

## USO DEL ESCÁNER LÁSER 3D EN EL LEVANTAMIENTO DE INFRAESTRUCTURA

Ing. José Francisco Garro, Máster en Geografía

Unidad de Evaluación y Gestión de la Red Vial Nacional / PITRA / LanammeUCR

jose.garro@ucr.ac.cr

Palabras clave: escáner, láser, modelo, tridimensional

### Introducción

En julio del año 2012, la Unidad de Gestión y Evaluación de la Red Vial Nacional del PITRA – LanammeUCR adquirió un escáner láser, con el objeto de realizar levantamientos de taludes y terraplenes susceptibles a problemas de deslizamiento, en rutas nacionales. Gracias a la tecnología punta que presenta este instrumento, los modelos creados son más precisos y se obtienen en mucho menos tiempo, permitiendo mejorar las evaluaciones de tramos críticos ante amenazas naturales.

Sin embargo, la versatilidad de este equipo permite realizar levantamientos de prácticamente cualquier estructura, siempre y cuando se cumplan requisitos de línea de vista. Con base en ello, se han creado modelos de puentes, edificios y especialmente de monumentos históricos en vías de restauración, tales como iglesias antiguas, esculturas y sitios arqueológicos.

### Generalidades del equipo

El escáner láser Leica C10 es un equipo de segunda generación, en el sentido que presenta baterías internas de alta capacidad, y permiten que el conjunto tenga portabilidad verdadera.

Físicamente, tiene el tamaño aproximado de una estación topográfica total, y un peso menor a los 20 kg, lo cual permite montarlo en un trípode normal (Figura 1). Presenta un conjunto emisor / receptor láser que es capaz de enviar 50 000 haces de luz por segundo; sin embargo, según el tipo de material superficial del objeto levantado, la tasa de retorno al receptor ronda entre menos de 1 %, hasta 5 % de los haces emitidos. Usando principios de física y óptica, el escáner puede obtener la posición de cada punto a partir del haz refractado, la cual es almacenada como una coordenada  $x - y - z$ . Gracias a varios servomotores, este conjunto emisor / receptor gira sobre su eje horizontal, mientras que el escáner gira sobre su eje vertical, con lo que le da capacidad de realizar un levantamiento de  $360^\circ$  de horizonte, con una apertura de bóveda de  $270^\circ$  (la base del equipo, donde se acopla el trípode, genera un cono ciego inmediatamente debajo del escáner) (Figura 2). En teoría, es posible escanear a distancias de hasta 300 metros, pero para efectos de obtener la mayor información del objeto levantado, en los proyectos realizados en el LanammeUCR la distancia de escaneo se limita a 50 metros. Lo anterior permite obtener un error máximo de ubicación de puntos de 3 milímetros, el cual puede reducirse a menos de 1 milímetro si se aplican procedimientos de topografía de precisión, rutinas que se encuentran incluidas en el software de la unidad.

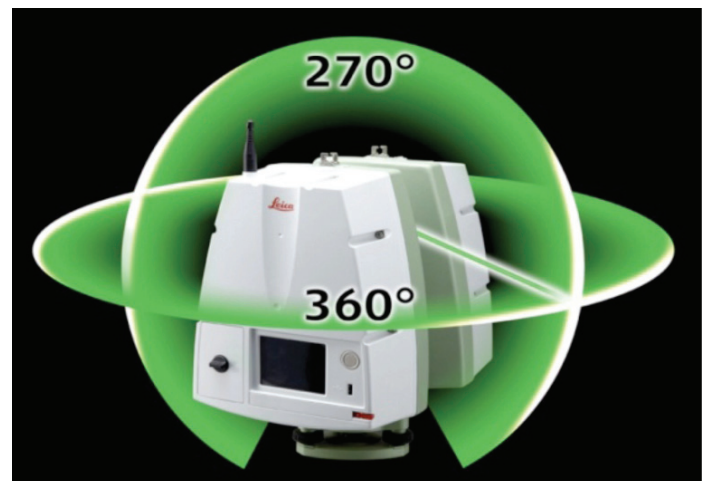
Debido a que una estructura como un edificio, no puede levantarse usando sólo una posición (se generan sombras en aquellas partes que no tienen línea de vista al escáner), es necesario mover el equipo a nuevas posiciones, para lo cual se cuentan con una serie de objetivos topográficos cuya finalidad es la de amarrar las estaciones entre sí. Cuando se termina un levantamiento, en el disco duro interno del escáner se almacena una nube de puntos con la totalidad de las coordenadas  $x - y - z$ , así como las posiciones relativas de cada objetivo. Además, la unidad cuenta con una cámara fotográfica digital de baja resolución, cuya finalidad es la de obtener el color verdadero de cada objeto que fue levantado.

Ya en la oficina, esta nube de puntos y los datos asociados se descargan a la computadora, y se procesan utilizando un software propietario. Con éste, se crea el modelo tridimensional, que dependiendo de las condiciones de luminosidad, textura y cantidad de sitios de escaneo realizados, puede tener entre 5 a más de 50 millones de puntos (Figura 3). Lo anterior pone en evidencia las únicas debilidades del equipo: el requerimiento de utilizar un programa especializado de proceso de datos, el cual es único para el escáner y que requiere de un entrenamiento especial; y la necesidad de utilizar un equipo de cómputo de gran desempeño gráfico y de procesador. Con el modelo tridimensional creado, es posible realizar un recorrido virtual de la estructura, obteniendo a su vez distancias, alturas, pendientes y volúmenes, con un alto grado de precisión. Además, a partir de este modelo se pueden crear superficies, figuras sólidas y modelos de elevación que pueden ser utilizados en programas tipo CAD o en Sistemas de Información Geográfica.

Figura 1. Escáner y operario.

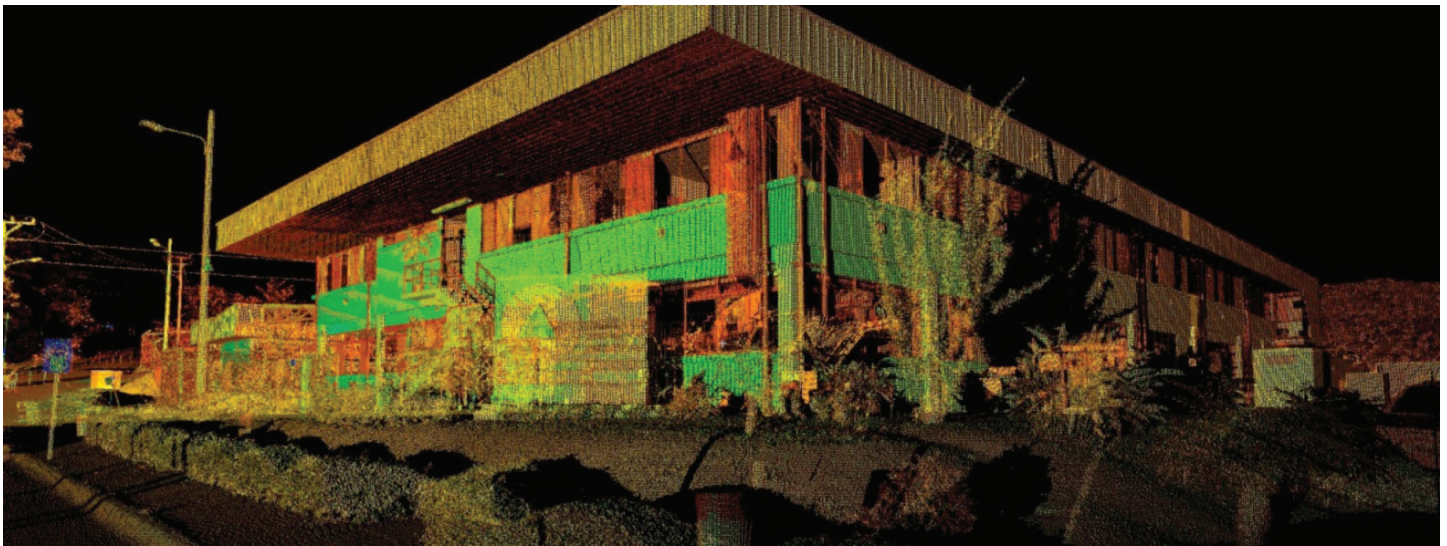


Figura 2. Apertura del escáner.



Fuente: [www.leica.com](http://www.leica.com)

Figura 3. Ejemplo de modelo tridimensional, edificio principal del LanammeUCR.



## Rendimiento

El escáner presenta 4 niveles de resolución, a saber

- Nivel bajo: al escanear un objeto a 50 metros de distancia, se obtiene de él una nube de puntos que en promedio, están separados aproximadamente 5 centímetros. Es el modo de escaneo más rápido (en promedio, menos de 10 minutos por estación), recomendado para realizar levantamientos donde el nivel de información que se requiere del objeto o estructura no es muy alto.
- Nivel medio: a la misma distancia, la separación de los puntos del modelo obtenido se reduce a 2 centímetros. Ésta es la configuración usada para la mayor parte de escaneos realizados, dado que brinda un buen balance entre información y tiempo en campo (20 minutos en promedio por estación).
- Nivel alto: la separación se reduce a 1 centímetro aproximadamente; y se recomienda para levantar objetos con mucho detalle, como estatuas por ejemplo. El tiempo por estación de escaneo es de 40 minutos aproximadamente.
- Nivel muy alto: la separación es de menos de 5 milímetros, útil para medir por ejemplo la abertura y longitud de grietas en una pared, o bien obtener pequeños detalles como inscripciones de esculturas precolombinas. El tiempo por estación de escaneo es de 90 minutos.

Dependiendo del tamaño del objeto o estructura a escanear, de la accesibilidad al mismo y de la línea de vista que se pueda obtener de los alrededores, es que se planifica con antelación un esquema de levantamiento, con el número de estaciones

necesarias y la cantidad de puntos de amarre requeridos. Como dato, en una jornada continua de 8 horas (tiempo que rinden las baterías del escáner), es posible levantar de 12 a 15 estaciones “amarradas” con sus respectivos objetivos. Montar el modelo en la oficina y realizar su limpieza, proceso en el cual elementos que no son necesarios son eliminados del modelo obtenido, tarda aproximadamente el doble del tiempo.

Si bien es posible realizar un levantamiento bajo cualquier condición de luz (natural, artificial, o incluso en condiciones nocturnas), no se recomienda hacerlo cuando llueve, esto porque cada gota de agua refleja y refracta los haces de láser, con lo cual el equipo registra su posición. El modelo que se obtiene, refleja lo anterior presentando una especie de “neblina”: gran cantidad de puntos distribuidos aleatoriamente entre el sitio de escaneo y el objeto levantado, lo cual agrega tiempo de post proceso y resta mucha precisión al modelo.

## Ejemplo de Aplicación: Parroquia de San Joaquín de Flores, Heredia

La Parroquia de San Joaquín de Flores brindó la oportunidad perfecta para mostrar la capacidad del equipo. En conjunto con el Centro de Investigación y Conservación del Patrimonio Cultural, del Ministerio de Cultura y Juventud, se coordinó una visita para escanear esta parroquia, la cual se encuentra actualmente en proceso de restauración. La idea es por tanto, tener un modelo del templo antes del proceso que lo va a transformar, por lo que el modelo se convierte en una referencia histórica

Esta parroquia fue construida a finales del Siglo XIX, y presenta un estilo neoclásico, muy difundido en otras construcciones de la época. El material utilizado para sus paredes (bloques

esculpidos a partir de roca volcánica), así como su método constructivo, sólo se encuentra en 2 templos más en Costa Rica, siendo uno de ellos las Ruinas de Ujarrás; este sistema es muy susceptible a resquebrajarse y fallar con eventos sísmicos, razón por la cual la parroquia se encuentra actualmente en restauración.

Con el escáner fijado en resolución media, se necesitaron 9 estaciones de escaneo y 30 puntos de amarre para cubrir la mayor parte de la estructura; sin embargo, la presencia de árboles y palmeras en los alrededores inmediatos a la misma hizo imposible capturar algunos detalles, con lo que el modelo obtenido cubre cerca del 95% del área total externa de paredes.

Figura 4. Modelo tridimensional obtenido, Parroquia de San Joaquín de Flores, vista frontal.

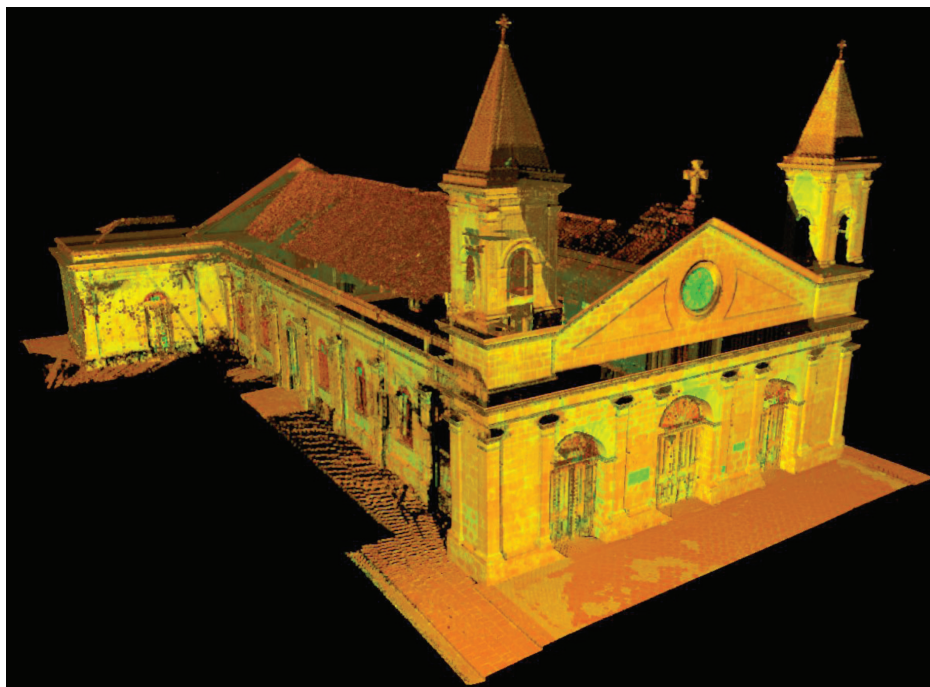
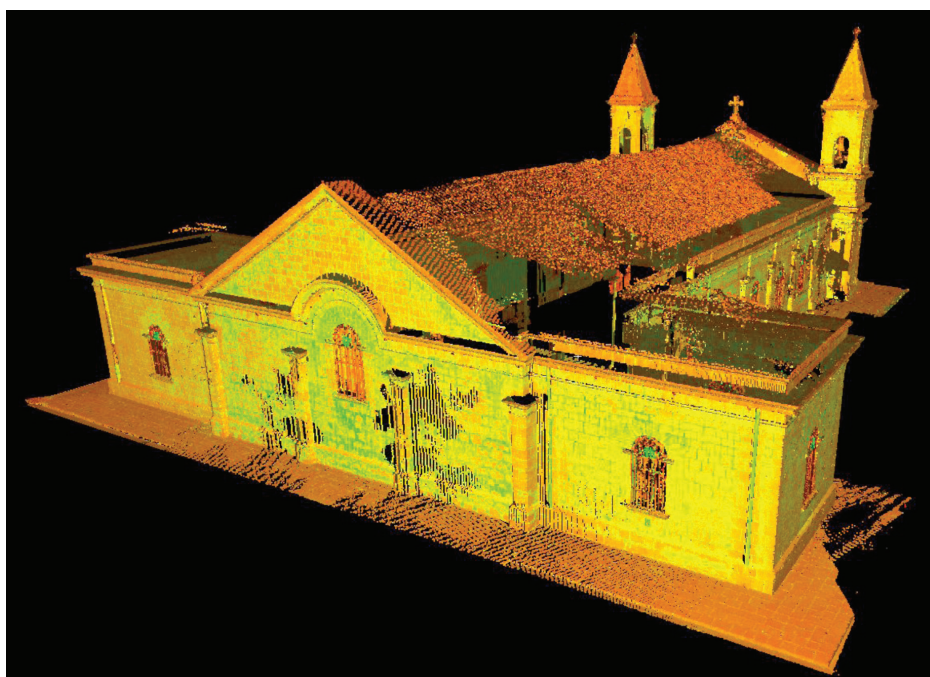


Figura 5. Modelo tridimensional obtenido, Parroquia de San Joaquín de Flores, vista trasera.



Todo el proceso tomó una mañana para ser completado; mientras que el post proceso en oficina duró cerca de 12 horas. Los resultados se muestran en las Figuras 4 a 6; el error medio de ubicación de los puntos es de 2 milímetros.

El modelo final contiene aproximadamente 20 millones de puntos. Gracias a la alta precisión del escáner, es posible

obtener distancias, elevaciones, pendientes y volúmenes de dicho modelo. Con un trabajo adicional, que involucra la simplificación de la nube de puntos y definiendo una separación mayor de grilla, se pueden crear mallas de alambres o "wireframes", y superficies que pueden ser exportadas a programas tipo CAD o SIG, entre otros.

Figura 6. Modelo tridimensional obtenido, Parroquia de San Joaquín de Flores, vista lateral.



## Programa de Infraestructura del Transporte - PITRA

Ing. Luis Guillermo Loría, PhD.  
Coordinador General

Ing. Fabián Elizondo  
Subcoordinador

### Unidades

#### Unidad de Auditoría Técnica

Ing. Jenny Chaverri, MScE.  
Coordinadora

#### Unidad de Materiales y Pavimentos

Ing. José Pablo Aguiar, PhD.  
Coordinador

#### Unidad de Evaluación de la Red Vial

Ing. Roy Barrantes  
Coordinador

#### Unidad de Gestión Municipal

Ing. Jaime Allen, MSc.  
Coordinador

#### Unidad de Desarrollo y Actualización de Especificaciones Técnicas

Ing. Jorge Arturo Castro  
Coordinador

#### Unidad de Puentes

Ing. Rolando Castillo, PhD.  
Coordinador

#### Unidad de Seguridad Vial y Transporte

Ing. Diana Jiménez, MSc., MBA  
Coordinadora