

## TOPOGRAFÍA DE ALTA DEFINICIÓN (HDS™) – LÁSER ESCÁNER 3D

ANTÓN BRAVO RIBÓ  
Gerente Productos HDS  
LEICA GeoSystems S.L.  
Barcelona - España  
[www.leica-geosystems.com](http://www.leica-geosystems.com)

---

Leica ha renombrado lo que hasta ahora se definía como “láser escáner 3D.” Leica ha seleccionado esta nueva descripción por dos razones. Primero, Leica cree que *high-definition* (*alta definición*) comunica mejor cómo la nueva tecnología, difiere fundamentalmente de los métodos habituales de toma de datos punto a punto. Segundo, con la nueva familia de productos HDS, Leica ha madurado la tecnología hasta el punto que es ahora un completo método topográfico para un amplio rango de obtención de as-built, detalles y levantamientos para la ingeniería.

HDS: Un nuevo concepto en Topografía

La tecnología láser escáner nos permite afrontar ciertos proyectos desde una nueva perspectiva:

Medición de precisión a alta velocidad

Generación de enormes nubes de puntos de alta densidad

Gestión eficiente de estas nubes de puntos

Generación de modelos 3D de la realidad

Nace la Topografía de Alta Definición (HDS™)

Leica Geosystems quiere ser el primer proveedor mundial de soluciones para las necesidades de nuestros clientes en el ámbito de la gestión de información espacial

### 1.-PRINCIPIO

Nueva tecnología para la captura rápida, precisa y completa de estructuras, instalaciones, etc.

Existen dos tipos de láser escáner, los terrestres a los que nos vamos a referir en el temario, y los aerotransportados. Ambos comparten las ventajas de la adquisición de cantidades masivas de puntos con precisión y rapidez. En el caso del terrestre, la estabilidad del sensor y las cortas distancias a la que se encuentran los objetos a levantar permiten hacer el levantamiento con una resolución milimétrica y de manera más rápida que los métodos tradicionales

La topografía de alta definición o escáner láser terrestre 3D efectúa automáticamente un barrido de pulsos láser sobre las superficies que encuentra hasta a más de 150 m de distancia, captando cientos de miles de puntos en 3D, medidos en minutos. Puede, en un rango de 50m, levantar una nube de puntos con una precisión individual mejor de 6mm para cada punto medido y hasta 2mm de precisión para las superficies modeladas.

Utiliza un láser verde, inofensivo para el ojo humano, pudiéndose usar en todo tipo de condiciones luminosas, sin interferir en las actividades operativas de la construcción. Gracias al manejo con un PC portátil estándar, el escáner puede ser usado por una sola persona, permitiéndole tomar medidas donde a priori era imposible.

El sistema consta de diferentes componentes:

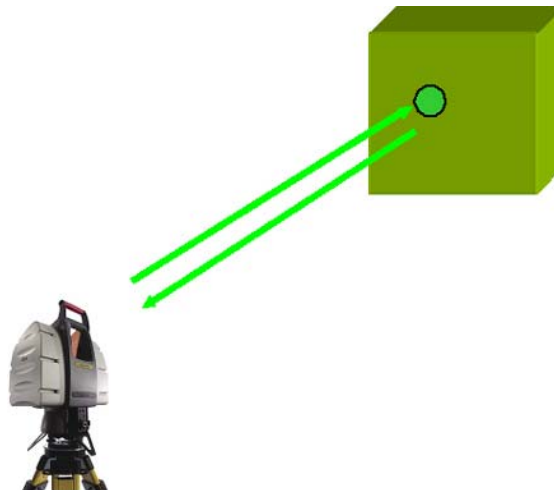
- Cabeza de escáner: el pulso láser es emitido por el sensor y desviado por dos espejos que permiten realizar el barrido y obtener la nube de puntos.
- Caja de alimentación: incluye dos baterías que permiten una autonomía de 8 horas, y cargador.
- PC portátil: sistema donde se gobierna la misión de escaneo y donde se almacenan los puntos tomados, permitiendo gracias al software realizar en tiempo real cualquier tipo de consulta y edición en la propia nube.
- Accesorios: diferentes tipos de accesorios que hacen más fácil tanto la toma de datos como la posterior edición de los mismos.



Existen diferentes tipos de láser escáner terrestre y su clasificación puede depender de qué factor analicemos del mismo:

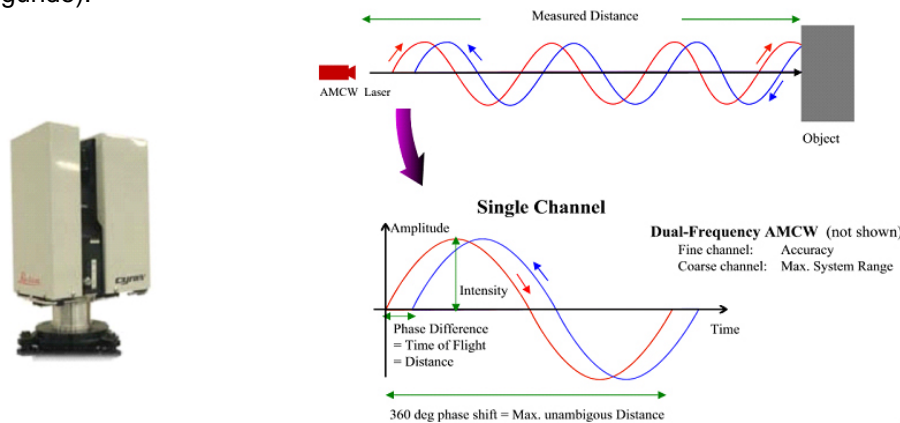
El primer sistema se basa en el cálculo del “tiempo de vuelo”, es decir en el cálculo de la distancia en función del tiempo que tarda la señal del láser en volver una vez emitida, similar al proceso que utilizan los distanciómetros electrónicos. De esta manera se obtienen las coordenadas del punto y su grado de intensidad (en función de la reflectividad del objeto), con una precisión inferior al centímetro en distancias superiores a 50m.

$$\text{Dist}=(cx\Delta t)/2$$



El segundo tipo de láser escáner terrestre utiliza el método de “triangulación óptica”, que se basa en el cálculo de las coordenadas espaciales a partir de la intersección inversa (intersección de rectas) y es similar al caso estereo-fotogramétrico, con la diferencia de que en un extremo del sistema se sitúa el diodo emisor (láser escáner) y en el otro extremo el diodo receptor (cámara de vídeo). En este método las distancias de escaneado son de unos 2m obteniendo unas precisiones alrededor de 0.02mm.

El tercer sistema utiliza el método de “diferencia de fase”; es decir que lo que va a resolver en la diferencia que existe entre la señal enviada y la recibida para el cálculo de la distancia recorrida. Esto nos ofrece que podamos realizar un escaneado con una gran rapidez (500,000 puntos/segundo).



## 2.- TECNOLOGÍA 3D

El uso de una tecnología en 3D nos proporciona una serie de ventajas, respecto a la habitual en 2D, que enumeramos a continuación:

Mayor información “as-built”

La captura de datos de la realidad es mucho más completa que las adquisiciones habituales, la cual cosa nos supone un aumento de la fiabilidad y precisión además de una mejor visualización que tratando con planos en 2D

Permite mayor acceso a la información

La información dispone de mejor disponibilidad, ya que podemos manejar el modelo en 3 dimensiones, lo que me permite una excelente estructuración de la misma. También es imprescindible que dispongamos de herramientas que proporcionen una fácil exportación a entornos CAD, donde el usuario final de la tecnología está acostumbrado a trabajar.

Proporciona un mejor uso de la información

Las múltiples posibilidades de obtención de resultados finales nos proporcionan un mejor diseño

Mejor método de captura y post-proceso

Si comparamos con cualquier método tradicional podemos obtener grandes ventajas al utilizar la tecnología escáner láser 3D

Bajo coste en la obtención del resultado final

Rápido

Seguro

Menos necesidad de accesibilidad

Todas estas ventajas generan una serie de beneficios, que hacen de la utilización de la tecnología más productiva que el propio coste de la misma.

### 3.-COMPONENTES DEL SISTEMA

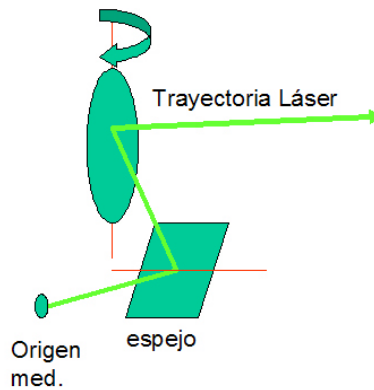
Para analizar los componentes de un sistema diferenciamos entre software y hardware con el fin de que sea más fácil la identificación de los mismos.

#### 3.1- Hardware

En este apartado vamos a analizar cada una de las características relacionadas al hardware a tener en cuenta y su importancia para el uso de la tecnología.

##### Tipo de láser

El diodo emite el láser y éste es desviado por unos espejos que nos determinan el factor angular. La frecuencia con la que cada pulso es emitido depende del láser que se analice, pero siempre hablamos de miles de emisiones por segundo obteniendo resoluciones de 1mm. El tipo de láser que utilizan estas tecnologías depende de la normativa europea IEC 60825-1 o bien la americana CFR1040.

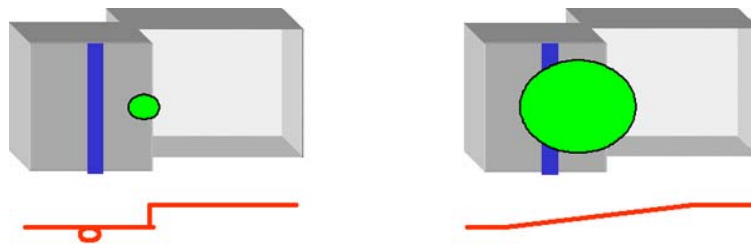


##### Precisión

La precisión de los sistemas gira entorno al centímetro a 50m de distancia dependiendo del sistema. No solo se analiza la precisión del distanciómetro (ejemplo 4mm), sino que también se analiza la componente angular obteniendo la precisión general en la toma individual del punto (6mm). Además si tenemos en cuenta que el software que gestiona el sistema (analizaremos en el apartado 3.2) dispone de la capacidad de promediar figuras geométricas en la nube de puntos, hace que la precisión mejore (2mm).

##### Tamaño de punto

El disponer de un tamaño de punto pequeño, es una de las características más importantes que debe tener un escáner láser terrestre, si lo que queremos es la obtención de gran detalle del objeto levantado. Además de asegurarnos la precisión nos permite captar estructura con gran resolución. El entorno en que este valor debe moverse es de unos 6mm a 50m. No obstante el valor en que se mueve los diferentes tipos de escáner está entre 3mm y 210mm (siempre a 50m).



## **Volumen**

Al tratar modelos en 3D se ha de tener en cuenta el volumen que tenemos de observación, que evidentemente viene justificado no sólo por la distancia a la que se encuentre el escáner, sino a la ventana de observación del mismo.

## **Rango de escaneo**

El rango de escaneo lo justifica el propio trabajo a desarrollar. Pero en términos generales podemos considerar que la distancia ideal para realizarlo es de 50 a 100 metros. A esta conclusión hemos llegado analizando los siguientes factores:

**Obtención de gran detalle (resolución):** parece evidente que a menor distancia obtenemos mayor resolución del objeto a escanear (mayor densidad de puntos) con lo que obtenemos mayor detalle del mismo. A distancias superiores a 100 metros esta densidad no es suficiente para disponer de toda la potencia que la tecnología nos proporciona.

**Pocas omisiones debidas a sombras:** cualquier objeto que intercepte la trayectoria del láser genera una zona de sombra que a largas distancias representan una omisión de datos importante para la correcta interpretación de los objetos. A distancias más reducidas estas omisiones son más pequeñas además de más fáciles de controlar.

**Tamaño de punto pequeño:** en este mismo apartado, hemos hablado la importancia que tenía el disponer un tamaño de punto pequeño para la obtención del detalle deseado. En un rango moderado (de 50m) el tamaño de punto permite que el detalle sea bueno; pero conforme ampliamos el rango de actuación, el punto también se va aumentando con lo que obtendríamos muy poca interpretación de la zona levantada.

**Ángulo de incidencia:** cuando hemos de trabajar a distancias largas hemos de tener en cuenta que el escáner debe estar situado lo más alto posible, ya que de no ser así el bajo ángulo de incidencia que dispondría obtendríamos muchas omisiones debidas a la misma.

**Interpretación de características:** el propio operador del escáner puede interpretar en el post-proceso todas aquellos detalles que realmente recuerda de la realidad, que a distancias superiores le puede ser difícil de recordar.

## **3.2- Software**

En este apartado analizaremos las características más destacadas que debe tener un software de gestión del sistema de escáner láser, además de las salidas que éste debe generar.

### **Capacidad de promediar**

Es la característica que debe tener para encajar modelos matemáticos en la nube de puntos. La posibilidad de definir primitivas tales como el plano, cono, cilindro, esfera, cajas, etc. permite sustituir cantidades de puntos por estas superficies que permiten aligerar procesos posteriores a la hora de trabajar con mucha información. Las superficies modeladas son más precisas (2mm) que la de los puntos que la forman (6mm), ya que encaja el mejor modelo posible dentro de la nube seleccionada.

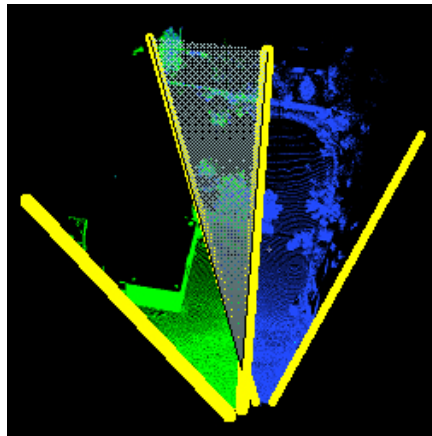
### **Imagen mapa-textura**

Se trata de la capacidad que tiene el software de dar color a la nube de puntos partiendo de los colores que dispone la fotografía tomada en el sistema. De esta manera obtenemos una información adicional a la que normalmente obtendríamos.

## Registrar

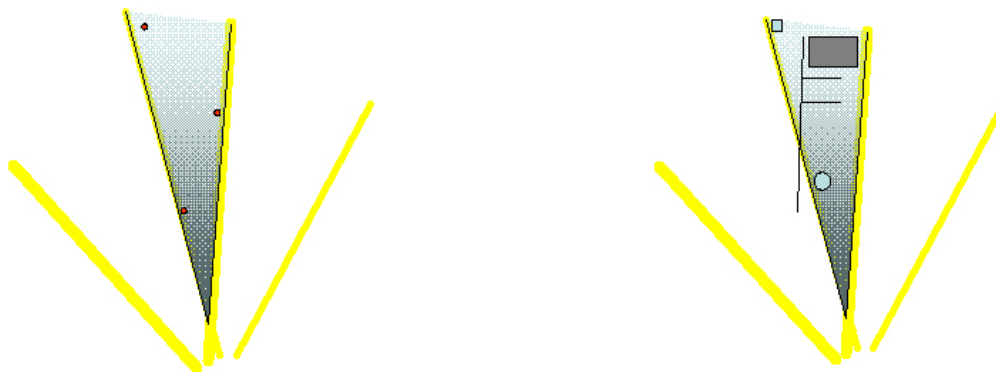
Es la capacidad de unir diferentes escaneados. Cuando queremos realizar un levantamiento en 3 dimensiones debemos realizar escaneos desde diferentes puntos de vista, éstos deben ser unidos de manera sencilla y rápida gracias a las ventajas que el software nos proporciona. Además debemos ser capaces de poder situarnos respecto a un sistema de coordenadas local, gracias a una transformación de coordenadas Helmert con sus 3 traslaciones y sus 3 rotaciones, considerando el factor de escala como 1 debido a las distancias a las que trabajamos.

Esta unión de escaneados se realiza teniendo en cuenta la zona común que ambos escaneados disponen (zona solapada):



La unión se puede realizar de dos maneras distintas dependiendo del método de captura de datos:

- Situando objetivos (dianas, esferas, etc.) en la zona a levantar y teniendo que levantarlos desde cada uno de los diferentes escaneados. Método recomendable si se requiere gran precisión



Utilizando geometría superpuesta; es decir, pinchando de la propia nube, puntos comunes bien definidos.

## Toma de medidas

Podemos obtener medidas directamente en el software tanto de distancias como angulares, de superficie, volúmenes, etc.

## **Aplicaciones topográficas**

El software debe ser capaz de poder gestionar ese volumen de datos de una manera sencilla; así que podremos hacer cualquier cálculo topográfico (secciones transversales, MDT, curvados, cálculo volúmenes, etc).

## **Bases de datos**

Las bases de datos de determinados objetos como vigas de aceros, tuberías, válvulas y otros que cumplan algún tipo de normativa internacional nos permitirá un mejor encaje en la propia nube.

## **Cálculo de interferencias**

Si importamos el diseño realizado en nuestro software de CAD habitual, queda automáticamente comparado con la nube de puntos permitiéndonos detectar las interferencias del diseño con la realidad y rectificarlo si fuera necesario antes de realizar el proceso constructivo.

## **Resultados**

- Nube de puntos manejable en entorno CAD (Cloudworx™)
- Fichero CAD (DXF, DWG...) en 3D
- Fichero CAD (DXF, DWG...) en 2D
- Fichero Modelado para CAD (COE)
- Fichero modelado con Software (propietario del mismo)
- Fichero ASCII de los puntos que queramos codificados, con "Topógrafo Virtual"
- Texturización TIN en 3D
- MDT para curvados o curvados directamente
- Secciones transversales
- Película de animación
- Ficheros de PDS y AutoPLANT
  - BMP, JPEG...

## **4.-PROCESO OPERATIVO**

El proceso consta de 4 etapas diferenciadas:

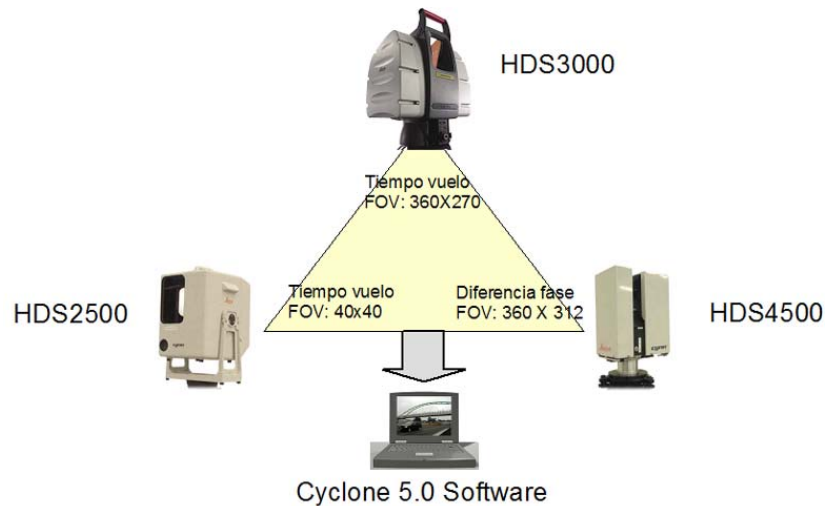
Adquisición de la fotografía para la elección de la zona a escanear. Pudiendo elegir en esta área la densidad de puntos que queremos o la diferencia de distancia que existirá entre ellos a una determinada distancia.

Obtención de la nube de puntos que podrá ser tratada directamente en entornos CAD o bien continuar con la siguiente etapa

Modelación de la nube de puntos.

Extracción de los ficheros de puntos

## 5.- FAMILIA HDS



### Madurando la tecnología para Topografía: Nueva Familia de Productos HDS

Es una nueva familia de productos de hardware y software pensados para topógrafos y profesionales de la medición.

#### **Leica HDS3000 (FOV 360° x 270°)**

Nuevo Leica HDS3000, es el abanderado de la familia HDS. No sólo parece físicamente un instrumento topográfico sino que, además, su modo operativo es similar; se estaciona en punto conocido sobre trípode y base nivelante, y permite la introducción de la altura del instrumento y orientación. Combinando un máximo campo de visión de 360° x 270° con la tecnología SmartScan™, el HDS3000 aporta el máximo nivel de productividad.

Versátil, escáner multi-función que combina una alta eficiencia con una elevada precisión para su utilización en un amplio rango de proyectos de ingeniería civil (estructuras, túneles, taludes, etc.), plantas industriales y proyectos de edificación.





**Leica HDS4500 (FOV 360° x 312°)**

Nuevo Leica HDS4500 escáner de diferencia de fase. Escáner Ultra-rápido (100.000 a 500.000 ptos/seg), de corto alcance (hasta 50m), ideal para proyectos con una corta ventana de observación para la toma de datos. Proporciona muchas ventajas para una rápida captura de datos en interiores (plantas, edificios, túneles, etc.) donde disponemos de poco tiempo para la captura.



**Leica HDS2500 (FOV 40° x 40°)**

Es el renombrado Cyrax® 2500, es el más popular escáner hasta la fecha. Escáner de alta precisión, ideal para instalaciones fijas donde es difícil o no necesario disponer de un escáner perfectamente nivelado y no es necesaria una amplia ventana de observación.



**Cyclone 5.0 Software**

Es la última versión del conocido Cyclone™ y CloudWorx™. Provee un amplio kit de herramientas para crear resultados de alta calidad. Con completa integración en entornos CAD (AutoCAD y MicroStation)



Como parte de la nueva familia de soluciones HDS, estos productos demuestran claramente que Leica Geosystems no es sólo el líder en innovación de láser escáner sino que, está utilizando esta innovación para incrementar el valor de los resultados finales reduciendo el coste operativo; además, una completa familia de soluciones HDS, puede solventar un extenso rango de aplicaciones, permitiendo a nuestros clientes aumentar sus oportunidades de negocio.

## **6.-CONCLUSIONES**

De confianza, siempre precisión <4mm  
Completísimo valor en 3D  
Rápidos resultados  
Ideal para zonas inaccesibles y peligrosas  
Fácil exportación de la información  
Buena relación beneficio-coste  
Múltiples aplicaciones