

ANEXO_II

ESCÁNERES LÁSER 3D

1. ESCÁNERES LÁSER 3D

1.1. TECNOLOGÍA

Clasificación en base a una serie de propiedades:

-En cuanto a su relación con el objeto a estudiar:

- Con Contacto: Registro por medio de contacto físico con el objeto a documentar. Cada roce equivaldrá a un punto del modelo, obteniendo así un alto grado de precisión. Mucho más lentos que los ópticos.
- Sin Contacto: Registro sin contacto físico con el objeto, se realiza por medio del empleo de diferentes tipos de radiaciones, que barren la superficie a documentar, y en base a las cuales los dispositivos se subdividen en:
 - Activos: Radiación emitida por el escáner, (por ej. Radiaciones electromagnéticas, ultrasonidos, etc.).
 - Pasivos: Radiación capturada del ambiente, (por ej. Luz visible o IR).

-A partir de los anteriores y en base al tipo de medición de distancias entre el sistema y el objeto encontramos principalmente:

Activos:

- Triangulación: (Escáner de tipo sin contacto) basado en el empleo de luz láser, se posicionan como sistema de mayor precisión, (aprox. 0,01 mm), pero menor campo de acción, (unos metros. Definición técnica: *De un punto de la superficie del objeto, mediante la resolución de un triángulo formado por dos trayectorias luminosas que convergen en dicho punto desde una base fija. Los equipos normalmente están dotados de un proyector de luz colimada y un sensor capaz de determinar angularmente la procedencia de un punto luminoso. Cuando desde el emisor E se proyecta un rayo (láser en algunos casos) en una dirección conocida encontrando el objeto en su trayectoria, se produce un foco de radiación puntual o "spot" que puede ser "visto" por el sensor S bajo un ángulo determinado. Estas dos direcciones, que pueden caracterizarse por dos ángulos esféricos, junto con la base-line o distancia entre los centros de emisión y recepción, permiten la solución del punto del espacio del objeto. Lo que distingue a un escáner frente a otros sistemas de posicionamiento es la posibilidad de realizar millones de bisecciones en lapsos de tiempo mínimos. Para ello el rayo de luz debe ser desviado gracias a espejos móviles u otros sistemas de deflexión en un movimiento de "barrido"*¹.

¹RUBIO, D. et al. *Nuevos métodos para viejas tecnologías: Análisis y documentación de los materiales arqueológicos mediante la aplicación de sistemas Laser-Scanner 3D*, p.170

- Luz Estructurada: (Escáner de tipo sin contacto y óptico de gran velocidad) En este tipo de sistemas la medición se realiza sobre el análisis de la deformación sufrida por el patrón de luz emitido por el escáner (generadas por interferencia láser o por proyección), al ser “devuelto” por la superficie del objeto a registrar. Este reflejo es tomado por una o dos cámaras fotográficas, (situadas a ambos lados del sistema) y posteriormente transformado en coordenadas espaciales, a partir de la aplicación de una serie de algoritmos específicos.
- Holografía Conoscópica: (Escáner de tipo sin contacto) Definición técnica: *Es una técnica interferométrica que consiste en hacer pasar un rayo reflejado en una superficie a través de un cristal birrefringente, esto es un cristal con dos índices de refracción, uno fijo y otro dependiente del ángulo de incidencia, el resultado son dos rayos paralelos que se hacen interferir con una lente cilíndrica, esta interferencia es capturada por un sensor CCD, la frecuencia de esta interferencia determina la posición del objeto en el que se proyectó el rayo láser. Esta técnica permite la medición de orificios en su configuración colineal, alcanzando precisiones mejores que una micra. La ventaja de esta técnica es que puede utilizar luz no coherente, esto quiere decir que la fuente de iluminación no tiene porqué ser un láser, la única condición es que sea monocromática*².
- Desplazamiento de Fase: (Escáner láser de tipo sin contacto y de medio-largo alcance) recoge la distancia a una superficie, obteniendo una medición de precisión milimétrica y una obtención de datos mucho más rápida, aunque con un alcance por debajo de los 100 m. Definición técnica: *analizando ...el desplazamiento de la longitud de onda del rayo devuelto,...] El rayo láser de una onda sinusoidal conocida sale de una fuente láser ("luz emitida"). Parte de este rayo láser vuelve reflejado del objetivo a la fuente ("luz devuelta"). La fase de esta "luz devuelta" se compara entonces con la luz emitida conocida ("historial de la luz emitida"). La diferencia entre los dos picos es el "desplazamiento de fase" (fig. 1). El desplazamiento de fase obtenido es $2\pi \times \text{tiempo de vuelo} \times \text{frecuencia de modulación}$* ³.
- Tiempo de vuelo (TOF⁴)/pulso: (escáneres láser de tipo sin contacto y largo alcance), a partir de la emisión de un impulso láser/pulsación de luz, se realiza el registro del tiempo que éste tarda en llegar a la superficie a documentar y regresar al sistema, midiendo un punto de su campo de visión por vez. Se trata de metodología generalmente

²<http://sabia.tic.udc.es/gc/Contenidos%20adicionales/trabajos/Hardware/scanner3D/Escaner3D.html>

³ FARO. *Tecnología de escaneado láser 3D: nuevas posibilidades para ingeniería civil, arquitectura y patrimonio*, p.1

⁴ Time of flight

empleada en casos de la documentación de grandes extensiones, pudiendo registrar en torno a los 10.000-100.000 puntos/segundo. Definición técnica: *el detector de alcance láser averigua la distancia de una superficie cronometrando el tiempo de regreso de una pulsación de luz (fig. 2). Se emplea un láser para emitir una pulsación de luz, y se mide la cantidad de tiempo antes de que un detector vea la luz reflejada (tal como muestra la fig. 3). Puesto que la velocidad de la luz c se conoce, el tiempo de regreso determina la distancia recorrida por la luz, que es el doble de la distancia entre el escáner y la superficie. Si t es el tiempo de regreso, entonces la distancia es igual a $(c*t)/2$. La precisión de un escáner láser 3d de tiempo de vuelo depende claramente de la exactitud con la que podamos medir el tiempo: 3,3 picosegundos (aprox.) es el tiempo que tarda la luz en desplazarse 1 milímetro⁵.*

En los dos últimos sistemas la metodología de medición es la misma: emisión de un rayo láser (diferentes longitudes de onda según fabricantes) que al ser reflejado por la superficie a registrar, retorna [...] *reflejado al sistema. El escáner láser gira 360° horizontalmente y el ángulo horizontal se codifica al mismo tiempo que la medición de la distancia. El cálculo de la distancia de las coordenadas 3D, el ángulo vertical y el horizontal conforman una coordenada polar (δ, α, θ) que se transforma entonces en una coordenada cartesiana (x, y, z)* ⁶.

Pasivos⁷:

- Estereoscópicos: (Escáner de tipo sin contacto) A partir del uso de dos cámaras de video, escasamente distanciadas, se analizan las diferencias entre las capturas de una y otra, posibilitando la determinación de la distancia a cada punto de la imagen.
- Silueta: (Escáner de tipo sin contacto) A partir del empleo de una serie sucesiva de tomas fotográficas en torno al objeto a documentar, modelan su representación 3D a partir de las imágenes y siluetas tomadas.

⁵<http://sabia.tic.udc.es/gc/Contenidos%20adicionales/trabajos/Hardware/scanner3D/Escaner3D.html>

⁶ FARO. *Tecnología de escaneado láser 3D: nuevas posibilidades para ingeniería civil, arquitectura y patrimonio*, p.1

⁷Información extraída de

<http://sabia.tic.udc.es/gc/Contenidos%20adicionales/trabajos/Hardware/scanner3D/Escaner3D.html>

-Clasificación en base al tipo de barrido realizado⁸:

- Cámara: El haz láser es dirigido a los diferentes puntos por medio de unos espejos sincronizados y se proyecta a partir de una ventana que generalmente no suele comprender mucho campo de visión, como mucho 60º x 60º.
- Panorámico: El aparato consta de dos alidadas horizontal y vertical por medio de las cuales el haz puede rotar y abarcar prácticamente todo el horizonte excepto el que oculta el propio aparato.
- Híbrido: Se trata de un escáner de cámara pero que puede realizar el giro horizontal de la misma forma que el panorámico.

Por último apuntar la Clasificación en base al tipo de radiación emitida se clasifican en Ópticos y Láser, y en base a forma de incidir sobre el objeto, de Reflexión o Refracción (no recomendados para uso en Patrimonio Cultural). En el caso de los escáneres de tipo óptico, (basado en la reflexión de la luz), presentan una serie de problemáticas a la hora de trabajar sobre superficies altamente reflexivas o transparentes, al no proporcionar suficiente reflejo de la luz.

Otra consideración a tener en cuenta es si el equipo incorpora o no cámaras fotográficas/video: Por medio de este tipo de dispositivos, internos o externos al escáner, pero siempre en disposición ortogonal al barrido láser, se obtienen las coordenadas de color (RGB) de la superficie documentada, que posteriormente podrán completar la imagen obtenida por el laser (textura fotorrealista). Con todo a la hora de tener en cuenta esta fase del proceso se deberán tener en consideración aspectos como fuertes contrastes de sombras/luces; el tipo de iluminación que se esté empleando, etc.

⁸ Información a partir del texto: GUTIÉRREZ, S. *Estudio comparativo del láser escáner aplicado al Patrimonio*, p.23-24

Por último se expone una tabla con recomendaciones de uso en relación a la tecnología empleada (*Tabla II.1⁹*).

<i>Tabla II.1</i> Recomendaciones sobre los posibles usos		
Tipo de Dispositivo Láser Escáner	Posibles Usos	Precisión Típica/ Rango Operacional
Triangulación	Plataforma Rotatoria Pequeños Objetos (que pueden ser movidos de su ubicación original) Réplicas, entre otras opciones de uso	50 micrones/0,1m-1m
	Sobre brazo Pequeños objetos y superficies Se puede emplear en el lugar Réplicas, entre otras opciones de uso	50 micrones/0,1m-1m
	Espejo/Prisma Pequeños objetos y superficies Réplicas, entre otras opciones	sub-mm/0,1m-25m
Tiempo de Vuelo	Registros/Inspección de fachadas e interiores Grandes extensiones abiertas Dibujos de líneas y Modelos de superficies, entre otras aplicaciones	3-6 mm en rangos de hasta cientos de metros
De Fase	Registros/Inspección de fachadas e interiores Grandes extensiones abiertas Principalmente indicados cuando se precisa una toma de datos rápida y una alta densidad de puntos	c 5mm en rangos de distancia entre los 50-100m
Aerotransportado	Principalmente para realizar planos y prospecciones de amplias superficies en campo abierto	0,05m+(dependiendo de los parámetros determinados)/ 100m-3.500m

1.2. CARACTERÍSTICAS

A continuación se ofrece un listado con aquellos escáneres que con más frecuencia han aparecido durante el proceso de documentación y consulta bibliográfica al respecto de aplicaciones sobre el Patrimonio Cultural. El cual se ha completado con algunos modelos que se han considerado interesante para aplicaciones de este tipo.

El listado se ha realizado exponiendo aquellas propiedades y características que de forma amplia y general se han de tener en consideración a la hora de emprender un trabajo de registro tridimensional por medio de este tipo de tecnología.

Todos ellos pertenecen a los tipos considerados como aptos a la hora de registrar cualquier objeto cultural como es **no contacto, reflexivos, ópticos** y generalmente **activos**.

⁹ VVAA. *3D Laser Scanning for Heritage. Advice and guidance to users on laser scanning in Archaeology and Architecture*, p.7



¹⁰ FARO Laser Scanner LS 880®:

- **Tipo:** Sin Contacto
Corto-Medio Alcance
- **Método de Escaneo:** Diferencia de Fase
- **Rango/Alcance:** 0,6 m. - 40 m. (LS 840) / 0.6 m. – 76 m. (LS 880)
- **Resolución:** 0,6 mm. – 17 Rango Bit / 9 Intensidad Bit
- **Velocidad de Captura:** hasta 120.000 puntos/segundo
- **Distancia-Error/Precisión:** ±3 mm. a 20 m.
- **Tamaño del Punto a 10 metros:** 2,5 mm.
- **Longitud de Onda:** 785 nm.
- **Divergencia del Haz:** 0,25 mrad (0.014 °)
- **Diámetro del Haz (en la salida):** 3 mm., circular
- **Campo de Visión:** Vertical 320°
Horizontal 360°
- **Resolución Horizontal:** 0.00076 ° (470.000 3D-pixel en 360 °)
- **Max. Velocidad de Exploración vertical:** rpm 1800
- **Tiempo de Exploración:** a las 7 mio. puntos 67 seg.
- **Peso:** 14,5 kg.
- **Otros:** Sensor de inclinación, (con una precisión de 0,01°, resolución 0,001°, rango de ±15°)
Georreferenciación
Trípode
Opción de ajustarle cámara



¹¹ FARO Focus^{3D}®:

- **Tipo:** Sin Contacto
Largo Alcance
- **Método de Escaneo:** Diferencia de Fase
- **Rango/Alcance:** hasta 120 m.
- **Velocidad de Captura:** hasta 976.000 puntos/segundo :
imagen¹²
- **Otros:** Tamaño pequeño/Portable
Pantalla Táctil
Cámara a color integrada 70 megapíxeles
Sensor de nivel

¹⁰ Imagen tomada de:

[http://www2.faro.com/FaroIP/Files/File/Techsheets%20Download/SEA_Laserscanner840&880.p
df](http://www2.faro.com/FaroIP/Files/File/Techsheets%20Download/SEA_Laserscanner840&880.pdf)

¹¹ Imagen tomada de: [http://www.faro.com/es-es/productos/topografia-3d/laser-scanner-faro-
focus-3d/informacion-general](http://www.faro.com/es-es/productos/topografia-3d/laser-scanner-faro-focus-3d/informacion-general)

¹² [http://www.sinluz.com/servicios/topografia/escaneado-3d-para-arquitectura/292-
comparativa-entre-equipos-laser-3d](http://www.sinluz.com/servicios/topografia/escaneado-3d-para-arquitectura/292-comparativa-entre-equipos-laser-3d)

● FARO Focus^{3D} X 130®:

- **Tipo:** Sin Contacto
Corto a Largo Alcance
- **Rango/Alcance:** 0,6 m. – 130 m.
- **Velocidad de Captura:** hasta 976.000 puntos/segundo
- **Distancia-Error/Precisión:** ± 2 mm.
- **Longitud de Onda:** 1550 nm.
- **Divergencia del Haz:** Típica 0,19 mrad (0,011°) (1/e, medio ángulo)
- **Campo de Visión:** Vertical: 300°
Horizontal: 360°
- **Peso:** 5,2 kg.
- **Clase:** 1
- **Otros:** Pantalla Táctil
Cámara a color integrada hasta 70 megapíxeles
Multisensor: GPS, Brújula; Altímetro
Compensador de eje dual
Control remoto (WLAN)



● ¹³FARO Laser ScanArm V3®:

- **Tipo:** Sin Contacto
Corto Alcance
- **Rango/Alcance:** 85 mm. (profundidad de campo)
Alcance efectivo en campo cercano 34 mm.
Alcance efectivo en campo remoto 60 mm.
- **Velocidad de Captura:** 19.200 puntos/segundo
- **Distancia-Error/Precisión:** 0,35 mm.
- **Peso:** 370 gr.
- **Clase:** 2M
- **Otros:** Brazo telescópico articulado
Manual
Inalámbrico hasta 10 m.
Cámara incorporada

¹³ Imagen tomada de: http://www.dirdim.com/pdfs/DDI_FARO_Laser_ScanArm.pdf



¹⁴ **Konica Minolta VI 900®:**

- **Tipo:** Sin Contacto
Corto Alcance
- **Método de Escaneo:** Triangulación Óptica (bloques de luz)
- **Sensor de Captura:** CCD
- **Rango:** 0,6 a 2,5 m. (2 m. para lente *Wide*)
- **Puede digitalizar diferentes dimensiones:** entre 110x80x40 mm. y 1200x900x7500 mm.
- **Lentes (fácilmente intercambiables):** *Tele f/* 25 mm.
Middle f/ 14 mm.
Wide f/ 8mm.
- **Velocidad de Captura:** 0,3 segundos (modo *Fast*)
2,5 segundos (modo *Fine*)
0,5 segundos (modo *Color*)
- **Distancia-Error/Precisión:** $\pm 0,020$ mm.
- **Toma de puntos media:** ± 300.000
- **Peso:** aprox. 11 kg.
- **Clase:** 2 (máx. 30 mV 690 nm.)
- **Otros:** Autofocus
Autoposicionador/Plataforma rotatoria controlada (giros programados) desde el ordenador por medio del propio software que controla los parámetros de escaneado. Esta deberá ser calibrada previamente: reconocimiento de la ubicación relativa del eje de rotación con relación al origen de coordenadas del escáner. Este dispositivo ofrece un abanico de intervalo de rotación o posiciones para un objeto a escanear, facilitado la mínima manipulación del objeto.
Trípode rígido
Captura imágenes a color de 24-bits
Condiciones lumínicas ambientales: <500 lx
Formatos de salida: *3-Data:* formato Minolta y .STL; .DXF, .OBJ, .ASCII points, WRML; *Color-Data:* RGB 24-bits
Visor: 5,7 pulgadas LCD (320x240 píxels)

¹⁴ Imagen tomada de: <http://www.archeotech.ch/archidata/pdf/vi900.pdf>



15 **Konica Minolta VIVID 9i®:**

- **Tipo:** Sin Contacto
Corto Alcance
- **Método de Escaneo:** Triangulación óptica (Luz estructurada/Haz láser)
- **Sistema de Escaneado Láser:** Espejo rotatorio guiado por galvanómetro
- **Dispositivo de Captura Imagen:** Cámara CCD de 1,3 megapíxeles
- **Lentes receptoras de luz:** 3 tipos intercambiables con distintas distancias focales y autofocus
 - Tele* Distancia focal $f/25$ mm.
 - Middle* Distancia focal $f/14$ mm.
 - Wide* Distancia focal $f/8$ mm.
- **Rango/Alcance:** 0,5 m. – 2,5 m.
0,6 a 1.0 m (Modo *Estándar*); 0,5 a 2,5 m (Modo *Extendido*)
- **Velocidad de Captura:** de forma estándar 2,5 segundos
- **Distancia-Error/Precisión:** 0,05 mm. Siendo capaz de escanear con alta precisión y exactitud objetos desde pequeños a muy grandes
- **Peso:** aprox. 15 kg.
- **Clase:** 2
- **Otros:** Permite capturar al tiempo una imagen RGB
 - Trípode rígido.
 - Plataforma rotatoria o auto-posicionador controlada (giros programados) desde el ordenador por medio del propio software que controla los parámetros de escaneado. Esta deberá ser calibrada previamente: reconocimiento de la ubicación relativa del eje de rotación con relación al origen de coordenadas del escáner. Este dispositivo ofrece un abanico de intervalo de rotación o posiciones para un objeto a escanear, facilitado la mínima manipulación del objeto.
 - Formatos estándares de producción de ficheros: *3D-Data*: formato Minolta, .STL, .PLY, .OBJ, .DXF, .ASCII points, .VRML;
 - Color-Data*: RGB 24 bits. En ambos caso con una resolución en píxeles 640x480
 - El propio escáner posee un visor LCD de 5,7 pulgadas (320x240 píxeles)
- **Características:** De los más avanzados de la serie VIVID Minolta, sobresale en evaluación de formas, cualificación de herramientas y matrices e inspección de calidad durante la creación del prototipo y los procesos de producción. El VI-9i ha acelerado la revolución en la fabricación, para una mejor entrada y salida de datos y procesos, para reducir los tiempos de trabajo. El sistema determina automáticamente

¹⁵ <http://www.3dscanco.com/products/3d-scanners/3d-laser-scanners/konica-minolta/>

la potencia láser óptima según la superficie del objeto, evitando al usuario tener que calcular distancias de medida exacta¹⁶.

Combinado con el sistema de Fotogrametría PSC-1, da como resultado un sistema de escaneado de alta precisión de detalles por otros escáneres no registrados, como objetos cuya superficie careza de definición geométrica¹⁷.

- **Principalmente recomendado para:** Digitalización de piezas pequeñas, y en modelados con integración de texturas.
- **Limitaciones:** Dada su montaje sobre trípode rígido=limitada movilidad no se recomienda su uso a la hora de trabajar en espacios reducidos o registrar zonas huecas y de difícil alcance.

● **Konica Minolta VIVID 910®:** de similares características al anterior, aunque precio algo más alto, este se encuentra mucho más recomendado en el uso durante registros de esculturas, obras de arte, etc.

- **Tipo:** Sin Contacto
Corto Alcance
- **Método de Escaneo:** Triangulación óptica por bloqueo de luz (Haz láser plano)
Sistema de Escaneado Láser: Espejo rotatorio guiado por galvanómetro.
- **Tomada de Datos:** el haz es proyectado sobre la pieza a documentar, trazando un perfil luminoso el cual es registrado por una cámara que se encuentra fuera del plano de luz.
- **Dispositivo de Captura Imagen:** Cámara CCD
- **Lentes receptoras de luz:** 3 tipos intercambiables con distintas distancias focales y autofocus
 - Tele* Distancia focal $f/25$ mm.: permite un rango XYZ de 111x83x40 mm. y una **precisión** XYZ de $\pm 0,22$ mm., $\pm 0,16$ mm. y $\pm 0,10$ mm.
 - Middle* Distancia focal $f/14$ mm.: rango 198x148x70 mm., con **precisión** $\pm 0,39$ mm., $\pm 0,28$ mm. y $\pm 0,18$ mm.
 - Wide* Distancia focal $f/8$ mm.: rango 359x269x110 mm., con **precisión** $\pm 0,71$ mm., $\pm 0,51$ mm. y $\pm 0,28$ mm.
- **Rango/Alcance:** 0,5 m. – 2,5 m.
0,6 a 1.0 m (Modo *Estándar*); 0,5 a 2,5 m (Modo *Extendido*)

¹⁶ <http://sabia.tic.udc.es/gc/Contenidos%20adicionales/trabajos/Hardware/scanner3D/Modelos.htm>

¹⁷ <http://www.3dscanco.com/products/3d-scanners/3d-laser-scanners/konica-minolta/>, 2012

- **Resolución:** máx. 0,04 mm.
- **Velocidad de Captura:** Modo *Estándar* 2,5 segundos (307.000 puntos); Modo *Rápido* 0,3 segundos (77.000 puntos)
- **Distancia-Error/Precisión:** 0,22 mm.
- **Otros:** El mismo sensor encargado de registrar la geometría, puede pasar a la función de cámara fotográfica, (imagen RGB)
 - Plataforma rotatoria o auto-posicionador controlada (giros programados) desde el ordenador por medio del propio software que controla los parámetros de escaneado. Esta deberá ser calibrada previamente: reconocimiento de la ubicación relativa del eje de rotación con relación al origen de coordenadas del escáner. Este dispositivo ofrece un abanico de intervalo de rotación o posiciones para un objeto a escanear, facilitado la mínima manipulación del objeto.
 - Formatos estándares de producción de ficheros: *3D-Data*: formato Minolta, .STL, .PLY, .OBJ, .DXF, .ASCII points, .VRML; *Color-Data*: RGB 24 bits. En ambos caso con una resolución en pixeles 640x480
 - El propio escáner posee un visor LCD de 5,7 pulgadas (320x240 pixeles)

- **Konica Minolta VIVID 3D®:** considerados más como cámaras que escáner láser propiamente dicho
 - **Tipo:** Sin contacto
Corto Alcance
 - **Método de Escaneo:** Óptico mediante un haz láser registrado por una o dos cámaras. Conocidas la base y los ángulos extremos se obtiene la posición de cada punto¹⁸
 - **Rango/Alcance:** <5 m.

¹⁸ GUTIERREZ, S. *Estudio comparativo del láser escáner aplicado a Patrimonio*, p.22-25



● ¹⁹Leica HDS3000®:

- **Tipo:** Sin Contacto
Medio-Largo Alcance
- **Método de Escaneo:** Impulsos de alta velocidad
- **Rango/Alcance:** desde 1 m. hasta los 300 m.
- **Capacidad de captura:** máx. 1 punto cada 2 mm.
- **Resolución:** tamaño de punto < 6 mm. a 50m.
- **Velocidad de Captura:** ±4000 puntos/segundo
- **Distancia-Error/Precisión:** Superficie modelada estándar/ruído: 2 mm / 1δ
- **Precisión en la posición:** < 6mm. a 50 m., (con una densidad máxima de muestra de 1,2 mm.)
- **Campo de Visión:** Horizontal: 360°
Vertical: 270°
- **Peso:** 12 kg.
- **Clase:** 3R
- **Otros:** Cámara digital integrada de alta resolución
Estacionamiento con punto conocido



● Leica-ScanStation C-5®: En función de las necesidades el equipo se adapta de forma flexible mediante la configuración de alcance, velocidad, precisión, etc²⁰.

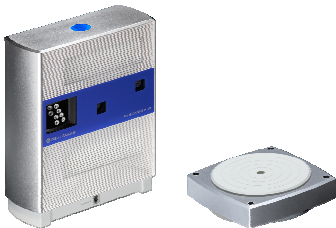
- **Tipo:** Sin Contacto
Largo Alcance
- **Método de Escaneo:** Tiempo de vuelo (Por pulsos/Alta velocidad)
- **Óptica de Escaneo:** espejo de rotación vertical base móvil de rotación horizontal
- **Rango/Alcance:** llegando a los 300 m.
- **Resolución:** de 0 a 50m : 4,5mm (FWHH); 7mm (Gauss)
- **Velocidad de Captura:** hasta 50.000 puntos/segundo
- **Distancia-Error/Precisión:** hasta ±0,1 mm.; superficie modelada estándar/ruído 2 mm
- **Campo de Visión:** Horizontal: 360°
Vertical: 270°
- **Peso:** 13 kg.
- **Clase:** 3R
- **Otros:** Cámara video a color HD integrada, plomada láser y compensador de doble eje; pantalla táctil a color (320x240 píxels)

¹⁹ Imagen tomada de: <http://hds.leica-geosystems.com>

²⁰ Imagen/Texto tomados de: <http://www.sinluz.com/servicios/topografia/escaneado-3d-para-arquitectura/292-comparativa-entre-equipos-laser-3d>

Óptima solución a la hora de trabajar con objetos cuyo volumen se encuentre entre los 10 cm³ y 1 m³

Iluminación: operacional desde luz solar a completa oscuridad



● ²¹NextEngine®:

- **Tipo:** Sin Contacto
Corto Alcance
- **Método de Escaneo:** Triangulación Óptica
- **Sistema:** Multiláser (láseres de estado sólido)
- **Modos de Escaneo:** *Wide* y *Macro*, cuya selección vendrá condicionada por el tamaño del objeto ($\pm 130 \times 97$ mm para *Macro*; $\pm 343 \times 256$ mm para *Wide*); /resolución de archivo que se desea
- **Rango/Alcance:** Modo *Wide* 406 mm; *Macro* 178 mm.
- **Resolución:** Modo *Wide* 75 ppp/densidad de puntos de 150 ppp; *Macro* 200 ppp/densidad de puntos 400 ppp
- **Velocidad de Captura:** 50.000 puntos/segundo
- **Distancia-Error/Precisión:** Modo *Wide* $\pm 0,381$ mm.; *Macro* $\pm 0,127$ mm.
- **Otros:** Contiene Cámara
Dobles sensores de imagen CMOS RGB de 3,0 megapíxeles
Auto-posicionador/Plataforma rotatoria
No supera los 30 cm en ninguna de sus dimensiones resultando por tanto un dispositivo portable

● Nikon Modelmaker X®:

- **Tipo:** Sin Contacto
- **Método de Escaneo:** Luz láser baja potencia
- **Sensor:** CCD
- **Resolución:** cada punto se mide cada 0,35 mm. ($\approx 1/1000$ mm.)
- **Distancia-Error/Precisión:** $\pm 0,1 - 0,2$ mm.
- **Peso:** 400 gr.
- **Clase:** 2
- **Otros:** El cabezal se mueve alrededor del objeto a escanear

²¹ Imagen tomada de: <http://3d-scan-now.com/>



Portables/manuales:

● ²² HandySCAN 300™ y HadySCAN 700™:

- **Tipo:** Sin Contacto
Corto Alcance
- **Método de Escaneo:** Triangulación
- **Rango/Área:**
HandySCAN 300™ 225x250 mm.
HadySCAN 700™ 275x250 mm.
- **Distancia de Seguridad:** 300 mm.
- **Profundidad de Campo:** 250 mm.
-
- **Tamaño de las Piezas (recomendado):** 0,1 – 4 m.
- **Resolución:**
HandySCAN 300™ 0,100 mm.
HadySCAN 700™ 0,050 mm.
- **Velocidad de Captura:**
HandySCAN 300™ 205.000 puntos/segundo
HadySCAN 700™ 480.000 puntos/segundo
- **Distancia-Error/Precisión:**
HandySCAN 300™ hasta 0,040 mm.
HadySCAN 700™ hasta 0,030 mm.
- **Precisión Volumétrica:**
HandySCAN 300™ 0,020 mm. + 0,100 mm./m.
HadySCAN 700™ 0,020 mm. + 0,060 mm./m.
- **Peso:** 0,85gr. (pequeño tamaño)
- **Clase:** II
- **Otros:** Formatos de salida: .DAE, .FBX, .MA, .OBJ, .PLY, .STL, .TXT, .WRL, .X3D, .X3DZ, .ZPR
No requiere una instalación fija, pues se emplean reflectores ópticos para crear un sistema de referencia “fijado” a la pieza en sí, de manera que los usuarios puedan mover el objeto en cualquier dirección durante el proceso de digitalización
Posicionamiento automático
Calibrado rápido

²² <http://www.creaform3d.com/es/soluciones-de-metrologia/escaneres-3d-portatiles-handyscan-3d>



● **ZScanner 800®**: adapta la resolución según la parte del objeto; permite acceso a espacios difíciles. El proceso para escanear el objeto físico se inicia cuando aplicamos puntos reflectivos a éste o a su alrededor. Las tres cámaras y un láser del scanner toman como referencia estos puntos para mayor precisión. El láser envía la información a las cámaras, se calcula la representación y guardan los datos²³

- **Resolución:** 0,05 mm en X,Y,Z
- **Velocidad de Captura:** 25.000 medidas/segundo
- **Distancia-Error/Precisión:** hasta 0,40 mm.
- **Peso:** 1,25 kg.
- **Clase:** II
- **Otros:** Formatos salida: .STL, .TXT



● ²⁴ **Leica T-Probe®**: Dispositivo portable, inalámbrico y sin brazo, permite el palpado de puntos ocultos o de difícil acceso. Insensible a la luz medioambiental.

- **Rango/Área:** hasta 30 m.
- **Velocidad de Captura:** 1.000 puntos/segundo
- **Distancia-Error/Precisión:** <0,10 mm. si es inferior a 7 m.
- **Otros:** Posee distintos tipos de sensores, agujas, que van desde los 100 mm., 200 mm. a superiores.

²³ Imagen/Texto tomados de:

<http://sabia.tic.udc.es/gc/Contenidos%20adicionales/trabajos/Hardware/scanner3D/Modelos.htm>

²⁴ Imagen tomada de: http://www.leica-geosystems.es/es/Leica-T-Probe_1835.htm

1.3. SEGURIDAD: NORMA UNE EN 60825-1:2008

Clasificación que se articula en torno a la peligrosidad del láser: de menor riesgo, Clase 1, a mayor riesgo, Clase 4:

CLASE	RIESGO
1	Seguros en condiciones razonables de utilización
1M	Como la Clase 1, pero no seguros cuando se miran a través de instrumentos ópticos como lupas o binoculares
2	Láseres visibles (400 a 700 nm). El reflejo normal de parpadeo protegen el ojo, al limitar la exposición, aunque se utilicen con instrumentos ópticos
2M	Como la Clase 2, pero no seguros cuando se utilizan instrumentos ópticos
3R	Láseres cuya visión directa es potencialmente peligrosa, aunque se consideran seguros se se usan con cuidado, con la visualización del haz restringido. El riesgo es menor y necesitan menos requisitos de fabricación y medidas de control que la Clase 3B
3B	La visión directa del haz es siempre peligrosa, (peligrosos si el ojo se expone directamente), mientras que la reflexión difusa es normalmente segura
4	La exposición directa de ojos y piel siempre es peligrosa, (pueden quemar), y la reflexión difusa normalmente también. Pueden originar incendios

Los láseres no forman un grupo homogéneo de riesgo ya que, dependiendo de sus características técnicas (sistema de bombeo, medio activo y cavidad óptica) pueden emitir radiación en un amplio intervalo de longitudes de onda, con potencias o energías de salida muy variables y con una distribución temporal que puede ser continua o en impulsos. Además las distintas aplicaciones, condicionan el tiempo de exposición, que es un factor clave para determinar el riesgo.

La clasificación de un láser en categorías de riesgo, permite identificar la peligrosidad del mismo y está basada en el Límite de Emisión Accesible (LEA) para el usuario. Dependiendo del LEA el láser obtendrá una clasificación u otra²⁵.

²⁵ Instituto nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales España.

2. BIBLIOGRAFÍA ESPECÍFICA

- FARO. *Tecnología de escaneado láser 3D: nuevas posibilidades para ingeniería civil, arquitectura y patrimonio*. España: Faro S.L., 2010. [consulta: 27-12-2013] Disponible en: <file:///C:/Users/Yo/Downloads/PA_Architecture-LaserScanning_ES.pdf>
- FUNDACIÓN PREVENT. *Guía para la evaluación de la exposición a radiaciones ópticas artificiales*. Barcelona: Fundación Prevent, 2012, p.17. [consulta: 2014-08-20] Disponible en: <<http://www.fundacionprevent.com/app/webroot/news/BecasFormacion/memorias/VI-Edicion-2011-12-Guia-para-la-evaluacion-de-la-exposicion-a-radiaciones-opticas-artificiales-Virginia-Perez.pdf>>
- GUTIÉRREZ, S. *Estudio comparativo del láser escáner aplicado al Patrimonio*. [Proyecto fin de carrera]. Vitoria-Gasteiz: UPV-EHU, 2007. [consulta: 2014-07-12] Disponible en: <http://hdl.handle.net/10810/8319>
- DIEGO, B.; RUPÉREZ, M. J. *NTP 654: Láseres: nueva clasificación del riesgo (UNE EN 60825-1 /A2:2002)*. España: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. [consulta: 2014-08-20] Disponible en: <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/601a700/ntp_654.pdf>
- RUBIO, D. et al. Nuevos métodos para viejas tecnologías: Análisis y documentación de los materiales arqueológicos mediante la aplicación de sistemas Laser-Scanner 3D. En: *VAR Virtual Archaeology Review*. Sevilla, 2010, vol. 1, num. 1, p. 170, ISSN: 1989-9947. [consulta: 2013-10-27] Disponible en: <http://varjournal.es/doc/varj01_001_05.pdf>
- SOLERA, A. A. *Obtención del modelo tridimensional de una vasija precolombina de la cultura Nazca-Perú mediante sistemas láser escáner 3D* [proyecto fin de carrera]. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid, 2012. [consulta: 2013-10-25] Disponible en: <http://www.geo.upm.es/userfiles/file/LecturaPFC/Memoria_PFC_200.pdf>
- VVAA. *3D Laser Scanning for Heritage: Advice and guidance to users on laser scanning in Archaeology and Architecture*. UK: English Heritage, 2ª ed. 2011. [consulta: 2014-04-15] Disponible en: <http://www.english-heritage.org.uk/publications/3d-laser-scanning-heritage2/3D_Laser_Scanning_final_low-res.pdf>

Webs Consultadas: [2014-07-13]

<http://3d-scan-now.com/>
<http://hds.leica-geosystems.com>
http://www.leica-geosystems.es/es/Leica-T-Probe_1835.htm
<http://sabia.tic.udc.es/gc/Contenidos%20adicionales/trabajos/Hardware/scanner3D/Modelos.htm>
<http://www.archeotech.ch/archidata/pdf/vi900.pdf>
<http://www.creaform3d.com/es/soluciones-de-metrologia/escaneres-3d-portatiles-handyscan-3d>
http://www.dirdim.com/pdfs/DDI_FARO_Laser_ScanArm.pdf
<http://www.3dscanco.com/products/3d-scanners>
http://www2.faro.com/FarolP/Files/File/Techsheets%20Download/SEA_Laserscanner840&880.pdf
<http://www.faro.com/es-es/productos/topografia-3d/laser-scanner-faro-focus-3d/informacion-general>
http://www.geostar.fi/user_data/doc/0_FARO_Focus3D_X_130_Laser_Scanner_Tech_Sheet.pdf
<http://www.sinluz.com/servicios/topografia/escaneado-3d-para-arquitectura/292-comparativa-entre-equipos-laser-3d>
http://www2.tate.org.uk/garaicoa/themes_3.htm
http://www.tecnitop.com/wp-content/uploads/2011/08/Leica_ScanStation_C5_DAT_es.pdf
http://www.nikonmetrology.com/es_EU/Productos/Digitalizado-laser/Digitalizado-manual/ModelMaker-MMCx