

PROCEDIMIENTOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL AUTOCAD LAND EN LOS TRABAJOS DE GABINETE TOPOGRÁFICOS

Autores:

Antonio Luis Calaña Azcuy, Universidad de Holguín, Holguín, Cuba.

Teléfono: 024 480980, E-mail: tonycc@facing.uho.edu.cu

Francisco Raúl Casanella Leyva, Universidad de Holguín, Holguín, Cuba.

Teléfono: 024 480980, E-mail: casanella@facing.uho.edu.cu

RESUMEN

Este reporte de investigación contiene los resultados de investigaciones realizadas en entidades de la provincia Holguín en torno al modo de ejecución de los trabajos topográficos así como de los métodos y herramientas instrumentales e informáticas de que disponen las mismas para realizar dichas tareas. Tras generalizar la concepción actual de estos trabajos y analizar sus deficiencias, se proponen procedimientos para la realización de las tareas de gabinete en el sistema profesional AutoCAD Land, tanto para levantamientos ejecutados con tecnología digital como para aquellos cuyas mediciones se llevaron a cabo con equipos tradicionales, llegando a obtenerse como resultado el Modelo Digital del terreno (MDT).

INTRODUCCIÓN

La topografía, es la ciencia que estudia el conjunto de principios y procedimientos que tienen por objeto la representación gráfica de la superficie de la Tierra con sus formas y detalles tanto naturales como artificiales, teniendo como premisa fundamental el no considerar el efecto de la curvatura de la tierra, o sea, asume que toda superficie o área en estudio es plana [1]. Pudiendo definirse entonces como trabajos topográficos, el conjunto de operaciones necesarias (levantamientos topográficos) para representar una porción de la superficie terrestre en un plano o trasladar lo proyectado en un plano al terreno (replanteo).

Los levantamientos topográficos se realizan en dos etapas [1,2], los trabajos de campo y los trabajos de gabinete. En ellos se determinan la posición relativa de puntos en la superficie de la Tierra o a poca altura sobre la misma midiendo distancias verticales y horizontales, ángulos entre alineaciones (de dirección) y la orientación de dichas alineaciones (acimutes o rumbos), distancias, ángulos, orientaciones, posiciones, alturas, áreas y volúmenes mediante el cálculo matemático a partir de los datos obtenidos directamente en el campo y la representación gráfica o digital del terreno en forma de mapas, perfiles longitudinales, secciones transversales, diagramas y otros.

Los trabajos de campo son aquellos mediante los cuales se realiza la toma directa de datos planimétricos y altimétricos empleando para ello métodos e instrumentos de medición desarrollados para estos fines.

Los instrumentos topográficos con que se realizan estos trabajos permiten medir distancias, ángulos horizontales y verticales con los que se determinan las coordenadas de los puntos del espacio que se desea representar en el plano [3]. Estos, de acuerdo

al tipo de tecnología con que se han diseñado, pueden clasificarse como instrumentos convencionales e instrumentos digitales.

Los instrumentos convencionales son aquellos cuyas tecnologías se desarrollaron sin la ayuda de la electrónica o microelectrónica, se basaban íntegramente en mecanismos manuales y la óptica. Entre ellos, se pueden mencionar el teodolito, el taquímetro, los niveles de burbuja, entre otros.

Los instrumentos digitales son aquellos que realizan las mediciones utilizando los avances en la microelectrónica digital. La información recolectada (datos de campo) es almacenada en soporte electrónico para luego ser procesada directamente en los ordenadores a través de software diseñados para tales efectos. Con ello se logra gran rapidez y exactitud, aumentando la eficiencia en los trabajos de campo. Entre ellos se destacan los sistemas de posicionamiento global (GPS), las estaciones totales, entre otros.

Los trabajos de gabinete se llevan a cabo para el cálculo y corrección de los errores cometidos en las mediciones en el terreno y para la representación de la superficie en estudio en dependencia del uso que demande el levantamiento. Para ello, los especialistas se auxilian –habitualmente- de software.

El replanteo es el proceso inverso al levantamiento, o sea, es llevar del plano al terreno la posición exacta de un punto, la cual se señala usualmente con una estaca u otros similares [2]. Esta señalización puede realizarse por cuatro métodos: coordenadas cartesianas, coordenadas polares, intersección lineal y –por último- intersección angular.

La concepción para la realización de los trabajos topográficos se ha revolucionado aceleradamente en los últimos años en el mundo entero. Esto se debe a dos factores fundamentales: la aparición de la tecnología digital para la realización de los trabajos de campo y el desarrollo alcanzado en la informática, que ha traído aparejado mayor humanización de los trabajos de gabinete.

En las empresas de nuestro país que tienen relación con la topografía, existe una tendencia a adquirir esta nueva tecnología para sustituir los instrumentos que –tradicionalmente- se han venido usando durante décadas. Sin embargo, los softwares con que se realizan los trabajos de gabinete, en su mayoría, continúan siendo programas creados sobre ambiente DOS que no poseen herramientas para la interacción apropiada con estos equipos, por lo que han quedado obsoletos en comparación con los que generalmente se emplean en el resto del mundo.

OBJETIVOS

Mediante este artículo se persigue como objetivos:

1. Realizar un estudio documental sobre el estado del arte de la realización de los trabajos topográficos en el entorno docente y empresarial de la provincia Holguín a través del conocimiento de la concepción de trabajo actual, los softwares empleados y la tecnología existente para acometer las tareas de campo.
2. Proponer procedimientos para la realización de las tareas de gabinete de levantamientos topográficos y replanteos, a través de un ambiente automatizado apropiado y teniendo en cuenta las características de la tecnología existente en el entorno empresarial de la provincia Holguín.

MATERIALES Y MÉTODOS

Con el objetivo de indagar acerca de las distintas tecnologías y software con que se realizan los trabajos topográficos, se llevó a cabo una investigación en las empresas de proyectos de mayor impacto de la provincia Holguín: VÉRTICE, RAUDAL (Empresa de proyectos e investigaciones hidráulicos), INEL (Empresa de proyectos e investigaciones para la red eléctrica), IPROYAZ (Empresa de proyectos de la azúcar), ENPA (Empresa de proyectos agropecuarios), EMPI (Empresa de proyectos e investigaciones de las FAR), CEPRONIQUEL (Centro de proyectos del Níquel) en Moa y la Universidad de Holguín.

La información se adquirió mediante entrevistas y encuestas realizadas a un grupo de especialistas que se relacionan al final del artículo.

RESULTADOS DEL DIAGNÓSTICO

R.1 Sobre la tecnología existente para la realización de los trabajos de campo

Como resultado del trabajo de indagación se estableció que entre los equipos tradicionales registrados en estas empresas se encuentran comúnmente:

- **Teodolitos** THEO 010 B y THEO 020 A alemanes de $\pm 1''$ de exactitud y otros.
- **Taquímetros** DALTHA 010 A y DALTHA 010 B, alemanes; RDS, suizos, todos de $\pm 1''$ de exactitud.
- **Niveles ópticos** N-1, N-2, N-10, NI 020-A, NI 30 y NI 040-A de procedencia alemana con exactitudes de $\pm 4\text{mm}$ y 100m de alcance.
- **Distanciómetros** DI-1001 y DI-3S de 1000m y 3000m de alcance respectivamente, con exactitud de $\pm 3\text{mm}$.
- **Cintas métricas** de 0-10m y 0-20m con $\pm 2\text{mm}$ de exactitud.

Entre la tecnología de punta que han adquirido algunas empresas se encuentran los siguientes instrumentos:

- **GPS** System 500 de 10mm y $\pm 2\text{ppm}$ de precisión en un alcance de 20km, GPS Leyca-SR20 de 5mm/1ppm de exactitud producidos en el 2006 y otros.
- **Estación Total** TCR-805 del 2005 de 1" y 3mm de exactitud en 9000m de alcance, SOKKIA 3010 de 2" de precisión y Sokkia SET 3X de 3" de precisión y otras.
- **Niveles láser** LP 30 y Leyca Sprinter del 2007.
- **Distanciómetros Láser** HILFI PD-28 de $\pm 2\text{mm}$ de precisión en 100m de alcance y RUBI 72968 de $\pm 5\text{mm}$ de exactitud en 18m de alcance.

Con la ayuda de los especialistas de estas empresas [4-15], se realizó un levantamiento de todos los equipos de medición que están en buen estado técnico (aptos) y se obtuvieron los resultados que se muestran en la **tabla No. 1**:

Tabla No. 1 Resultados del levantamiento de los instrumentos para la realización de los trabajos topográficos

| Empresa | Cantidad de Equipos | Tradicionales | Porcentaje (%) | Digitales | Porcentaje (%) |
|-------------|---------------------|---------------|----------------|-----------|----------------|
| Vértice | 20 | 19 | 95 | 1 | 5 |
| Raudal | 18 | 12 | 67 | 6 | 23 |
| CEPRONIQUEL | 7 | - | - | 7 | 100 |
| EMPI | 27 | 22 | 82 | 5 | 18 |
| ENPA | 15 | 14 | 93 | 1 | 7 |
| INEL | 19 | 16 | 84 | 3 | 16 |
| IROYAZ | 8 | 7 | 88 | 1 | 12 |
| Uho | 4 | 4 | 100 | - | - |
| Totales | 118 | 94 | 79 | 24 | 21 |

Los resultados de esta investigación han demostrado que la mayor parte de los instrumentos de que disponen las empresas son de tecnología tradicional. Si bien es cierto que casi todas tienen al menos un equipo electrónico, estos no son suficientes para acometer todos los trabajos de campo.

R.2 Softwares empleados en los trabajos topográficos

Según especialistas [4,5], la práctica ha demostrado que lo ideal es realizar todos los trabajos de gabinete y la confección de planos en una herramienta que logre la representación tridimensional de superficies y a su vez sea idóneo para las tareas de proyección.

Según la pesquisa, los softwares más difundidos en la provincia son:

1. Topo6
2. Topog
3. Sistop
4. SIRE (Sistema Ingeniero de Representación de Elementos)
5. SURFER 8
6. PROTOPO
7. AutoCAD Land Development Desktop:
8. CIVIL 3D
9. CARTOMAP

R3. Forma de realización de los trabajos de gabinete

De forma general, el sector empresarial de la provincia tiene concebida una estructura muy similar en todas sus entidades para la ejecución de los trabajos de gabinete de levantamientos topográficos. (*Ver figura 2*).

Partiendo de la planeación, se realizan los trabajos de campo; los resultados son registrados en una libreta y posteriormente se realiza el trabajo de gabinete empleando toda una diversidad de programas computarizados para las diferentes tareas. Pudiera afirmarse que predomina el **Topo 6** para el cálculo planimétrico, altimétrico y la introducción de los puntos de detalle. El resultado final es un **Script File** (fichero de

dibujo) que posteriormente se exporta al AutoCAD donde se editan los datos y se trazan las curvas de nivel en dos dimensiones como polilíneas con propiedades tridimensionales. Además se emplea un tercer software para los perfiles y secciones transversales, comúnmente el **Sistop**.

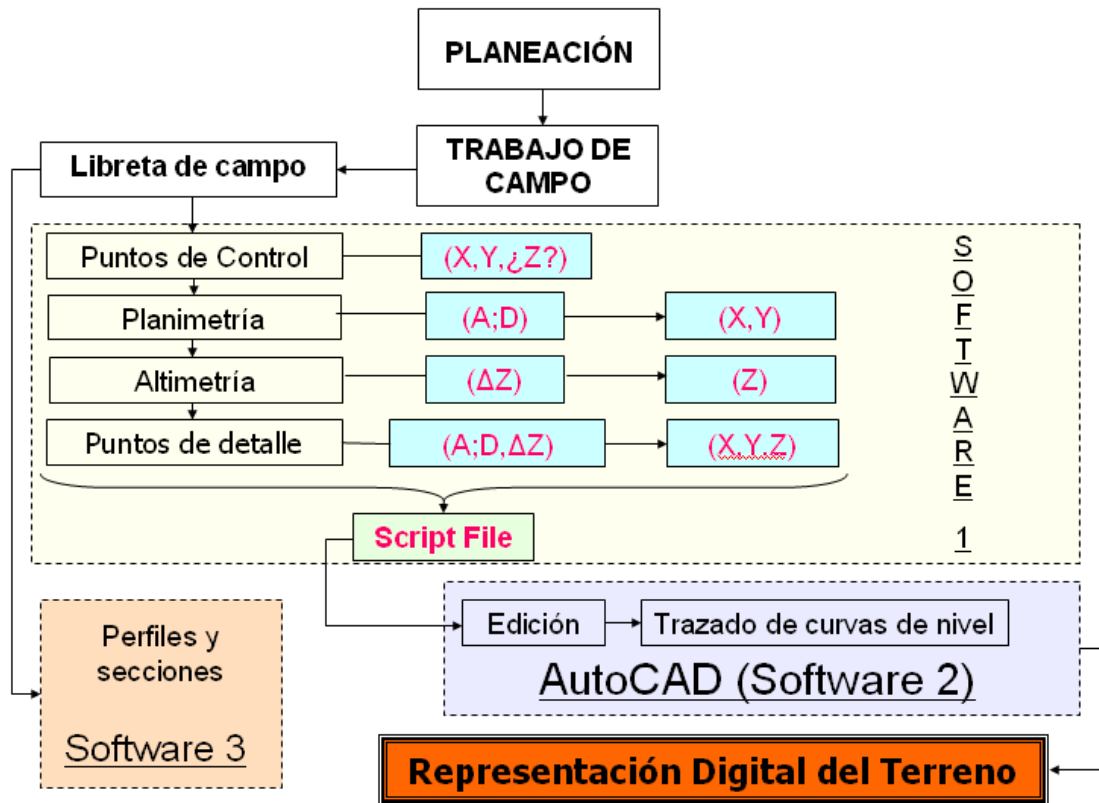


Figura 2. Concepción general actual.

R4. Calificación de los softwares empleados en los trabajos topográficos

Teniendo en cuenta la diversidad de softwares que se emplean en la provincia para realizar los trabajos topográficos, se diseñó un instrumento de medición (una encuesta) para valorar cuantitativamente dichos softwares. La encuesta se le aplicó a una muestra de especialistas [4-15] que se dedican a las tareas de trabajos de gabinete de levantamientos topográficos. Los programas se valoraron en cuanto a:

1. Autonomía.
2. Vinculación con AutoCAD.
3. Procedimiento de entrada de datos.
4. Flexibilidad.
5. Campo de acción en cuanto al ajuste de las poligonales.
6. Procedimiento de edición de datos.
7. Facilidades a la hora de representar el terreno.
8. Vinculación dinámica del ambiente gráfico con una base de datos.
9. Sistema abierto o de desarrollo.

Para evaluar estas cuestiones en cada software, se definieron cinco niveles de jerarquía, y a cada nivel se le asignó un valor en una escala de 5, de manera que el programa que obtuviera una mayor puntuación resultaría ser el más útil según los

entrevistados. A parte de estos cinco niveles, se designó un espacio para que los especialistas marcaran en él en caso de que no tuvieran conocimiento del programa en cuestión.

Al procesar las encuestas, se promediaron las puntuaciones obtenidas por cada software en las nueve preguntas. Se obtuvieron los siguientes resultados (**ver figura 3**):

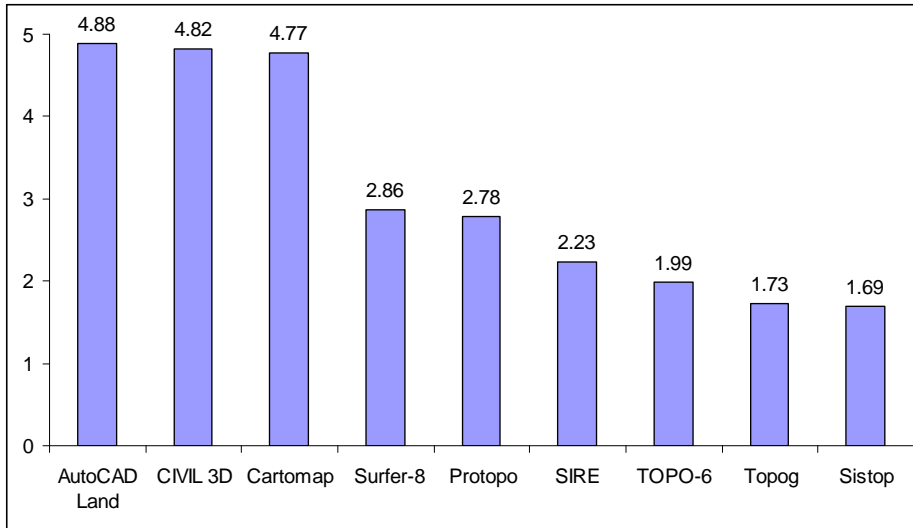


Figura 3. Integralidad de los softwares.

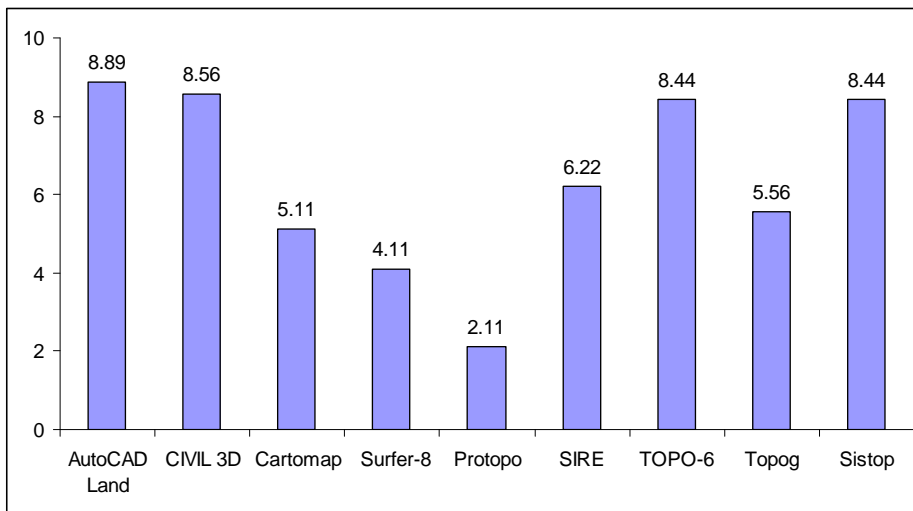


Figura 4. Conocimiento de las características generales de los softwares.

Como puede notarse en estos resultados, el **AutoCAD Land Development Desktop** es considerado por la mayoría como el software con más potencial para el desarrollo de los trabajos topográficos, por lo que deben buscarse alternativas a fin de facilitar su introducción, tanto en la docencia universitaria como en el sector empresarial, independientemente de la tecnología con que estas entidades cuenten para la realización de los trabajos de campo.

Igualmente puede apreciarse que el software más conocido por parte de los especialistas es el AutoCAD Land Development Desktop (**ver figura 4**), aunque, este solo se aplica totalmente en una de las entidades investigadas.

R5. Deficiencias de esta concepción de trabajo

Lo primero que salta a la vista de analizar la concepción de trabajo actual es su carácter fragmentado, pues en ella se emplean, generalmente, al menos tres softwares para acometer las tareas de gabinete. Esto es así, debido a que los programas en explotación no son sistemas integrados, o sea, resuelven solo una parte de los trabajos de gabinete de levantamientos topográficos y los que logran integrar todos los trabajos topográficos, no cuentan –en su mayoría– con las herramientas necesarias para proyectar sobre ellos ni generan modelos digitales, solo representaciones de terrenos.

Según los resultados arrojados por las encuestas, la mayoría de los especialistas consideran que el procedimiento para la entrada y edición de datos en estos programas es laborioso, pues los resultados de las mediciones se introducen manualmente y posteriormente es muy difícil cambiar alguno de estos valores en caso de ser necesario. Esto se debe fundamentalmente al predominio en estos softwares del lenguaje de programación MS-DOS.

La obtención de una representación del terreno debe ser el objetivo final del trabajo de gabinete. Esta representación comúnmente se establece a través de curvas de nivel. Si el producto final obtenido es un modelo digital del terreno, entonces, las curvas de nivel pueden ser trazadas a partir de dicho modelo. Sin embargo, al exportar los resultados al ambiente gráfico del AutoCAD convencional, el trazado y definición de las curvas de nivel no puede realizarse de otro modo que no sea a partir de métodos manuales, con las consecuentes desventajas que implica tal proceder en cuanto a: precisión, consistencia y rigor matemático.

R6. Pautas que se tuvieron en cuenta a la hora de proponer una nueva concepción de trabajo

A partir del diagnóstico realizado en el entorno docente empresarial investigado acerca del modo en que se ejecutan los trabajos de gabinete de levantamientos topográficos surge la necesidad de introducir mejoras en dicha concepción general de trabajo. En consecuencia, la concepción propuesta debe reunir las siguientes cualidades:

- Debe propiciar un entorno de trabajo integrado.
- Los procesos de entrada y edición de datos deben ser cómodos y flexibles.
- La representación final del terreno debe concretarse en un modelo digital del terreno.

Obviamente, el procedimiento de trabajo que se proponga –para hacerlo eficiente– debe estar asentado sobre un software o un sistema de software. Si se lograra encontrar un procedimiento de trabajo que se desarrollara íntegramente dentro del AutoCAD Land Development Desktop, entonces –de modo automático– se harían cumplir esas tres cualidades.

En el caso de los levantamientos topográficos realizados con tecnología tradicional, la práctica de nuestras empresas dicta que el ajuste planimétrico no se ejecuta paralelamente con el altimétrico, pues las coordenadas horizontales de los puntos geodésicos se establecen en los sistemas de la proyección cónica de Lambert (Cuba

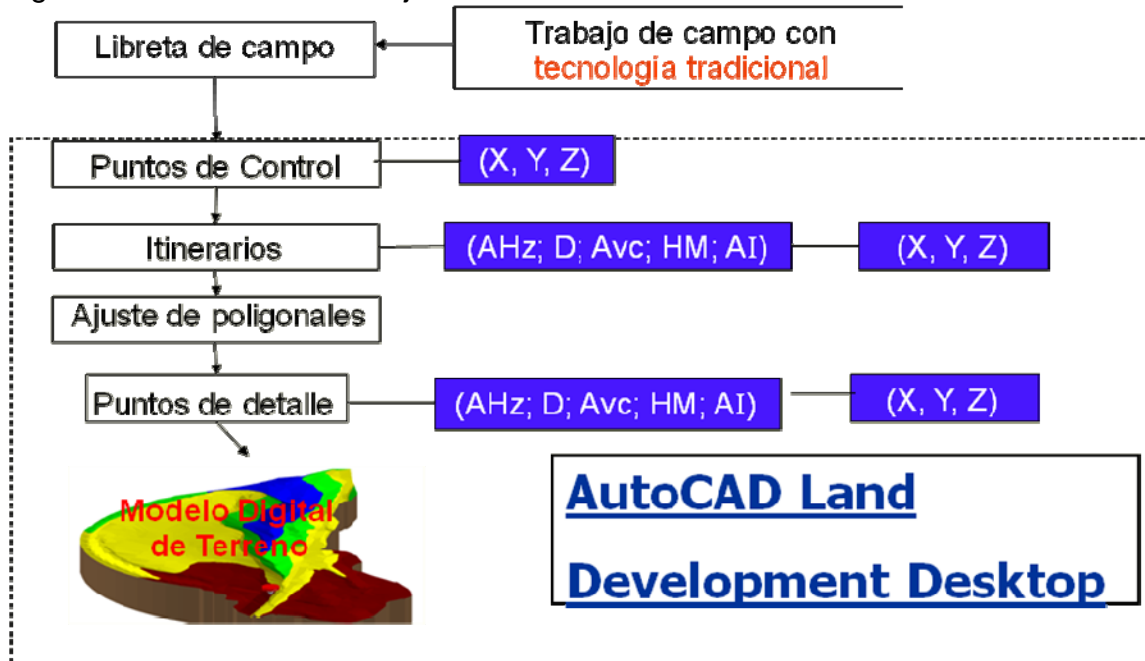
Norte o Cuba Sur), mientras que las cotas a través del sistema de alturas Siboney. Estas redes geodésicas, en las que se apoyan los levantamientos topográficos, son independientes una de la otra, o sea, hay redes de puntos donde solo se conocen las coordenadas planimétricas y otras donde solo se conocen las alturas. Para calcular poligonales con las tres coordenadas es preciso conocer la altura del punto de control de partida y las mediciones planimétricas y altimétricas entre los vértices del recorrido de las mismas, de lo contrario, se hace difícil desarrollar todo el trabajo de gabinete dentro de un mismo software.

Cuando se dispone de la tecnología digital para los levantamientos, puede prescindirse de las redes de puntos de coordenadas geodésicas conocidas, pues con el uso del Sistema de Posicionamiento Global (GPS) se pueden medir las coordenadas (X, Y, Z) de cualquier punto sobre una superficie -siempre y cuando existan o se creen un grupo de condiciones que permitan la comunicación del instrumento de medición con los satélites- y de esta manera se pueden establecer los puntos de control a partir de los cuales se trazan los recorridos.

Por las peculiaridades que tienen implícitas ambas formas de realizar los trabajos topográficos (a partir de tecnología tradicional o digital) se ha decidido diferenciarlas en dos secuencias de trabajo independientes.

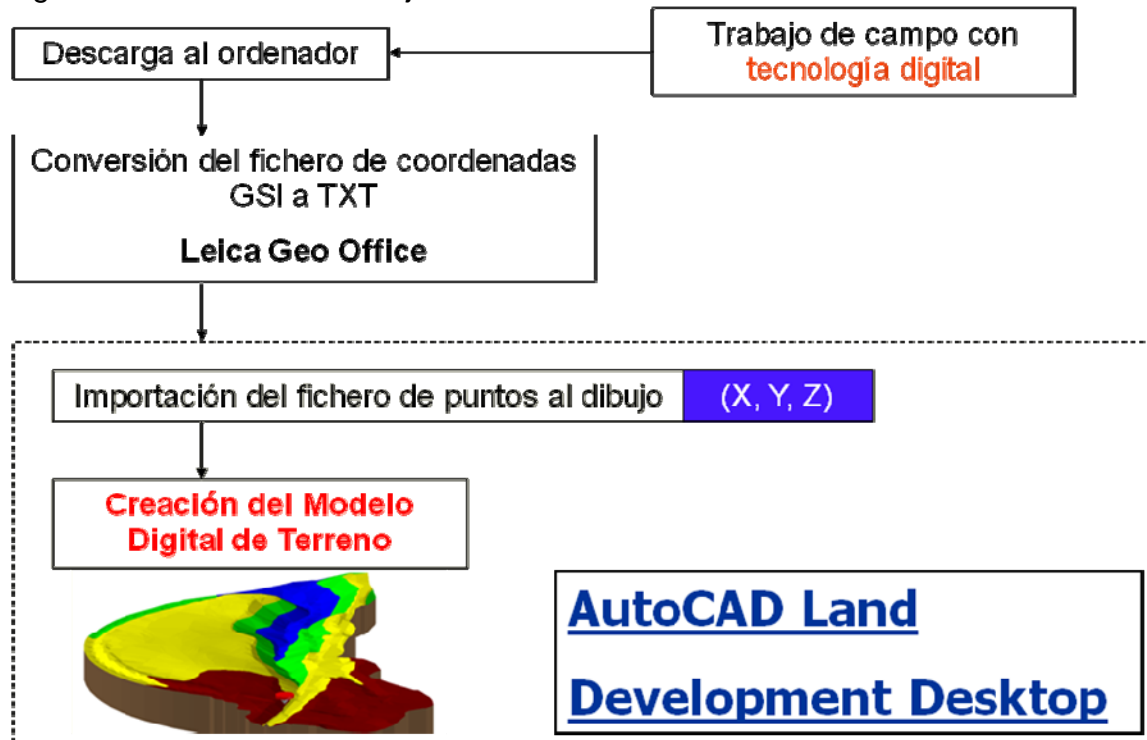
R7. Procedimiento para los trabajos de gabinete cuando los trabajos de campo son realizados con tecnología tradicional

Cuando los trabajos de campo se efectúan con instrumentos tradicionales, las mediciones deben ser introducidas al programa manualmente. Para ello se sugiere la siguiente secuencia de trabajo:



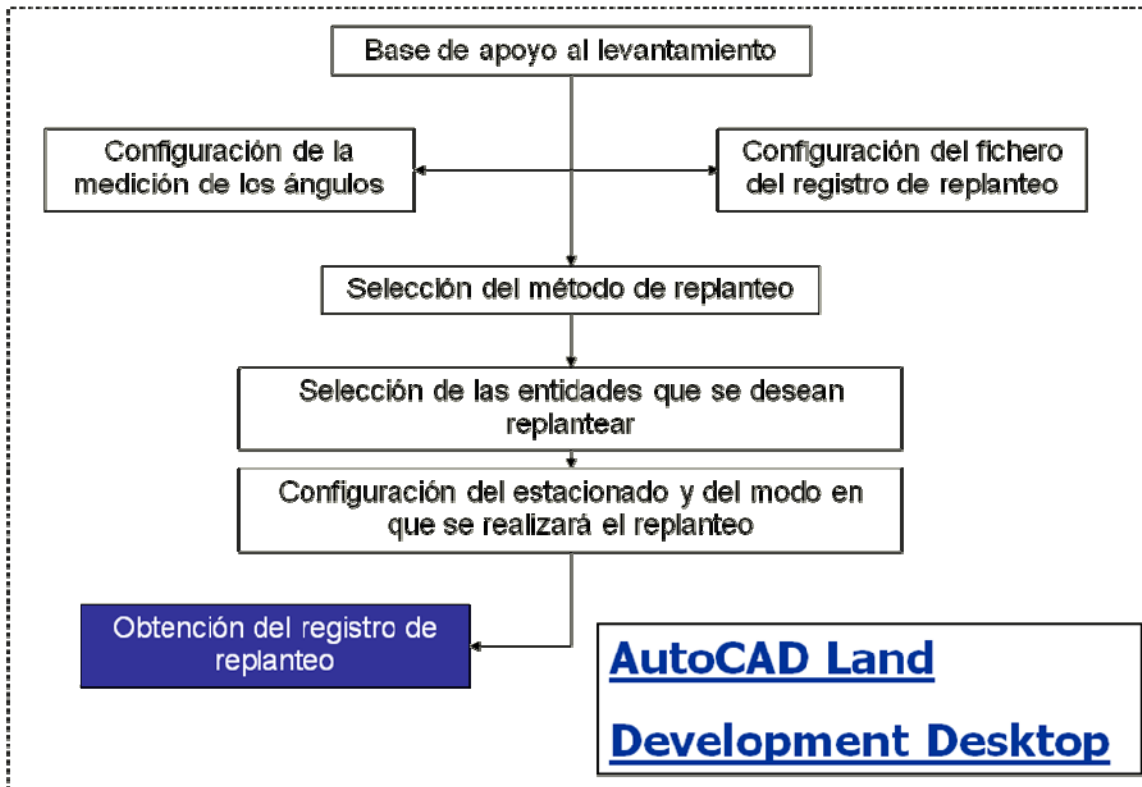
R8. Procedimiento para los trabajos de gabinete de levantamientos topográficos realizados con tecnología digital

Cuando los trabajos de campo se efectúan con instrumentos digitales, las mediciones deben ser introducidas al programa mediante ficheros de texto. Para ello se sugiere la siguiente secuencia de trabajo:



R9. Procedimiento de trabajo propuesta para los replanteos

Los replanteos resultan un tanto variables en su naturaleza. No obstante, utilizando el **AutoCAD Land Ddevelopment Desktop** se puede plantear la siguiente secuencia:



CONCLUSIONES

1. Se realizó un estudio documental sobre el estado del arte de la realización de los trabajos topográficos en el entorno docente y empresarial de la provincia Holguín a través del conocimiento de la concepción de trabajo actual, los softwares empleados y la tecnología existente para acometer las tareas de campo, lo cual evidenció la necesidad de implementar el sistema profesional **Auto CAD Land** en esta importante esfera.
2. Se proponen procedimientos para la realización de las tareas de gabinete de levantamientos topográficos y replanteos, a través del software **Auto CAD Land**, teniendo en cuenta las características de la tecnología existente en el entorno empresarial de la provincia Holguín.

BIBLIOGRAFÍA

Literatura en soporte digital:

- [1] Franco Rey, Jorge: *Nociones de Topografía, Geodesia y Cartografía*. pdf
- [2] Pérez Zapata, Carlos: *Topografía avanzada*. Pdf
- [3] *Levantamiento topográfico*
Disponible en: <http://html.rincondelvago.com/levantamiento-topografico.html/>
Consultado Abril 4, 2009

Consultas con expertos:

- [4] *Cabrera Murrel, Arnaldo. Especialista A en Proyectos de Ingeniería. Raudal. Consultado 14 de enero de 2009.*
- [5] *Guerra Doimeadiós, Javier. Especialista A en Proyectos de Ingeniería. Raudal. Consultado 22 de abril de 2009.*
- [6] *Velázquez López, Edelio. Jefe Grupo Topografía. Empresa Vértice. Consultado 20 de Abril de 2009.*
- [7] *Santiago Hernández, Ramón. Especialista principal del grupo de Topografía. ENPA. Consultado 19 de Abril de 2009.*
- [8] *Ricardo Díaz, Narjol. Jefe de Taller de Topografía. EMPI. Consultado 22 de Abril de 2009.*
- [9] *Sierra González, Alexander. Especialista A en Proyectos de Ingeniería. EMPI. Consultado 22 de Abril de 2009.*
- [10] *Magaña Aldana, Francisca. Especialista en Topografía. Empresa IPROYAZ. Consultada 18 de abril de 2009.*
- [11] *Arenas Font, José Luis. Profesor universitario. Consultado 24 de Abril de 2009.*
- [12] *Casanella Leyva, Francisco Raúl. Profesor universitario. Consultado 25 de Abril de 2009.*
- [13] *Batista, Yanier. Especialista A en Proyectos de Ingeniería. CEPRONIQUEL. Consultado 11 de febrero de 2009.*
- [14] *Sánchez Sánchez, Bernardo. Especialista de Ingeniería y Proyectos. INEL. Consultado 21 de Abril de 2009.*
- [15] *Araujo Verdecia, Bárbara. Especialista B en Proyectos de Ingeniería. Vértice. Consultada 20 de Abril de 2009.*

PALABRAS CLAVE: topografía, Auto CAD Land, MDT.