

PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN 2019

MEMORIA DEL PROYECTO Nº 14

1. DATOS DEL PROYECTO

Título: Validación de la inspección sin contacto para el proceso de impresión directa de metal

Investigador/a/es responsable/es: Víctor Manuel Meana Díaz

Tfno: 600504102

E-mail: meanavictor@uniovi.es

Otros investigadores: Eduardo Cuesta González (ecuesta@uniovi.es), Braulio Alvarez Alvarez (Univ. Oviedo), Pablo Zapico García (Univ. Oviedo), Joaquín Barreiro García, (Univ. León), Susana Martínez Pellitero, (Univ. León)

Empresas o instituciones colaboradoras:

- Fundación IDONIAL (Parque Tecnológico de Asturias, Llanera, ITMA)
- INTELMEC Ingeniería (Parque Tecnológico de Asturias, Llanera, Edif. CEEI)
- DINAMET Ingeniería & Consultoría (Parque Científico y Tecnológico de Gijón, zona INTRA)

2. MEMORIA DESCRIPTIVA DEL PROYECTO

2.1 Resumen ejecutivo

El presente proyecto pretende validar la posibilidad de utilizar la inspección sin contacto para verificar piezas realizadas por impresión directa de metal (Direct Metal Laser Sintering, DMLS o Selective Laser Melting, SLM). La verificación contempla al menos dos técnicas de inspección sin contacto disponibles, y utiliza una pieza patrón metálica, impresa por Sinterización Directa por Laser de Metal, que será medida por contacto en una Máquina de Medir por Coordenadas (MMC). Con esta máquina se obtienen medidas por contacto, con muy alta precisión, que serán utilizadas como referencia.

El proyecto surge como continuidad a una línea investigadora iniciada con un proyecto IUTA de la pasada convocatoria y que además se integra en otro proyecto paralelo, y más ambicioso, del grupo de investigación TAFI (Unileon + Uniovi) solicitado al Plan Nacional (ref. DPI2017-89840), y titulado "Sistematización de la fabricación personalizada de moldes mediante fabricación aditiva 3DP y de su inspección con metrología óptica avanzada (VisioMold3DP)". La investigación realizada supone un beneficio directo para todos los agentes implicados en el proyecto: investigadores (de los dos grupos mencionados), persona contratada y entidades colaboradoras, ya que, en primer lugar, se lleva a cabo una actualización del conocimiento relativo a procesos de fabricación con tecnología de última generación, tanto en fabricación (AM) como en inspección y, en segundo lugar, se definen

criterios de validación de sistemas de verificación metroológica sin contacto estableciendo una metodología de validación a partir de los factores de influencia específicos de cada tecnología.

Durante el desarrollo del proyecto se abordan dos tecnologías sin contacto de inspección óptica: La fotogrametría con patrón de franjas (luz estructurada) y el sensor láser de triangulación. además de validar las mismas de forma individual, el proyecto pretende buscar la más adecuada, bajo la consideración de aspectos como “Tiempo de inspección” vs. “Coste” y/o “Características a evaluar” vs. “Precisión obtenida”. Inicialmente, en la experimentación se contemplaba la inspección de la pieza en bruto (as built). Pero posteriormente y dada la elevada tasa de empleo de post-procesos de mejora de acabado del SLM, se contempla su extensión a la verificación de la pieza una vez granallada (arenada).

En concreto, podemos señalar que el objetivo principal del proyecto se focaliza (inicialmente) en la identificación de la validez y el grado de idoneidad de estas dos técnicas de inspección sin contacto: la fotogrametría por luz estructurada y el láser de triangulación. Así, y a través de la experimentación, se definen los criterios de validación de cada una de las tecnologías sin contacto empleadas y se establece la metodología a seguir para la definición de la tecnología más adecuada. Cabe señalar que los trabajos de investigación realizados han permitido validar las dos tecnologías empleadas como sistemas de medición sin contacto.

En cuanto a la metodología aplicada, el proyecto se ha desarrollado de acuerdo al planteamiento realizado inicialmente. Se han llevado a cabo unos estudios iniciales que han permitido acercarse al conocimiento de las tecnologías de fotogrametría por luz estructurada (basada en proyección de un patrón de luz azul estructurada sobre la pieza para capturar nubes de puntos densas y en tiempos muy cortos) y del sensor láser de triangulación (se trata de un sensor láser de triangulación integrado en máquina de medir por coordenadas). Los estudios iniciales también se han centrado, por parte del becario del proyecto, en el conocimiento y manejo de los equipos empleados en ambas tecnologías. De igual forma, el conocimiento del software se ha entendido como una etapa importante de cara a la gestión de la información (nubes de puntos) y de su análisis. Posteriormente se han definido y establecido los criterios de medición con el objetivo de definir el procedimiento de medida óptimo, que en el caso del sensor láser afectaba tanto en número de pasadas como a las orientaciones del cabezal. Con los resultados obtenidos se ha procedido a realizar el análisis comparativo de las dos tecnologías a partir de las nubes de puntos obtenidas sobre la pieza patrón y en base a diferentes parámetros que posibilitaba la propia pieza.

Toda esta información se detalla en los apartados siguientes de esta memoria.

2.2 Objetivos iniciales del proyecto y grado de consecución

En el proyecto, se había establecido como objetivo principal la identificación de la validez y el grado de idoneidad de la fotogrametría por luz estructurada y del sensor láser de triangulación como tecnologías de medición sin contacto sobre piezas metálicas obtenidas a través de procesos de sinterizado láser. Objetivo que se ha conseguido al 100 % una vez analizados y comparados los resultados con los valores dimensiones que se usaron como valores nominales. Estos valores fueron obtenidos a través de la medición por contacto de una pieza patrón de esferas (fig.1.izq) mediante la máquina de medir por coordenadas. El diseño de la pieza esta específicamente pensado para la evaluación que se propone, tanto por el número y tipología de entidades como por su volumen. La pieza test consiste en 9 esferas de distintos

diámetros y a distintas alturas, esto permite definir una serie de tolerancias dimensiones y geométricas (GD&T) utilizando entidades matemáticamente muy bien definidas.

Para la inspección sin contacto posterior, y con objeto de minimizar las diferencias entre el CAD (teórico o nominal) y la pieza impresa por láser (real) se genera un nuevo modelo CAD, llamado CAD cuasi-real (fig.1.der), donde todos los elementos, y sus posiciones, son sustituidos por lo valores reales (MMC). Así, cuando se obtengan nubes de puntos con los equipos de ingeniería inversa, éstos se pueden comparar con el CAD cuasi-real obteniendo conclusiones válidas de cómo realmente están midiendo estos equipos (sensor láser y luz estructurada) las piezas impresas por láser.

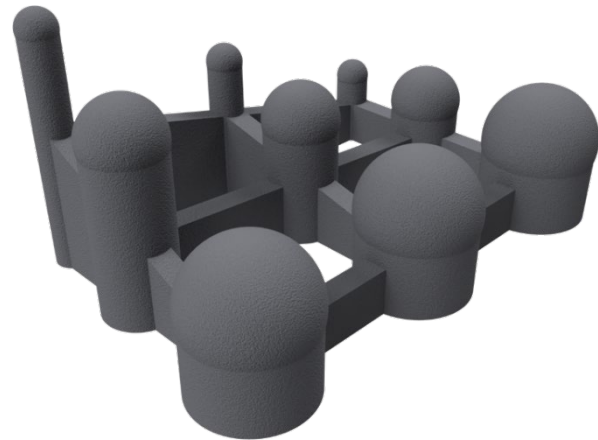
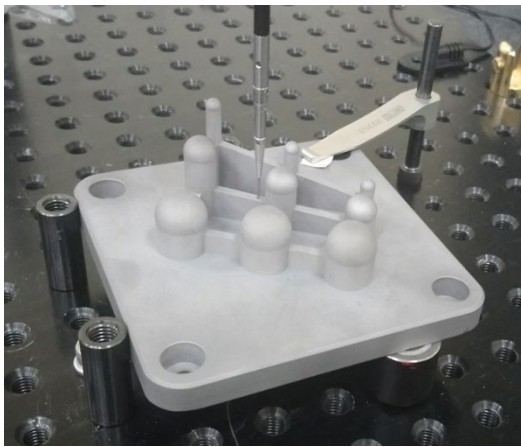


Figura 1. Izq.- Pieza patrón de esferas impresa (DMLS) en acero HP14-4PH. Der.- CAD cuasi-real a partir de mediciones con CMM

La realización de la medición por contacto de la pieza test se hizo usando la máquina CMM modelo DEA Global Image 091508 montada con el palpador Renishaw SP25 y controlada a su vez mediante el software PC-DMIS 2018 R2. El palpador usado fue una esfera de 1 mm de diámetro de rubí dado que la superficie de las piezas de impresión 3D por SLM es bastante irregular a pesar de que se le somete a un tratamiento superficial posterior (granallado). Para la medición sin contacto se usaron, por un lado, un sensor de triangulación láser de Hexagon Metrology, el HP.L.10.6. montado en MMC, y también con software PC-DMIS 2018 R2 (Fig. 2. Der); y un equipo móvil de luz azul estructurada, el tripode 3D Breuckmann smartSCAN3D-HE (actualmente AICON smartSCAN®) con software de captura OptoCAT. Las nubes de puntos fueron tratadas con varios softwares de ingeniería inversa (desde el propio PC-DMIS, hasta el Geomagic y el 3DReshaper).

Para explicar cómo se han cumplido los objetivos buscados y su grado de consecución, se puede observar en la Fig. 2 la metodología seguida.

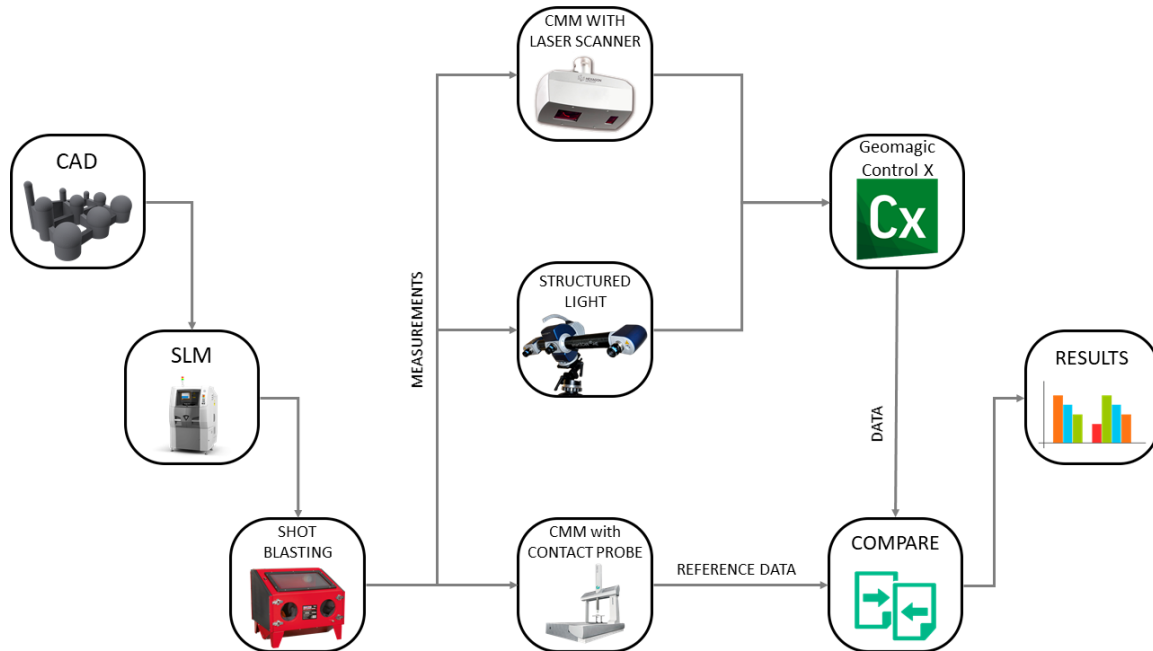


Figura 2. Metodología comparativa de los equipos de medición sin contacto

A partir del diseño de la pieza patrón de esferas en 3D se procede a su impresión mediante DSLM y posterior post-procesado mediante tratamiento superficial de arenado que mejore la superficie y facilite la captura de puntos. Posteriormente se procede a la medición de la pieza con CMM para obtener los parámetros que usarán como valores nominales y a la medición mediante las dos tecnologías sin contacto para obtener las nubes de puntos. Una vez tratadas estas nubes de puntos y obtenidas las medidas GD&T, se procede al análisis comparativo con los valores procedentes de la CMM y a la obtención de gráficos y resultados derivados de los equipos de medición empleados en la experimentación.

Por otra parte, los objetivos del trabajo de investigación han sido:

- La definición de los criterios de validación de cada una de las tecnologías sin contacto empleadas en las inspecciones. (100 %)

Sensor Láser de Triangulación.

En este caso el estudio previo tenía como objetivo definir el procedimiento de medida óptimo, tanto en número de pasadas como en orientaciones del cabezal láser. Para este estudio se han realizado diversas mediciones en una esfera calibrada de 19.9929 mm de diámetro fabricada en material cerámico mate (Al_2O_3 y ZrO_2) y montada sobre un soporte de fibra de carbono.

Se ha decidido realizar la toma de datos adicionando las nubes capturadas desde 5 orientaciones distintas, con la finalidad de escanear la esfera con la mayor cobertura posible, capturando todo el hemisferio superior y asegurándonos de tener puntos en todo el ecuador (Fig. 3.der).

Los parámetros del escaneado láser (sensor HP-L-10.6) configurados para las mediciones fueron: densidad de puntos de 16.8 puntos/mm y anchura de haz láser de 123 mm. Además, se aplicó un filtro para mejorar la calidad de las nubes capturadas. En este caso el “filtro del 75%”. Se trata de un filtro que se aplica en tiempo real durante el escaneado y que elimina el 75% de los puntos más alejados de la perpendicular o normal de la superficie con respecto al sensor.

Con estos parámetros se obtienen cinco nubes de puntos, éstas son purgadas eliminando los puntos que quedan por debajo del ecuador (aunque manteniendo éstos con un cierto margen por debajo del mismo). Finalmente, se crean las esferas de mejor ajuste, por el método de mínimos cuadrados, con las 5 nubes de puntos de los diferentes escaneos o pasadas (cada uno con una orientación distinta), (Fig.3.Izq.).

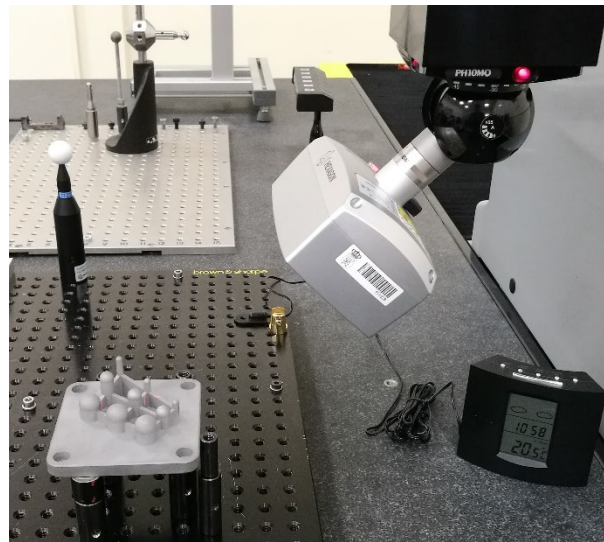
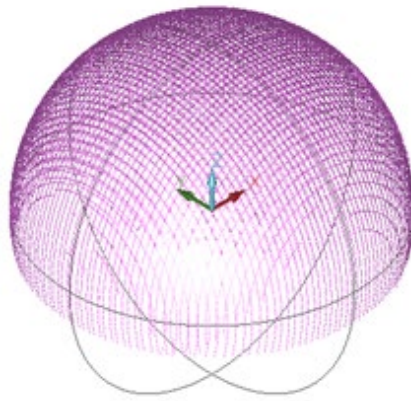


Figura 3. Izq. - Esfera de “mejor ajuste” realizada con cinco pasadas del sensor láser de triangulación. Der.- Escáner de triangulación digitalizando la pieza test de esferas

Los resultados obtenidos del análisis realizado respecto a la influencia del número de pasadas de escaneo láser muestran una tendencia convergente a medida que aumenta el número de pasadas. En el caso de una pasada de escaneo láser se obtiene la menor desviación en el diámetro, pero, por el contrario, se obtiene la mayor desviación en la posición en el eje X y Z del centro de la esfera, resultado del menor número de puntos captados de la esfera. En general, se observa cómo los resultados mejoran en el caso de realizar 5 pasadas de escaneo.

Una vez realizado el estudio previo respecto a las pasadas se escanea la pieza patrón de esferas con estas 5 orientaciones obteniendo la nube de puntos definitiva que posteriormente será limpiada y tratada para su análisis (Fig. 4).

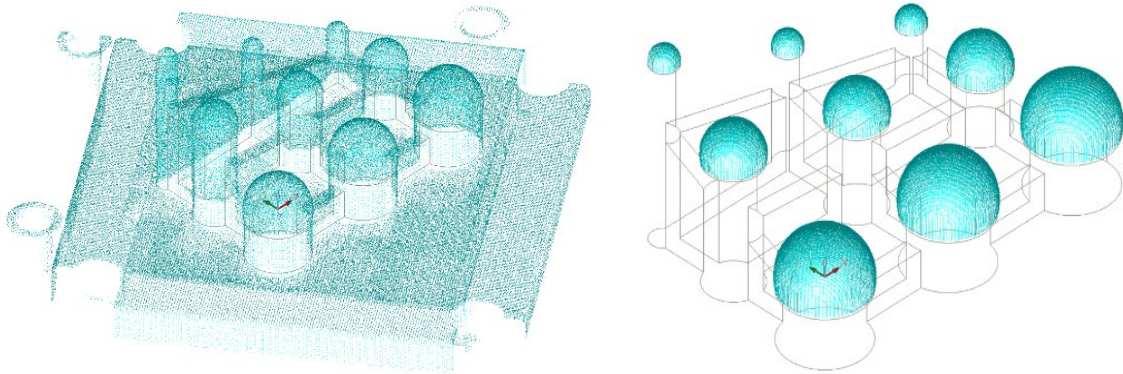


Figura 4. Nube de puntos generada con el sensor láser HP-L-10.6, antes y después de la limpieza

Comentar que se extendió la investigación con el estudio de las medidas del sensor de triangulación, ahora a un modelo montado en Brazo Articulado de Medir por Coordenadas (AACMM), disponible en IDONIAL (Fig. 5).



Figura 5. Escaneado con sensor de triangulación laser montado en Brazo de Medir por Coordenadas (AACMM)

Escáner de luz estructurada.

En el caso de los estudios con el escáner de luz azul estructurada, la digitalización de la pieza patrón de esferas se lleva a cabo previa calibración del escáner con la configuración del campo de visión (FOV) empleado para las mediciones del patrón. El FOV empleado es de 125 mm. que se corresponde con el menor campo de trabajo que nos permite captar el volumen completo de la pieza.

La digitalización del patrón se lleva a cabo mediante el modo de escaneo automático, es decir, empleando la mesa giratoria para la adquisición de datos. Para la completa digitalización del patrón se realizan 6 escaneos, correspondientes a un ángulo de giro de

la mesa entre capturas de 60°. La Fig. 6 muestra dos capturas de pantalla (en momentos distintos) durante el proceso de captación de la nube de puntos en una de las orientaciones.

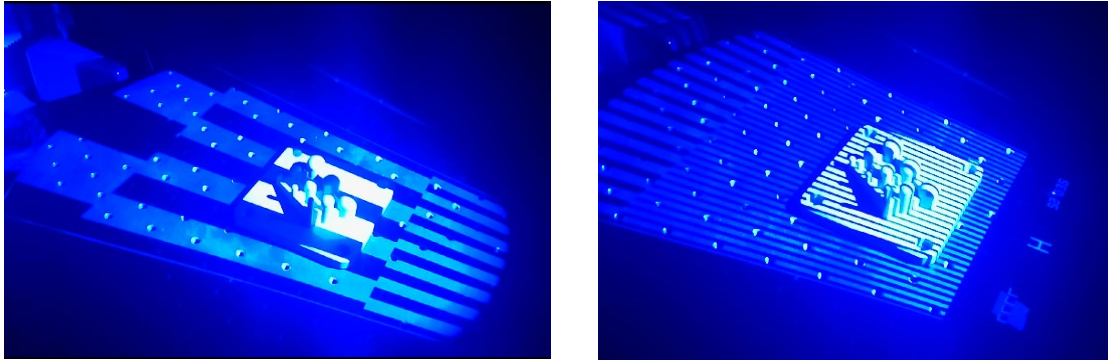


Figura 6. Dos momentos del escaneado con sensor de luz azul estructurada (proyección de patrón de franjas)

- El establecimiento de la metodología a seguir para la definición de la tecnología más adecuada. (100 %).

Definidos los parámetros y configuraciones necesarias para la toma de datos por ambas tecnologías, se establece un análisis comparativo a partir de las dimensiones que se señalan a continuación teniendo en cuenta la precisión obtenida en cada una de ellas:

- *Número de puntos de las esferas*: Análisis del número de puntos que forma la nube de puntos con la cual es creada una esfera.
- *Diámetro*: Análisis de la desviación del diámetro de las esferas creadas a partir de la nube de puntos respecto al valor nominal de la CMM.
- *Error de forma*: Análisis del error de forma de las esferas creadas a partir de la nube de puntos.
- *Desviación estándar*: Análisis de la desviación estándar de la nube de puntos que forma cada esfera.
- *Posición*: Análisis de la desviación del centro de cada esfera según sus coordenadas en los ejes X, Y y Z respecto a los valores nominales de la CMM.
- *Distancia*: Análisis de la distancia entre esferas según los ejes X e Y (filas y columnas) en valores porcentuales respecto a los valores nominales de la CMM.

Por último, y como consecuencia indirecta de los dos objetivos anteriores, se puede afirmar que se consigue una mejora de la trazabilidad dimensional de piezas funcionales fabricadas mediante sinterizado láser a través de la medición de piezas patrón con tecnologías de alta precisión.

2.3 Tareas realizadas

De acuerdo a la planificación planteada en el proyecto se han ido desarrollando, a plena satisfacción y con un alto grado de cumplimiento, las siguientes actividades:

1. Estudios Previos: Tecnología Sinterizado Laser de metal (DMLS)
2. Estudios Previos: Técnicas de inspección (sin contacto)

3. Definición de criterios de medición y metodología de evaluación
4. Medición de patrones y generación de resultados
5. Análisis y Comparativa
6. Publicación resultados. Elaboración de informe técnico

En referencia a las actividades 1 y 2, el becario ha estado centrado en el conocimiento de la tecnología de sinterizado láser de metal y en las dos tecnologías de inspección sin contacto objeto del proyecto. Como paso inicial, además de revisar artículos y documentación sobre todas ellas, se estableció un plan de formación en el conocimiento y manejo de los equipos a disposición del proyecto, tanto a nivel de hardware como de software. De esta forma se ha pretendido asegurar un óptimo y adecuado uso de los medios y de sus capacidades.

En cuanto a la tarea nº 3, ya se ha comentado, en el punto anterior, que se han definido seis parámetros de medición y comparación de los resultados de las diferentes tecnologías: número de puntos de las esferas, diámetro de las esferas, error de forma de las esferas, desviación estándar de la nube de puntos de cada esfera, posición del centro de la esfera y distancia entre las esferas. En todo caso, la metodología seguida para el proyecto y que contempla la realización de las tareas 4 y 5 ha sido la siguiente:

1. Diseño y parametrización CAD de la pieza. Se diseña una pieza test que cumpla las restricciones de la impresora de metal, y de forma que permita caracterizar los límites de esta y sea fácilmente medible mediante CMM y equipos de ingeniería inversa.
2. Impresión 3D de la misma. Una vez exportado el diseño CAD en formato STL, se imprime en la máquina de impresión directa por láser de metal (SLM en este caso) con sus parámetros óptimos previamente establecidos por defecto según el fabricante.
3. Post proceso de arenado a la pieza. Después de imprimir la pieza se le realiza un post proceso de arenado con el fin de mejorar la superficie de la pieza y facilitar la captura de puntos en los diferentes equipos de medición.
4. Medición de la pieza con alta precisión: obtención de medidas GD&T con CMM. En este caso se mide la pieza con CMM para obtener los parámetros dimensionales que se usarán como valores nominales. Se realizan varias repeticiones (4) para obtener datos fiables de referencia.
5. Medición de la pieza con los equipos de ingeniería inversa. Se obtienen las nubes de puntos con los equipos de Sensor Láser de Triangulación y luz azul estructurada.
6. Tratamiento de las nubes de puntos. Una vez se tienen las nubes de puntos generadas por los diferentes equipos de ingeniería inversa se procede a tratar estas con el fin de obtener las medidas GD&T que también se extrajeron en la CMM. El tratamiento de las nubes puntos se realiza con el software de metrología: Geomagic Control X.
7. Comparativa medidas GD&T. Después de tratar las nubes de puntos de los diferentes equipos y obtener las medidas, estas se comparan con los valores de la CMM obteniendo las desviaciones respecto a ésta, ya que los valores de los parámetros dimensionales obtenidos en la CMM serán tomados como valores nominales.
8. Resultados del estudio/comparativa de los equipos de ingeniería inversa. Con los datos obtenidos de la comparativa respecto a la CMM de los diferentes equipos, se

comparan ahora los equipos entre ellos, obteniendo así las diferentes graficas comparativas de equipos de medición.

Para la realización de la actividad nº 4 hemos utilizado un patrón de esferas cuyas dimensiones máximas se ajustan a las dimensiones máximas de la máquina SLM que son además compatibles con los equipos de ingeniería inversa a utilizar. Los elementos incluidos en la pieza test están basados en esferas, que son elementos metrológicamente ideales como patrones de referencia y fácilmente definibles como elemento de mejor ajuste en los softwares de ingeniería inversa utilizados en esta investigación.

La pieza patrón tiene un total de 9 esferas (Figura 7) distribuidas en 3 filas y 3 columnas, cada fila corresponde a un mismo diámetro de esfera (15 mm, 10 mm y 5 mm) y cada columna a un mismo eje de construcción del centro de las esferas (30° , 15° y 0°). El hecho de incluir esferas de distintos diámetros y orientaciones apoya la idea de evaluación metrológica de todo el volumen disponible de la impresora 3D de DSLM.

A su vez, durante el diseño CAD, se parametriza la pieza, diámetro de esferas y posición (x, y, z) del centro de cada esfera, para poder crear un CAD cuasi-real con los valores nominales que se obtendrán de las mediciones que se llevan a cabo en la CMM, pudiendo usar este CAD, como ya se ha comentado, en la comparativa de los equipos de medición.

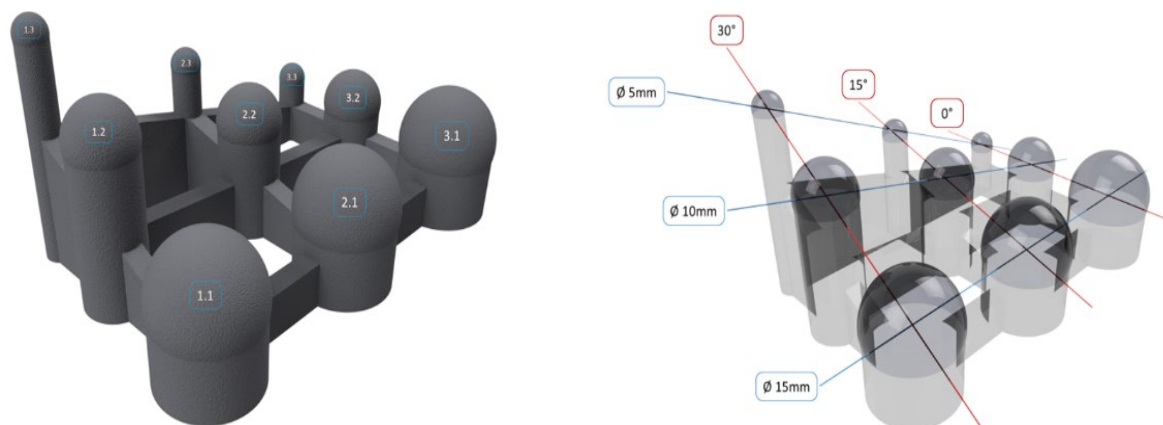


Figura 7. Distribución de esferas de la pieza patrón según diámetro y eje

Por último, y en relación con la tarea número 6 mencionar que, a partir de los resultados obtenidos durante el proyecto, se está elaborando un artículo que, una vez finalizado se decidirá a que revista indexada en JCR se remitirá para su publicación. Está previsto, además, que el trabajo forme parte de una ponencia a presentar al próximo congreso MESIC.

2.4 Resultados obtenidos

Una vez realizadas todas las mediciones de la pieza patrón, tanto con la máquina de medir por coordenadas como con el sensor láser de triangulación y la luz estructurada, se han tratado y estudiado las diferentes nubes de puntos a partir del software Geomagic Control X. Estas tareas se han llevado a cabo a partir de los módulos específicos para la gestión de nubes de puntos y análisis de superficies, incluyendo la desviación al CAD con representación

de mapas de colores, extracción de elementos geométricos y funciones avanzadas para tratamiento, filtrado y medición sobre nubes de puntos.

Es importante señalar que, aunque no estaba previsto en un principio, se han llevado a cabo mediciones adicionales con el sensor láser de triangulación Romer Absolute Arm 7525 SI disponible en la Fundacional IDONIAL. La colaboración llevada a cabo en el proyecto con IDONIAL, la disponibilidad mostrada por la Fundación en todo momento y el interés del proyecto por añadir otras fuentes de obtención de nubes de puntos de la pieza patrón de esferas a partir de otras tecnologías de medición sin contacto, ha posibilitado la inclusión final de tres tecnologías en los resultados de la experimentación.

De esta forma hemos podido obtener los siguientes resultados comparativos:

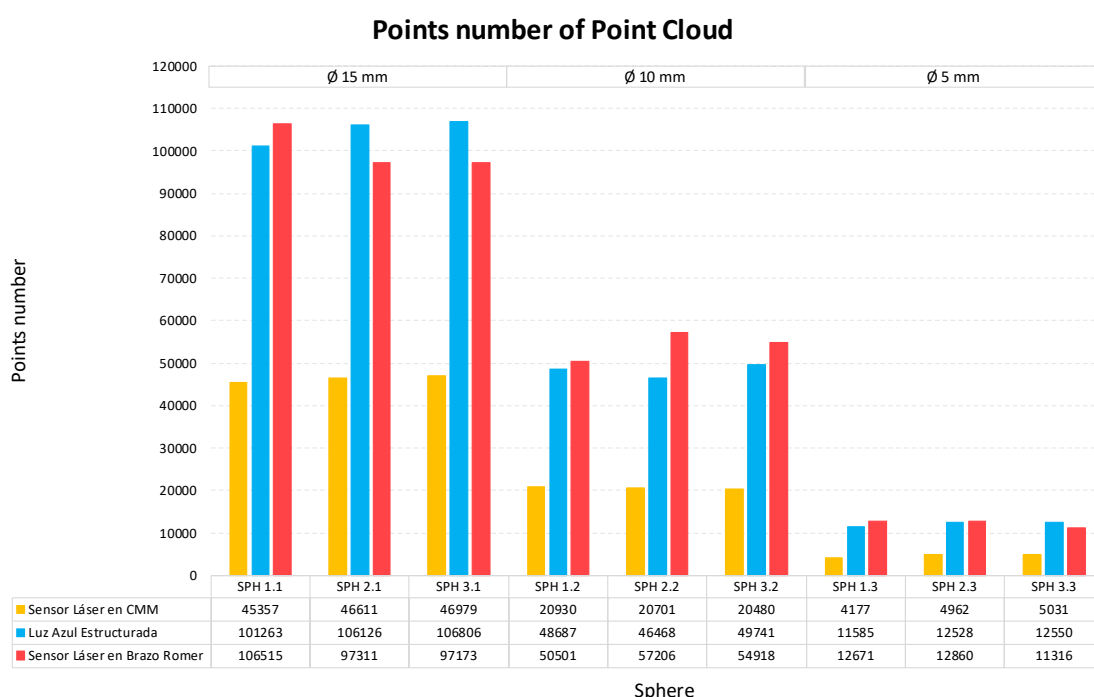


Figura 8. Número de puntos de las nubes de puntos obtenidas con el sensor láser, la luz azul estructurada y el sensor láser en brazo Romer

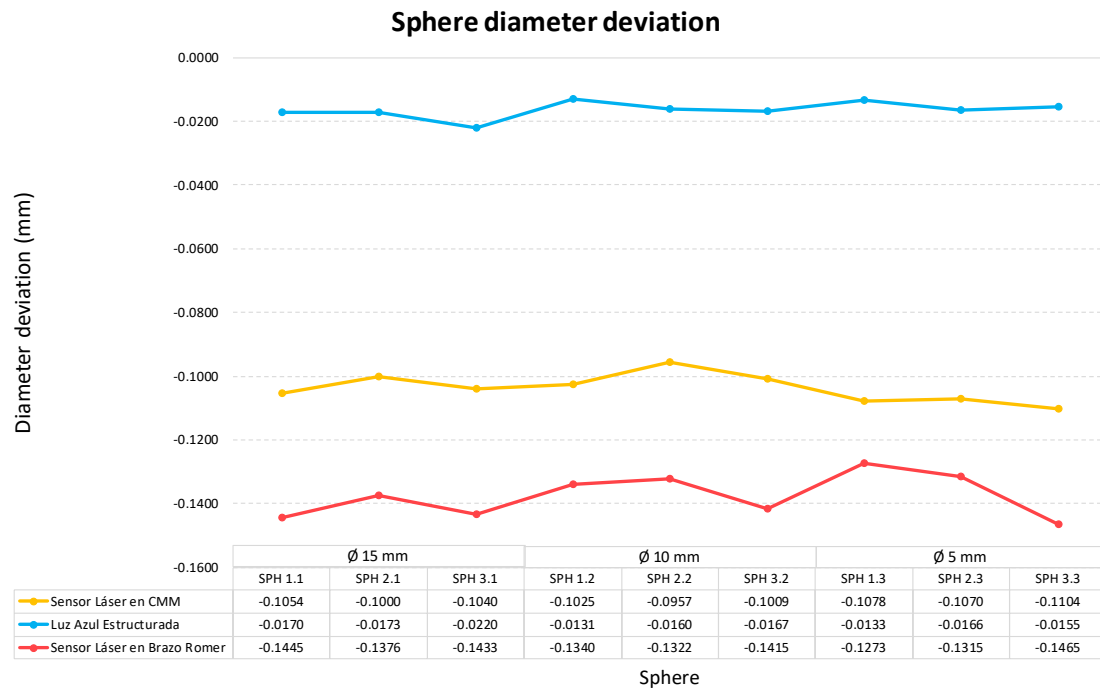


Figura 9. Desviación del diámetro de las esferas respecto a CMM

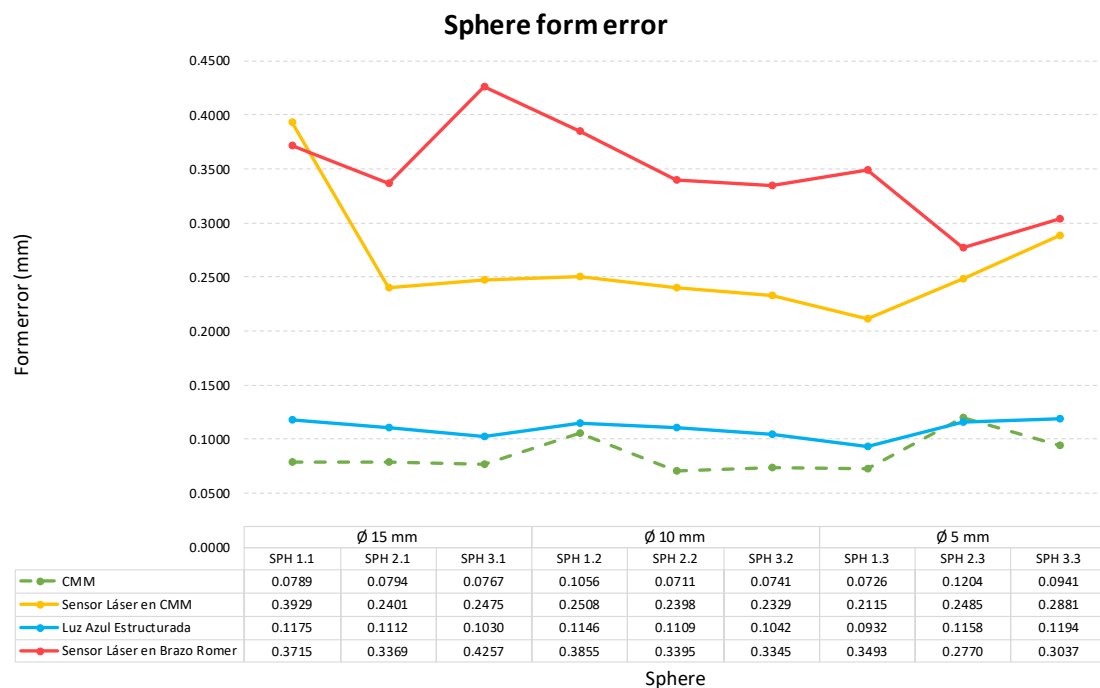


Figura 10. Error de la forma de las esferas en función de la tecnología empleada

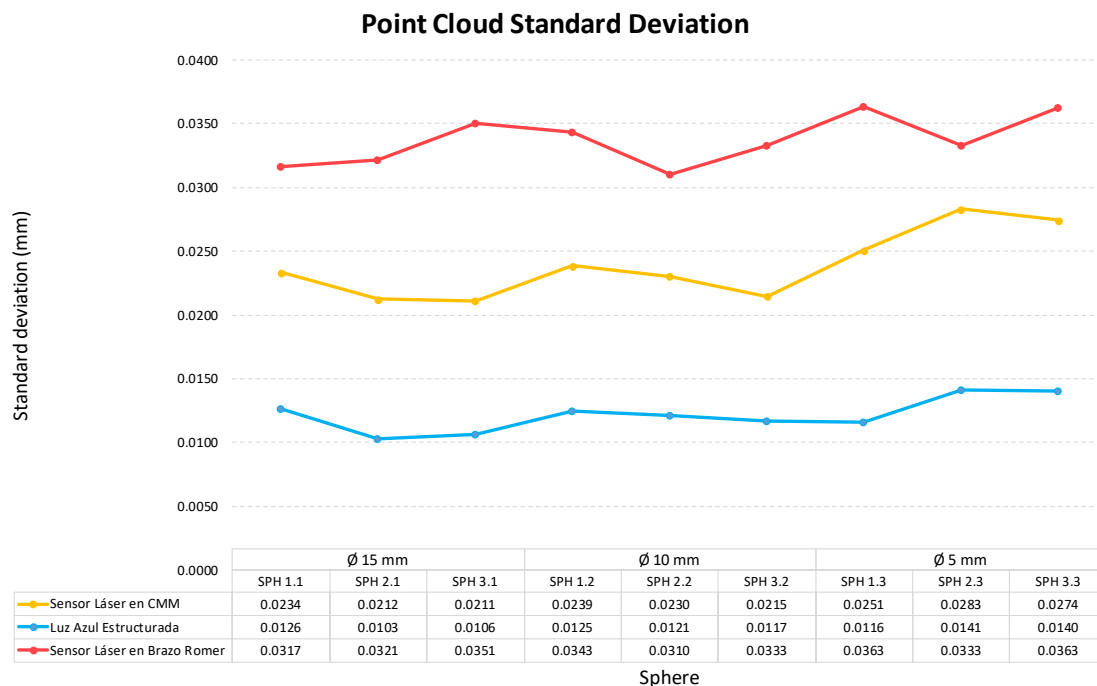


Figura 11. Desviación estándar de las nubes de puntos respecto de CMM

Como puede observarse en las figuras 8 a 11, el análisis evalúa cada tecnología desde distintos tipos de evaluación: desde el número de puntos, hasta el ajuste en diámetro y el error de forma, pasando por dar la calidad de la dispersión de los puntos, usando en este caso la medida de la distribución estándar de la nube obtenida con respecto a las esferas de mejor ajuste.

2.5 Trabajos o necesidades futuras

No cabe de duda de que la experimentación llevada a cabo ha permitido la validación de las dos tecnologías sin contacto disponibles y que la metodología seguida ha facilitado la generación de resultados comparativos entre ambas, tal y como estaba previsto.

No obstante, se abren a partir de aquí dos posibles líneas de trabajo que, sin duda, complementarían y enriquecerían las conclusiones obtenidas, además de abrir un amplio abanico de posibilidades de validación. Se trataría, por un lado, de extender los ensayos realizados en equipos láser de triangulación montados sobre brazos de medir por coordenadas (AACMM) a más operarios, con el fin de analizar la posible influencia del operario sobre la toma de datos, ya que se trata de soluciones no automatizadas y donde el factor humano tiene gran incidencia sobre los resultados. Así mismo, se contempla extender este estudio a otros sensores sin contacto, como los sensores de Holografía Conoscópica, los equipos que trabajen con la tecnología de variación de foco (Focus variation) o las máquinas ópticas de medir por coordenadas ópticas.

Por otro lado, e independientemente del equipo utilizado, sería muy interesante realizar estudios comparativos entre los diferentes programas informáticos que podemos tener a

disposición para la gestión y análisis de las nubes de puntos. Este estudio se basaría en un patrón óptico de tipo GD&T que permitiese captar nubes de puntos con máxima precisión, y con ellas estudiar la potencialidad de cada uno de los softwares disponibles, comparando las opciones de filtros que incorporan, las funciones avanzadas para el análisis de las superficies, etc. Estos factores se han mostrado como variables de influencia muy importantes a la hora de la realización de análisis comparativos entre las características dimensionales que se han estudiado en este proyecto.

2.6 Divulgación de los resultados (publicaciones, artículos, ponencias...)

Como ya se ha mencionado en el apartado anterior, una parte importante del trabajo de investigación está sirviendo de base para la elaboración de un artículo a publicar en una revista indexada JCR. De igual forma, la experimentación se pretende enviar también (en el verano del 2020) para su publicación en el próximo congreso Internacional "Manufacturing Engineering Society International Conference" a celebrar al año siguiente (MESIC 2021).

3. MEMORIA ECONÓMICA

Financiación		Personal	Inventariable	Fungible	Otros gastos
IUTA	SV-19-GIJÓN-1-14.	4.450,00 €			
Otras fuentes	Referencia proyecto/contrato				
Estudiante con ayuda a la investigación	Nombre	Pablo Pastur Ortiz de Urbina			
	Tareas	Becario			
	Período	1 de junio a 31 de diciembre, de 2019			

4. OTROS PROYECTOS Y CONTRATOS CON FINANCIACIÓN EXTERNA

Título del proyecto/contrato	SISTEMATIZACIÓN DE LA FABRICACIÓN PERSONALIZADA DE MOLDES MEDIANTE FABRICACIÓN ADITIVA 3DP Y DE SU INSPECCIÓN CON METROLOGÍA ÓPTICA
Referencia	DPI2017-89840-R
Investigador/a/es principal/es	Joaquín Barreiro García y Ana Isabel Fernández Abia (Universidad de León)
Equipo investigador	Joaquín Barreiro García, Ana Isabel Fernández Abia, Susana Martínez-Pellitero (Universidad de León) Eduardo Cuesta Glez, Braulio J, Álvarez Álvarez, Pablo Zapico García (Universidad de Oviedo)
Periodo de vigencia	desde: 01-01-2018 hasta: 31-12-2020

Entidad financiadora	M.E.C.- MINISTERIO DE ECONOMÍA Y COMPETITIVIDAD, (DPIDISEÑO Y PRODUCCIÓN INDUSTRIAL), PROGRAMA ESTATAL DE I+D+I ORIENTADA A LOS RETOS DE LA SOCIEDAD (PLAN ESTATAL DE I+D+I 2013-2016)
Cantidad subvencionada	144.716,00 €