenado inversiones, innovaciones y la creación de contenido en el sector, lo que, en consecuencia, ha resultado en un notable crecimiento del mercado[1].

Sin embargo, la entrada al mercado de la computación espacial viene acompañada de obstáculos significativos, siendo el elevado coste del hardware de alta calidad uno de ellos. Los procesadores de alto rendimiento, sensores avanzados y pantallas inmersivas son cruciales para este ámbito, y estos dispositivos de alta gama suelen tener precios elevados, restringiendo el acceso tanto para consumidores como para empresas. Esto afecta especialmente a las empresas más pequeñas con presupuestos limitados, donde los gastos relacionados con el hardware y el software pueden representar barreras de entrada sustanciales[3][4]. Por ejemplo, unas gafas que proporcionan comodidad y facilidad de uso para quienes desean explorar la realidad virtual y la realidad aumentada, como las Meta Quest 3, aún tendrían un coste superior a 500 euros para el

usuario <Insertar referencia a Figura X>.



Figura X, Source [\(6\) Introducing Meta Quest 3 | Coming This Fall - YouTube](#)

Adicionalmente, las empresas enfrentan el desafío de la falta de profesionales capacitados en este campo emergente. Las habilidades en áreas como visión por computadora, modelado 3D y diseño de experiencia del usuario son esenciales para la creación de herramientas de computación espacial, pero la disponibilidad de expertos con dichas habilidades es actualmente insuficiente en el mercado. Sin el personal adecuado, las empresas encuentran dificultades para aprovechar adecuadamente estas tecnologías emergentes[2].

A nivel técnico, la incorporación de la computación espacial puede presentar complicaciones. La integración de estas tecnologías en los sistemas existentes puede ser un proceso complejo que requiere una reestructuración significativa de los procesos y flujos de trabajo actuales. Además, la computación espacial demanda una infraestructura de red robusta capaz de manejar grandes volúmenes de datos en tiempo real, lo que podría requerir inversiones adicionales en hardware y servicios de red.

A pesar de los elevados costos iniciales y otros desafíos, la utilización de la computación espacial puede resultar rentable para las empresas por varias razones. Destaca la capacidad de la computación espacial para digitalizar las relaciones espaciales entre máquinas, personas y objetos, lo que facilita la optimización de los espacios de trabajo mediante la identificación precisa de ubicaciones y movimientos dentro de un entorno tridimensional[5]. En lo referente a la logística y la cadena de suministro, la computación espacial puede agilizar los flujos de

trabajo y las interacciones entre personas, objetos y máquinas, lo que, en última instancia, mejora la productividad global[6].

Las perspectivas futuras para la computación espacial son prometedoras. A medida que la tecnología madura y se abordan los desafíos actuales, es probable que se observe una adopción más amplia y una mayor integración de la computación espacial en los procesos empresariales, conduciendo a nuevas oportunidades y aplicaciones innovadoras en diversas industrias.

## Conclusión

La intersección de la computación espacial con industrias emergentes, como los vehículos autónomos y semiautónomos, refleja el vasto potencial y las oportunidades sin precedentes que esta tecnología puede ofrecer. A medida que la Realidad Aumentada y la Realidad Virtual continúan ganando tracción, la demanda y el crecimiento del mercado de la computación espacial también se intensifican. Estas tecnologías ofrecen soluciones tangibles, desde mejorar la eficiencia operativa hasta optimizar flujos de trabajo y relaciones espaciales en múltiples sectores de la industria.

Sin embargo, no podemos ignorar los desafíos que acompañan a esta revolución tecnológica. El alto costo del hardware necesario, la falta de profesionales capacitados en el campo y las dificultades técnicas de integración son obstáculos reales que las empresas y los consumidores deben superar. A pesar de estos desafíos, vemos evidencia clara de cómo, cuando se implementa adecuadamente, la computación espacial puede resultar altamente rentable, especialmente en términos de eficiencia y productividad.

No obstante, la adopción masiva de la computación espacial requerirá un esfuerzo concertado para reducir costos, capacitar a profesionales y adaptar infraestructuras técnicas. Las perspectivas futuras son indudablemente prometedoras; a medida que se aborden estos desafíos, la adopción de la computación espacial se generaliza, ofreciendo soluciones innovadoras en múltiples ámbitos.

A medida que avanzamos, es esencial que sigamos explorando, adaptándonos y superando desafíos para aprovechar al máximo el potencial que estas innovaciones ofrecen.

1. Valoración personal