



**Interreg**  
España - Portugal



Fondo Europeo de Desarrollo Regional  
Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional

**MANUFACTUR4.0**

## SÉPTIMO INFORME DE VIGILANCIA TECNOLÓGICA

### Control Dimensional sin Contacto

### Manufactur4.0



1	Introducción.....	3
2	Metodología.....	4
2.1	Fuentes de Información.....	4
2.2	Estrategia de búsqueda.....	7
3	Análisis de tecnologías de Digitalización 3D.....	8
4	Análisis Científico de Digitalización 3D.....	11
5	Proyectos de I+D de Digitalización 3D.....	12
6	Conclusiones y recomendaciones.....	13



## 1 Introducción

En el sector metalmeccánico y construcción naval, la necesidad del control dimensional viene determinada no solo por el cumplimiento de especificaciones del producto final y los productos intermedios, sino que también para mejorar la eficiencia del proceso productivo.

Todos los procesos de fabricación de piezas incluyen control dimensional en la fase final e intermedia, estando más o menos automatizado en función de la repetición y el tamaño.

En cadenas de producción, la repetición de piezas, el pequeño tamaño y la premura en tiempo, han hecho frecuentes las herramientas y dispositivos específicos que se incorporan a la línea. Es frecuente el uso de mecanismos pasa/no pasa, detectores simples con y sin contacto (ópticos y electromagnéticos), así como adaptaciones de sistemas genéricos de visión artificial. Los sistemas empleados en este caso son de propósito específico y resulta difícil su adaptación al control de otra dimensión en otro punto de la línea. Las herramientas de medición se intercalan en las rutas de las piezas, que tienen gran movilidad.

En la producción seriada de piezas y ensamblajes de tipo medio se mantienen los medios de control dimensional utilizados con piezas pequeñas y, cuando se trata de geometrías más complejas que requieren alta precisión (p.ej. un bloque motor o un troquel), se utilizan máquinas de medición por coordenadas o sistemas de digitalización 3D, que ya constituyen un elemento de medición genérico que se suele utilizar para varias piezas de diferentes líneas. Las tecnologías suelen ser medición por contacto y ópticas. En este caso se ha pasado de las herramientas de medición específicas a las genéricas, utilizadas de forma más o menos repetitiva y las piezas se desplazan incluyendo en su ruta la estación de medición.

Cuando se trata de grandes estructuras de obra civil o metálicas, como los buques, la repetitividad es escasa y la movilidad del objeto de control nulo o muy restringido. Los requerimientos de precisión son menos exigentes en términos absolutos, aunque se mantienen en comparación con el rango de medida (p.ej. 0.1mm en un rango 50m, que es más restrictivo que 0.005mm en un rango de 1m). El problema se resuelve con sistemas de medición sin contacto (por medios ópticos), con gran movilidad, de propósito general, y cuya toma de datos requiere un análisis específico por cada pieza.

En la elaboración de grandes piezas que se ensamblan para constituir el producto final, como es el caso de la fabricación de buques o estructuras de obra civil, el ensamblaje no sólo es posible si las piezas son dimensionalmente correctas, sino que en el proceso se utiliza el control de dimensiones y de posicionamiento. De la misma forma, en toda la fabricación se realizan controles dimensionales que, además, permiten detectar otro tipo de fallos de proceso (por ejemplo, deformaciones por excesivo aporte de calor).

Los equipos de control dimensional sin contacto más utilizados en la actualidad son los que utilizan medios ópticos, evoluciones del tradicional teodolito con las correspondientes mejoras tecnológicas en forma de estación total, laser tracker y laser scanner, cada uno de ellos con diferentes usos (control de cotas, dimensiones y posicionamiento el primero, o digitalización completa el segundo). La mejora tecnológica en el hardware a través de las tecnologías empleadas (triangulación, interferometría, tiempo de vuelo), han ido acompañadas de mejoras en los algoritmos de tratamiento. Gracias al aumento de capacidad y potencia de los ordenadores es posible identificar elementos mecánicos estándar a partir de densas nubes de puntos.



En el presente documento se analizan los equipos destinados a medición y control de grandes piezas, con tamaños del orden de metros, típicos de la elaboración de buques y grandes estructuras metálicas, prestando atención tanto a la fabricación de nuevas piezas en nuevos productos como a las operaciones de fabricación de piezas de sustitución en reparaciones o controles de mantenimiento para detectar desviaciones transcurrido cierto tiempo de servicio.

## 2 Metodología

### 2.1 Fuentes de Información

Para la elaboración del informe y la incorporación de las noticias a la base de datos del proyecto, se ha hecho la siguiente clasificación atendiendo a las fuentes de información utilizadas:

<b>Bases de datos, revistas y publicaciones</b>		
<b>Fuentes consultadas</b>	<b>Tipo de fuente</b>	<b>Información de interés</b>
METROLOGY NEWS	PUBLICACIÓN DIGITAL	ARTÍCULOS TÉCNICOS/NOTICIAS/EVENTOS
SHIP TECHNOLOGY	PUBLICACIÓN DIGITAL	NOTICIAS/ARTÍCULOS/EVENTOS
ENGINEERING	PUBLICACIÓN DIGITAL	ARTÍCULOS
JOURNAL OF MARITIME RESEARCH	PUBLICACIÓN DIGITAL	ARTÍCULOS
JOURNAL OF COMPUTACIONAL DESIGN AND ENGINEERING	PUBLICACIÓN DIGITAL	ARTÍCULOS TÉCNICOS
3D CAD PORTAL	PUBLICACIÓN DIGITAL	ARTÍCULOS TÉCNICOS/NOTICIAS/EVENTOS
SPAR 3D	PUBLICACIÓN DIGITAL	ARTÍCULOS TÉCNICOS/NOTICIAS/EVENTOS
AUTOMÁTICA E INSTRUMENTACIÓN	PUBLICACIÓN DIGITAL	ARTÍCULOS TÉCNICOS/NOTICIAS/EVENTOS
CONTROL ENGINEERING	PUBLICACIÓN DIGITAL	ARTÍCULOS/EVENTOS
GLOBENEWSWIRE	EDITOR/DISTRIBUIDOR	NOTICIAS
ELSEVIER	EDITOR/DISTRIBUIDOR	ARTÍCULOS TÉCNICOS
LASER FOCUS WORLD	PUBLICACIÓN DIGITAL	ARTÍCULOS TÉCNICOS
REVISTA "CONTROL SYSTEMS MAGAZINE"	PUBLICACIÓN DIGITAL	ARTÍCULOS TÉCNICOS
PHOTONICS MEDIA	EDITOR	ARTÍCULOS TÉCNICOS/NOTICIAS/EVENTOS
ENGINEER LIVE	EDITOR	ARTÍCULOS TÉCNICOS/NOTICIAS/EVENTOS
AUTOMATION MAGAZINE	PUBLICACIÓN DIGITAL	ARTÍCULOS TÉCNICOS
IEE XPLORE	BBDD	ARTÍCULOS TÉCNICOS
SCIENCE DIRECT	BBDD	ARTÍCULOS TÉCNICOS
SPRINGER	BBDD	ARTÍCULOS TÉCNICOS
INTEREMPRESAS	PUBLICACIÓN DIGITAL	ARTÍCULOS/EVENTOS
WSC WINTER SIMULATION CONFERENCE ARCHIVE	BBDD	INFORMES DE LA WSC CONFERENCE



3D METROLOGY CONFERENCE	CONFERENCIA	NOTICIAS/PRESENTACIONES PRODUCTO
<b>Proveedores</b>		
<b>Fuentes consultadas</b>	<b>Tipo de fuente</b>	<b>Información de interés</b>
LEICA GEOSYSTEMS	PROVEEDOR	PRODUCTOS/NOTICIAS
FARO	PROVEEDOR	PRODUCTOS/NOTICIAS
RIEGL	PROVEEDOR	PRODUCTOS/ NOTICIAS
ZF LASER	PROVEEDOR	PRODUCTOS/NOTICIAS
ETALON AG	PROVEEDOR	PRODUCTOS
PHOTONEO	PROVEEDOR	PRODUCTOS/NOTICIAS
COGNEX	PROVEEDOR	PRODUCTOS
FLEXSIM	PROVEEDOR	PRODUCTOS
SIMIO	PROVEEDOR	PRODUCTOS/NOTICIAS/MANUALES
SIEMENS PLM	PROVEEDOR	PRODUCTOS
LANNER	PROVEEDOR	PRODUCTOS
ARENA SIMULATION	PROVEEDOR	PRODUCTOS
EXTENDSIM	PROVEEDOR	PRODUCTOS/FORMACIÓN
PROMODEL	PROVEEDOR	PRODUCTOS/FORMACIÓN
ANYLOGIC	PROVEEDOR	PRODUCTOS/FORMACIÓN
SIMUL8	PROVEEDOR	PRODUCTOS/FORMACIÓN
<b>Centros tecnológicos, Asociaciones e Instituciones de interés</b>		
<b>Fuentes consultadas</b>	<b>Tipo de fuente</b>	<b>Información de interés</b>
FUNDACIÓN LEIA	ORGANISMO	PROYECTOS/PUBLICACIONES/PATENTES
CENTRO ESPAÑOL DE METROLOGÍA	ORGANISMO	NOTICIAS/EVENTOS/PROYECTOS I+D+i/LEGISLACIÓN
CENTRO TECNOLÓGICO AINIA	CENTRO DE INVESTIGACIÓN	NOTICIAS/ EVENTOS /PROYECTOS/LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN/FORMACIÓN/DOCUMENTACIÓN TÉCNICA
CENTRO TECNOLÓGICO FRAUNHOFER IZFP	CENTRO DE INVESTIGACIÓN	NOTICIAS/ EVENTOS /PROYECTOS/LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN/FORMACIÓN/DOCUMENTACIÓN TÉCNICA
CARTIF	CENTRO DE INVESTIGACIÓN	NOTICIAS/ EVENTOS /PROYECTOS/LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN/FORMACIÓN/DOCUMENTACIÓN TÉCNICA
AIMEN	CENTRO DE INVESTIGACIÓN	NOTICIAS/ EVENTOS /PROYECTOS/LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN/FORMACIÓN
ASIME	ASOCIACIÓN	NOTICIAS/EVENTOS
ACLUNAGA	ASOCIACIÓN	NOTICIAS/EVENTOS
CESOL	ASOCIACIÓN	NOTICIAS/EVENTOS/FORMACIÓN/ REVISTA "SOLDADURA Y TECNOLOGÍAS DE UNIÓN"
AIMME	CENTRO DE INVESTIGACIÓN	NOTICIAS/ EVENTOS /PROYECTOS/LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN/FORMACIÓN
SERCOBE	ASOCIACIÓN	NOTICIAS/ EVENTOS /PROYECTOS/LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN/FORMACIÓN/DOCUMENTACIÓN



		TÉCNICA
ORGALIME	ASOCIACIÓN	NOTICIAS/EVENTOS
FUNDACIÓN OPTI _ OBSERVATORIO DE PROSPECTIVA TECNOLÓGICA INDUSTRIAL	ASOCIACIÓN	NOTICIAS/EVENTOS
INSTITUTO NACIONAL DE TÉCNICA AEROSPAZIAL (INTA)	ORGANISMO	NOTICIAS/INFORMACIÓN TÉCNICA
FEDIT	ASOCIACIÓN	NOTICIAS/EVENTOS
ASOCIACIÓN EMPRESARIAL EOLICA	ASOCIACIÓN	NOTICIAS/EVENTOS
ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS	ASOCIACIÓN	EVENTOS/FORMACIÓN/REVISTA "AEND"/NORMAS/
EARTO	ASOCIACIÓN	NOTICIAS/EVENTOS
IK4 TEKNIKER	CENTRO DE INVESTIGACIÓN	NOTICIAS/ EVENTOS /PROYECTOS/LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN/FORMACIÓN
IK4-AZTELAN	CENTRO DE INVESTIGACIÓN	NOTICIAS/ EVENTOS /PROYECTOS/LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN/FORMACIÓN
TECNALIA	CENTRO DE INVESTIGACIÓN	NOTICIAS/ EVENTOS /PROYECTOS/LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN/FORMACIÓN
LORTEK	CENTRO DE INVESTIGACIÓN	NOTICIAS/ EVENTOS /PROYECTOS/LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN/FORMACIÓN
CIDAUT (FUNDACIÓN PARA LA INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN TRANSPORTES Y ENERGÍA)	CENTRO DE INVESTIGACIÓN	NOTICIAS/ EVENTOS /PROYECTOS/LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN/FORMACIÓN/DOCUMENTACIÓN TÉCNICA
ITMA	CENTRO DE INVESTIGACIÓN	NOTICIAS, NUEVOS SERVICIOS Y PRODUCTOS
TWI	CENTRO DE INVESTIGACIÓN	NOTICIAS/ EVENTOS /PROYECTOS/LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN/FORMACIÓN/DOCUMENTACIÓN TÉCNICA
UNIVERSIDAD DE VIGO. DEPARTAMENTO DE ELECTRÓNICA COMPUTACIONAL	CENTRO DE INVESTIGACIÓN	NOTICIAS/ EVENTOS /PROYECTOS/LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN/FORMACIÓN/DOCUMENTACIÓN TÉCNICA
LAVENDER	CENTRO DE INVESTIGACIÓN	NOTICIAS/FORMACIÓN
INTERNATIONAL INSTITUTE OF WELDING (IIW)	ORGANISMO	NOTICIAS/EVENTOS/REVISTAS "WELDING IN THE WORLD"/BIBLIOGRAFÍA
<b>Patentes</b>		
<b>Fuentes consultadas</b>	<b>Tipo de fuente</b>	<b>Información de interés</b>
ESPACENET	BASE DE DATOS	PATENTES



## 2.2 Estrategia de búsqueda

Para elaborar el presente informe de Vigilancia Tecnológica se ha llevado a cabo una estrategia de búsqueda basada en una serie de procedimientos y operaciones que tienen como finalidad obtener la información necesaria para resolver las necesidades informativas de la línea de estudio en cuestión: “digitalización 3D y control dimensional sin contacto”. En primer lugar, se ha elaborado una lista de *palabras clave* que respondan en su mayor totalidad a las necesidades informativas y, en segundo lugar, se ha generado una búsqueda automatizada con combinaciones de operadores booleanos, de truncamiento y de proximidad en las distintas fuentes más relevantes del sector que permitan, posteriormente, la recuperación de contenido relevante.

Las palabras clave que se han usado para la elaboración del presente informe son:

Escaner 3D

3D vision

Vision stereo

Lidar

Time-of-flight

Structured light

Photogrametry

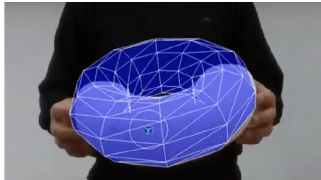
3D mapping

Dimensional control



### 3 Análisis de tecnologías de Digitalización 3D

#### 3D Industrial Object Recognition SDK FindSurface Released January 19, 2018



*CurvSurf, Inc. has announced the release of FindSurface 2018, an Intelligent 3D Industrial Object Recognition SDK, that can directly utilize unfiltered Dimensional Point Clouds. FindSurface brings Intelligent 3D object recognition to Reverse Engineering, Intelligent Robotics, and immersive 3D applications. FindSurface represents a solution for developing automated 3D geometry recognition, measurement and tracking applications. FindSurface works with point clouds generated with any scanner from a terrestrial scanner to a consumer tablet with a 3D camera.*

Gracias al incremento de las capacidades de computación de los equipos, y la evolución de algoritmos de detección de formas, han aparecido aplicaciones que permiten **automatizar el reconocimiento de formas a partir de nubes de puntos**. Existen aplicaciones que lo hacen sobre grandes volúmenes de puntos procedentes de escaneos complejos. En este caso, CurvSurf, además de las aplicaciones tradicionales que se toman su tiempo en la detección, se atreve a realizarlo sobre escaneo de puntos en tiempo real, un avance aunque se trate de primitivas simples.

#### Intel Spatial Sensing Set To Change Future of 3D Imaging January 24, 2018



*Intel has begun shipping a pair of new RealSense D400 Depth Cameras for spatial sensing. The new cameras are from the next-gen Intel RealSense D400 family and include the D415 and the D435. The Intel cameras have 3D capabilities that make them ideal for OEM prototype development or as an end-user-ready device.*

#### 3D machine vision expert Photoneo at VISION 2018. September 10, 2018



*Photoneo, a well established 3D machine vision developer, provider and enlightener known primarily for its award-winning PhoXi 3D Scanners and comprehensive end-to-end bin picking solutions, will be taking part in this year's VISION show. The company concentrates on its 3D vision products to be versatile and easy to use, allowing to push the boundaries of automation forward.*

Specifications

	XS	S	M	L	XL
Scanner model	XS	S	M	L	XL
Scanning range (mm)	161 - 205	384 - 520	458 - 1118	870 - 2150	1680 - 3780
Point to point distance (mm)	0.057	0.174	0.286	0.524	0.947
Calibration accuracy (mm)	< 0.025	< 0.050	< 0.100	< 0.200	< 0.500
Documents	<a href="#">Datasheet XS</a>	<a href="#">Datasheet S</a>	<a href="#">Datasheet M</a>	<a href="#">Datasheet L</a>	<a href="#">Datasheet XL</a>

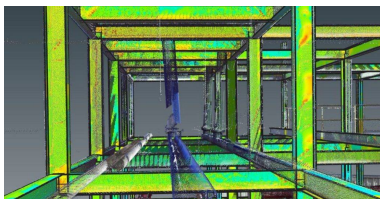
#### Entry-level Metrology Scanner Announced by Shining 3D 24/01/2018



*SHINING 3D has announce the official launch of EaScan II its the latest 3D metrology scanner that meets most 3D measurement and inspection's requirements at a very appealing price. EaScan II is equipped with 3 sets of scan ranges in the units lightweight design and stands out when scanning heavy and large objects provider users full freedom to move around the part.*

Proliferan dispositivos de captura de imágenes estereoscópicas y de luz con patrón aleatorio. La mayoría aplicadas al mercado doméstico pero ya aparecen aplicaciones de carácter industrial (como bin picking) para contenedores de piezas, de tamaño menor de dos metros. Las limitaciones del resolución de imagen y distancia entre las cámaras todavía no permiten su uso metrológico a grandes piezas, a la vista de las especificaciones, pero es una tecnología en la que van apareciendo novedades y mejoras.

**FARO's BuildIT Construction is a QA/QC tool—and a sign of things to come. March 23, 2018**



*FARO recently announced the BuildIT Construction application, which it is calling "the first complete solution for continuous construction verification." The application offers a number of tools for continuously measuring floor flatness and levelness, as well as wall plumbness. It also compares the as-built to the original design model or BIM to track changes to floors, steel beams, columns, windows and doors.*

**RIEGL's VMX-2HA: A lidar mobile mapper for 2018. March 7, 2018**



*At ILMF this year, industry regular RIEGL was on hand to show off its latest and greatest mobile scanning system, the VMX-2HA... According to RIEGL, the system is a refresh of the overall design of the VMX line of mobile scanning systems. In addition to a notably futuristic new design, and updated material components, the system is lighter and more powerful than its predecessors.*

**Leica's RTC 360 lidar scanner registers your point clouds automatically, in real time, in the field June 14, 2018**



*During the HxGN 2018 conference, it became very clear that Leica Geosystems wants to have a 3D capture device that suits almost any use case you can think of. "There's an overarching reality capture strategy," says Juergen Mayer, business director of terrestrial scanning at Leica Geosystems. "I think, today, we took a big step forward in filling some of the empty spots."*

La tecnología LIDAR de escaneo y obtención de nubes de puntos es la más adecuada para la metrología en la fabricación de buques y grandes estructuras metálicas, al menos la que en el momento actual proporciona la mayor precisión, siendo además la única que proporciona la precisión necesaria para el control y la fabricación. Las novedades consisten en mejoras de dispositivos anteriores en precisión, volumen de datos y velocidad, junto con combinación de los mismos con elementos de movilidad y, sobre todo, aplicaciones software para tratamiento de datos y reconocimiento de elementos. Este último aspecto es de gran importancia, pues el tratamiento de nubes de puntos era un tedioso proceso semimanual que ahora, gracias a la posibilidad de tratamiento de grandes volúmenes de datos e información 3D resulta en un proceso casi automático.

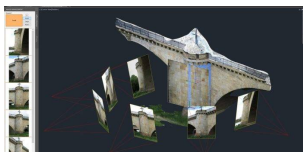
#### Leica BLK3D: Take a single picture, get 3D measurements for free June 20, 2018



*At HxGNLive this year, Leica Geosystems dropped two new products. Up first was the RTC 360, a terrestrial lidar scanner that offers fully automated in-field registration. Up second was something a bit more unexpected, a smartphone-sized device that gives you 3D data in exchange for an absolute bare minimum of effort. Leica is positioning the BLK3D as the perfect tool for skilled construction trades that need fast accurate measurements, but not necessarily full models. Think of it as falling somewhere between a BLK360 and a disto.*

Pequeño dispositivo que realiza mediciones por fotogrametría, una tecnología que se utiliza para control dimensional en la que, aunque todavía no cumple los requerimientos de fabricación metálica, se comprueban avances en otros sectores.

#### FARO consolidates as-built software offerings into single As-Built platform May 24, 2018



*FARO is continuing its push deeper and deeper into the AEC space with the announcement of the As-Built software platform, which consolidates and replaces the PointSense product line. The As-Built platform is designed to ease the process of bringing point clouds into CAD and BIM software and generating final deliverables for as-built documentation.*

Un buen ejemplo de mejoras en el campo de software de aplicación, con tratamiento de grandes volúmenes de datos de procedencia diversa (imágenes calibradas y nubes de puntos) y algoritmos de identificación de superficies.



## 4 Análisis Científico de Digitalización 3D.

**Requerimientos sobre la metrología dimensional para la mejora de los procesos de fabricación en el contexto industria 4.0. U. Mutilba, A. Gutiérrez, E. Gomez-Acedo, A. Olarra y G. Kortaberria, de IK4-Tekniker. 05/01/2018**

*La metrología se presenta como una de las tecnologías transversales clave en la digitalización del tejido industrial, conocida como industria 4.0. Son dos los factores que han precipitado que la metrología se ejercite cada vez más en el entorno productivo. Por una parte, la necesidad de procesos de fabricación, productos y servicios cada vez más inteligentes. Por otra parte, la metrología de alto rango y la necesidad de acercar la metrología al componente o ensamblaje para asegurar la calidad del producto.*

Existe preocupación en el sector por la calidad de la metrología dimensional, habida cuenta de la multitud de dispositivos que se utilizan y la diversidad de los métodos de obtención de información 3D y cotas que influyen en el proceso y/o en la calidad del producto. Esta publicación parece un paso previo a una estandarización que concluirá con una norma que deberán cumplir todos aquellos que quieran suministrar equipos con datos 3D, nubes de puntos, cotas o información geométrica simplificada que se integre en la industria 4.0. Ya existe normativa antigua, que se analiza en la publicación, pero también alguna norma nueva se encamina con el objetivo mencionado.

**Indoor Reality wants to revolutionize interior 3D capture. February 28, 2018**



*Indoor Reality is in the business of 3D mapping interiors and indoor assets. It's wearable and handheld-able hardware is already in use in construction, real estate, architecture, insurance, and of course, facilities management...*

*The concept of operation is easy to understand. "You walk around inside a building," Zakhor explains. "When you're done, get to a place that has WiFi connectivity, upload it to our cloud where we do a bunch of number crunching, and then we automatically create data products that any user can access by logging into a web account."*

**nFrames: Automated information extraction for high-volume photogrammetry May 2, 2018**



*Mapping production today requires handling large data volumes with minimal operational complexity – a challenge for both small and large mapping companies. Apart from scalability, customization and automation of complex mapping production workflows are a must. Suitable workflows often comprise multiple software programs and include georeferencing, point cloud, and mesh solutions. Streamlined workflows that tightly connect each step as part of a unified solution will result in more effective delivery of geospatial information.*



Los esfuerzos se están centrando en tecnologías lidar, posicionamiento interior, conectividad y, sobre todo, en algorítmica para el tratamiento de los datos en bruto con el fin de convertir las nubes de puntos en modelos 3D con piezas identificables.

Las tecnologías fundamentales para el control dimensional sin contacto que se están utilizando son la láser tracker y laser scanning, si bien hay avances en visión estereoscópica y visión artificial con luz estructurada.

Sin embargo las tecnologías aplicables a control dimensional de piezas con dimensiones del orden de varios metros se restringen a sistemas láser tracker y láser scanning. Ha habido mejoras en las tecnologías utilizadas para robótica móvil y autónoma, aunque no alcanza todavía los requisitos necesarios para efectuar un control dimensional.

La mayoría de los dispositivos hardware utilizados para estos propósitos son mejoras (mayor precisión, menor tamaño, más rápidos y capaces de manejar mayores volúmenes de datos) de otros existentes de ya largo recorrido y probada eficacia.

## 5 Proyectos de I+D de Digitalización 3D.

No se han localizado proyectos de referencia para Digitalización 3D, este hecho hace que deban revisarse los criterios de búsqueda, analizando más exhaustivamente la información de proyectos en marcha de los centros tecnológicos.



## 6 Conclusiones y recomendaciones

Para el control dimensional sin contacto de piezas de menos de tres metros existen varias tecnologías disponibles, desde los clásicos dispositivos estilo teodolito en forma de láser tracker y láser escanner, hasta los más novedosos sistemas de visión estéreo y visión con luz estructurada.

Para mediciones y calibraciones de equipos con movilidad (mecanismos, robots), se utiliza preferentemente la tecnología de láser tracker.

Para mediciones 3D de espacios medianos y grandes prima el uso de tecnologías lidar ligeras (para realidad virtual, orientación de robots móviles, realidad aumentada), que no ofrecen resolución suficiente para un control dimensional.

En operaciones fabricación que requieren posicionamiento (montaje) y control de piezas de dimensiones conocidas, y con el fin de obtención de desviaciones con gran precisión, la tecnología más ventajosa es el láser tracker.

En operaciones de mantenimiento, como sustitución de elementos de una gran estructura o inclusión de nuevos elementos en una estancia (como puede ser la de un buque), en las que se requiere la obtención de una geometría 3D por no existir información CAD de la misma, o porque la deformación por uso de la pieza hace que la información de fabricación ya no sea útil, el sistema de láser scanning es el más adecuado.

Los sistemas hardware deben acompañarse de paquetes de software que realicen el tratamiento adecuado de los datos, recomendándose aplicaciones de identificación de geometrías, bien genéricas o de librerías, que permitan substituir la nube de puntos por modelos 3D editables. Estas librerías deberán ser configurables y ampliables por los propios usuarios.