

## ESTUDIO DE LA CALIDAD EN LA MEDIDA CON LASER ESCÁNER.

Felipe Buill Pozuelo<sup>(1)</sup>, M<sup>a</sup> Amparo Núñez Andrés<sup>(1)</sup>, Alejandro Marambio Castillo<sup>(2)</sup>

(1)Dpto. Ingeniería del Terreno, Cartográfica y Geofísica. Universidad Politécnica de Cataluña.

(2)Laboratorio de Modelización Virtual de la Ciudad. Universidad Politécnica de Cataluña.

Dr. Marañón, 44-50

08028 Barcelona

[felipe.buill@upc.edu](mailto:felipe.buill@upc.edu), [m.amparo.nunez@upc.edu](mailto:m.amparo.nunez@upc.edu)

**Palabras clave:** láser escáner terrestre, reflectividad

### Resumen

Tras el estudio realizado sobre el comportamiento del sensor Cyrax 2500 ante diferentes características de la superficie a medir y la posición relativa objeto-sensor durante la toma (como son la distancia al objeto, el ángulo de incidencia sobre el elemento a levantar y el tipo de material que lo constituye) se ha completado la investigación empleando el sensor Riegl LMS-Z420i.

En la ponencia se presentan los resultados obtenidos en ambos casos y las conclusiones

### 1. Introducción

Los sensores láser utilizados para los levantamientos arquitectónicos presentan diferentes formas de capturar la información espacial. Entre los más empleados se encuentran los que miden el tiempo que tarda un pulso desde que es enviado hasta que vuelve al sensor y los que miden por diferencia de fase. Además, dentro de un mismo tipo, estos sensores emplean diferentes longitudes de onda, potencia emitida y otras características.

El trabajo presentado es continuación de otras pruebas efectuadas con el sensor Cyrax 2500 de Cyra-Leica en las que se probó como afectaban diferentes parámetros, como la oblicuidad del elemento respecto al eje de la toma, la textura, el material y el color de los diferentes elementos a levantar en la devolución de la señal, y por lo tanto en la medida de la distancia. [1], [2]. Además de estas diferencias los sistemas se comportan de manera heterogénea ante diversas condiciones de toma, material, textura y color, presentando una respuesta diferente en la señal devuelta.

En las pruebas efectuadas se ha comprobado el sistema láser terrestre de la casa Riegl, modelo LMS-Z420i. Este modelo se diferencia del modelo Cyrax 2500 [3] en que el primero utiliza una longitud de onda correspondiente al espectro no visible del infrarrojo cercano, 1500nm, y el segundo en el rango del visible (530nm). Según el fabricante el modelo Z420i dispone de una precisión en distancia de  $\pm 1\text{cm}$  para un valor de  $1\sigma$  en distancias comprendidas entre 2m y 800m y una precisión angular de  $\pm 7,5'' - 9''$  (vertical y horizontal, respectivamente). El alcance límite de este instrumento es de 1000m, siendo la distancia recomendada de 350m.

Para cada toma de datos con el láser Riegl se efectuaron tomas de fotografías de alta resolución de todos los elementos barridos, tanto a nivel general como los que corresponden a nivel particular con alta resolución, de ese modo se puede dar color a las nubes de puntos obtenidas.

Las pruebas se realizaron en el exterior, con el objetivo de que las condiciones fueran lo más semejante posible a las de trabajo, controlando los parámetros atmosféricos de temperatura, humedad y presión.

Tras las pruebas realizadas anteriormente [3] se comprobó que los parámetros distancia y material no influían en el comportamiento de la señal para valores inferiores de la distancia recomendada. Para estudiar la influencia de la oblicuidad, color y textura en la medida de la distancia se construyeron 2 paneles: uno de ellos constituido por 4 rectángulos de diferente textura y el 2º formado por 19 cuadrados de colores pastel perteneciente todos a la carta de

color Pantone 750. También se utilizaron diferentes materiales de construcción para analizar el comportamiento de la señal para el modelo Riegl.

## 2. Condiciones generales de las pruebas

Las pruebas se efectuaron en el exterior con condiciones meteorológicas favorables y controladas. Todas ellas con cielo semicubierto durante todo el tiempo que duraron las pruebas, con condiciones de viento moderado. Las constantes atmosféricas medidas (temperatura, humedad y presión atmosférica) no sufrieron variaciones importantes que indicaran la necesidad de efectuar la repetición de algún caso.

En total se efectuaron cuatro pruebas para analizar el comportamiento de los colores, correspondientes con parches rectangulares de 10 x 10 cm sobre fondo blanco, en diferentes posiciones (frontal, oblicuo para valores de 30°, 45° y 60°), y una medida en el caso frontal en el caso de la rugosidad. En todos los casos la distancia de trabajo fue cercana a los 20m.

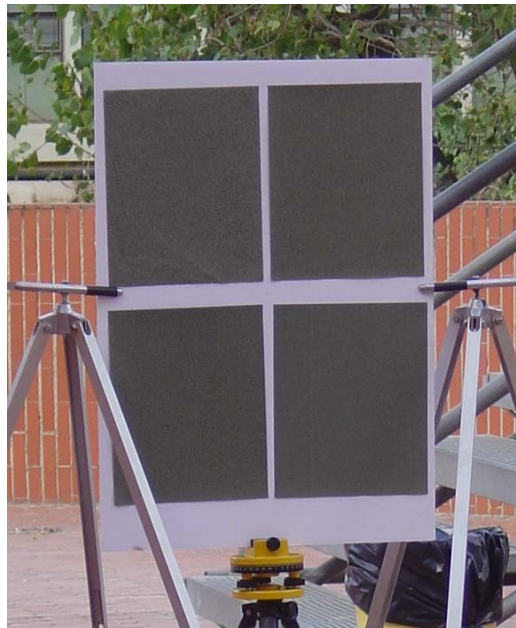


Figura 1: Panel de pruebas de textura.

Para analizar la respuesta de los materiales de construcción más empleados se utilizaron muestras de material sintético, ladrillo, madera y mármol (ver figura 2).

## 3. Tratamiento de los datos

Una vez escaneados todos los paneles en las diferentes posiciones, se procedió a separar cada uno de los parches de color y rugosidad en ficheros independientes sobre los que se trabajará.

La selección de los puntos de cada uno de estos parches se realizó manualmente eliminando los bordes para evitar seleccionar puntos erróneos, posteriormente se exportaron las coordenadas de los puntos junto con su valor de reflectividad y color (al vincular este de las fotografías efectuadas con la cámara Nikon D100) a ficheros ASCII.



Figura 2: Prueba sobre material de construcción.

A partir de estas coordenadas se ajustó un plano para cada uno de los parches mediante un ajuste mínimo cuadrático comprobando la bondad de los diferentes ajustes y calculando los residuos para cada uno de los puntos. Se ha podido comprobar que el ruido en la medida con el sensor Riegl es superior al modelo Cyrax.

Para poder analizar posteriormente las variaciones en medida de distancia, en función de los diferentes parámetros, se calcularon los centroides de todos los grupos de puntos y se comprobaron que efectivamente estos puntos estuviesen contenidos o muy cercanos a su plano, así como la distancia mínima para los demás planos de color y en relación al plano de soporte de color blanco.

#### 4. Análisis de resultados en función de la rugosidad

Como en el caso del modelo Cyrax para el análisis de la influencia de la rugosidad y textura en la respuesta se utilizaron cuatro hojas tamaño DIN A4 de papel abrasivo con diferente granulado, en concreto se utilizaron los números 40, 80, 100 y 150 de la serie 10306 de la casa VEHOUSE en color verde, al presentar unas texturas parecidas a las que se encuentran en las fachadas.

Tras comprobar la no influencia de la oblicuidad en la toma con el sensor Cyrax [3], se decidió realizar una única toma frontal con el modelo Riegl. En el análisis de los cuatro parches se comprobó que los resultados eran similares para todos ellos presentando residuos entre  $-0,02\text{m}$  y  $0,02\text{m}$  tanto en el caso menos rugoso como en el de máxima rugosidad. Hecho similar al comprobado anteriormente con el otro modelo, aunque se ha podido mostrar que el ruido en este último caso es inferior, puesto que las desviaciones eran inferiores en  $\pm 0,01\text{m}$ .

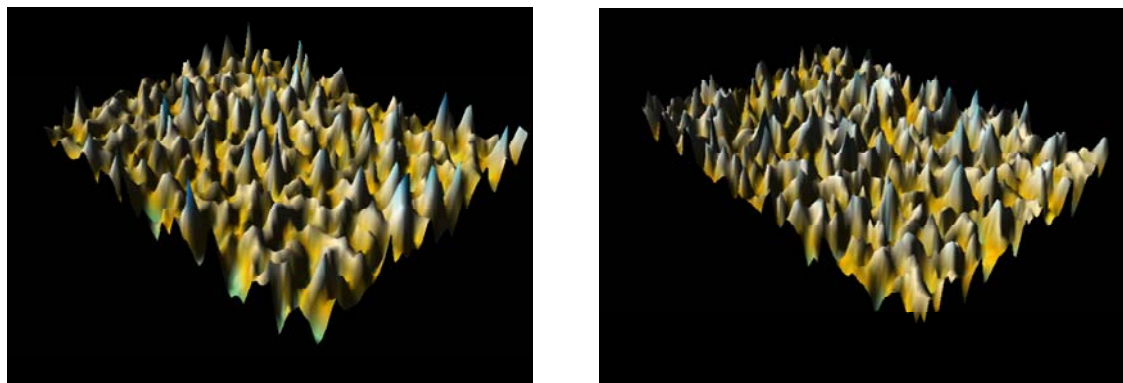


Figura 3: Parches de la toma frontal: a) residuos para la lija nº 40 (valores entre  $-0,009$  y  $0,009$ ) en el caso de emplear el Cyrax 2500, b) residuos para la lija nº 40 (valores entre  $-0,016$  y  $0,019$ ) para el sensor Z420i

Lo que si se ha podido manifestar es la falta de homogeneidad en los perfiles de barrido al aumentar la rugosidad de los parches.

## 5. Análisis de resultados en función de la oblicuidad

Uno de los parámetros que si se puede tener en cuenta a la hora de planificar la toma de datos es la posición del sensor respecto al objeto. Para analizar el comportamiento de la medida de distancia y atenuación de la señal en función del color y la oblicuidad se utilizó el panel formado por colores pastel de la carta de color Pantone 750 correspondientes con:

434U (gris)	155U (salmón)	1345U (salmón suave)	573U (verde suave)
278U (azul)	127U (ocre)	131U (ocre intenso)	263U (lila)
277U (azul suave)	113U (amarillo)	100U (amarillo suave)	572U (verde)
121U (ocre suave)	134U (ocre medio)	512U (malva suave)	1595U (rojo teja)
187U (rojo intenso)	5035U (malva)	149U (amarillo anaranjado)	



Figura 4: Carta de colores pastel Pantone 750

En primer lugar se estudio la influencia de la oblicuidad, para lo cual se capturó el panel de color en cuatro posiciones correspondientes a 30°, 45°, 60° y perpendicular al eje del sensor láser. En los gráficos que a continuación se presentan aparece la distribución de los residuos respecto de los planos calculados en función de la frecuencia relativa (se ha analizado de este modo porque el número de puntos de cada parche es diferente). Cabe mencionar que todos los paneles han devuelto señal pero con un ruido de más de 1cm, superior al error esperado a priori según el catálogo de Riegl, lo que ha provocado que los residuos obtenidos respecto a los planos calculados alcancen unos valores máximos de 2cm, frente a los valores milimétricos que se alcanzaron con el sensor Cyrax 2500.

En general se aprecian valores similares en todos los colores y para todos los valores de oblicuidad siguiendo una distribución normal con igual dispersión, apreciándose alguna variación para el caso de los colores salmón y lila para los que los residuos aumentan conforme lo hace el ángulo de oblicuidad.

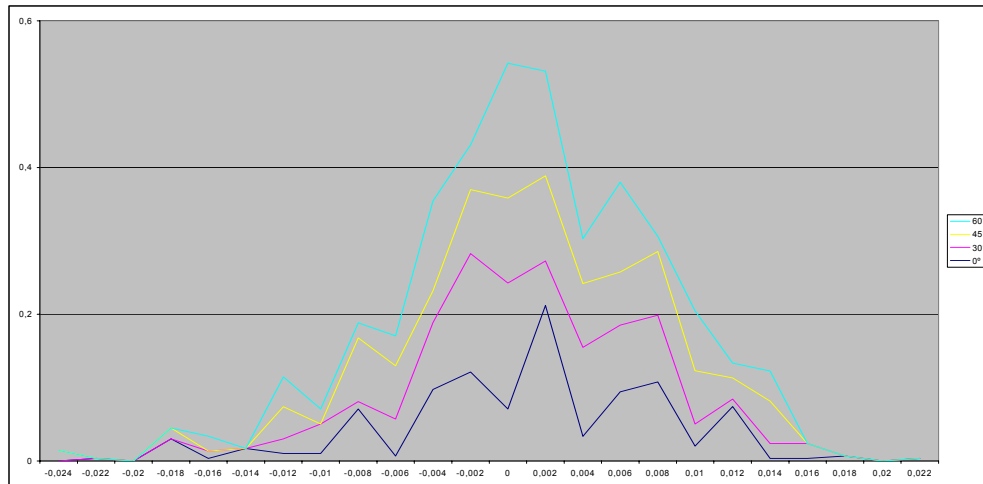


Figura 5: Distribución de los residuos respecto al plano en el color lila

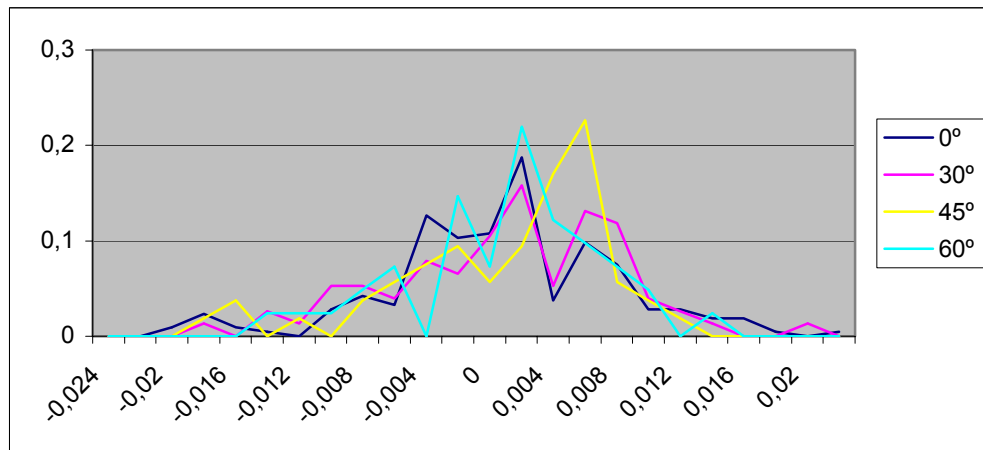


Figura 6: Distribución de los residuos respecto al plano en el color verde

Analizando las distancias medidas desde el sensor a los diferentes planos se ha podido comprobar que para el sensor Riegl LMS-Z420i no se producen diferencias para los parches, tanto entre ellos como tomando como referencia el blanco del fondo del panel, a diferencia de lo que ocurre con el sensor Cyrax 2500 [3].

En el panel de color para todas las orientaciones, panel perpendicular al eje del láser-escáner, rotado 30°, rotado 45° y rotado 60°, se puede observar que en ninguno de los casos se produce pérdida de información por no haber retorno de la señal, así como tampoco existe variación en las distancias medidas a cada uno de los parches de color, efectos que si que se producían al emplear el sensor Cyrax 2500, detectándose una pérdida de señal y retardo en la devolución de la señal en aquellos colores en que existía como componente el rojo rubí (complementario al verde, longitud de onda empleada en la media)

## 6. Análisis de resultados en el caso de materiales de construcción

Se analizó la respuesta, a escala cualitativa, de un conjunto de materiales de construcción para un mismo barrido del modelo Riegl LMS-Z420i tal y como se efectuó para el modelo Cyrax 2500. Se comprobó que la respuesta de los materiales en el caso frontal fue similar para todos ellos, no produciéndose la pérdida de información en ningún caso y siendo el ruido de la señal igual para todos ellos.

## **7. Conclusiones**

Los principales inconvenientes que se habían encontrado al utilizar un láser de longitud de onda visible eran la pérdida de señal y el retardo que se producía en la señal, ocasionando en este segundo caso un aumento ficticio en la distancia determinada. En el sensor Riegl, al utilizar un láser de longitud de onda en la banda del espectro no visible, se ha podido comprobar que estos problemas no se han producido.

La respuesta dada por ambos sensores al trabajar sobre superficies de diferente rugosidad ha resultado similar no existiendo ni problemas de retorno de la señal ni de variaciones en la medida de la distancia.

No obstante se ha de mencionar que a la distancia de trabajo, entorno a los 20m, el ruido de la señal es superior empleando el sensor Riegl Z420i que el obtenido empleando el Cyrax 2500, lo que limita su utilización para levantamientos terrestres que no requieran una escala de detalle.

Finalmente respecto al escaneado de diferentes materiales de construcción indicar que todos ellos presentan buenas condiciones de reflexión incluidos los colores oscuros.

## **Referencias**

- [1]. Clark J., Robson S., 2004. "Accuracy of measurements made with a Cyrax 2500 Laser Scanner against surfaces of known colour". ISPRS XX Congress- Commision 4. Estambul.
- [2]. Gielsdorf F., Rietdorf A., Gruending L. 2004. "A concept for the calibration of terrestrial Laser Scanners". FIG Working Week 2004. Atenas.
- [3]. Núñez A., Buill F., Muñoz F., 2005. "Comportamiento de un sensor láser escáner". 6ª Semana Geomática, Febrero 2005. Barcelona.