



## 1. INTRODUCCIÓN

El grupo de trabajo de Gestión de Proyectos está creando una nueva sección que espera ir desarrollando de manera paulatina con distintos y breves artículos en torno a las temáticas BIM.

El presente artículo busca ser una primera llegada al gran mundo del escaneo láser 3D en BIM y se espera que esta información sirva de base para que el lector pueda realizar su propia investigación en relación a sus intereses y así profundizar más en relación a los aspectos que le llamen la atención de lo planteado en este documento.

Pese a haber algunas diferencias cuando se define el BIM, hay consenso en señalar que involucra el uso de tecnología, ya sea se trate de software como hardware. Justamente es el avance de las tecnologías lo que ha hecho que el BIM haya evolucionado desde una herramienta de diseño a una herramienta de gestión de proyecto, tal como se considera actualmente.

En este documento, gracias al aporte de la empresa Microgeo S.A., miembro del grupo de trabajo de Gestión de Proyectos de BIM Forum Chile, es que nos introduciremos en una de las herramientas de soporte del BIM: los equipos para hacer levantamientos 3D mediante nube de puntos.

Mediante estos equipos es posible llevar a modelos 3D las estructuras o elementos existentes, obteniendo su real información geométrica, lo que es muy importante cuando se hacen proyectos sobre estructuras existentes (ej: patrimoniales), o también muy útil para llevar el control de los avances de la construcción en el modelo 3D.

### Contenido

1.	INTRODUCCIÓN	1
2.	OBJETIVO	1
3.	ANTECEDENTES	1
4.	SELECCIÓN DE EQUIPAMIENTO	2
4.1.	Tecnologías de Escáner 3D (Activos)	2
5.	TIPOS DE EQUIPOS PRESENTES EN EL MERCADO	4
6.	¿QUÉ HACER CON LA NUBE DE PUNTOS?	7
6.1.	Visualización y Edición de la nube de puntos	7
6.2.	Visualización a través de PDF	7
6.3.	Integración de aplicaciones de diseño	7
7.	¿QUÉ ES INGENIERÍA INVERSA?	8
7.1.	Tipos de Ingeniería Inversa	8
8.	CONCLUSIONES	10

## 2. OBJETIVO

A través del presente documento realizaremos una breve descripción de los tipos de equipamientos láser existentes en el mercado describiendo sus principales alcances y aplicaciones. Adicionalmente se presentarán algunas recomendaciones para la visualización y edición de nubes de puntos junto con su integración en proyectos que utilicen la metodología BIM.

El presente documento está basado en la experiencia del área de servicios de Microgeo S.A. en la implementación de soluciones láser que se inició el año 2002.

## 3. ANTECEDENTES

Con ingresos anuales de casi 10 billones de dólares, y con el 6% del PIB mundial, la industria de ingeniería y construcción es una piedra angular de la economía mundial. Pese a estos grandes ingresos, la adopción de nuevas

tecnologías en este segmento se transforma generalmente en un proceso lento a diferencia de otras industrias.

Para el caso específico de las tecnologías de registro láser 3D, su inclusión en procesos productivos en distintos mercados ha tenido diferentes adaptaciones, como sucedió con la industria automotriz, donde la digitalización (registro 3D) se incorporó en los procesos internos transformando positivamente las líneas de producción en esta industria.

Para poder entender como la inclusión de los levantamientos láser 3D impactarán en los procesos BIM es fundamental conocer con anterioridad cuáles son los alcances de las tecnologías que están disponibles en nuestro mercado y entender claramente sus capacidades y desventajas.

Un escáner 3D es un dispositivo que analiza un objeto o una escena para reunir datos de su forma y ocasionalmente su color. La información obtenida se puede usar para construir modelos digitales tridimensionales que se utilizan en una amplia variedad de aplicaciones. Desarrollados inicialmente en aplicaciones industriales (metrología, automóvil), los escáner láser han encontrado un vasto campo de aplicación en actividades como la arqueología, arquitectura, ingeniería y entretenimiento.

El propósito de un escáner 3D es, generalmente, crear una nube de puntos a partir de muestras geométricas en la superficie del objeto. Si la información de color se incluye en cada uno de los puntos, entonces los colores en la superficie del objeto se pueden determinar también.

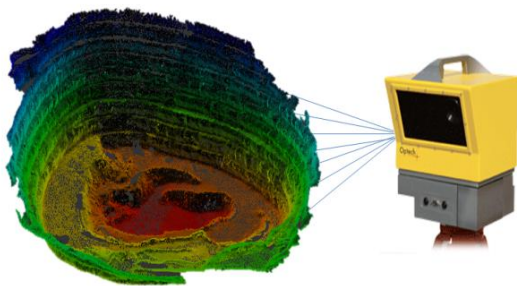
Para la mayoría de las situaciones, el registro desde una única posición no producirá un modelo completo del objeto. Será, necesarias múltiples tomas, desde diversas posiciones para capturar la información de todas las partes del objeto. Este escenario será integrado en un modelo único (nube de puntos) a través de las herramientas de post-proceso donde se procederá a ensamblar todas las tomas de las distintas posiciones de captura ya sea de técnicas de interpolación y/o estadísticas (dependiendo de la aplicación de post proceso).

Asimismo, en algunos tipos de levantamientos será necesario georreferenciar el modelo ensamblado, para ello se deberán levantar en terreno las posiciones de escaneo con equipamiento que entregue las posiciones satelitales con la precisión exigida por el proyecto de levantamiento láser.

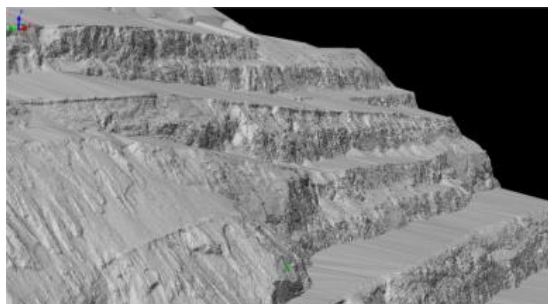


Levantamiento de formas orgánicas presentes en el edificio Falabella de la Municipalidad de Providencia, (Microgeo S.A).

Su inclusión en el ciclo de proyectos BIM podría ser parte de varias de las etapas de un proyecto e intervenir positivamente aportando información



Registro láser faena minera, Área de servicios Microgeo S.A.



Registro láser taludes, faena minera



Registro estanque compañía Minera

## 4. SELECCIÓN DE EQUIPAMIENTO

Las nubes de puntos resultantes de un levantamiento láser podrán ser creadas en tonalidades de grises o a color dependiendo del equipo utilizado.

De acuerdo a nuestra experiencia los factores a considerar para evaluar el equipamiento a utilizar deberán contemplar:

- Tecnología del escáner
- Nivel de precisión del levantamiento
- Distancias de alcance (dependiendo del equipamiento a utilizar)

### 4.1. Tecnologías de Escáner 3D (Activos)

Los equipos Láser emiten alguna clase de señal y analizan su retorno para capturar la geometría de un objeto o una escena. La tecnología utilizada por cada equipo puede variar dependiendo del tipo de equipo a utilizar.

**A. Tiempo de Vuelo:** Un escáner 3D de tiempo de vuelo determina la distancia a la escena cronometrando el tiempo del viaje de ida y vuelta de un pulso de luz. Debido a la técnica de medición son equipos ideales para realizar levantamientos en ambientes con polvo en suspensión como faenas mineras o movimientos de tierra, debido a que en estos casos el equipo láser emite varios pulsos en un mismo punto seleccionando los puntos de distancias más lejanas, corrigiendo con ello un posible error originado por las condiciones ambiente en el momento de medir (atravesando el polvo).

**B. Diferencia de Fase:** Este tipo de escáner mide la diferencia de fase entre la luz emitida y la recibida, y utiliza dicha medida para estimar la distancia al objeto. El haz láser emitido por este tipo de escáner es continuo y de potencia modulada.

El rango y la precisión de este tipo de escáner son intermedios, situándose como una solución de largo alcance de los dispositivos de tiempo de vuelo y la alta precisión de los escáneres por triangulación. Su alcance ronda los 200 m en condiciones de poco ruido (baja iluminación ambiente), y su error característico ronda los 2 mm por cada 25 m.

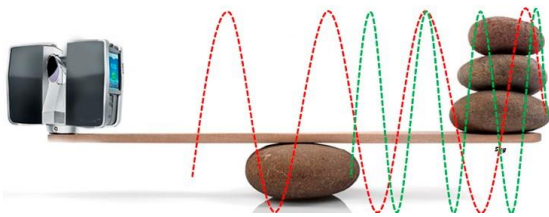
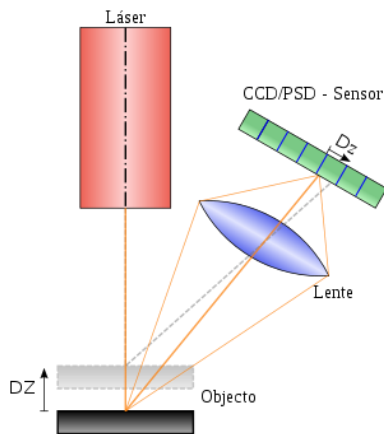


Figura representativa del registro a través de diferencia de fase

**C. Triangulación:** El escáner láser de triangulación 3D es también un escáner activo que usa la luz del láser para examinar el entorno. El haz de luz láser incide en el objeto y se usa una cámara para buscar la ubicación del punto del láser. Dependiendo de la distancia a la que el láser golpee una superficie, el punto del láser aparece en lugares diferentes en el sensor de la cámara.

Esta técnica se llama triangulación porque el punto de láser, la cámara y el emisor del láser forman un triángulo. La longitud de un lado del triángulo definido por la cámara y el emisor del láser es conocida. El ángulo del vértice del emisor de láser se sabe también. El ángulo del vértice de la cámara (paralaje) puede ser determinado mirando la ubicación del punto del láser en la cámara. Estos tres valores permiten determinar el resto de las dimensiones del triángulo, y por tanto, la posición de cada punto en el espacio.

La precisión de este sistema de medida puede ser muy elevada (milésimas de milímetro), pero depende del ángulo del vértice opuesto al escáner, con relación a su alcance durante el registro estos escáneres deben realizar sus capturas a una distancia que debería bordear entre 20 a 30 cm del objetivo.

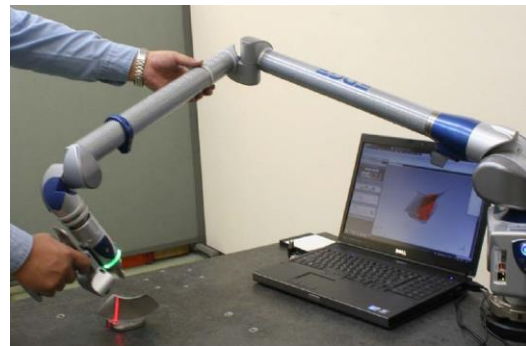


Esquema de funcionamiento de registro láser a través de triangulación

**D. Holografía Conoscópica:** Es una técnica interferométrica por la que un haz reflejado en una superficie atraviesa un

crystal birrefringente, esto quiere decir que, es, un cristal que posee dos índices de refracción, uno ordinario y fijo y otro extraordinario que es función del ángulo de incidencia del rayo en la superficie del cristal.

Como resultado de atravesar el cristal obtienen dos rayos paralelos que se hacen interferir utilizando para ello una lente cilíndrica, esta interferencia es capturada por el sensor de una cámara convencional obteniendo un patrón de franjas. La frecuencia de esta interferencia determina la distancia del objeto en el que se proyectó el haz. Esta técnica permite la medición de orificios en su configuración colineal, alcanzando mejores precisiones que una micra. Las aplicaciones de esta técnica son muy variadas, desde la ingeniería inversa hasta la inspección de defectos superficiales en la industria del acero a altas temperaturas.

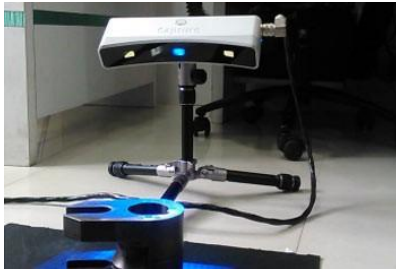


Registro laser, con equipamiento mecánico



Registro láser de alta densidad, aplicaciones en el área de manufactura

**E. Luz Estructurada:** Los escáneres 3D de luz estructurada, proyectan un patrón de luz en el objeto y analizan la deformación producida por la geometría de la escena. El modelo puede ser unidimensional o de dos dimensiones. Un ejemplo de un modelo unidimensional es una línea. La línea se proyecta sobre el objeto que se analiza con un proyector de LCD o un láser. Una cámara, desviada levemente del proyector de modelo, mira la forma de la línea y usa una técnica semejante a la triangulación para calcular la distancia de cada punto en la línea. En el caso del modelo de una sola línea, la línea se barre a través del campo del panorama para reunir información de distancia una tira a la vez.



Registro láser a través de luz azul

## 5. TIPOS DE EQUIPOS PRESENTES EN EL MERCADO

Independiente de la tecnología a utilizar, el producto resultante de cualquier levantamiento láser será una nube de puntos 3D, la cual estará conformada por la unión de toma capturada durante el registro. Cada nube de puntos deberá ser registrada sin perder de vista el nivel de detalles que se necesitará para las etapas posteriores. Por ejemplo, si se están levantando terrenos una precisión centimétrica será suficiente y permitirá trabajar con precisión los movimientos de tierra a diferencia de un levantamiento de instalaciones de una planta donde los niveles de detalles serán más altos y deberán capturar detalles de ingenierías como espesores de perfiles o diámetros de tuberías e instalaciones.

A continuación les presentaremos algunos de los equipamientos (hardware) de escaneo láser existente, que poseen diferentes potenciales y fortalezas y están relacionadas al tipo de levantamiento que deseen realizar.

**A. Escáner Aéreo:** La técnica de escaneo aéreo permite registrar grandes zonas en pequeños periodos. Sus precisiones son regularmente utilizadas en proyectos de infraestructura. Estos equipamientos deben ser montados e instalados en sistemas aerotransportados (aviones pequeños, helicópteros, etc.) y su implementación implicará equipos de trabajo que cubran las distintas etapas (planificación, registro, descarga de datos y postproceso).

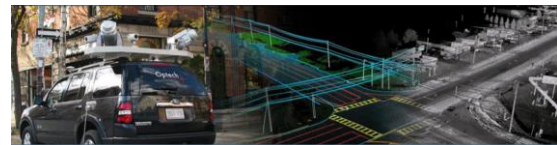
<b>Distancia de escaneo</b>	Desde 500 hasta 3000 metros
<b>Separaciones de puntos</b>	Alrededor de 20 cm (rango de referencia)
<b>Valores de referencias</b>	Desde U\$500.000 dólares a U\$2.000.000, considerando sistema completo (Aplicaciones de post proceso, sin avión) y considerando la implementación
<b>Mercado Objetivo</b>	Equipamiento ideal para levantamientos de terrenos extensos (Forestales, proyectos de distribución de energía, topografía con aplicaciones viales, etc.)



Sistema de registro Lidar

**B. Escáner Móviles:** Generalmente utilizados en levantamientos de proyectos de infraestructura estos sistemas son montados sobre vehículos y permiten realizar los registros en movimiento (Vel: 15 km/h), permitiendo cubrir grandes extensiones durante las jornadas de escaneo.

<b>Distancia de escaneo</b>	De 1 -150 metros (referencial dependerá del equipo)
<b>Separaciones de puntos</b>	Alrededor de +-5 cm (rango de referencia)
<b>Valores de referencias</b>	Entre U\$250.000 hasta U\$550.0000 dólares
<b>Mercado Objetivo</b>	Equipamiento ideal para levantamientos asociados a infraestructura vial



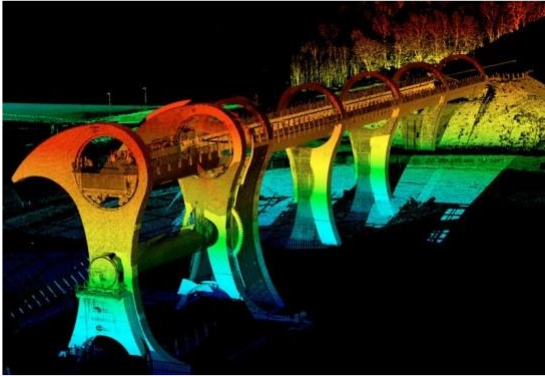
Sistema de registro láser móvil

**c. Static 3D Scanner con láser de largo rango (1 a 1,6 km):** Los escáneres de registros estáticos (montados sobre un trípode), permiten alcanzar mayores precisiones que los anteriores equipamientos. Sus alcances dependen de la tecnología que manipulan, y son utilizados para levantar todo tipo de infraestructura (levantamientos de minería, tranques de relave, infraestructura vial, fachadas, etc.).

<b>Distancia de escaneo</b>	Desde 5m – 2.5KM (aproximada dependiendo del equipo)
<b>Separaciones de puntos</b>	Alrededor de +-2 cm (rango de referencia)
<b>Valores de referencias</b>	Valores del equipamiento entre U\$60.000 dólares a U\$120.000, considerando sistema completo y considerando la implementación.
<b>Mercado Objetivo</b>	Equipamiento utilizado para todo tipos de levantamientos, Estructuras, Minería, Plantas, terrenos, etc.)



Registro laser a través de equipamiento de largo alcance



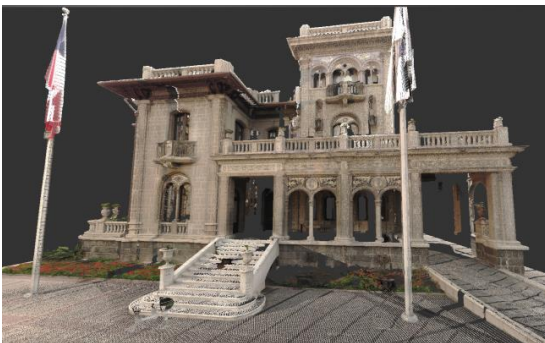
Registro laser a través de equipamiento de largo alcance

**D. Static 3D Scanner con láser de corto rango**

**(130 – 330 m):** Los equipos láser estáticos de menor alcance, permiten obtener registros de alta precisión. Por sus bondades y definiciones de captura son utilizados regularmente en labores de ingeniería y arquitectura, y es el más cercano a insertarse en flujos de trabajo BIM.

Debido a ello serán estos los levantamientos que utilizaremos para poder explicar la manipulación y edición de datos láser, junto con su integración a los programas BIM compatibles.

<b>Distancia de escaneo</b>	Desde 0.5m hasta 130m o 330 m (dependiendo del equipo a utilizar)
<b>Separaciones de puntos</b>	Alrededor de +/-0,5 cm (condiciones ideales)
<b>Valores de referencias</b>	Valores aproximados entre U\$35.000 hasta U\$65.0000 dólares
<b>Mercado Objetivo</b>	Estructuras, instalaciones, plantas, piping, fachadas, monumentos nacionales, Túneles.



Registro Palacio Falabella, Municipalidad de Providencia



Registro Capitán Cristinsse, Muelle Barón Valparaíso

**E. Scanner para Túneles:** Equipamiento generalmente utilizado en labores Mineras subterráneas. Dispone accesorios adicionales que permiten escanear a distancia, disminuyendo los problemas por derrumbes generalmente originados en el frente de trabajo.

<b>Distancia de escaneo</b>	Desde 1 m hasta 500m (dependiendo del equipo a utilizar)
<b>Separaciones de puntos</b>	Alrededor de +/-2 cm
<b>Valores de referencias</b>	Valores aproximados entre U\$60.000 y U\$90.000 dólares
<b>Mercado Objetivo</b>	Túneles, Cavidades, Diques de traspaso, etc.



Escáner láser para túneles



Equipamiento para registro láser aplicado a túneles



Equipamiento para registro láser aplicado a túneles

**F. Scanner de Alta Densidad (Aplicaciones Mecánicas y Orgánicas):**

Equipamiento de tecnología láser que permite generar registros de alta densidad (separaciones de puntos de 0.005mm). Utilizado generalmente para realizar registros de piezas de formas mecánicas u orgánicas.

<b>Distancia de escaneo</b>	Hasta 30 cm del objetivo
<b>Separaciones de puntos</b>	Alrededor de +/-0,004

<b>Valores de referencias</b>	Valores aproximados entre U\$50.000 y U\$60.000 dólares
<b>Mercado Objetivo</b>	Piezas de alta precisión, Ingenierías Inversas mecánicas, etc.



Registro láser de alta densidad aplicado en elementos de vidrio



Registro láser de alta densidad aplicado en elementos de vidrio

**G. Escáner Láser Manual:** Escáner manual permite documentar espacios cerrados, estructuras e instalaciones. Sus registros pueden ser combinados con registros de otros equipamientos y permite crear nubes de puntos de precisión media. Debido a su propiedad de registro manual, proporciona alta flexibilidad durante la captura de datos.

<b>Distancia de registro</b>	Desde 0.5m a 3m del objetivo
<b>Separaciones de puntos</b>	Alrededor de +/-2,5cm
<b>Valores de referencias</b>	Valores aproximados entre U\$12.000 hasta U\$16.000 dólares
<b>Mercado Objetivo</b>	Monumentos, Pipes, interiores, instalaciones, etc.



Registro láser manual aplicado a formas orgánicas  
<https://www.youtube.com/watch?v=s1LZJHWNVTQ>  
(link de demostración)

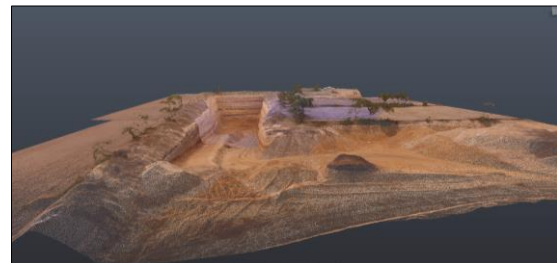
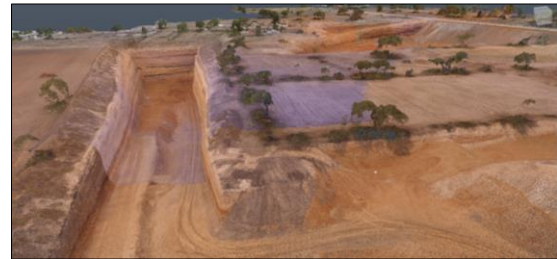
**H. Levantamiento con Drones:** Si bien los levantamientos realizados con drones no corresponden a levantamientos

laser, debido su auge tecnológico del último tiempo es importante aclarar cuáles son sus alcances considerando precisiones y beneficios.

Los levantamientos originados por estos sistemas aéreos corresponden a levantamientos generados a través de un proceso de registro fotogramétrico que es acompañado por un trabajo de campo que permite georeferenciar los modelos que serán creados durante el proceso de restitución.

Este tipo de levantamientos en cuanto a su precisión son sensibles a la técnica utilizada y la experiencia del profesional que ejecute el post-proceso. El trabajo de captura en terreno es generalmente rápido, este último tomara tiempo considerable para alcanzar precisiones ideales. Debido a lo planteado anteriormente, estos levantamientos son los correctos para ser aplicados en terrenos y topografía. En general, algunos casos se lograran precisiones centimétricas, sin embargo, no alcanzarán las precisiones milimétricas muchas veces necesarias para proyectos de ingeniería.

A modo de ejemplo les mostramos en las siguientes imágenes algunos resultados que podrán ser obtenidos en aplicar este tipo de levantamientos de terrenos y estructuras para facilitar comprender lo antes expuesto.



Nube de puntos resultado de un levantamiento fotogramétrico aéreo (drones)

A diferencia de los registros obtenidos en terrenos los levantamientos en estructuras nos entregan resultados de diferente precisión.

Si bien después del post-proceso será posible representar formas. A nivel general no podremos capturar importantes detalles como por ejemplo un perfil metálico o formas geométricas inferiores a los 10 centímetros (referencial).



Levantamiento fotogramétrico aéreo (drones)

## 6. ¿QUÉ HACER CON LA NUBE DE PUNTOS?

Luego de haber realizado levantamientos láser, se procederá al post-proceso con el software que proporcione el fabricante del equipamiento láser y como resultado, se obtendrá una nube de puntos única que en el caso de los levantamientos de terrenos podría además ser georeferenciada.

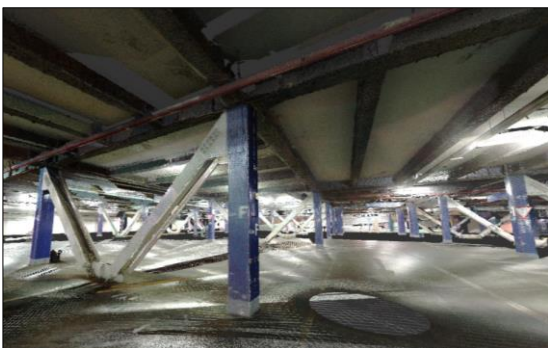
Las utilidades de las nubes de puntos podrán ser diversas, a continuación los usos más frecuentes.

### 6.1. Visualización y Edición de la nube de puntos

En el caso de necesitar visualizar y editar la información de nube de puntos, con anterioridad a la integración a las aplicaciones de diseño (Ej: Revit), se podrá recurrir a las aplicaciones de visualización o edición y realizar estos filtros.

Hace 10 años atrás la visualización de nubes de puntos implicaba disponer de herramientas específicas de alto costo e invertir además de un hardware de alto performance que en algunos casos incluso no era suficiente para trabajar en forma productiva.

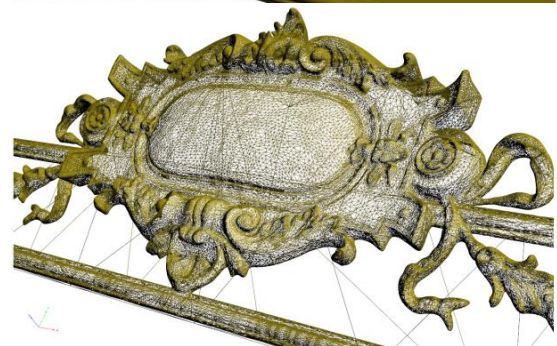
En la actualidad existen muchas herramientas para la visualización y edición incluso algunas gratuitas que permiten publicar los levantamientos.



Herramienta de visualización y edición Autodesk Recap 360

### 6.2. Visualización a través de PDF

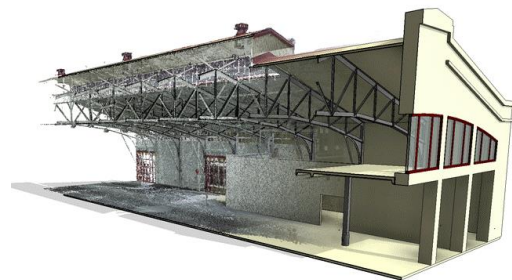
En el caso que no se disponga de ninguna herramienta de visualización y exista la posibilidad por parte de la compañía generadora de la nube de puntos de transformarla en un formato más universal, se podrá incluso integrarlo en archivos de extensión PDF y poder apreciar los detalles del levantamiento con herramientas de renderizado y orbitas.



Visualización de una nube de puntos láser en Adobe Acrobat Professional

### 6.3. Integración de aplicaciones de diseño

Para el caso de las nubes de puntos registradas desde estructuras o instalaciones, la información obtenida se podrá importar en forma directa a las aplicaciones CAD 3D más tradicionales (Graphisoft, Autodesk, Tekla, etc).



Integración de nube de puntos de un proyecto sobre Autodesk Revit



Integración de nube de puntos de entorno sobre ARCHICAD

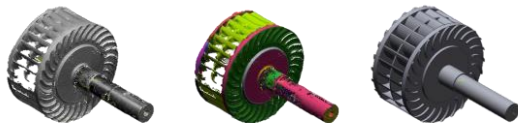


Integración de nube de puntos para trazar pilares sobre ARCHICAD

Su importación en las aplicaciones de diseño permitirá integrar el escaneo al modelo de diseño e incluso tomar referencias de la nube de puntos para poder dibujar elementos (Object Snap). Pero en el caso que sea necesario transformar la nube de puntos en un modelo CAD, dependiendo del nivel de precisión deseado, será necesario aplicar técnicas de ingeniería inversa y para ello será necesario utilizar herramientas específicas para estos fines.

## 7. ¿QUÉ ES INGENIERÍA INVERSA?

La ingeniería inversa es el proceso que permite obtener información o diseño a partir de un producto ya terminado. El objetivo puede ser originado por diferentes necesidades, en nuestro caso estará dirigido a capturar las formas físicas reales de los objetos proporcionados.



Transformación de una nube de puntos en un modelo CAD (fases: Escaneo, Reconocimiento de planos, Geometría resultante)

### 7.1. Tipos de Ingeniería Inversa

#### A. Ingeniería Inversa de Formas Orgánicas:

Proceso de captura de formas orgánicas, a través del levantamiento láser y aplicación de herramientas de ingeniería inversa que permitirán transformar los puntos de la nueva en superficies sólidas.

Asociado a temas patrimoniales las nubes de puntos podrán ser transformadas en modelos CAD a través del proceso de ingeniería Inversa. Para ello será necesario trabajar con aplicaciones adicionales (software de

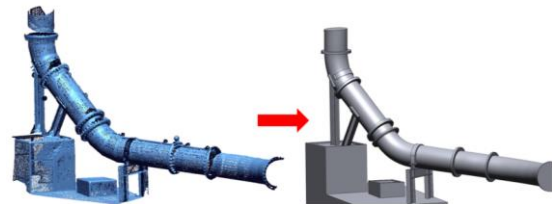
ingeniería inversa) que permitirán convertir los puntos en superficies sólidas, que para efectos de restauración permiten la generación de impresiones 3D con un nivel de precisión, más alto que si se trabajará solamente con las nubes de puntos.



Ingeniería inversa aplicada al proyecto de restauración de Catedral de Santiago de Chile, realizado por el área de servicios de Microgeo S.A

#### B. Ingeniería Inversa en modelos de Plantas e Instalaciones:

La ingeniería inversa también podrá ser aplicada a nubes de puntos que representan formas mecánicas o de ingeniería. Para su creación serán necesarias, al igual que el caso de formas orgánicas, herramientas específicas (software) que permitirán transformar los modelos de nubes de puntos en modelos CAD de ingeniería. Esta reconstitución deberá considerar las escalas de proyecto para poder identificar los niveles de detalles exigidos para el servicio.



ingeniería inversa aplicada a proyectos de plantas, realizado por el área de servicios de Microgeo S.A.

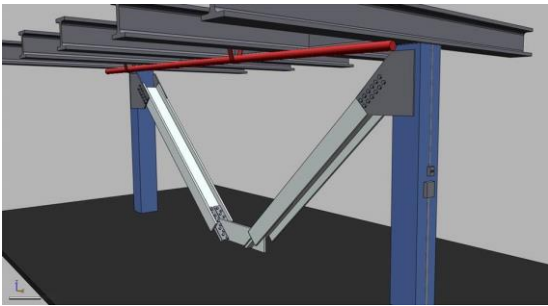
#### C. Ingeniería Inversa de Instalaciones:

Para el caso de las instalaciones los registros deberán permitir identificar y diferenciar redes de agua potable, aguas servidas, instalaciones eléctricas y estructuras. El registro láser a color permitirá identificar y diferenciar las diferentes instalaciones presentes en terreno.





*Registro laser a color de instalaciones (Microgeo S.A).*



*Ingeniería inversa aplicada a instalaciones, (Microgeo S.A)*

## 8. CONCLUSIONES

La integración de la tecnología de escáner láser 3D dentro del ciclo de proyectos, nos entregará múltiples beneficios en nuestros procesos de levantamientos, permitiendo:

- Realizar los procesos de registro 3D de una forma rápida y precisa.
- Mejorar sustancialmente la velocidad de obtención de datos en terreno.
- Aplicar estas técnicas en diferentes tipos de objetivos.
- Cubrir grandes áreas en pocos minutos.
- Trabajar de una forma interoperable con la mayoría de las herramientas de diseño del mercado.
- Aplicar ingeniería inversa a nubes de puntos que representen modelos de ingeniería y de formas orgánicas.
- Integrar situaciones existentes y cruzar esta información con modelos de diseño.



Campos de aplicación de la tecnología laser

La diversidad de proyectos, condiciones particulares y usos que puede tener el láser 3D en la metodología BIM es muy amplia y dependerá de los objetivos que se busquen alcanzar en el desarrollo del proyecto. La información digital no sólo se limita a lo que un proyecto nuevo entregue, sino también se complementa con la realidad existente de este tipo de tecnologías.

Es importante destacar que la magnitud del proyecto, plazos y alcances son fundamentales al momento de tomar la decisión de aplicar láser 3D. En este artículo se presentó una diversidad de tecnologías y sus usos más comunes, invitamos al lector a que siga profundizando en la tecnología y aplicaciones que puede tener en sus procesos de desarrollo.

### Documento desarrollado por:

Rodrigo Herrera P. – Gerente de Servicios - Microgeo S.A.



### En colaboración con:

Grupo Técnico de Trabajo de Gestión de Proyectos  
BIM Forum Chile  
Corporación de Desarrollo Tecnológico - Cámara Chilena de la Construcción

### Comité de redacción:

Rodrigo Herrera (Microgeo S.A.)  
Mauricio Heyermann (Cruz y Dávila)  
Roberto Rojas (BIM Forum Chile)  
Javier Vallejos (BIM Forum Chile)  
Patricio Zapata (Archisoft)  
Mariana Dorado

### Agradecimientos por la elaboración de este documento:

Rodrigo Herrera Pacheco, Gerente de Servicios (Microgeo S.A.)

### Edición periódica: Área Comunicaciones, CDT

### Diseño: BIM Forum Chile

1ª Edición, Agosto 2017  
Corporación de Desarrollo Tecnológico, CDT  
Marchant Pereira 221 Of.11, Providencia. Santiago de Chile  
Fono (56 2) 2718 7500 - bimforum@cdt.cl - www.bimforum.cl

Los contenidos del presente documento consideran el estado actual del arte en la materia al momento de su publicación. CDT no escatima esfuerzos para procurar la calidad de la información presentada en sus documentos técnicos. Sin embargo, advierte que es el usuario quien debe velar porque el personal que va a utilizar la información y recomendaciones entregadas esté adecuadamente calificado en la operación y uso de las técnicas y buenas prácticas descritas en este documento, y que dicho personal sea supervisado por profesionales o técnicos especialmente competentes en estas operaciones o usos. El contenido e información de este documento puede modificarse o actualizarse sin previo aviso. CDT puede efectuar también mejoras y/o cambios en los productos y programas informativos descritos en cualquier momento y sin previo aviso, producto de nuevas técnicas o mayor eficiencia en aplicación de habilidades ya existentes. Sin perjuicio de lo anterior, toda persona que haga uso de este documento, de sus indicaciones, recomendaciones o instrucciones, es personalmente responsable del cumplimiento de todas las medidas de seguridad y prevención de riesgos necesarias frente a las leyes, ordenanzas e instrucciones que las entidades encargadas imparten para prevenir accidentes o enfermedades. Asimismo, el usuario de este documento será responsable del cumplimiento de toda la normativa técnica obligatoria que esté vigente, por sobre la interpretación que pueda derivar de la lectura de este documento.