

AGRIMENSURA 2013

Título: “Una propuesta de Instrucción Operacional Básica para el registro y procesamiento de las nubes de puntos con el Software Cyclone”

Autor(es): Dr. C. Francisco Rivero Aguirre ¹.
Ing. David Alberto González Abreut ².
Msc. Ángel Oscar Rodríguez Soto ³.
Ing. Daniel Estrada Pérez ⁴
Dr. C. Sergio R. Desdín ⁵

Institución: ¹ UCT GEOCUBA IC, ⁴ Grupo Empresarial GEOCUBA, ² Academia Naval GRANMA, ³ Dirección Tecnológica, ⁵ GEOCUBA Geodesia.

Ciudad: La Habana

País: Cuba

Teléfono: 8832491

Correo Electrónico: francisco@uct.geocuba.cu

RESUMEN

El presente trabajo constituye una propuesta a los usuarios de los escáner láser terrestres, para que tributen a una forma sencilla, flexible y didáctica de acumular la experiencia que cada uno tiene en estos trabajos, eliminando la incertidumbre referida a que hacer una vez obtenida la nube de puntos.

En el mismo se hace un recorrido por el estado de la temática, los distintos equipamientos que ofertan en el mercado, los puntos de contactos con el levantamiento topográfico tradicional y a partir del prototipo del levantamiento de una senda del túnel de la Bahía de la Habana, los criterios de la Ing. Adriana G. Ramírez miembro del soporte técnico de 3D laser Solution; sobre procesamiento y la experiencia adquirida, se hace una propuesta de Instrucción Operacional Básica que incluye el registro (unión) de las nubes de puntos, limpieza, perfiles y secciones, cálculo de volumen, modelado y mediciones directas sobre la nube.

La propuesta es en tiene un ordenamiento estructural (escalonado) parecido a la estructura de programación de software actual, lo que facilita su comprensión por el personal que se adiestra en estos fines y que por lo regular es informático. Esta forma puede ser aplicada a otros procesos de la temática, software u otro escáner, lo que contribuiría notablemente a la asimilación de la tecnología. Más que resolver un problema es una invitación a desarrollar un modo común de comunicación entre los usuarios de los TLS, que tribute al entendimiento y la difusión del conocimiento.

I.- Introducción

El desarrollo tecnológico actual, con nuevos instrumentos de medición y análisis computacional, ha obligado a evolucionar la concepción de la topografía y de los resultados que de ella se esperan. A su vez, ha creado un mercado muy amplio de dispositivos dedicados a los trabajos topográficos. Actualmente los levantamientos con escáner láser terrestre son el horizonte de la topografía.

En un inicio fueron utilizados, principalmente, en el diseño automatizado e industrial, después fueron extendidos hacia otros campos como: la medicina, creación de modelos digitales del terreno y documentación de patrimonios culturales.

Los escáner láser son instrumentos que integran a gran escala, las posibilidades de un escaner, las características de un instrumento topográfico y una cámara digital, posibilitando tanto la interfaz con muchos de estos elementos; como el manejo y tratamiento de la información de forma análoga a ellos. Con su cámara digital forma una imagen fotográfica y con el dispositivo láser forma una nube de puntos del entorno medido, que es postprocesada por software destinados a estos fines específicos. Obteniéndose ficheros digitales interoperables con la mayoría de aplicaciones 3D que se emplean para diseño. De la nube de puntos en general, se extraen mapas 3D, Perfiles, Cálculos de Volumen y Área, así como la generación de Modelos Digitales de Terreno o DTM

En la mayoría de los casos, un solo escaneo del objeto no produce el modelo completo, se requiere hacer varias puestas de instrumento, desde todas las direcciones que sean necesarias, incluso elevar el nivel de detalle en algunos lugares. Posteriormente se llevan todas las mediciones a un mismo sistema de referencia para poder conformar el modelo.

Este resultado puede culminar en una maqueta tridimensional digital métrica muy precisa. Como quiera que estos equipos pueden trabajar sin elementos de visado (prismas, señales), es factible levantar lugares de difícil acceso, de muchos detalles y de limitaciones de permanencia donde los métodos topográficos tradicionales no pudieran emplearse, de ahí que esta tecnología puede emplearse en la minería, arquitectura, agrimensura, topografía, documentación del patrimonio cultural y modelación digital del terreno distinguiéndose por su rapidez y precisión en la ejecución del trabajo.

Para definir o clasificar los tipos de escáner láser hay que tener en cuenta varios aspectos, tales como: el alcance máximo de su láser, el rango de exploración y en el caso de los escáneres modernos hay que tener en cuenta además, si son estáticos o móviles. En correspondencia con dichas particulares se sitúan en las disímiles tareas que pueden ser empleado.

No	Criterio de selección	Clasificación
1	Forma de medir	Desplazamiento de fase, tiempo de vuelo, híbridos
2	Ventana de visibilidad o rango de exploración	Cámara, híbridos, panorámico
3	Posición de barrido	Estáticos , dinámicos
4	Clasificación del láser	1,1M, 2, 2M, 3R, 3B, 4
5	Uso/destino	Médico, documentos, barras, vehículos, terrestres, aéreos

II.- Objetivos.

- Implementar una forma estructurada y amigable de aprendizaje, enseñanza e introducción del procesamiento de las nubes de puntos y el trabajo con los escáneres láser terrestres.
- Hacer una propuesta de instrucción operativa básica para obtener salidas topográficas a partir de las nubes de puntos compatibles con el software Cyclone7.0.
- Enfatizar en la necesidad de que aunque los TLS sean una nueva tecnología hay que mantener determinadas medidas técnico organizativas para lograr eficacia

III.- Material y métodos.

El levantamiento topográfico como método cuando se emplean los TLS.

La introducción del escáner láser en el levantamiento topográfico, sin duda marca una nueva era, más ahora que los precios de los mismos son asequibles. No obstante hay aspectos relacionados con la experiencia acumulada en la metodología de estos trabajos que ni una tecnología tan revolucionaria puede borrar, así tenemos que la secuencia de pasos para la realización del levantamiento con este equipo, tiene obligatoriamente un porcentaje alto de coincidencia con el levantamiento tradicional.

Pasos clásicos para el levantamiento topográfico

1. Elaboración de la tarea técnica
2. Reconocimiento del terreno
3. Elaboración de proyecto técnico
4. Monumentación
5. Medición de la base geodésica
6. Levantamiento de Campo
7. Procesamiento en gabinete
8. Control

A continuación explicaremos las peculiaridades de cada una de esas etapas cuando se emplea el escáner láser.

La **tarea técnica** es el documento que registra los requisitos del cliente; lo que quiere y determina en gran medida la consecutividad y peculiaridades del trabajo futuro. En el caso del escáner laser también es necesario hacerla, pues puede determinar el tipo de escáner a emplear, el software de procesamiento, la cantidad y disposición de las puestas.

Así tenemos que no es lo mismo un levantamiento con esta tecnología, a cielo abierto que en los interiores de una edificación con detalles arquitectónicos, o en un túnel para estudio de deformaciones, entre los parámetros que cambiarían sustancialmente podemos citar la distancia entre puestas, ubicación de las puestas, disposición tipo y ubicación de las target (señales).

El **reconocimiento** consiste en la exploración exhaustiva de la zona a levantar en aras de planificar la categoría de dificultad, tiempo de trabajo (norma), características de la base geodésica, tipo de punto o marca a emplear, puntos geodésicos. Un error en este sentido puede hacer inoperante el trabajo posterior. Este equipo trabaja como una cámara fotográfica y en esta etapa hay que tener muy en cuenta las zonas muertas, los elementos que requieren ser escaneados a mayor resolución, las condiciones medioambientales así como el alcance del equipo a emplear.

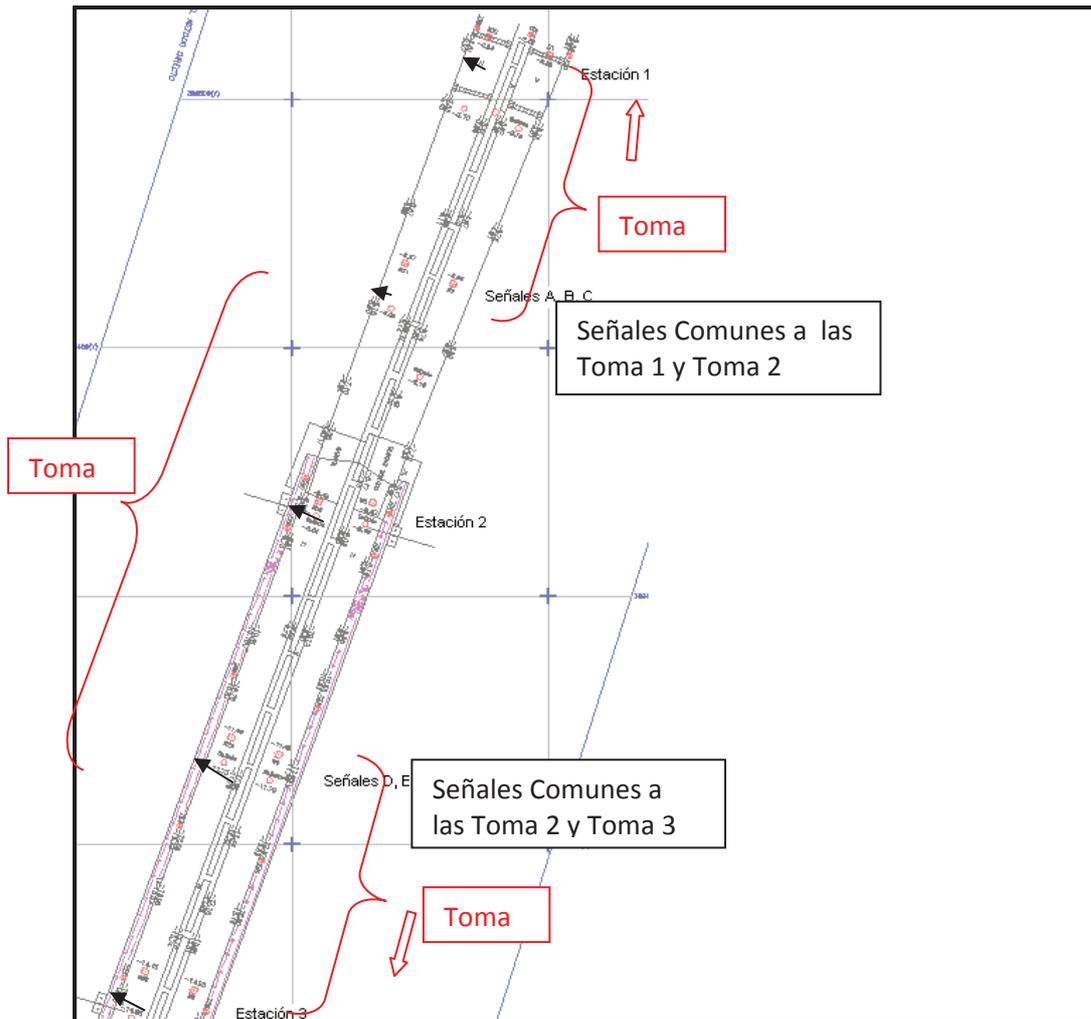
El **proyecto** es el documento técnico que organiza el trabajo, en el se plasman la totalidad de las especificidades técnicas que llevan a lograr los objetivos del trabajo. Por supuesto que se puede modificar si la realidad no los impone, pero siempre es el documento base para el equipo de trabajo.

En el caso que nos ocupa también debe hacerse un proyecto ejecutivo detallado, máxime cuando en muchos casos este equipamiento se emplea combinado con otros como estaciones totales y GNSS. Es muy importante el análisis de la precisión en cada etapa de la tecnología, para poder obtener la precisión final del trabajo, es obvio que si se determinan las coordenadas de la base con una exactitud inapropiada, después cuando situemos el escáner en esos puntos y le demos esos datos, el enlace de las nubes de puntos puede ser difícil, con problemas o no enlazar.

En este caso la monumentación se puede extender a la señalización en el terreno de los puntos a los que se les determinará coordenadas para garantizar la métrica del trabajo. En dependencia del método a emplear con el escáner, estos puntos pueden ser empleados para ubicar las targets o el instrumento, que tiene un sistema de centración (trípode, plomada láser) idéntico a cualquier equipo topogeodésico. Las señales o Targets pueden situarse sobre trípode, bípode, adherirse a una superficie metálica o pegarla a la pared. Señalando donde van previamente, puede ahorrarse tiempo considerablemente. En el cuerpo del objeto pudiera señalarse también puntos para enlazar las nubes de puntos.

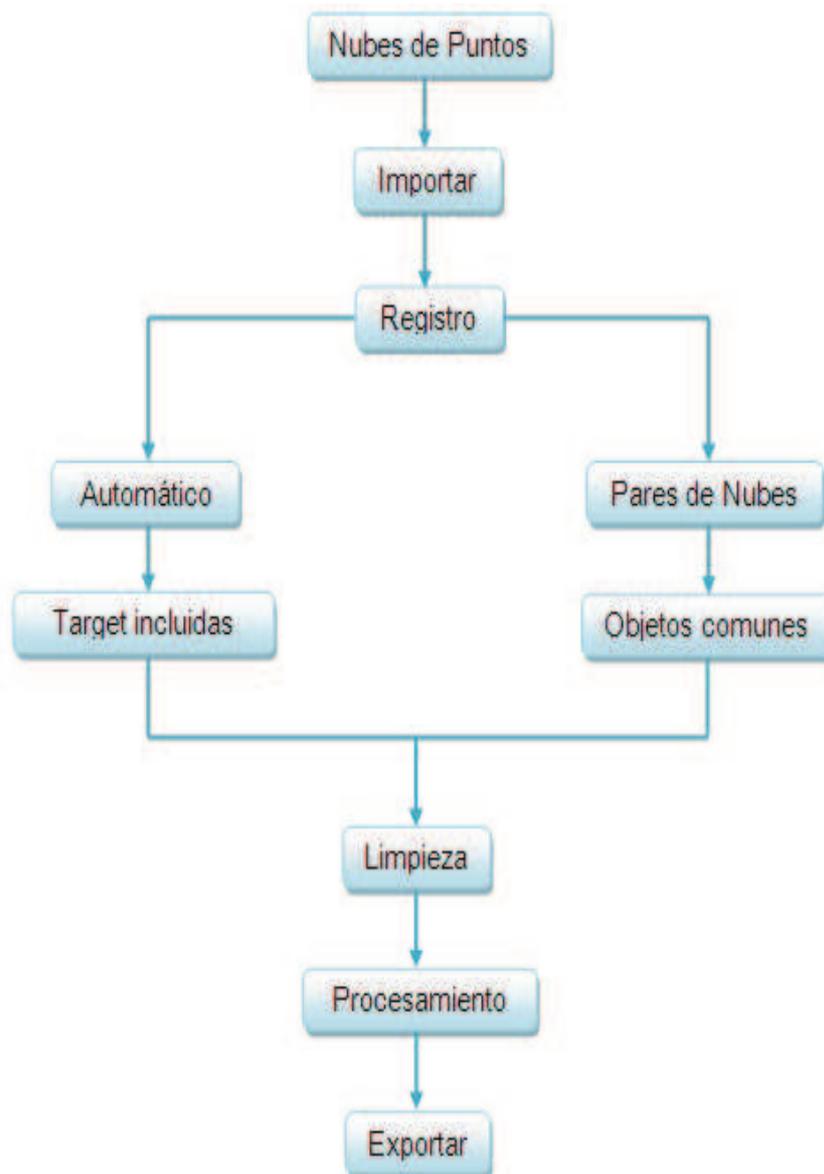
Medición de la BG. En dependencia de la precisión puede hacerse con una estación total o con receptores GNSS, análogamente al método clásico.

Levantamiento de campo. Como se puede ver en el ejemplo siguiente, se sitúa el equipo en los puntos escogidos y se realizan las tomas (Escaneo, Imagen, Escaneo+ Imagen). De ser necesario, después del escaneo en cada puesta se escanean las target y/o los lugares que demandan un grado mayor de detalle.



El procesamiento de la nube de puntos

Uno de los pasos fundamentales del trabajo con los TLS, es el procesamiento, que no en pocos casos constituye una barrera para los que se inician en estos trabajos. Este debe ser coherente y secuencial, permite llegar a los elementos que tienen valor de uso y que el universo ingenieril conoce. En términos generales el esquema tecnológico es el siguiente:



A continuación se explica brevemente cada uno de los pasos

Elemento	Función/Destino
Importar	Los datos obtenidos durante el escaneado se pueden descargar directamente a la PC o a través de un dispositivo USB.
Registro (Unión)	<p>Para la ejecución del levantamiento en áreas extensas o modelado de objetos, se hace necesario la realización de varias puestas de instrumentos, con el objetivo de que queden cubiertas todas las caras de los elementos presentes en el terreno, además para eliminar las zonas muertas en el terreno que pueden surgir a partir del ángulo de incidencia de láser. El registro o unión de las nubes de puntos es el proceso encargado de unir todas estas puestas del instrumento. Se puede realizar por dos métodos: manualmente o de forma automática.</p> <p>Para unir la nube de puntos de forma manual, se seleccionan dos nubes de forma continua y se eligen en ambas, tres o más puntos que sean comunes en ambas imágenes, para ello utilizar elementos</p>

	<p>que resalten o sean fáciles de localizar en la imagen como bordes o esquinas. Para realizar la unión nube a nube es recomendable tener un 30% de solape como mínimo para un adecuado registro.</p> <p>La ejecución de este proceso de forma automática, se realiza utilizando las dianas o señales (target) previamente levantadas en el campo. Con este procedimiento se aumenta el tiempo de trabajo en el campo, debido al escaneado de cada una de las target por separado, pero hace más ágil y fácil el registro de la nube de puntos durante el procesamiento, facilitado por las diferentes opciones y herramientas que brinda el programa.</p>
Limpieza	<p>La nube de puntos tal y como se obtiene en el levantamiento, no se debe utilizar debido fundamentalmente a la gran cantidad de ruido que se le introduce en la escena, pueden ser desde los mismos operarios, vegetación, estuches o vehículo que son captados por el escáner durante el levantamiento y son asumidos como parte del terreno, creando falsas elevaciones o irregularidades en el terreno.</p> <p>Otro factor que se debe tener en cuenta en la limpieza es reducir el peso de la nube de puntos, en dependencia de la precisión y el nivel de detalles que requiera el trabajo que se esté realizando, además garantiza, que se ejecuten con mayor facilidad los procesos.</p>
Procesamiento	<p>El procesamiento de la nube de puntos, es la transformación de toda la información obtenida, en un resultado final previamente determinado. De la nube de puntos se extraen mediciones de forma directa o la creación de secciones automáticas. Además se puede observar el comportamiento del relieve a través de las curvas de nivel o determinar el volumen de un área determinada. También realizar modelaciones en 3D de objetos.</p>

IV.- Resultados, conclusiones.

	Instrucción Operacional Básica para el registro y procesamiento de las nubes de puntos con el Software CICLONE	IO08-05-2013
		2013

TÍTULO: Instrucción Operacional Básica para el registro y procesamiento de las nubes de puntos con el software Cyclone7.0.

OBJETIVOS Y ALCANCE:

El objetivo de este documento es establecer una instrucción operativa con los pasos básicos para el registro y procesamiento de la nube de puntos, empleando el software Cyclone7.0.

Incluye el registro de las nubes y las principales herramientas a emplear para obtener: secciones, curvas de nivel, cálculo de volúmenes y mediciones; además el desarrollo de bondades propias del programa como el modelado de objetos y la confección de TrueView.

Aprobado:	Este documento técnico es opcional	Vigente:
-----------	------------------------------------	----------

TÉRMINOS Y DEFINICIONES:

Nube de Puntos	Conjunto de puntos de alta densidad con coordenadas x,y,z referidas a un sistema de coordenadas tridimensional con información de la intensidad del objeto y además puede contener información de textura.
Modelo TIN	Formación de una superficie caracterizada por el enlace de triángulos irregulares que muestran los cambios en la superficie del objeto.
Proyecto	Contenedor de la información del levantamiento y de las diferentes etapas de procesamiento.
ModelSpace ScanWork	Contiene las nubes de puntos y el modelo 3D. Recoge las puestas de instrumentos y la información captada en cada una de ellas.
Target	Dianas o señales empleadas para el levantamiento de una escena.
Multipick	Se utiliza para seleccionar varios puntos en la nube. Es muy utilizado en la creación de secciones, modulado, para delimitar áreas.
Pick Set limite Box	Se utiliza para seleccionar un punto en la nube. Con esta herramienta delimitamos el área de trabajo, para un mejor procesamiento sobre el mismo. Además brinda la posibilidad de correr sus límites a la medida de las necesidades del trabajo.
Fence	Es la herramienta que se emplea principalmente para la limpieza de la nube de puntos, o aquellos objetos que no sean de interés o para crear una copia de una sección.

REQUISITOS TÉCNICOS PRINCIPALES

Requisitos de Hard:

- Estación de trabajo con un procesador ICore 5 o 7.
- Memoria RAM entre 8 o 16 GB.
- Tarjeta de video de 1 GB.
- Disco duro de 1 TB en adelante.

CONTENIDO DE LOS PROCESOS TECNOLÓGICOS

1. **Importar:** Los datos obtenidos durante el escaneado se pueden descargar directamente a la PC o a través de un dispositivo USB, se accede al software Cyclone 7.0 y se importan los datos al sistema donde se creará una base de Datos para el posterior procesamiento de los mismos.

Creación de la base de datos	
Secuencia	Secuencia aclaratoria/referencia
Cyclone Navigator Configure Database Add Name Database Filename Close	Caja de diálogo Add Database Nombre del Proyecto Nombre del Fichero para la Base de Datos

Importar las nubes de puntos	
Secuencia	Secuencia aclaratoria/referencia
Servers Proyecto (unshared) Database (creada) Import ScanStation C10 Data... Scanner-Project Select Objects to Import Proyecto (Creado) Ok	Clic Derecho () Buscar Carpeta Aceptar

2. Registro: El registro o unión de la nube de puntos es el proceso encargado de unir todas estas puestas del instrumento.

Registro (Unión) de la nube de puntos	
Secuencia	Aclaraciones
Proyecto Seleccionado Create Registration Registration:Registration 1 ScanWorld	Clic derecho ()Abrir

<p>Add ScanWorld Select ScanWorlds for Registration Ok</p> <p>Constraint Auto-Add Constraints Registration Register Constraint List</p> <p>Create ScanWorld / freeze Registration ScanWord (Registration 1) ModelSpaces Create ModelSpace ModelSpace 1 Create and Open ModelSpace View</p>	<p>Se seleccionan las puestas (station) que se desean unir y se pasan al lado derecho.</p> <p>Aparecen todas las target puestas en campo, representadas con este icono.  Señalamos una de las target. Clic derecho Cerrar (Registration:Registration1) Icono () Abrir Clic derecho</p> <p>Doble Clic</p> <p>Aparecen todas las nubes de puntos registradas.</p>
--	---

3. Limpieza: Con la limpieza se eliminan todas las áreas y objetos de la nube de punto que no son de interés para el modelo final de levantamiento.

Limpieza de la nube de puntos	
Secuencia	Aclaraciones
<p>Point Cloud Sub- Selection Add Inside Fence Create Object Region Grow Smooth Surface Region Grow Smooth Surface Ok Delete</p> <p>Polygonal Fence Mode</p> <p>Fence Delete Inside</p>	<p>Se selecciona el área de trabajo, Clic derecho.</p> <p>Se diferencia el área, se marca con un punto.</p> <p>La imagen señalada se homogeniza con la restante y resalta los elementos ajenos a la escena Se limpia la imagen. Otra forma de limpiar la imagen es con las herramientas de corte y la ayuda del Set Limited Box Se marcan los elementos a eliminar, teniendo en cuenta no incluir áreas útiles de la nube de puntos. Clic derecho</p>

4. Procesamiento: La transformación de toda la información obtenida, en un resultado final.

4.1 Crear secciones

Crear Secciones	
Secuencia	Aclaraciones
Create Object From Pick Points Line Segment Tools Alignment & Section Create Alignment Ok Tools Alignment & Section Switch Alignment Start / End Tools Alignment & Section Create Section Ok	Con el Multi-Pick marco el eje de la vía con cuantos puntos sean necesarios. Se señala el punto final de la línea Se señala el punto final Aparece una tabla en la cual se definen los valores de la sección creada.

4.2 Curvas de nivel

Curvas de Nivel	
Secuencia	Aclaraciones
Tools Mesh Create Mesh Meshing Style TIN Meshing Ok Tools Contours Create	Se establece un plano de referencia sobre el cual se determinara el volumen. Se selecciona el área con el pick Aparece una tabla en la que se introducen los valores de intervalo de las curvas de nivel.

4.3 Volumen

Volumen	
Secuencia	Aclaraciones
Tools Mesh Create Mesh Meshing Style TIN Meshing Ok Select Select All Tools Measure Mesh Volume Above Ref Plane Below Ref Plane Sampling Step Ok	<p>Se establece un plano de referencia sobre el cual se determinará el volumen. Se selecciona el área con el pick</p> <p>En caso de que sea una elevación, el plano de referencia se establece por debajo de la superficie a medir En una excavación el plano de referencia se establece por encima de la superficie a medir</p>

4.4 TrueView

True View	
Secuencia	Aclaraciones
File Publish Site Map Aceptar Select ScanWorks Ok Site Map Setting True View Setting Color Map setting Ok Cerrar (Cyclone)	<p>Buscar una vista, que será la presentación del True View</p> <p>Se crea una carpeta donde se va a guardar la información</p> <p>Aparecen todas las puestas</p> <p>En esta tabla se pueden cambiar valores a la imagen</p> <p>Percatarse de que la imagen tenga los valores de textura tomados por el escáner Cerrar las ventanas abiertas.</p> <p>Abrir la carpeta donde se creó el TrueView del proyecto</p>

4.5 Modelado

Modelado	
Secuencia	Aclaraciones
Create Object Region Grow Cylinder Region Grow Cylinder Ok	Una vez seleccionada el área de trabajo, seleccionamos el objeto a modelar. Señalamos el objeto teniendo en cuenta la superficie que represente. Aparece el objeto y señalamos los detalles del mismo. Al crear el objeto este sustituye a los puntos, para recuperarlos, Clic derecho "Insert Copy to Object as point"
Edit Object Handles Constrain Motion to	Si se quiere mover el objeto de espacio, se selecciona el eje en el cual se desea trabajar y se utiliza la tecla "Ctrl" y los nodos.
Tools Piping Elbow Connector Set Elbow Bend Ratio Ok	Para crea un codo o unir dos, se marca un punto en ambos nodos de los extremos de los cilindros a unir Se introduce el radio del cilindro
Create Object Region Grow Pipe Run... Region Grow Pipe Run Continue Ok	Para crear una unión directamente en la nube de puntos, Se marca un extremo. Se marca el otro extremo
Create Object Insert ...Insertion Properties. Close	Crear objeto fuera de la nube de puntos. Seleccionamos el objeto Se le introducen los valores.
Create Object Region Grow Patch Region Grow Patch Ok Edit Object Patch Make Regular o Circular Edit Object Patch Substract from Patch Edit Object Extrude	Crear superficie desde la nube de puntos. Se selecciona la superficie. Para modificar la superficie a una forma regular Para eliminar parte de la superficie, tiene que estar activa la nube de puntos en el área creada, se selecciona con la herramienta de corte, se marca.

<p>Extrude Perpendicular Set Extrusion Thickness Ok</p> <p>Point Cloud Subsection Add Inside Fenced</p> <p>Create Object Fit to Cloud Box Slow Operator Warning Yes</p> <p>Edit Object Align Align to XYZ Axes</p>	<p>Para dar espesor, se marca</p> <p>Se introduce el valor del espesor</p> <p>Para crear cubos o cajas en base a la nube de puntos. Con la herramienta de corte, se selecciona la nube de puntos en forma cúbica. Clic derecho.</p> <p>Si el objeto no se crea alineado. Se ajusta a la imagen con ayuda de los nodos</p>
--	---

4.6 Mediciones

Mediciones	
Secuencia	Aclaraciones
<p>Multi-Pick Distance: Point to Point(D)</p>	<p>Las mediciones se realizan sobre la nube de puntos Se señala la distancia a determinar. Para desmarcar los puntos antes puestos se presiona Esc.</p>

CONCLUSIONES

1. La obtención de una instrucción operativa básica estructurada, agiliza la elaboración de salidas topográficas provenientes de las nubes de punto, cuando se emplea el software "Cyclone7.0", compacta la documentación de las operaciones, flexibiliza la inclusión de modificaciones y facilita el aprendizaje durante el procesamiento.
2. La tecnología de los escáneres láser ya es una realidad en Cuba y sus perspectivas obligan a revisar en nuestro país, la proyección futura de los trabajos topográficos que ella resuelve.
3. La forma estructurada de la Instrucción puede ser extendida a otros escáner/software, con la cooperación de los entendidos en el tema, lo que contribuiría notablemente a suplir la falta de información en este tema y evitaría la contratación de costosos cursos de postgrado.

V.- Bibliografía

1. Chris Hecker, An Open Letter to Microsoft: Do the Right Thing for the 3D Game Industry
2. Escarpa Sánchez - García, F. J., Introducción a los sistemas de medición tridimensionales con láser", España, 2010
3. Hexagon Metrology. Abril 2009. Su guía para viajar por el mundo de la metrología
4. http://es.wikipedia.org/wiki/Biblioteca_CAD
5. http://es.wikipedia.org/wiki/Diseño_asistido_por_computadora
6. <http://www.3D-Reshaper/Point-cloud-Process-3DReshaper.htm>
7. [http://www.autobuild/Autobuild Africa Leading supplier of a wide range of survey equipment.htm](http://www.autobuild/Autobuild_Africa_Leading_supplier_of_a_wide_range_of_survey_equipment.htm)
8. <http://www.boif/Productos.htm>
9. <http://www.crystal-Space/Documentation.htm>
10. <http://www.gnu.org/software/gdb/documentation/>
11. <http://www.gnu.org/software/gdb/documentation/>
12. [http://www.leica/Embracing Mobile 3D Laser Scanning - Flash Player Installation.htm](http://www.leica/Embracing_Mobile_3D_Laser_Scanning_-_Flash_Player_Installation.htm)
13. [http://www.leica-Geosystems - Instop instrumentos topográficos _archivos](http://www.leica-Geosystems_-_Instop_instrumentos_topográficos_archivos)
14. <http://www.optech.ca>
15. [http://www.panda-3d/Panda3D - Free 3D Game Engine.htm](http://www.panda-3d/Panda3D_-_Free_3D_Game_Engine.htm)
16. [http://www.riegl/Riegl-USA-LMS-Z620 - Extra-Long Range & High Accuracy Laser Scanner - Home.htm](http://www.riegl/Riegl-USA-LMS-Z620_-_Extra-Long_Range_&_High_Accuracy_Laser_Scanner_-_Home.htm)
17. <http://www.topcon.com>
18. <http://www.trimble.com>
19. [http://www.z-cORPORATION/ZScanner@ 600.htm](http://www.z-cORPORATION/ZScanner@_600.htm)
20. [http://www.zinc/Free Download Zinc Builder 3.0.16 - Zinc Builder Free Downloads.htm](http://www.zinc/Free_Download_Zinc_Builder_3.0.16_-_Zinc_Builder_Free_Downloads.htm)
21. Idurre Sáez de Ocáriz, Fernando Alonso, Borja Gambín del Centro de Tecnologías Aeronáuticas (CTA)
22. Kalpakjian Serope, Schmid Steven (2001). Manufactura, ingeniería y tecnología (4ª edición). Pearson Educación. p. 1073.
23. Leica ScanStation C10 2009
24. Leica ScanStation C10 2010
25. Márquez, Antonio, Un tratado sobre el escáner terrestre TLS. MECINCA
26. Non-destructive Testing Handbook Third Edition - Volume 3 Infrared and thermal testing, ASNT
27. TSP 203 Amberg Measuring Technique.

Palabras claves.

Láser, escáner, nube, punto, levantamiento, procesamiento, registro, unión, instrucción, manual.