

**ELABORACIÓN DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG)
CON LA INFORMACIÓN CORRESPONDIENTE A LA PLANTA GENERAL DE
LA FACULTAD DE SALUD.**

**LUIS CARLOS GOMEZ TRIMIÑO
JAVIER ANDRES RANGEL
NATHALIA RODRIGUEZ URIBE**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO – MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA**

2008

**ELABORACIÓN DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG)
CON LA INFORMACIÓN CORRESPONDIENTE A LA PLANTA GENERAL DE
LA FACULTAD DE SALUD.**

LUIS CARLOS GOMEZ TRIMIÑO

JAVIER ANDRES RANGEL

NATHALIA RODRIGUEZ URIBE

**Trabajo de Grado para optar al título de
Ingeniero Civil**

Director

JORGE HERNANDO GÓMEZ GÓMEZ

**Ingeniero en Vías y Transportes, M.Sc. en Sistemas de Información
Geográfica**

Tutor

EUCLIDES ALFONSO RUEDA DÍAZ

**Ingeniero de Sistemas
Profesional de Planeación UIS**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO – MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA**

2008

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a:

Jorge Hernando Gómez Gómez, Ingeniero de Vías y Transporte M.Sc., codirector del proyecto, por el aporte de ideas para el desarrollo del proyecto en la modalidad de práctica empresarial.

Euclides Alfonso Rueda Díaz, Ingeniero de Sistemas y tutor del proyecto, por la supervisión, colaboración y aporte de ideas para el desarrollo de la práctica empresarial.

Departamento de planeación y Facultad de Salud de la Universidad Industrial de Santander, por permitirnos llevar a cabo el presente proyecto en modalidad de práctica y facilitarnos el trabajo conjunto con su personal.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	1
1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	3
1.1. OBJETIVO GENERAL	3
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
1.3. JUSTIFICACIÓN	4
1.4. ALCANCE	5
2. MARCO TEÓRICO	6
2.1. TOPOGRAFÍA	6
2.1.1. Cartografía	7
2.1.2. Planimetría	7
2.1.2.1 Equipamiento	8
2.1.2.2. Levantamiento planimétrico por el método de la poligonal	8
2.2. SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRÁFICA	11
2.2.1. Atributos	14
2.2.2. Limpieza Digital	14
2.2.3. Topologías	15
3. IMPLEMENTACION DEL SIG	18
3.1. ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO	18
3.1.1. Ubicación Geográfica	18
3.1.2. Extensión	18
3.1.3. Infraestructura	19
3.2. RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN	20
3.2.1. Búsqueda de la información existente	20
3.2.2. Evaluación de la información existente	21
3.2.3. Levantamiento topográfico	21
3.2.3.1. Localización de poligonales	24
3.2.3.2. Registro fotográfico	25
3.2.4. Evaluación de la información recolectada	25
3.3. DESARROLLO DEL SIG	26
3.3.1. Digitalización	26
3.3.1.1. Proceso de digitalización	27
3.3.1.2. Diferencias Encontradas	29

3.3.2. Procesamiento de la información.....	31
3.3.2.1. Organización de la información en Base de datos.....	32
3.3.2.2. Creación de Bloques representativos	44
3.3.2.3. Obtención de archivos .SHP.....	46
3.3.2.4. Búsqueda del Software.....	47
4. MONTAJE DEL SIG	49
4.1. CONSULTAS	49
4.1.1. Consultas tipo estadístico	49
4.1.2. Consultas sobre las bases de datos.....	50
4.2. ANALISIS EN EL SIG	51
4.2.1. Análisis (procesos que permiten extraer una nueva información).....	51
4.2.2. Conversión (procesos encargados de transformar datos).....	52
4.3. PROPUESTAS PARA EL USO DEL SIG-UIS EN LA FACULTAD DE SALUD	53
4.3.1. Distribución y ocupación de las zonas de parqueo	53
4.3.2. Ubicación e implementación de puntos de seguridad	54
4.3.3 Mantenimiento de zonas verdes	55
4.3.4 Rutas de acceso.....	55
4.3.5 Mantenimiento de redes.....	56
4.3.6 Uso de aulas dentro de la Facultad de Salud.....	57
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	58
BIBLIOGRAFÍA	60

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Estación total GTS-236W y herramienta menor.	8
Figura 2. Visualización actual de la Facultad de Salud.	19
Figura 3. Ubicación de los puntos SIG-UIS-FS-1	22
Figura 4. Placas para geo-referenciación de los puntos SIG-UIS-FS-1	22
Figura 5. Poligonales levantamiento topográfico.....	24
Figura 6. Bloque para la digitalización de las estaciones. (Deltas.dwg).....	28
Figura 7. Plano levantamiento anterior.	30
Figura 8. Distribución arquitectónica actual.....	30
Figura 9. Objetos tipo Lote	34
Figura 10. Código tipo lote	35
Figura 11. Objetos tipo Edificio.....	36
Figura 12. Código tipo de edificios.....	37
Figura 13. Código tipo de Urbanismo.....	38
Figura 14. Objetos tipo Vía vehicular.....	39
Figura 15. Objetos tipo Vía peatonal	40
Figura 16. Objetos tipo Parqueadero.....	40
Figura 17. Código tipo de vías vehiculares, peatonales y parqueaderos.....	41
Figura 18. Objetos Zona verde	42
Figura 19. Código tipo de Zona verde.....	42
Figura 20. Consulta de estadísticas del campo área construida un objeto edificio50	
Figura 21. Consulta sobre la base de datos del objeto Edificio	50
Figura 22. Distribución y ocupación de zonas de parqueo	54

Figura 23. Supuesta localización de redes hidráulicas.....	56
Figura 24. Área de afectación de un tramo de la red hidráulica que ha sufrido daños.	57

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Precisión de poligonales.....	10
Tabla 2. Poligonales del levantamiento topográfico.....	24
Tabla 3. Orden asignado a las poligonales.....	26
Tabla 4. Atributos del polígono Lote.....	35
Tabla 5. Atributos del polígono Edificio.....	37
Tabla 6. Atributos de Urbanismo.....	38
Tabla 7. Atributos del polígono Vías Vehiculares.....	41
Tabla 8. Atributos del polígono Vías peatonales.....	41
Tabla 9. Atributos del polígono Parqueadero.....	41
Tabla 10. Atributos del polígono Zonas verdes.....	42
Tabla 11. Tipos de objeto y bloques representativos definidos en el diseño del SIG-UIS.....	45

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Levantamiento Topográfico y Digitalización.....	62
---	-----------

RESUMEN

TÍTULO:

ELABORACIÓN DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG) CON LA INFORMACIÓN CORRESPONDIENTE A LA PLANTA GENERAL DE LA FACULTAD DE SALUD. *

AUTORES:

GOMEZ TRIMIÑO, Luis Carlos
RANGEL RUIZ, Javier Andrés
RODRIGUEZ URIBE, Nathalia **

PALABRAS CLAVES:

Sistema de Información Geográfica SIG-UIS, Planeación, Práctica empresarial.

DESCRIPCIÓN:

El proyecto identifica, selecciona, recopila y digitaliza la información correspondiente a la red sanitaria, red de acueducto, red de media tensión, luminarias, zonas peatonales, zonas verdes, zonas viales, parqueaderos, perímetro de los edificios y cerramiento de la Facultad de Salud de la Universidad Industrial de Santander.

Los datos se tomaron empleando una Estación Total de Topografía y utilizando los puntos de referencia SIG-UIS-FS-1 ubicados en la portería y la zona deportiva de la sede. Se digitalizó y se procesó la información recolectada en campo en Microsoft Office Excel con el fin de vincular dicha información con Autodesk.Map y de esta forma lograr minimizar el error en la digitalización del levantamiento topográfico hecho a la facultad; paralelamente a este proceso se crearon diversas tablas en una base de datos (Microsoft Office Access) con la información considerada relevante para su posterior vinculación a las diferentes topologías realizadas con base en el plano final de la facultad; dichas topologías están hechas en forma vectorial, es decir, en forma de nodos, redes o polígonos y cada una de ellas corresponde a una tabla de las anteriormente establecidas en (Microsoft Office Access). Una vez se tiene toda la información enlazada se procede a la creación de los archivos shapes (.SHP) que contienen los atributos alfanuméricos recolectados en campo y la documentación existente así como su cartografía.

El montaje e implementación del SIG se realiza en el software libre gvSIG y simultáneamente, como aporte de la práctica empresarial, se desarrolla un manual didáctico de usuario para el aprendizaje del gvSIG basado en el Manual Didáctico de ArcView, propiedad intelectual del profesor Jorge Gómez Gómez quien participó y aprobó esta edición.

* Proyecto de grado en modalidad de práctica empresarial

** Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas, Escuela de Ingeniería Civil, Jorge Hernando Gómez Gómez.

ABSTRACT

TITLE:

ELABORATION OF A GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM (SIG) WITH THE INFORMATION CORRESPONDING TO THE GENERAL PLANT OF THE HEALTH FACULTY. *

AUTHORS:

GOMEZ TRIMIÑO, Luis Carlos
RANGEL RUIZ, Javier Andrés
RODRIGUEZ URIBE, Nathalia **

KEY WORDS:

GIS-UIS geographic information system, Planning, Work Experience

DESCRIPTION:

The project identifies, selects, compiles and digitizes the information related to sanitation network, aqueduct system, medium tension network, luminaries, pedestrian zones, green areas, road zones, parking lots, perimeter of the building and the enclosure of the Health Faculty from Universidad Industrial de Santander.

The data was collected by using a Total Topographic Station and the reference points GIS-UIS-FS-1 which are located at the main gate and at the sport areas of the University. The information collected in the field was digitalized and processed in Microsoft Excel with the purpose to link it with Autodesk.Map and in this way it would be possible to diminish the errors in the digitalization of the topographical survey done in the faculty, parallel to this process, different tables were created in a data base program (Microsoft Office Access) with the information considered relevant for its later link to the different topologies done according to the final plane of the faculty; These topologies are done in a vectorial form, meaning, in nodes shape, networks or polygons and each topology correspond to the each table done in Access. Once all the information is linked, the files shapes (.SHP) are created which contain the alphanumeric attributes gathered in field and the existing papers as well as its cartography.

The assembly and implementation of GIS is done in the free software gvSIG and simultaneously, as contribution to the work experience, a didactic user Manual for the learning of gvSIG is developed based on the ArcView Didactic Manual, intellectual property of Professor Jorge Gómez Gómez who participated and approved this edition.

* Degree Project in the modality of enterprise practice

** Faculty of Physicomechanical Engineering, School of Civil Engineering, Jorge Hernando Gómez Gómez.

INTRODUCCIÓN

Con el fin de continuar con la implementación del SIG-UIS, la Universidad Industrial de Santander, buscando actualizar y unificar la información de todas sus sedes; y ahora aplicando este concepto a la Facultad de Salud planteando los mismos objetivos básicos en esta fase que los alcanzados en la correspondiente al campus central, desea implementar un sistema que permita manejar una gran cantidad de información alfanumérica y espacial para analizar y tomar decisiones respecto al uso de los recursos de la Universidad.

Al crear una herramienta informática que permite almacenar en un mismo ambiente gráfico diversa información se mejoraría la gestión de las actividades y se facilitaría el proceso de toma de decisiones. El sistema creado contiene información confiable que minimizaría los riesgos de los nuevos proyectos.

A pesar que la Facultad de Salud no ha sufrido cambios significativos en su distribución de espacios respecto al último levantamiento topográfico realizado fue necesario recolectar nuevamente la información para actualizar y complementar la base de datos existente y conocer con seguridad la distribución y uso de los espacios; se busca con esto plantear en un futuro posibles proyectos de ampliación o tecnificación de los servicios prestados.

Este proyecto de implementar un SIG en la Facultad de Salud consta de dos fases principales, la primera relacionada con la recolección de información y la segunda con el desarrollo del SIG. El trabajo de la recolección de la información comienza con una búsqueda de la misma en las diferentes dependencias con las que cuenta la Universidad para este tipo de trabajos, seguida de una evaluación de lo obtenido.

Concluyendo que es imprescindible documentar y validar la información de la Facultad de Salud y teniendo claro que el aspecto más importante de un SIG es la

veracidad y exactitud de la información, se determina la estrategia para la realización de un nuevo levantamiento. En este se tomaron todos los puntos necesarios para cada tipo de objeto a crear, los cuales se geo-referenciaron con base a los puntos SIG-UIS-FS-1 localizados en la portería y en la zona deportiva. Posteriormente se procede a la digitalización de la información relevante, a la creación de los planos de referencia, la base de datos, las topologías y los shapes que son la base del SIG-UIS.

El desarrollo del SIG está comprendido en la segunda fase de este proyecto, y es en este punto donde se procede a realizar la digitalización, el análisis, la corrección y la geo-referenciación digital de la información reunida; de igual manera se realiza la clasificación de objetos, las topologías, la exclusión de información irrelevante y la creación de los archivos shape que contienen la información gráfica y alfanumérica de los objetos; teniendo lo anteriormente mencionado se procede a elaborar el montaje del SIG y para ello se hace necesaria la búsqueda de un Software que proporcione las mejores ventajas en cuanto a implementación, manejo y visualización por parte del usuario final.

Este proyecto se plantea como complemento al proyecto SIG-UIS y sus fases previas realizadas en el campus central y sigue los lineamientos del mismo.

Al geo-referenciar los objetos creados y pertenecientes a la Facultad de Salud respecto a los puntos SIG-UIS-FS-1 y SIG-UIS-FS-2 se actualiza la información geográfica de la seccional pues se conocen las coordenadas cartesianas de los mismos y su ubicación real.

Dentro del presente libro se incluye un marco teórico con los conceptos topográficos e ingenieriles necesarios para la realización del proyecto así como los pasos requeridos para la implementación y montaje del Sistema de Información Geográfica partiendo desde el levantamiento topográfico y finalizando con una descripción de los posibles y más comunes usos del SIG-UIS.

1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

1.1. OBJETIVO GENERAL

Elaborar un sistema de información geográfica (SIG) a partir de la información obtenida del levantamiento topográfico realizado en la planta general de la Facultad de Salud de la Universidad Industrial de Santander con el fin de mejorar los procesos de planeación física.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Recolectar la información de puntos, redes y áreas correspondiente a la facultad de salud.
- Capturar, almacenar y clasificar por temas la información de la planta general de la Facultad de Salud.
- Digitalizar y caracterizar la información recopilada según el Manual para la Normalización y estandarización de la Cartografía digital de la UIS.
- Elaborar archivos (.SHP .DBF .SHX) para la visualización espacial en un Sistema de información Geográfica (SIG) de la planta general de la Facultad de Salud.
- Implementar el SIG como apoyo para la toma de decisiones enfocadas al uso sostenible de la sede.

1.3. JUSTIFICACIÓN

El manejo y procesamiento de datos, ya sean estos de tipo numérico, alfanumérico o de carácter gráfico es indispensable en el momento de tomar una decisión que determine la viabilidad de un proyecto, es por eso que, aprovechando las ventajas de la era de la informática actual, en la que los adelantos tecnológicos permiten un manejo más eficaz de la información, se requiere de la implementación de sistemas de fácil acceso que recopilen toda la información con la que se cuenta y sean aliados en la toma de decisiones para asumir responsablemente y con un buen respaldo los riesgos que acarrearán los cambios.

La información análoga con la que se cuenta actualmente permite cometer errores y generar confusiones debido entre otras cosas, a su antigüedad, por lo que una vez puesto en marcha un Sistema de Información Geográfica, se podría contar con información precisa, actualizada, de fácil acceso y consulta que minimizaría el grado de riesgo en la toma de decisiones.

Acorde con lo anterior, a través de la práctica empresarial se continúa con el proyecto de creación del SIG-UIS, ahora aplicado a la Facultad de Salud, con el que se busca administrar de forma ordenada y actualizada la información correspondiente a zonas peatonales, zonas verdes, zonas viales, mobiliario exterior, perímetros de edificios, entre otros, planteándolo como una solución muy eficaz para su manejo y posterior utilización como instrumento en una toma de decisiones que involucre algún recurso físico.

1.4. ALCANCE

Actualmente la Universidad Industrial de Santander en su afán de brindar a los estudiantes, docentes y empleados mejores recursos, ha querido implementar un Sistema de Información Geográfica con el que se pueda conocer lo que actualmente posee para apoyar la toma de decisiones relacionadas con los recursos físicos, y desde luego presentar a la Universidad como un gran ente organizado en todos sus aspectos.

Los conocimientos teóricos y prácticos adquiridos en la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Industrial de Santander junto con la organización, digitalización y sistematización de la información recopilada mediante el levantamiento topográfico de la Facultad de Salud son el fundamento en la creación de esta base de datos de fácil y rápido manejo que traerá ventajas tanto de carácter informático como el empleo de nuevas tecnologías en cuanto a la gestión de recursos se refiere.

Después de recopilada la información arquitectónica de la sede de la Facultad de Salud se procede a su organización e implementación en un Sistema de Información Geográfico siguiendo el Manual para la Normalización y estandarización de la Cartografía digital de la UIS permitiendo a la comunidad universitaria conocer los espacios y usos que se le están dando a cada uno de los recursos físicos que allí se encuentran con el fin de mejorar la gestión de los mismos.

2. MARCO TEÓRICO

Se presentan dentro de este capítulo los conceptos topográficos e ingenieriles necesarios para comprender las fases de implementación y desarrollo del Sistema de Información Geográfica desarrollado con este proyecto así como su uso y proyección.

2.1. TOPOGRAFÍA

La topografía tiene por objeto medir extensiones de tierra, tomando los datos necesarios para poder representar sobre un plano, a escala, su forma y accidentes. Es el arte de medir distancias horizontales y verticales entre puntos y objetos sobre la superficie terrestre, medir ángulos entre rectas terrestres y localizar puntos por medio de distancias y ángulos previamente determinados. Sirve como base para la mayor parte de los trabajos de ingeniería, así mismo, se emplea para establecer propiedades, medir sus extensiones, dividir las y determinar accidentes u objetos dentro de ellas, entre otros. La topografía se divide en dos grandes ramas, la planimetría y la altimetría.

Es necesario aclarar la diferencia entre dos ciencias que tienen más o menos la misma afinidad: la topografía y la geodesia. La topografía opera sobre porciones pequeñas de tierra, no teniendo en cuenta la verdadera forma de esta, un elipsoide, sino que considera la superficie terrestre como un plano; cada punto se determina generalmente mediante sus dos coordenadas rectangulares planas (x,y) y, si acaso, su altura (h). La geodesia, en cambio, tiene en cuenta la verdadera forma de la Tierra, por consiguiente, su superficie ya no se considera un plano sino que se toma como parte de la superficie de una esfera o de un elipsoide; en

ese caso, cada punto se determina mediante coordenadas esféricas (longitud y latitud).¹

2.1.1. Cartografía

Los mapas son representaciones gráficas de porciones de la superficie terrestre. Los accidentes orográficos se muestran mediante diversas combinaciones de puntos, líneas y símbolos estandarizados. Tradicionalmente los mapas se han producido impresos en papel pero actualmente su producción se realiza en forma digital.

La cartografía es el término con que se designa el proceso total de la producción de mapas; abarca el diseño de estos, la preparación o compilación, el dibujo final y la reproducción de manuscritos. Todos estos procesos son aplicables a los mapas, ya sean éstos gráficos o digitales.²

2.1.2. Planimetría

La planimetría considera la proyección del terreno sobre un plano horizontal. Esta proyección se denomina base productiva y es la que se considera cuando se habla del área del terreno. Las distancias se toman sobre esta proyección.³

¹ Topografía, Álvaro Torres Nieto y Eduardo Villate Bonilla, 4ª edición, (capítulo 1 Introducción. Nociones Generales), Escuela Colombiana de Ingeniería, Pearson Education de Colombia Ltda. 2001.

² Topografía. Paul R. Wolf y Rusell C. Brinker, 9ª edición, (capítulo 17 Cartografía), Alfaomega grupo editor, S.A de C.V 1997.

³ Topografía, Álvaro Torres Nieto y Eduardo Villate Bonilla, 4ª edición, (capítulo 1 Introducción. Nociones Generales), Escuela Colombiana de Ingeniería, Pearson Education de Colombia Ltda. 2001.

2.1.2.1 Equipamiento

Para el desarrollo de este proyecto se emplearon instrumentos de última tecnología para la captura de datos en levantamientos topográficos. Estos son: la estación total GTS-236W con los elementos que requiere para realizar su lectura y la herramienta menor.⁴

Figura 1. Estación total GTS-236W y herramienta menor.



2.1.2.2. Levantamiento planimétrico por el método de la poligonal

Una poligonal es una serie de líneas consecutivas cuyas longitudes y direcciones se han determinado a partir de mediciones en el campo. El trazo de una poligonal, que es la operación de establecer las estaciones de ésta y de hacer las mediciones necesarias, es uno de los procedimientos fundamentales y más utilizados en la práctica para determinar la ubicación relativa entre puntos del terreno.

Hay dos tipos de poligonales: la cerrada y la abierta. En una poligonal cerrada: (1) las líneas regresan al punto de partida, formándose así un polígono geométrica y analíticamente cerrado, o bien, (2) las líneas terminan en otra estación que tiene una exactitud de posición igual o mayor que la del punto de partida. Las

⁴ Referencia y especificaciones de los equipos utilizados en el **Anexo 1.** (Levantamiento Topográfico y Digitalización)

poligonales cerradas proporcionan comprobaciones de los ángulos y de las distancias medidas, consideración ésta en extremo importante. Una poligonal (geométrica y analíticamente) consta de una serie de líneas unidas, pero estas no regresan al punto de partida ni cierran en un punto con igual o mayor orden de exactitud. En las poligonales abiertas deben repetirse las medidas para evitar equivocaciones.⁵

El Instituto Geográfico Agustín Codazzi es la entidad que en Colombia establece los puntos de referencia estándar para realizar levantamientos en proyectos de ingeniería y a su vez valida las coordenadas de puntos diferentes a estos puntos de referencia como por ejemplo los puntos SIG-UIS-FS-1.

Dado que la estación total no toma un dato exacto de ángulo y distancia, debido a los errores sistemáticos, la línea de la poligonal que parte de un punto no termina en este mismo por lo que se deben realizar correcciones a las distancias y a las medidas de los ángulos repartiendo equitativamente el error entre los vértices de la poligonal. Aunque los cálculos matemáticos para obtener el error pueden resultar tediosos la corrección es más precisa por este método que por el método gráfico.

El error de cierre se basa en la ocurrencia de los errores aleatorios que pueden aumentar o disminuir los ángulos medidos. Puede calcularse tal error por la fórmula $c = K\sqrt{N}$ donde N es el número de ángulos y K es una constante que depende del grado de exactitud especificado para el levantamiento.⁶

⁵ Topografía. Paul R. Wolf y Russell C. Brinker, 9ª edición, (capítulo 12 Poligonales), Alfaomega grupo editor, S.A de C.V 1997.

⁶ Topografía. Paul R. Wolf y Russell C. Brinker, 9ª edición, (capítulo 12 Poligonales), Alfaomega grupo editor, S.A de C.V 1997.

Prior, utilizó valores dependiendo del uso del levantamiento realizado y asignó un orden de importancia para cada uno de ellos, estableciendo el primer orden como el más preciso y continuando hasta el cuarto, como el menos preciso.

Tabla 1. Precisión de poligonales.⁷

Orden	Dist. Horiz. No ajustada	Ángulos horiz. No ajustados	Tarea típica
Primera	1:25000	$2\sqrt{N}$ segundos	Geodesia
Segunda	1:10000	$10\sqrt{N}$ segundos	Proyectos grandes de ingeniería
Tercera	1:5000	$30\sqrt{N}$ segundos	Levantamientos de ingeniería
Cuarta	1:2000	$60\sqrt{N}$ segundos	Áreas pequeñas

Existen 3 causas debido a las cuales se cometen errores al efectuar mediciones:

- Errores naturales: Son causados por variaciones del viento, la temperatura, la humedad, la presión atmosférica, la refracción atmosférica, la gravedad y la declinación magnética.
- Errores instrumentales: Se deben a imperfecciones en la construcción o ajuste de los instrumentos y del movimiento de sus partes individuales. El producto de muchos errores instrumentales puede reducirse, e incluso eliminarse, adoptando procedimientos topográficos adecuados o aplicando correcciones adecuadas.
- Errores personales: Tienen origen principalmente en las limitaciones propias de los sentidos humanos, tales como la vista y el tacto.

Los errores en las mediciones son de dos tipos:

- Errores sistemáticos: Estos resultan de factores que comprenden el sistema de medición e incluyen el medio ambiente, los instrumentos y el

⁷ Técnicas modernas en Topografía, 7ª Ed., Bannister. 2001

observador. Siempre que las condiciones del sistema se mantengan constantes, los errores sistemáticos se mantendrán constantes. Las condiciones que ocasionan errores sistemáticos se deben a leyes físicas que se pueden representar matemáticamente. Por lo tanto, si se conocen las condiciones y se pueden medir, es posible calcular una corrección y aplicarla a los valores observados.

- Errores aleatorios: Estos son los que quedan después de haber eliminado los errores sistemáticos. Son ocasionados por factores que quedan fuera del control del observador, obedecen a las leyes de la probabilidad. Las magnitudes y los signos algebraicos de los errores aleatorios son consecuencia del azar. No existe manera absoluta de calcularlos ni de eliminarlos, pero pueden estimarse usando un procedimiento de ajuste conocido como el método de los mínimos cuadrados.⁸

2.2. SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRÁFICA

Un Sistema de Información Geográfica (SIG) es un conjunto de métodos y herramientas que actúan coordinada y lógicamente para capturar, almacenar, analizar, transformar y presentar información geográfica con sus correspondientes atributos, con el fin de satisfacer múltiples propósitos.

El SIG permite, en una forma automatizada, integrar información espacial con otro tipo de información para su manipulación y análisis, facilitando la toma de decisiones en diversos problemas de ingeniería. Igualmente es una herramienta importante para el conocimiento y manejo de los recursos naturales y del medio ambiente, y facilita a los planificadores y administradores el uso de la información geo-referenciada.

⁸ Topografía. Paul R. Wolf y Rusell C. Brinker, 9ª edición, (capítulo 2 Teoría de la medición y de los errores), Alfaomega grupo editor, S.A de C.V 1997.

La mayoría de los SIG incluyen un completo conjunto de funciones que permiten la entrada, almacenamiento y recuperación de datos especialmente referenciados. Algunas de las funciones más comúnmente utilizadas en un SIG para manipulación y análisis integrado de datos espaciales y no espaciales son consulta y medición, superposición, vecindad y conectividad.

Un SIG puede comprenderse mediante una definición formal y a través de su capacidad para llevar a cabo operaciones espaciales, enlazando datos espaciales con sus atributos o características. También se puede conocer un SIG por una serie de preguntas típicas que puede o está capacitado para responder, y que en forma genérica son: preguntas de localización (¿Qué hay en...?, ¿Qué se encuentra en...?), preguntas de condición (¿Dónde hay...?, ¿Dónde se encuentra...?), preguntas de tendencia (¿Qué ha cambiado desde...?), preguntas sobre patrones (¿Qué patrón espacial existe...?) y preguntas de modelamiento (¿Qué pasa si...?).

En la forma más simple, los componentes de un SIG son el usuario, los programas para el SIG y el equipo electrónico. Los datos, que son parte integral del SIG, también pueden considerarse como otro componente. Dentro de los programas para el SIG están:

- Subsistema de entrada de datos: Convierte los datos existente a una forma tal que el SIG los pueda utilizar.
- Subsistema de almacenamiento o base de datos: Compuesto por cuatro bases de datos interrelacionadas entre sí (Bases de datos donde se guardan los planos de imagen y los planos gráficos, donde se almacena la topología de cada mapa vertical y donde se guardan las tablas de atributos).
- Subsistema de manejo de datos: Permite todas las operaciones de manipulación de datos, tales como generación, interrogación, edición y actualización.

- Subsistema de análisis y modelamiento de datos: Permite realizar las operaciones analíticas necesarias para resolver un problema dado.
- Subsistema de salida y presentación de datos: Permite generar la información, producto de la integración y análisis de los datos de entrada. Los formatos de salida son generalmente gráficos y tablas.

Estructuras para representar información espacial en el computador (Estructuras basadas en datos vectoriales)

El espacio, o área, es un conjunto de coordenadas donde cada elemento puede definirse con la precisión deseada. Las coordenadas permiten el posicionamiento preciso de elementos en el espacio. La localización de elementos sobre la superficie se realiza referenciándolos respecto a un sistema cartesiano de coordenadas. Los elementos sobre la tierra se representan mediante puntos, líneas y polígonos.

- Entidades puntuales: Es toda entidad gráfica o geográfica que se posiciona por un solo par de coordenadas (x,y). El área o extensión es insignificante o nula, pero algunas veces con una dimensión vertical significativa.
- Entidades lineales: Son todos los elementos lineales constituidos por segmentos de líneas rectas. Están conformados por cadenas de coordenadas con un punto inicial y uno final y un registro que indica a qué tipo de entidad pertenece o qué símbolo se usará para su despliegue.
- Entidades de área: Polígonos, regiones, áreas o superficies pueden representarse de diferentes maneras en una base de datos. Cada polígono se almacena como una cadena de segmentos de líneas, representada por una secuencia de coordenadas que inician y terminan en el mismo punto.

2.2.1. Atributos

Los atributos hacen referencia a las propiedades o características de las entidades espaciales que deben manipularse en un SIG. Son datos no espaciales y se representan en tablas. Las fuentes de los atributos disponibles son generalmente datos socioeconómicos provenientes de censos y encuestas, y datos obtenidos en el campo, referidos a los atributos de cualquier objeto o fenómeno.⁹

2.2.2. Limpieza Digital

Previo a la creación de las topologías se debe verificar que todos los elementos se encuentren bien dibujados, es decir, tener polígonos perfectamente cerrados (con área), redes conectadas perfectamente es sus nodos, y puntos dibujados como tales en el programa CAD (los objetos con área no pueden ser puntos).

Los errores que se analizan dependen de la tolerancia especificada y son 7:

- Objetos duplicados: Localiza objetos que parten de igual comienzo y fin así como otros puntos dentro de la distancia de tolerancia. El comando no toma en cuenta el formato de la línea.
- Cortes en intersecciones: Localiza objetos que cruzan a otros y no tienen un nodo en la intersección, separando los elementos cruzados y creando un nodo.
 - Elementos cortos: Localiza cualquier objeto con una longitud menor que la especificada por la tolerancia y lo elimina. Remueve tanto objetos aislados como objetos que hacen parte de una polilínea.
- Extensión de elementos insuficientes: Usualmente cuando se trabaja en cartografía puede suceder que una línea dibujada no llegue al punto deseado, aunque aparentemente parezca lo contrario, la herramienta

⁹ Topografía, Álvaro Torres Nieto y Eduardo Villate Bonilla, 4ª edición, (capítulo 32 Sistema de Información Geográfica (SIG)), Escuela Colombiana de Ingeniería, Pearson Education de Colombia Ltda. 2001.

de extensión de objetos insuficientes localiza los elementos que tengan nodos separados de elementos del dibujo por una distancia menor a la tolerancia establecida y procede a alargar este elemento hasta el otro, si no existe un nodo en el sitio de llegada el proceso genera un nodo nuevo.

- Unión de nodos cercanos: Corrige múltiples nodos cercanos creando uno solo.
- Disolución de seudonodos: Un seudonodo es un nodo ubicado de manera innecesaria en un elemento que esta compartido únicamente por dos objetos, por ejemplo una línea larga se puede dividir innecesariamente en muchas por seudonodos. Usando la herramienta se puede localizar y disolver cualquier seudonodo y unir los elementos en uno solo. Esta opción también elimina los nodos que se encuentran en la intersección de dos objetos lineales, dejando el vértice en su sitio.

Para la correcta utilización de estos comandos es de suma importancia conocer el significado de tolerancia. La tolerancia es la distancia en todas direcciones desde un objeto, hasta donde el comando de limpieza busca el problema. Es una franja alrededor de la línea (o punto), que define un área donde el error se presenta.

La limpieza puede borrar o modificar de una manera indeseada elementos del dibujo causando errores graves por modificar la información verdadera de los objetos geo-referenciados. Por tal motivo, es importante definir cuál es la tolerancia que se admite, asumiendo un valor menor al error máximo admisible para la escala de manejo del plano y ajustándola específicamente para cada tipo de herramienta.

2.2.3. Topologías

Los datos cartográficos obtenidos a partir de la planimetría son la base para la organización de la información dentro del SIG-UIS. Sin embargo, esta cartografía debe ser simplificada con el fin de conservar únicamente la información que será objeto de estudio. Para obtener el grado de simplificación deseado, se procede a

identificar todos los elementos de la cartografía dentro del alcance del sistema de información consignados en la propuesta del modelo conceptual del SIG-UIS.

El proceso de simplificación se lleva a cabo por medio de la creación de topologías las cuales son una serie de reglas y elementos que modelan la manera en la que entidades como puntos, líneas y polígonos comparten geometría en el espacio del mapa. Estos tres tipos de topologías definidos según la dimensión de los elementos que las forman, son la información que dotará de inteligencia al mapa, permitiendo ampliar las capacidades de análisis.

- Topología de nodos: Normalmente un nodo es un punto que representa una entidad geográfica demasiado pequeña para ser representada como una línea o como una superficie; este tipo de elemento es una abstracción de un objeto de cero dimensiones y se representa por un par de coordenadas X, Y. La topología de nodos describe al elemento geográfico representándolo con identificador y resistencia; no guarda relaciones con otros nodos (y demás topologías), a diferencia de las topologías de red y polígonos.
- Topología de red: Esta topología permite modelar sistemas de nodos interconectados por tramos que no tienen necesariamente que ser rectos. Guarda relaciones de identificador, resistencia, contigüidad y dirección. La resistencia y la dirección de flujo permiten hacer análisis del recorrido por la red de acuerdo con la distancia o coste entre un nodo de partida y uno de llegada.
- Topología poligonal: El polígono es una entidad utilizada para representar superficies. Un polígono se define por las líneas que forman su contorno cerrado y por un centroide que lo identifica. Los polígonos tienen atributos que describen al elemento geográfico que representan tales como: identificador, área, perímetro y enlaces. Las

topologías de polígonos almacenan la información concerniente a la ubicación geométrica de los polígonos tales como son la vecindad, contigüidad, proximidad y contención.¹⁰

¹⁰ Tomado de AutoCAD.Map 3D 2006 help manual, AUTODESK®, 2006

3. IMPLEMENTACION DEL SIG

La Universidad Industrial de Santander decidida a mejorar los servicios prestados en cada una de sus dependencias necesita de un sistema de apoyo en la toma de decisiones que involucren la disponibilidad de sus recursos físicos y ayude a la planificación de proyectos.

La creación de un sistema de información geográfica para la Facultad de Salud permitirá acceder a la información necesaria para este tipo de proyectos de manera fácil y rápida pues el formato digital es más completo y dinámico que el formato análogo con el que se cuenta actualmente.

Se conocerán con exactitud las coordenadas de puntos estratégicos dentro de la sede como los correspondientes a los límites de las zonas verdes y duras y a las edificaciones existentes como punto de partida para la geo-referenciación de los mismos y la posterior creación del SIG-UIS integrando y complementando la cartografía actual.

3.1. ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO

3.1.1. Ubicación Geográfica

La Facultad de Salud de la Universidad Industrial de Santander se encuentra ubicada en la Carrera 32#29-31 en la ciudad de Bucaramanga.

Limita al norte con la Avenida Quebrada Seca, al oriente y al sur con Hospital Universitario Ramón González Valencia y al occidente con una zona residencial y comercial (Barrio la Aurora).

3.1.2. Extensión

La Facultad de Salud de la Universidad Industrial de Santander se encuentra distribuida en un lote de 9310 m² (0.931 hect.) medidas sobre el plano obtenido

con el levantamiento topográfico. El lote contiguo recientemente adquirido tiene un área de 2951 m² (0.295 hect.)

3.1.3. Infraestructura

La Facultad de Salud de la Universidad Industrial de Santander cuenta con una zona de parqueo y una zona deportiva además de numerosas zonas verdes y pasillos que comunican las edificaciones existentes.

Dentro de las instalaciones se desarrollan actividades educativas, de investigación y culturales por lo que se cuenta entre otros con aulas de clase, laboratorios, centros de estudio, auditorios, cafetería, zonas de estudio al aire libre, oficinas administrativas, etc.

Figura 2. Visualización actual de la Facultad de Salud.



3.2. RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

Teniendo claro que la información utilizada en la implementación de un SIG debe ser confiable, actual y veraz se hace necesario además de la búsqueda de la información con la que se cuenta realizar su respectiva evaluación y análisis para determinar si es o no válida para este propósito.

3.2.1. Búsqueda de la información existente

La información cartográfica a la que se accedió corresponde a un plano en el que se encuentra la distribución arquitectónica de la Facultad de Salud. Aunque en el plano no se observaban detalles específicos, la distribución general de la planta física ha permanecido constante a excepción de algunos sitios donde se han realizado reformas que incluyen por ejemplo, nuevas escaleras de acceso y zonas comunes.

Se contó también con la información digitalizada de un levantamiento previo realizado al lote que limita al costado nororiental de la Facultad de Salud UIS cuyos datos se empalmaron a los del levantamiento realizado durante el desarrollo del proyecto y se obtuvo la distribución de esta parte de la Facultad.

La información encontrada y a la que se tuvo acceso se hallaba dentro de los registros que el Departamento de Planeación UIS posee de la Facultad de Salud.

Teniendo la distribución arquitectónica de la Facultad se procedió a la búsqueda de la información correspondiente de las redes eléctricas, hidráulicas y sanitarias sin encontrar registro alguno de la distribución de estas.

El departamento de Planeación UIS estableció entonces un contacto con el personal de Planta Física de la Facultad de Salud encargado del mantenimiento de la misma. Gracias a la experiencia de trabajo de esta dependencia se logró una localización aproximada de la distribución de la red hidráulica y sanitaria.

3.2.2. Evaluación de la información existente

Con la información obtenida de la Facultad de Salud en un plano a escala 1:500 se realizó una visita de reconocimiento donde no se hallaron grandes diferencias en la distribución arquitectónica actual respecto a la distribución observada en el plano; estas no pasaron de ser reformas aisladas en zonas comunes, zonas verdes y la falta de detalles como ubicación de arboles, faros, cajas eléctricas, llaves de paso, contadores, entre otros.

El problema de la información obtenida radica en la ausencia de material que soporte el levantamiento topográfico que llevó a esta; no se cuenta con ningún registro que mencione la precisión obtenida en el levantamiento, ni de carteras de campo con la ubicación de poligonales y detalles ni se conocen los puntos de referencia a partir de los cuales se realizó el levantamiento.

Por estas razones se considera que la información no es válida para la implementación de un SIG y se procede a la programación de un nuevo levantamiento topográfico que cumpla con estos requisitos.

Respecto a la distribución de las redes hidráulicas y sanitarias se toma como cierta la información recogida, se digitaliza, se deja en formato .DWG y se hace entrega al Departamento de Planta Física para su aprobación y posterior uso ya que actualmente ellos no cuentan con dicha información soportada, pero no se incluye dentro del SIG por no ser exacta en su ubicación y por poseer cierto grado de incertidumbre en cuanto a diámetros, accesorios y longitudes.

3.2.3. Levantamiento topográfico

En primera instancia fue necesaria la determinación con ayuda del Ing. Civil Juan Miguel Ortiz de la mejor ubicación de las placas SIG-UIS-FS-1 primordiales para la geo-referenciación del levantamiento topográfico. Se realizó el acompañamiento para la elaboración de las mismas partiendo desde la realización de su modelo

hasta su materialización y colocación. Las placas están hechas en bronce y las realizó la Universidad Industrial de Santander conforme a las especificaciones dadas. Después de estar determinados los puntos se procedió a la colocación de las placas contando con la ayuda del personal de Planta Física de la Facultad; se incrustó una a la entrada de la Facultad de Salud y la otra detrás de la cancha de fútbol empleando una mezcla de cemento.

Figura 3. Ubicación de los puntos SIG-UIS-FS-1

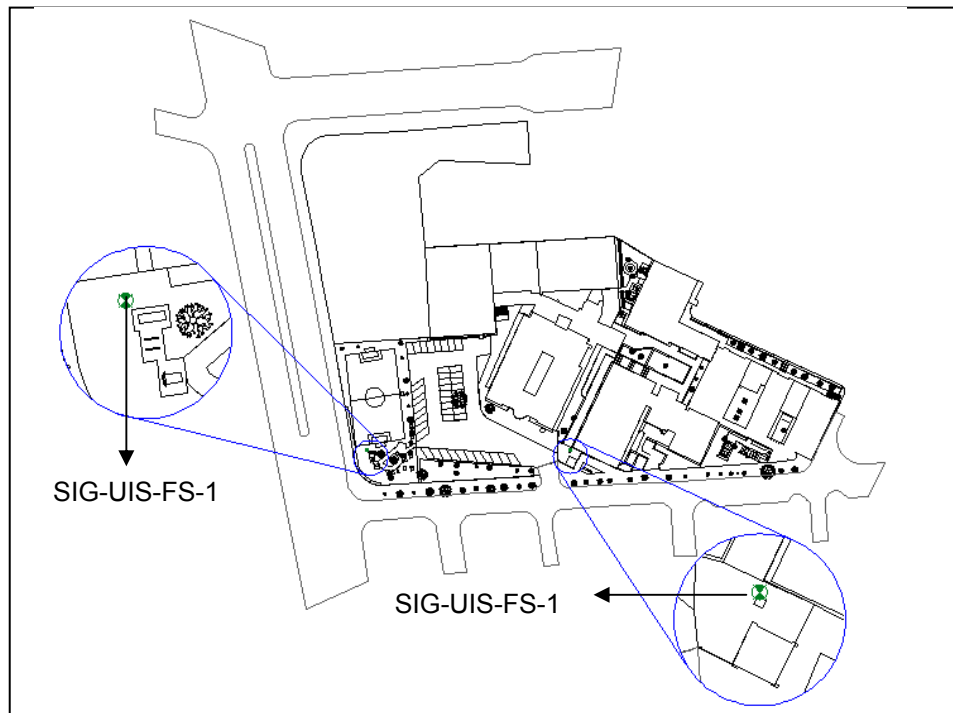


Figura 4. Placas para geo-referenciación de los puntos SIG-UIS-FS-1



El levantamiento topográfico se realizó con coordenadas locales puesto que la ubicación de las placas no permite obtener sus coordenadas absolutas con total precisión utilizando un GPS subcentimétrico. Si se quiere referenciar la Facultad de Salud se debe realizar un trabajo de campo trasladando las coordenadas geodésicas desde un punto conocido, el cual puede ser una de las placas colocadas en el campus central de la Universidad Industrial de Santander, hasta una de las placas de geo-referenciación.

Se comenzó el proceso realizando una visita exploratoria a la Facultad de Salud para determinar la posible ubicación de las estaciones del levantamiento partiendo de la ubicación de las placas de referencia.

Una vez se definieron el número y la posición de dichas estaciones se procedió a comprobar la visibilidad de las mismas (en cada una se debía observar la estación anterior y la estación siguiente y la mayor cantidad de detalles) y a marcarlas en el terreno dependiendo de su ubicación: las que se encontraban dentro de una zona verde se marcaron utilizando puntillas para tejas de zinc (se incrustan en el terreno garantizando su permanencia durante el levantamiento) cuya cabeza fue pintada de amarillo mientras que las que encontraban dentro de una zona dura (pasillo) se identificaron con un círculo de pintura del mismo color.

Durante todo el levantamiento se llevaron ordenadamente las carteras correspondientes a todas las estaciones donde se plasmó la información necesaria y al mismo tiempo se fue realizando un pequeño croquis en donde se indicaban todos los puntos medidos en cada una de ellas. Para algunos detalles fue necesario el uso de cinta métrica con la que se tomaron las dimensiones necesarias faltantes (perímetro de árboles y postes, dimensiones de cajas y columnas, ancho de muros, etc.).

3.2.3.1. Localización de poligonales

El levantamiento topográfico se realizó por el método de la poligonal cerrada para el que se definieron la menor cantidad de estaciones con el fin de disminuir los errores que se pueden producir al armar la estación total en cada una de ellas.

Para realizar el levantamiento se trabajó con 16 estaciones distribuidas en toda la Facultad de Salud, obteniendo una conformación de 3 polígonos los cuales sirvieron para la obtención de la precisión del levantamiento.

Tabla 2. Poligonales del levantamiento topográfico

POLIGONAL	ESTACIONES
#1	▲ 1-▲2-▲3-▲4-▲5-▲ 1
#2	▲ 7-▲8-▲9-▲10-▲11-▲12-▲13-▲14-▲ 7
#3	▲ 14-▲15-▲16-▲14

Figura 5. Poligonales levantamiento topográfico



3.2.3.2. Registro fotográfico

Como soporte para la digitalización de los puntos medidos en el levantamiento topográfico se decidió llevar un registro fotográfico de la infraestructura de la Facultad de Salud UIS. Así, cuando se presentaron dudas sobre la ubicación de un punto, alineación o dimensiones de un área se recurrió a este sin necesidad de ir hasta la Facultad de Salud.

El registro fotográfico se realizó rodeando los edificios e incluyendo fotografías de todos los detalles posibles de los mismos y de las zonas comunes (zonas verdes y zonas duras) aledañas a estos. El recorrido para la sesión fue el mismo del levantamiento topográfico para llevar un orden con los puntos medidos. Las fotografías se nombraron inicialmente con las iniciales del edificio más cercano y luego con números.

3.2.4. Evaluación de la información recolectada

Una vez terminado el levantamiento se realizó un informe del mismo que se presentó al Topógrafo profesor de la Universidad Industrial de Santander, Álvaro Castellanos para su aprobación. Dicho informe presenta con mayor detalle el levantamiento realizado, así como las carteras de campo, la explicación detallada de la digitalización, el método utilizado en el cierre y corrección de las poligonales y desde luego el plano como soporte.¹¹

El objetivo del nuevo levantamiento es contar con información valedera y veraz para el SIG; esto se consiguió con la aprobación dada y realizando una simple comparación entre lo que se tenía anteriormente y con lo que se cuenta ahora. El detalle y la precisión en lo obtenido es de alta calidad y desde luego confiable,

¹¹ Profundización del levantamiento topográfico **Anexo 1.** (Levantamiento Topográfico y Digitalización)

además se recogió una gran cantidad de información que no se tenía como es el caso de cajas eléctricas, contadores, faros, vías peatonales detalladas, etc.

Tabla 3. Orden asignado a las poligonales.¹²

POLIGONAL	# LADOS	ERROR ANGULAR	ERROR LINEAL	TOLERANCIA ANGULAR	TOLERANCIA LINEAL	ORDEN ASIGNADO	TAREA TIPICA
1	5	0° 0' 55"	1 : 20,416.20 m.	0° 1' 7.08"	1 : 5000 m	TERCERO	LEVANTAMIENTO DE INGENIERIA
2	8	0° 1' 0"	1 : 20,163.36 m.	0° 1' 24.85"	1 : 5000 m	TERCERO	LEVANTAMIENTO DE INGENIERIA
3	3	0° 0' 25"	1 : 2,677.96 m.	0° 0' 51.96"	1 : 2000 m	CUARTO	AREAS PEQUEÑAS

3.3. DESARROLLO DEL SIG

Para el desarrollo del SIG, es necesario tener la información completa y organizada, de tal manera que se mantenga un orden para su posterior vinculación entre los diferentes formatos que se manejen. En este caso existirán dos formatos principales para los tipos de archivo en donde estará guardada la información antes de ser vinculada para la creación de los .SHP; por una parte se requiere de un programa de ambiente gráfico donde se plasme lo realizado en el levantamiento topográfico y de otro programa que almacene la información escrita en forma de base de datos el cual contendrá la documentación que se quiere sea vista en el Sistema de Información Geográfica (SIG).

3.3.1. Digitalización

En este punto se obtiene como resultado final el plano general de la Facultad de Salud con todos sus detalles como lo son zonas verdes, zonas peatonales, zonas viales, parqueaderos, zonas de estudio y desde luego las estructuras existentes que son el punto de mayor interés.

¹² Técnicas modernas en Topografía, 7ª Ed., Bannister. 2001

Partiendo de las carteras digitalizadas en Excel y manteniendo la nomenclatura adoptada desde un principio se procedió a la realización del plano en AutoCAD. Para dicho fin y teniendo como objetivo minimizar el número de errores en la digitalización se programó una hoja de cálculo en Microsoft Excel que permitiera vincular este con AutoCAD y lograr la ubicación de todos los puntos tomados en el levantamiento; de tal forma que el trabajo restante se convertía en darle forma a esa nube de puntos con ayuda del registro fotográfico y de los croquis realizados en campo para cada estación.

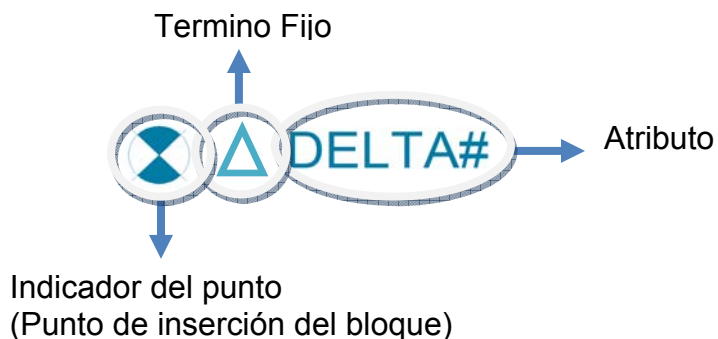
3.3.1.1. Proceso de digitalización

A continuación se explica de manera general el procedimiento que se siguió para la digitalización del plano de la Facultad de Salud.

En primer lugar se realiza la referenciación digital de los polígonos, dicho proceso es el de más cuidado y de mayor importancia en la digitalización; corresponde a la ubicación en escala real de todos los puntos que conforman las poligonales en un sistema de coordenadas locales adoptado por el usuario. Se realizó así:

- Digitalización en Excel de los datos consignados en las carteras de campo para cada polígono.
- Programación en Microsoft Excel de una hoja de cálculo para los cierres de las poligonales por ángulos internos, y para la obtención del archivo .SCR que será el encargado de dibujar automáticamente los vértices de la poligonal en AutoCAD.
- Creación de un bloque con atributos en AutoCAD: Se crea un bloque y se guarda como **WBLOCK** en la raíz **C://** del computador con el nombre **Deltas.dwg**.

Figura 6. Bloque para la digitalización de las estaciones. (Deltas.dwg)



- En la plataforma de AutoCAD inicialmente se configuran las unidades y después se ejecuta el archivo .SCR inmediatamente se observan los deltas de la poligonal insertados en la posición hallada en el cierre. Luego, simplemente se unen los deltas para armar la poligonal y pasar a la digitalización de los puntos tomados en cada estación.
- De la digitalización de carteras de detalles en Excel se obtiene nuevamente un archivo .SCR.
- Es conveniente de igual manera crear un nuevo bloque con atributos para los puntos tomados desde cada delta y seguir el mismo procedimiento mencionado anteriormente para este tipo de bloques.
- Es importante tener en cuenta que en el momento de ejecutar desde AutoCAD el nuevo archivo .SCR es necesario crear un nuevo sistema de coordenadas provisional (UCS), cuyo origen debe ser el delta a partir del cual se van a ubicar los puntos y el eje (y) debe estar en dirección del delta donde se amarraron ángulos en ceros con la estación total.
- En este punto de la digitalización solo queda tomar como guía el registro topográfico y los croquis hechos en campo para unir de manera correcta y en las capas correspondientes la nube de puntos obtenida en el apartado anterior.¹³

¹³ Profundización del proceso de digitalización paso a paso en el **Anexo 1.** (Levantamiento Topográfico y Digitalización)

3.3.1.2. Diferencias Encontradas

Realizando una comparación global entre los dos planos no se observan diferencias significativas en cuanto a la forma y distribución de las edificaciones de la Facultad de Salud pero actualmente se cuenta con información detallada de las zonas comunes, zonas verdes, zona deportiva, parqueaderos y ubicación de cajas eléctricas e hidrosanitarias entre otras.

Hay que hacer énfasis en la localización, sobre la distribución actual, del lote adquirido recientemente por la Universidad Industrial de Santander ubicado en el costado nororiental de la Facultad de Salud necesario para la ampliación de la misma.

Gracias a la creación del SIG-UIS y a la recolección de información necesaria para el mismo se cuenta actualmente con información completa sobre la capacidad de parqueo, las zonas verdes y las áreas de estudio al aire libre dentro de campus; Se cuenta también actualmente con detalles de senderos peatonales, distribución de aparatos deportivos en la parte destinada para el denominado gimnasio de la facultad, bancas, vegetación y la ubicación de los mojones de referencia.

A pesar de la falta de terreno para la construcción en la Facultad de Salud de edificaciones nuevas se han implementado pequeñas ampliaciones de las zonas de estudio dentro de las zonas verdes y nuevas escaleras de acceso, en particular las construidas para el edificio de paramédicas.

A continuación se presenta una comparación gráfica de la actualización de la información en el campus de la Facultad de Salud.

Figura 7. Plano levantamiento anterior.

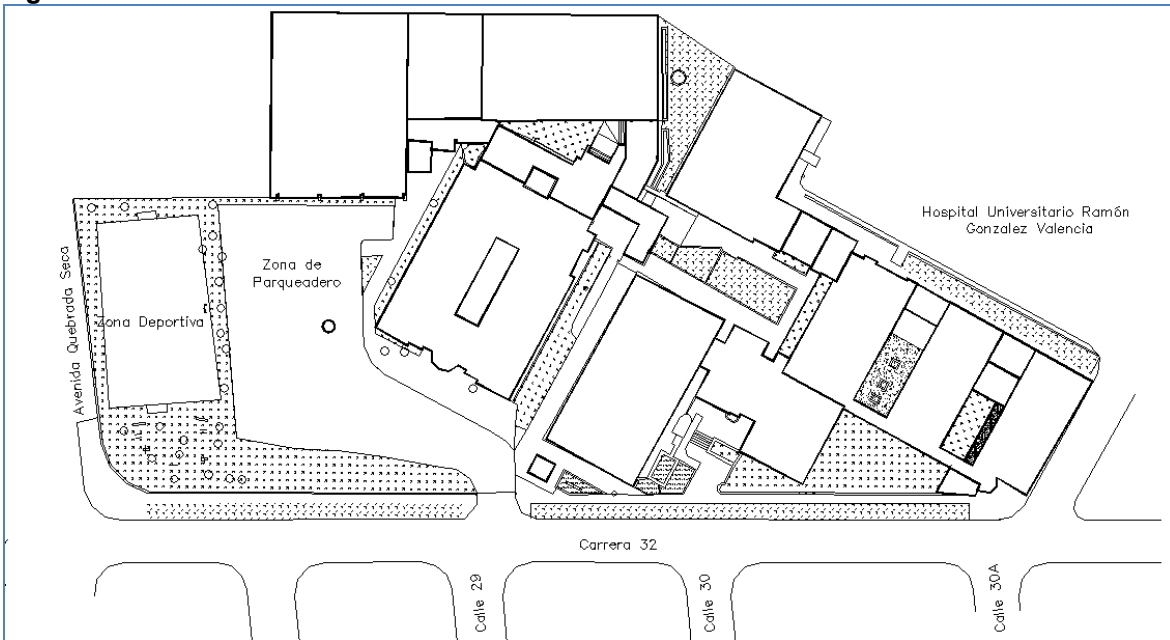


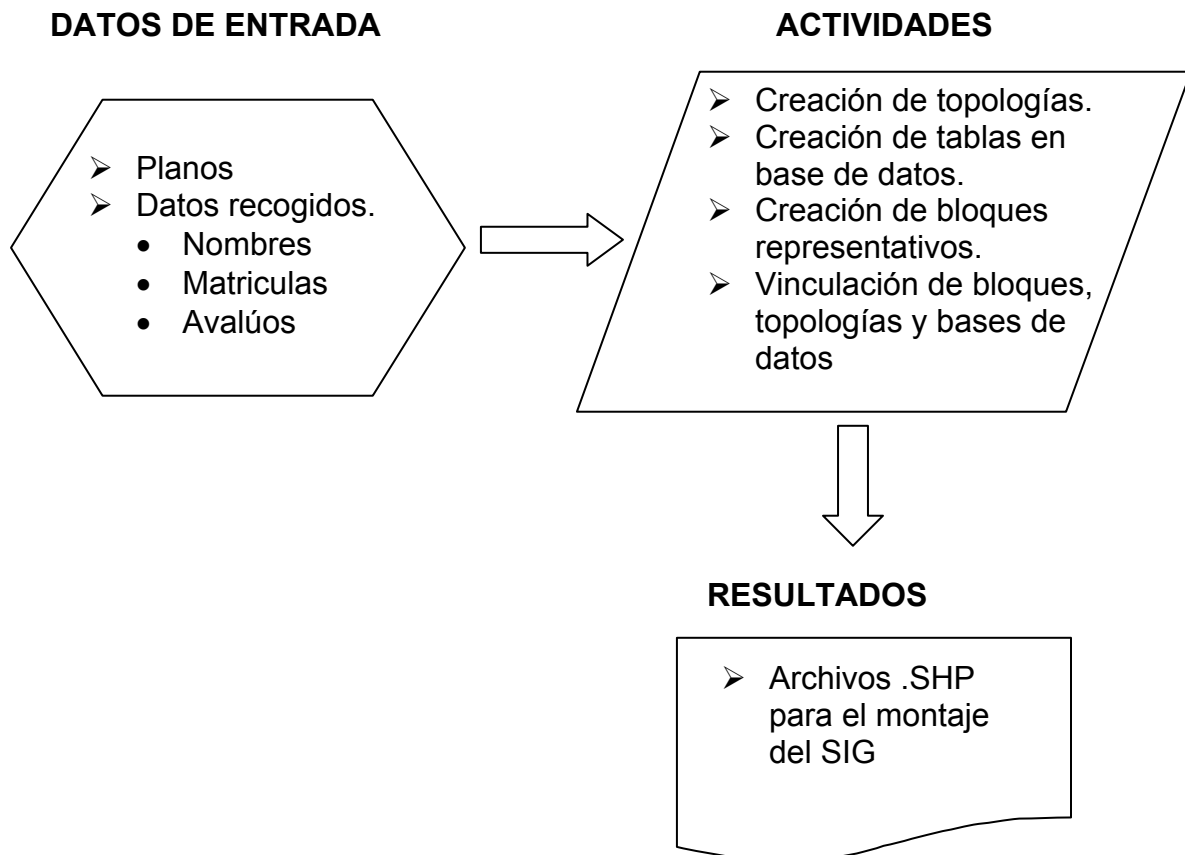
Figura 8. Distribución arquitectónica actual



3.3.2. Procesamiento de la información.

Una vez obtenido el plano general con las capas correspondientes, indicadas en el manual de digitalización, se crean las topologías y las bases de datos necesarias que van a ser relacionadas durante la creación del SIG.

El proceso de la información consta de tres aspectos importantes, el primero de ellos los datos de entrada que para este caso serán los planos y la información recogida en campo, como nombres de edificios, matriculas prediales de lotes, avalúos anteriores de las edificaciones actuales, etc. Toda esta información requiere una serie de actividades como la creación de una base de datos organizada, creación de topologías solo de las capas relevantes a partir del plano del levantamiento y vinculación de topologías con las bases de datos para lograr el objetivo final que son los .SHP para el montaje del SIG.



3.3.2.1. Organización de la información en Base de datos

AutoCAD.Map permite la vinculación de bases de datos con las topologías en diferentes formatos; entre los más comunes y utilizados se encuentra el formato .XLS el cual hace referencia a una hoja de Microsoft Excel y el formato .MDB, siendo este último la extensión para bases de datos realizadas desde Microsoft Access. Para hacer la elección entre estos dos tipos de archivos se deben tener en cuenta los siguientes aspectos.

Se debe utilizar Access cuando:

- Se necesita una base de datos relacional (varias tablas) para almacenar los datos.
- Exista la posibilidad que en un futuro se necesite agregar más tablas a un conjunto de datos no relacional o simple en su origen.
- Se tenga una gran cantidad de datos (miles de entradas).
- La mayoría de los datos sean del tipo de cadena de texto larga (que no son números ni estén definidos como números).
- Se depende de varias bases de datos externas para obtener y analizar los datos necesarios.
- Se necesite mantener conectividad constante con una base de datos externa de gran tamaño como una creada con Microsoft SQL Server.
- Se deseen ejecutar consultas complejas.
- Haya muchos usuarios trabajando en la base de datos y se deseen opciones de gran potencia para exponer los datos que se vayan a actualizar.

Se debe utilizar Excel cuando:

- Se necesite una vista simple o no relacional de los datos (no se necesita una base de datos relacional con varias tablas). Esto se aplica especialmente a las situaciones en que los datos son en su mayoría numéricos
- Se desee ejecutar principalmente cálculos y comparaciones estadísticas de los datos.
- El conjunto de datos tiene un tamaño que permite administrarlo (menos de 15.000 filas).

Además de lo anterior Excel no es un sistema de administración de bases de datos. Es un software de hoja de cálculo que almacena unidades de información en filas y columnas de celdas denominadas hojas de cálculo. La tarea más común que se realiza en Excel es la administración de listas como números de teléfono y datos de personal. Por el contrario, Access almacena los datos en tablas que parecen hojas de cálculo pero que están diseñadas para realizar consultas complejas sobre los datos almacenados en otras tablas y ubicaciones, e incluso en campos de otras tablas.

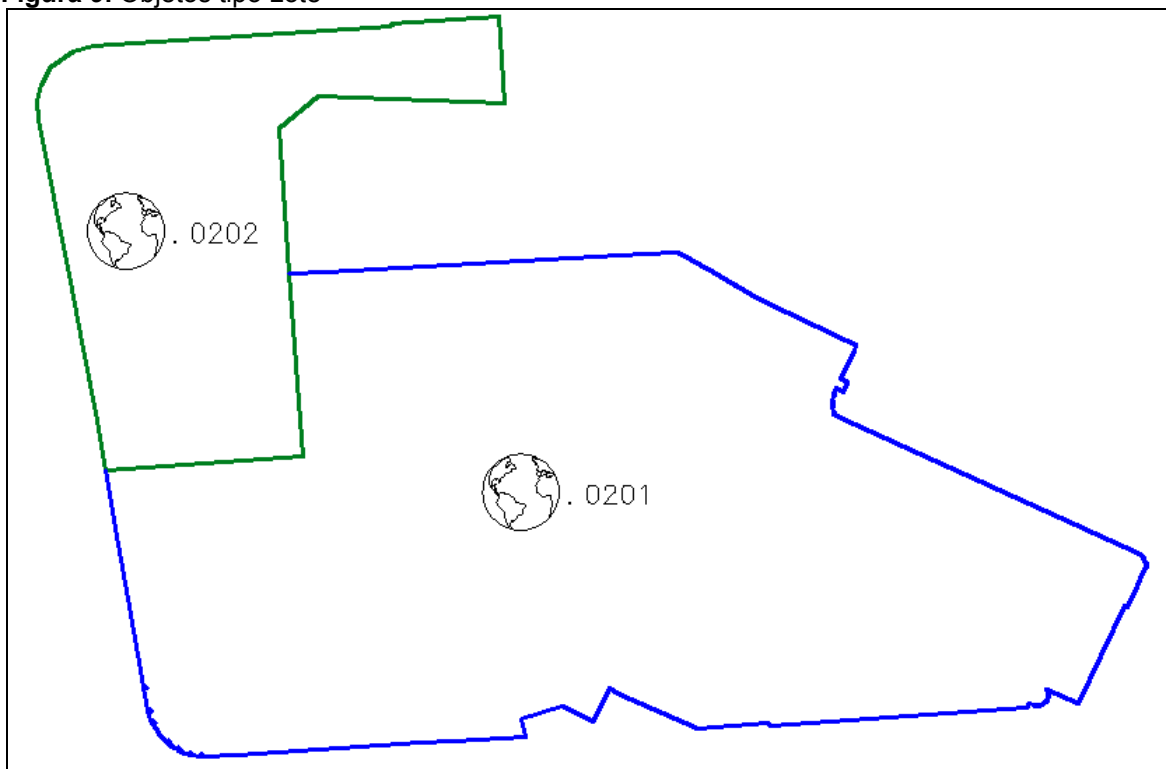
Por las anteriores razones se decidió almacenar la información creando tablas con la información recolectada en el software Microsoft Access ® según los parámetros del documento “Propuesta SIG-UIS” propiedad de Planeación UIS, el cual contiene modelo conceptual del SIG-UIS, sus alcances y tablas de cada tipo de objeto generado. Estas tablas contienen columnas y filas que especifican los atributos de cada tipo de objeto y la cantidad de objetos pertenecientes al mismo tipo respectivamente, además las columnas contienen los códigos de enlace para conectar la información alfanumérica con la información grafica, utilizados para el SIG-UIS.

Todos los objetos pertenecientes a un mismo tipo, requieren de una segunda clasificación la cual determina hasta donde alguno de sus objetos contiene información considerable que responda las consultas al SIG-UIS, teniendo en cuenta que cada objeto insertado en la base de datos requiere de actualización y de su respectivo espacio para el almacenamiento de la información.

➤ **Objetos tipo Lote:** Son los predios que conforman la Facultad de Salud que se encuentran en distintas zonas geográficas pero son colindantes. El objeto número 0201 de este tipo es la facultad de Salud, definido en el área de influencia (capítulo 2), y el objeto número 0202 es el lote adquirido por la UIS.

Los lotes definidos para el proyecto son los correspondientes al área de uso privado de la facultad de salud de la UIS y el lote contiguo a la misma el cual en este momento es propiedad de la Universidad Industrial de Santander.

Figura 9. Objetos tipo Lote



Atributos del polígono lote: Con el objetivo de actualizar el SIG-UIS, los predios continúan con la sucesión de código asignados para el mismo, de tal manera que se mantenga un orden para cada sede que hace parte de la Universidad. El código del lote viene dado por el número consecutivo de lotes que tiene la UIS.

Figura 10. Código tipo lote

Lote	
0	2

Los atributos se encuentran en el libro bi-anual del avalúo catastral de la UIS, así con la inclusión de esta información al SIG-UIS, se amplía la cobertura en el manejo de la información y se da soporte a la toma de decisiones para el uso sostenible de la sede.

Tabla 4. Atributos del polígono Lote

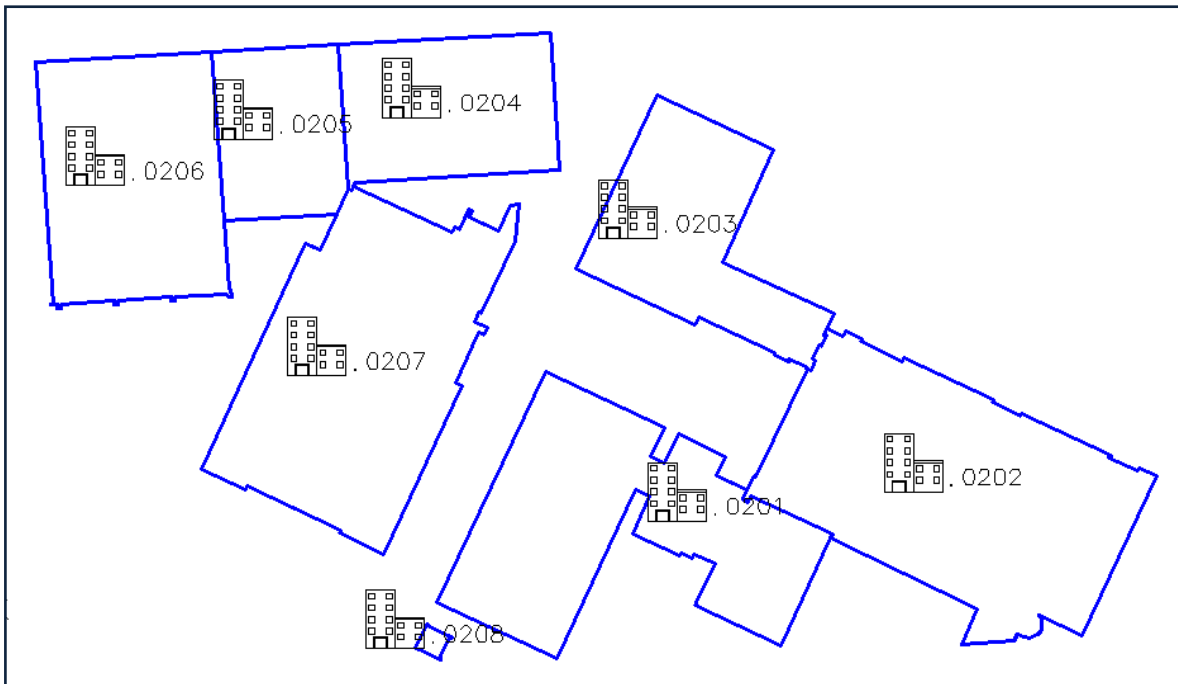
Nombre Campo	Valor	Descripción
CODI _ LOTE	Texto (4)	Identificador del lote. Consecutivo desde 0201
MAIN _ LOTE	Texto	Matricula inmobiliaria del lote.
AREA _ LOTE	Número real	Área en m2 proporcionada por la topología.
NUMP _ LOTE	Texto	Número predial.
AVCA _ LOTE	Número entero	Valor del avalúo del lote.
DIRE _ LOTE	Texto (30)	Dirección del lote, debe incluir información del municipio y departamento.
NUME _ LOTE	Texto (3,1)	Información sobre la escritura del lote, debe ir de la siguiente manera: [Nº escritura notaria ciudad fecha (dd/mm/aaaa)].
REHI _ LOTE	Texto (400)	Corta reseña histórica del lote.

➤ **Objetos tipo Edificio:** Corresponde a todos los objetos donde se realizan labores administrativas, académicas, culturales y deportivas. De este hacen parte de estos objetos los edificios académicos, administrativos, porterías, laboratorios y auditorio. Si bien el área del edificio debe ser el contorno mas externo del edificio incluyendo voladizos, para este caso se considero más importante el área a nivel del terreno, así las medidas lineales desde un objeto a otro

El área del edificio se define por el contorno más externo, incluyendo volados por balcones o cubiertas y excluyendo aleros y cornisas, pero para este caso se consideró más importante el área del piso a nivel de terreno, que en la mayoría de los casos es el primer piso. Así de esta forma, el usuario del SIG-FS-UIS que consulte medidas lineales desde un edificio a otro objeto tendrá facilidades para replantear las distancias en campo.

La cancha de futbol fue delimitada con respecto a su terreno de juego ya que la cancha no cuenta con graderías o tribunas, ni de un cerramiento físico que la demarque su área.

Figura 11. Objetos tipo Edificio



Atributos de los edificios: El código de los polígonos se maneja de acuerdo con el lote donde se encuentra ubicado y el nombre numérico del edificio (02 para la facultad de salud). De esta manera el código tipo es:

Figura 12. Código tipo de edificios.

Lote		Nombre	
0	2	0	5

La tabla de atributos contiene los datos provenientes del libro de avalúo, así como un vínculo fotográfico que facilita la ubicación del mismo al usuario:

Tabla 5. Atributos del polígono Edificio.

Nombre Campo	Valor	Descripción
CODI_EDIF	Texto	Identificador del edificio.
NOM_EDIF	Texto	Nombre asignado a la edificación.
DESC_EDIF	Texto	Descripción de la edificación. Ejemplo: contiene aulas de clases y laboratorios.
ARLO_EDIF	Número Real	Área [m2] del lote.
ARCO_EDIF	Número Real	Área [m2] Construida.
ARCM_EDIF	Número Real	Área [m2] Complementarias.
CLAS_EDIF	Texto	Clasificación de uso por facultad o uso.
ANCO_EDIF	Texto	Año de construcción de la edificación.
CONS_EDIF	Texto	Constructores de la edificación.
ESTC_EDIF	Texto	Estado de la construcción. Opciones Bueno, regular, malo.
PRCI_EDIF	Lógico	Protección contra incendio. Opciones SI, NO
PRVE_EDIF	Lógico	Protección referente a la vigilancia exclusiva. Opciones SI, NO.
VLCO_EDIF	Número	Valores en miles de pesos de la construcción.
CSCA_EDIF	Texto	Texto que indica la clasificación según el estado de la construcción. Opciones A, B, C, D, E, F (del libro avalúo).
FOTO_EDIF	Texto	Vínculo hacia archivo fotográfico.

- **Objetos tipo Urbanismo:** Se entiende por urbanismo todos los elementos de importancia ubicados en la facultad de salud de la UIS, entre los cuales se incluyen: módulos de estudio, fuentes, bancas, elementos de gimnasia, escultura, etc., los cuales no forman parte de ningún otro objeto.

Atributos del Urbanismo:

Figura 13. Código tipo de Urbanismo.

Lote		Nombre	
0	2	0	5

Tabla 6. Atributos de Urbanismo.

Nombre Campo	Valor	Descripción
CODI_URB	Texto	Identificador. Ejemplo: 0201 (sede 02 consecutivo 01)
AREA_URB	Número	Área en metros cuadrados de la proyección vertical.
CAPA_URB	Número	Define la capacidad de personas que pueden estar en el objeto.
DESC_URB	Texto	Descripción general.

- **Objetos tipo Vía:** Este tipo de objetos incluyen las vías peatonales, vehiculares y parqueaderos, cada uno con su respectivo “shape”. Estos se clasificaron dependiendo del tipo y del material tal como se muestra a continuación:

Vía peatonal

- En concreto convencional
- Mixto de concreto y baldosa de barro.

Vía vehicular

- En concreto asfáltico
- En concreto convencional.

La Facultad de Salud por ser de menor extensión que el campus central, cuenta con menores espacios para vías vehiculares, peatonales y parqueaderos, por esta razón los objetos vías vehiculares no presentaron complicación en cuanto a la clasificación y la identificación del material.

Los objetos de vía peatonal muestran formas irregulares y de gran extensión, pero estos elementos no presentaron mayor problema en la identificación ya que los materiales que estas zonas presentan son de fácil reconocimiento.

Los objetos de parqueadero, se sobrepusieron a los polígonos de vías asignados como característica principal de estos se tomo la capacidad vehicular que este pueda llegar a contener. Al estar este contenido dentro del polígono de vía vehicular el área de parqueaderos se desprecia ya que este contiene el valor de área total en la tabla de datos, aunque no de manera específica.

Figura 14. Objetos tipo Vía vehicular

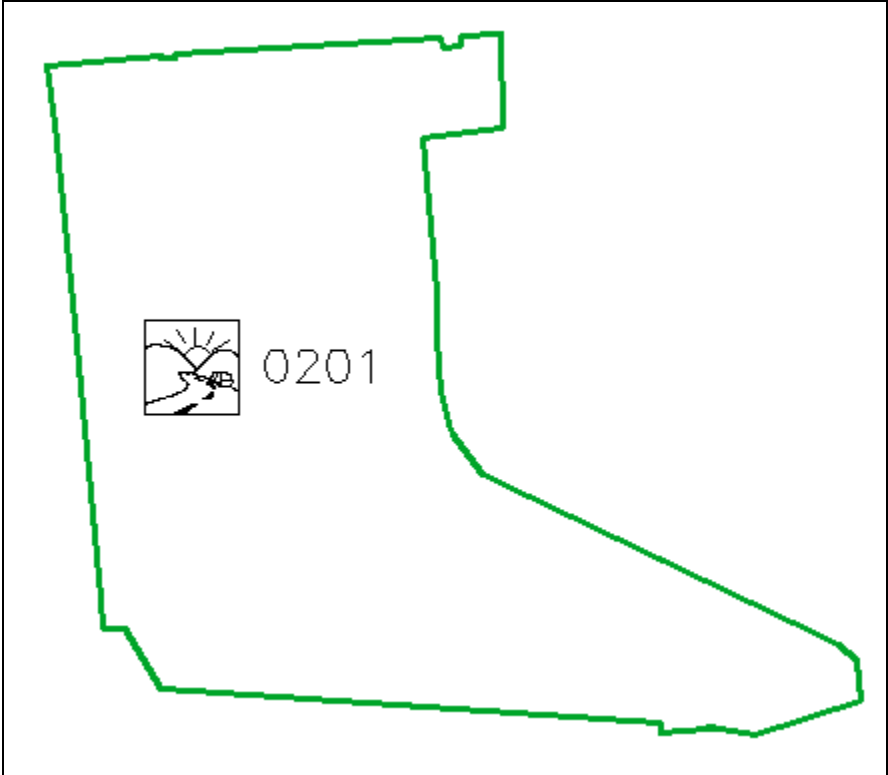


Figura 15. Objetos tipo Vía peatonal

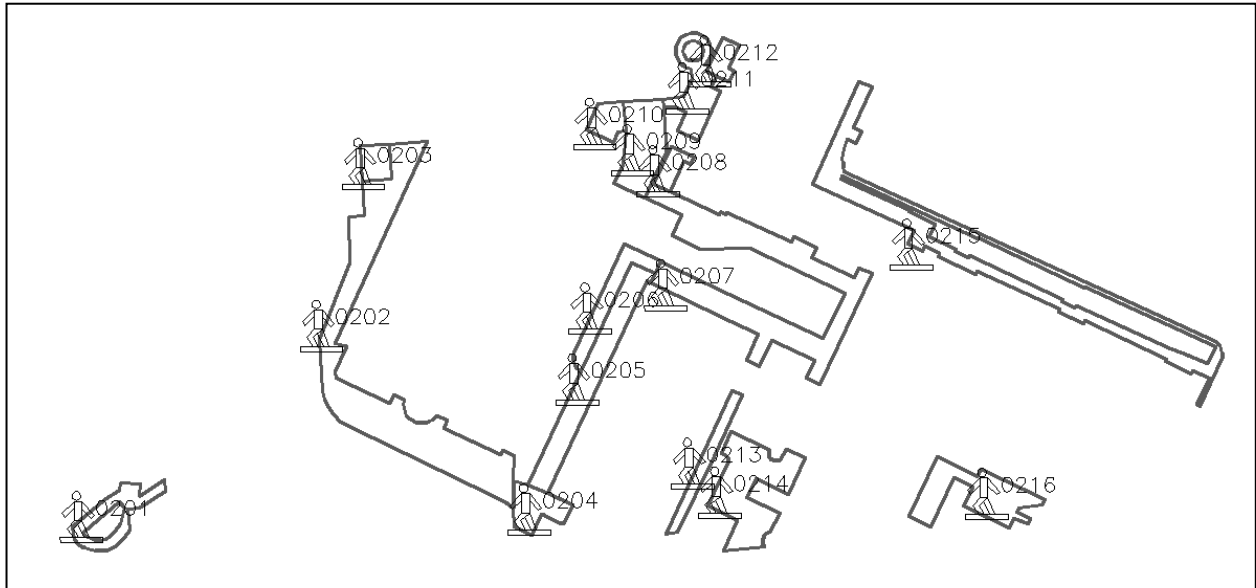
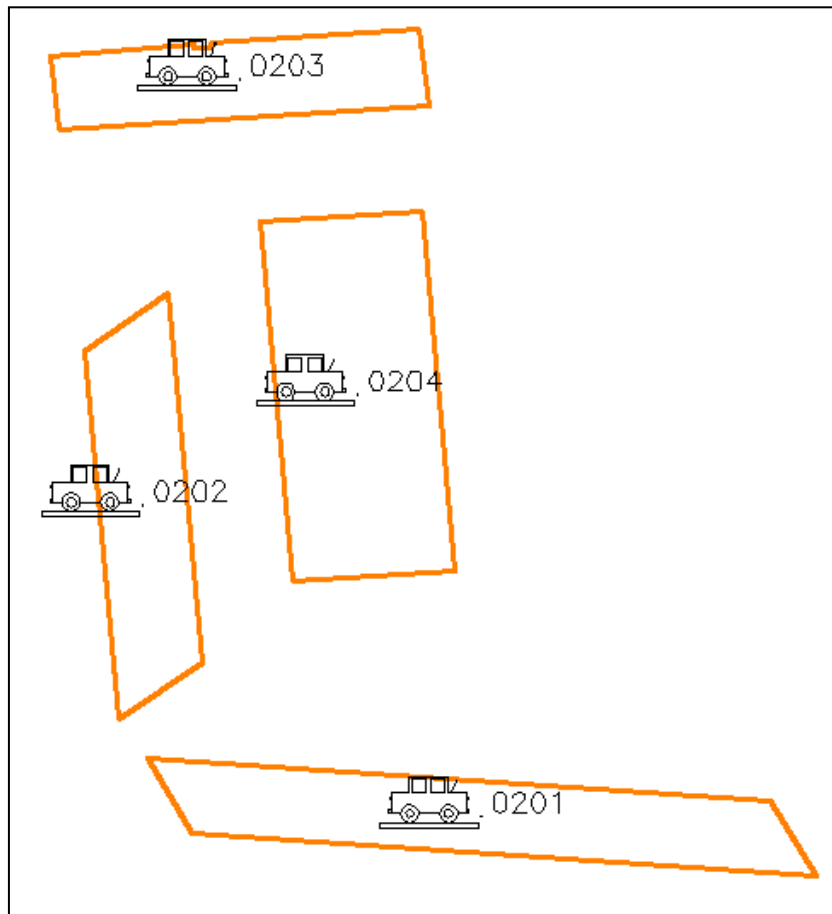


Figura 16. Objetos tipo Parqueadero



Atributos de las vías:

Figura 17. Código tipo de vías vehiculares, peatonales y parqueaderos.

Lote		Consecutivo	
0	2	0	8

Tabla 7. Atributos del polígono Vías Vehiculares.

Nombre Campo	Valor	Descripción
CODI_VIAV	Texto	Código de la vía
ANPR_VIAV	Número Real	Ancho promedio de la vía en metros.
AREA_VIAV	Número Real	Área en metros cuadrados. Proporcionado por la topología.
MATE_VIAV	Texto	Material de la vía. Opciones: Concreto asfáltico, concreto convencional.

Tabla 8. Atributos del polígono Vías peatonales.

Nombre Campo	Valor	Descripción
CODI_VIAP	Texto	Código de la vía
ANPR_VIAP	Número Real	Ancho promedio de la vía en metros.
MATE_VIAP	Texto	Material de la vía. Opciones: Concreto, baldosa, mixto, otros.

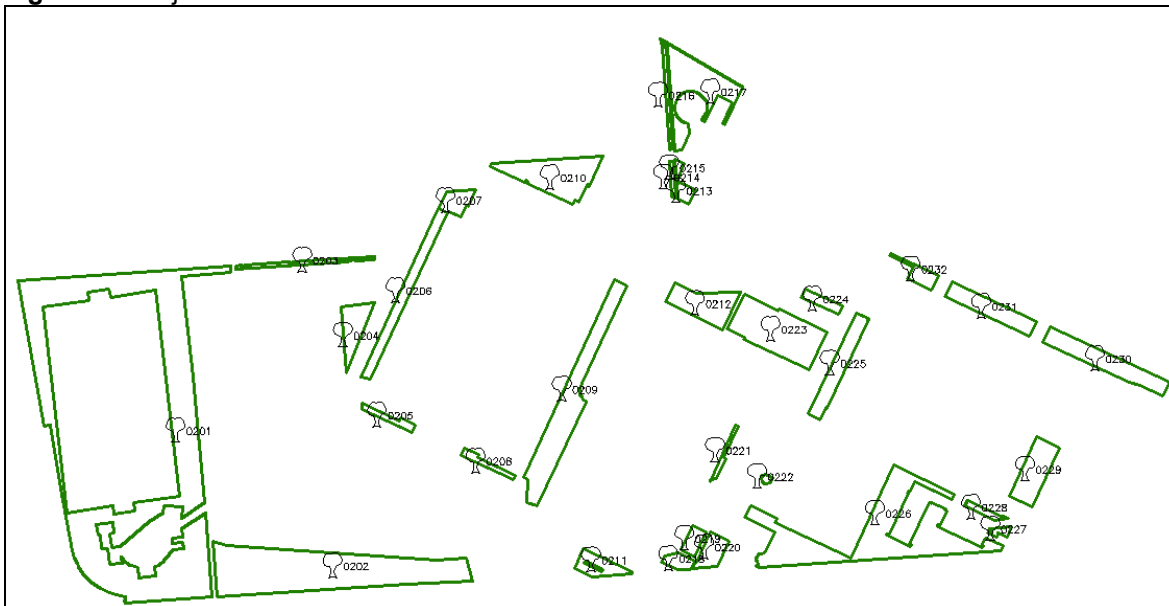
Tabla 9. Atributos del polígono Parqueadero.

Nombre Campo	Valor	Descripción
CODI_PARQ	Texto	Código del parqueadero.
NOM_PARQ	Texto	Nombre. Los parqueaderos poseen un número de identificación y nombre de acuerdo con los edificios cercanos.
AREA_PARQ	Número real	Área en metros cuadrados. Proporcionado por la topología.
CAPA_PARQ	Número entero	Capacidad del parqueadero. Número máximo de parqueos.
DESC_PARQ	Texto	Descripción del parqueadero, por ejemplo: parqueadero para motos cubierto.

- **Objetos tipo Zona verde:** Las zonas verdes incluyen como objetos las zonas de recreación, descanso u ornamentación. Para la facultad de salud se tuvo en cuenta todas las zonas verdes sin importar el área que estas presentan, ya que las pequeñas áreas de zonas verdes son muy escasas y no representan

ningún problema de almacenamiento de información que puede ser irrelevante para el SIG-FS-UIS.

Figura 18. Objetos Zona verde



Atributos de la Zona verde: El código para las zonas verdes se maneja de acuerdo al lote, y seguido por el numero consecutivo del polígono

Figura 19. Código tipo de Zona verde.

Lote		Consecutivo	
0	2	0	1

Tabla 10. Atributos del polígono Zonas verdes

Nombre Campo	Valor	Descripción
CODI_ZOVE	Texto	Identificador de la zona verde, puede ser un consecutivo.
AREA_ZOVE	Número Real	Área en metros cuadrados de la zona verde. Proporcionado por la topología.
DESC_ZOVE	Texto	Descripción de la zona verde, en cuanto a pastos arbustos y árboles.

3.3.2.2. Creación de Topologías

Como primera medida es necesario clasificar la información; La clasificación es el proceso de separar o simplificar los objetos que hacen parte del plano general, dejando exclusivamente la información espacial que se considera relevante para el SIG-UIS.

Para esto los polígonos deben estar cerrados, sin embargo, de manera imprevista, la utilización de funciones “osnap” en el programa CAD causa que los polígonos no queden cerrados totalmente.

Para esto se requiere como primera actividad la limpieza digital de los objetos. La limpieza ayuda a encontrar errores en el dibujo, corrigiéndolos de tal forma que ocurra la creación de polígonos cerrados.

La tolerancia máxima para que la corrección hecha por el comando de limpieza digital modifique los objetos haciéndolos inaceptables para la escala de manejo (escala de manejo 1:200), es de 10 centímetros. Los errores mayores a esta tolerancia máxima son fácilmente reconocidos y la corrección se puede hacer manualmente sin tener que recurrir a la herramienta de limpieza digital.

Para realizar de forma correcta la limpieza digital, se debe definir una tolerancia más pequeña que la máxima y ejecutar la herramienta de limpieza hasta que las estadísticas arrojen resultado cero en objetos modificados y borrados; luego se intenta hacer la topología de área. Si el comando para crear topología encuentra errores de limpieza, se presenta un error y el proceso de creación de topología es cancelado, hasta que el dibujo deje de presentar problemas en la limpieza de los objetos, para esto se procede a realizar de nuevo una limpieza, pero aumentando el valor de la tolerancia y volviendo a generar la topología. El proceso se realiza una y otra vez sin exceder nunca la tolerancia máxima establecida, hasta que el comando de creación pueda realizar la topología.

El valor máximo de tolerancia que se alcanzó en este proyecto fue de 2 cm, significando un 20% de la tolerancia máxima establecida.

Después de realizada la actividad de limpieza, el dibujo contiene polilíneas de nodo a nodo facilitando la creación de topologías de área. Sin embargo, el objetivo principal en esta etapa no es la creación de topologías sino la clasificación de los polígonos en zonas verdes, vías, andenes, y edificios, entre otros.

La creación de la topología de área realiza una duplicación automática de polilíneas que pertenecen a dos polígonos diferentes. Por este motivo se realizó una topología de área, buscando la eficiencia en el proceso de clasificación. Esta topología no se utiliza posteriormente puesto que contiene elementos irrelevantes para los propósitos del SIG-UIS.

Al crear la topología como herramienta de ayuda, se puede utilizar un comando para cerrar polilíneas y definir polígonos de tipo simple o complejo. Un polígono simple es aquel que en su interior no contiene otro polígono. Un polígono complejo contiene en su interior uno o varios polígonos simples e incluso, otro polígono complejo. Cuando se toma un polígono complejo como simple, el comando no resta el área de los polígonos internos al polígono envolvente, causando errores por duplicación de área.

Terminada la clasificación de los objetos se procede a filtrar la información que será integrada en el SIG-FS-UIS. Para ello se crean una serie de bloques representativos los cuales harán parte de la topología creada para posteriormente poder ser vinculados con las bases de datos. Las topologías se crearán bajo el manual de capas de estandarización otorgado por el Departamento de Planeación UIS.








3.3.2.2. Creación de Bloques representativos

Para la identificación de los objetos que conforman el SIG-FS-UIS y continuar con los estándares manejados para el campus central, se utilizan bloques que

representan de forma sencilla el tipo de objeto. Estos bloques contienen un atributo de texto que sirve para crear la conexión entre los objetos espaciales, con la información alfanumérica almacenada en la base de datos para cada objeto.

El enlace se genera al realizar desde autodesk.MAP un vinculo entre el código que se le coloca manualmente al bloque, con el código correspondiente en la base de datos, el cual debe ser igual. (El número de bloques de cada topología y la cantidad de registros deben ser iguales)

Tabla 11. Tipos de objeto y bloques representativos definidos en el diseño del SIG-UIS.

TIPO DE OBJETO	BLOQUE	ATRIBUTO
Lote		02
Edificio		0201
Vía Vehicular		0201
Vía Peatonal		0201
Zona Verde		0201
Parqueadero		0201
Urbanismo		0201

3.3.2.3. Obtención de archivos .SHP

Una vez se tiene completa la información organizada tanto en la base de datos como en AutoCAD.Map se procede a realizar su vinculación para posteriormente exportar y generar los archivos .SHP que son los que se cargaran desde el software donde se vaya a implementar el Sistema de Información Geográfica (SIG).

Los pasos completos a seguir para esta vinculación y posterior exportación son los siguientes.

- Recordando que se tienen los bloques con atributos ya dentro de la plantilla de AutoCAD.Map se hace la creación de topologías de la información relevante, estableciendo como centroides de cada espacio su correspondiente bloque.
- Teniendo los bloques insertados en cada topología se procede a cambiar manualmente el valor del atributo que tiene por defecto por el código con el que fue nombrado en la base de datos.
- Una vez se tiene cada bloque con su respectivo atributo bien nombrado se carga desde AutoCAD.Map el archivo .MDB el cual corresponde a la base de datos hecha en Microsoft Access.
- Con la base de datos cargada se define y se genera un link que relacione una de las tablas de la base de datos con su respectiva topología, teniendo en cuenta que su relación se genera a partir de que el código es el mismo tanto en la base de datos como en los atributos de los bloques en AutoCAD.Map
- Por último se realiza la exportación del archivo .SHP, esta herramienta se encuentra bajo la plataforma de AutoCAD.Map, y permite exportar en conjunto las topologías y las tablas de las bases de datos previamente relacionadas. Cabe mencionar que por cada topología se obtendrá aparte un archivo .SHP, logrando así una mejor manipulación dentro del software que se utilice para el montaje del SIG.

3.3.2.4. Búsqueda del Software

Al pensar en un software para la implementación de un Sistema de Información Geográfica (SIG) se deben tener en cuenta aspectos funcionales, estructurales y económicos para decidir la mejor alternativa.

Varios de los software presentes en el mercado para este tipo de trabajos requieren de costosas licencias para su uso; por lo tanto en ocasiones es preferible buscar un software libre que posea las aplicaciones y herramientas que necesite el usuario. Los más comunes en el mercado son ArcView y GV-SIG que en cuanto a plataforma de manejo e implementación son muy similares pero solo el primero de ellos necesita licencia para su funcionamiento. El hecho que GvSIG tenga tanta similitud con ArcView radica que ambas interfaces se basan en vistas, tablas y layouts.

Sin embargo una de las grandes diferencias entre estos dos software corresponde a la posibilidad de creación de Metadatos con GvSIG. Estos son datos que describen otros datos, describen el contenido, calidad, restricciones y cualquier otra característica de los datos principales y ayudan al 'dueño' de los datos a mantenerlos y organizarlos, y a una persona (o una máquina) externa a localizarlos y utilizarlos mejor.

En general, cuando se implementa un Sistema de Información Geográfica sobre una plataforma que requiere licencia para su utilización se tienen desventajas que limitan su uso como:

- Se debe pagar por el producto. Tanto como la licencia y el mantenimiento son costosos.
- Se fomenta la proliferación de software ilegal.
- Se tiende a escatimar en instalaciones.
- Dependencia tecnológica de los proveedores.

- El proveedor marca cuáles son las nuevas funcionalidades y cuándo se entregan.
- Mala relación uso/precio.

Sin embargo, con la implementación del Sistema de Información Geográfica en un software libre como el gvSig se superan estos problemas trayendo consigo ventajas como:

- La licencia no tiene costo.
- Instalación en número ilimitado de puestos de trabajo.
- Independencia tecnológica
- Libertad para que el usuario dé solución a sus propios problemas
- Capacidad para cubrir nuevas funcionalidades

Finalmente después de analizar y comparar ambos software (ArcView y GV-SIG) se opta por el uso e implementación de lo realizado en GV-SIG.

GvSIG es una herramienta orientada al manejo de información geográfica. Se caracteriza por una interfaz amigable, siendo capaz de acceder a los formatos más usuales de forma ágil tanto raster como vectoriales. Integra en una vista datos tanto locales como remotos a través de un origen WMS o WFS.

Está orientado a usuarios finales de información de naturaleza geográfica, sean profesionales o personal de administración pública.

Dada su naturaleza de software libre (open source) es de gran interés para la comunidad internacional de desarrolladores y, en concreto, para los ambientes universitarios por su componente I+D+I (Investigación + Desarrollo + Innovación). Además, se ha hecho especial hincapié en la extensibilidad del proyecto de forma que los posibles desarrolladores pueden ampliar las funcionalidades de la aplicación fácilmente, así como desarrollar aplicaciones totalmente nuevas a partir de las librerías utilizadas en GvSIG (siempre y cuando cumplan la licencia GPL).¹⁴

¹⁴ Profundización de las generalidades de gvSIG **Anexo 1.** (Levantamiento Topográfico y Digitalización)

4. MONTAJE DEL SIG

Se procede a realizar el montaje de las topologías al software gvSIG creando un nuevo proyecto para el que se definen sus propiedades: nombre del proyecto, unidades, propietario, fecha de creación, proyección actual del mapa, comentarios, y color de fondo. Se abre la vista y se proceden a añadir las capas (archivos *.shp), que contienen información grafica y bases de datos. Para cada tipo de objeto mencionado anteriormente se creó su capa respectiva.

Adicionalmente se creó una capa denominada Detalles; esta corresponde a una capa auxiliar de elementos que no aportan información pero que brindan al SIG una mejor visualización, se empleó para delimitar bordes de vías, separación de jardineras, contorno de los edificios, demarcación de la cancha, etc.

En las propiedades de cada capa se modifican los elementos de visualización (colores, líneas, rellenos, etc) así como también las leyendas para mostrar (nombres, densidades de puntos, etc).

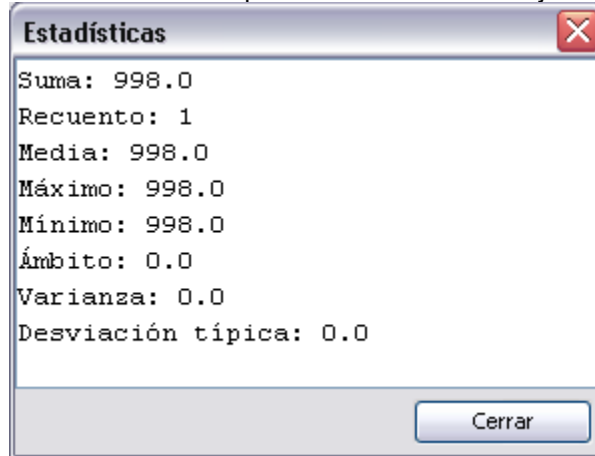
4.1. CONSULTAS

Gvsig permite realizar consultas de tipo estadístico sobre las bases de datos, permite mostrar fotos, tomar distancias, medir áreas, etc. Estas herramientas son de gran importancia para la ejecución del SIG.

4.1.1. Consultas tipo estadístico

Gvsig realiza un informe sobre los campos numérico seleccionados mostrando datos estadísticos de suma, recuento, media, máximo, mínimo, varianza y desviación típica.

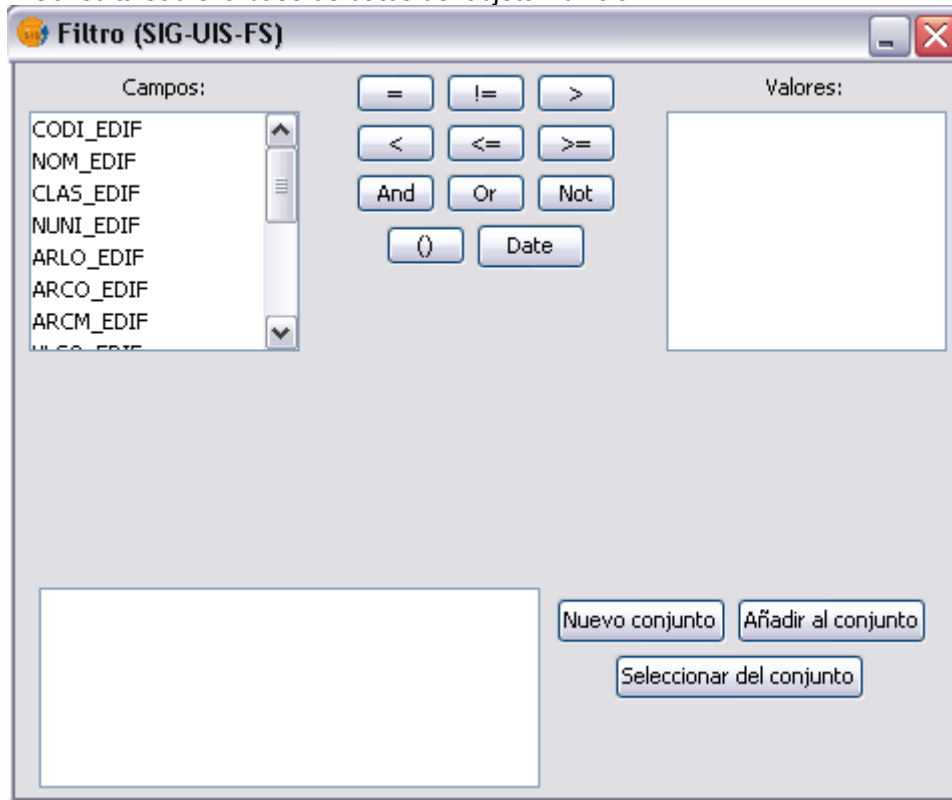
Figura 20. Consulta de estadísticas del campo área construida un objeto edificio



4.1.2. Consultas sobre las bases de datos

Dentro de las bases de datos de cada capa se pueden hacer consultas tipo filtro, para seleccionar datos de mayor relevancia que otros, estas consultas son de tipo lógico ya que permite comandos, mayor que, menor que, igual, y, o, no, etc.

Figura 21. Consulta sobre la base de datos del objeto Edificio



4.2. ANALISIS EN EL SIG

El software gvSIG cuenta con una herramienta para la manipulación y creación de nuevas capas con el fin de adicionar información a las capas de partida. Esta herramienta es el gestor de geoprocursos; esta aplica procesos que se dividen de acuerdo a la acción que genera sobre las capas de la siguiente forma:

4.2.1. Análisis (procesos que permiten extraer una nueva información)

➤ Proximidad (análisis de proximidad o corredor)

- Área de influencia (buffer).

Genera una zona de influencia alrededor de una capa de entrada.

- Enlace espacial (Spatial Join).

Transfiere atributos de una capa a otra con base en una característica común, cumpliendo con unos criterios espaciales de proximidad y contenido.

➤ Solape (procesos que extraen nueva información basándose en la superposición de dos capas)

- Recortar (clip).

Limita el área de trabajo extrayendo de la capa de entrada una zona de interés

- Diferencia. (NOT espacial)

Permite extraer las zonas de una capa que no están presentes en la otra.

- Intersección. (AND espacial)

Calcula la intersección entre capas, tomando los atributos de la capa de entrada y la capa de solape.

- Unión. (OR espacial)

Crea una capa a partir de la unión de dos capas de diferente geometría.

➤ Geometría comutacional (realiza tareas de geometría computacional)

- Convex Hull (mínimo polígono convexo).

Este geoproceso calcula la envolvente convexa, o polígono convexo de menor área que envuelve a todos los elementos de una capa de entrada.

➤ Agregación (transforma datos de entrada de mayor detalle en datos resumidos)

- Dissolver (agrupar por adyacencia y criterios alfanuméricos).

Fusiona en un solo polígono aquellos polígonos que tomen un valor idéntico en un campo

4.2.2. Conversión (procesos encargados de transformar datos)

- Juntar (merge).

Genera una capa que une todas las geometrías de una o varias capas

- Translación 2D

Aplica una transformación de translación sobre todos los puntos de la capa de entrada.

- Reproyectar

Cambia la proyección geodésica de los elementos de la capa de entrada.

4.3. PROPUESTAS PARA EL USO DEL SIG-UIS EN LA FACULTAD DE SALUD

Analizando la información con la que cuenta el SIG-UIS para la Facultad de Salud se concluyó que esta puede ser empleada para llevar un control sobre el mantenimiento del campus siendo de gran utilidad para la planeación de las actividades del departamento de Planta Física.

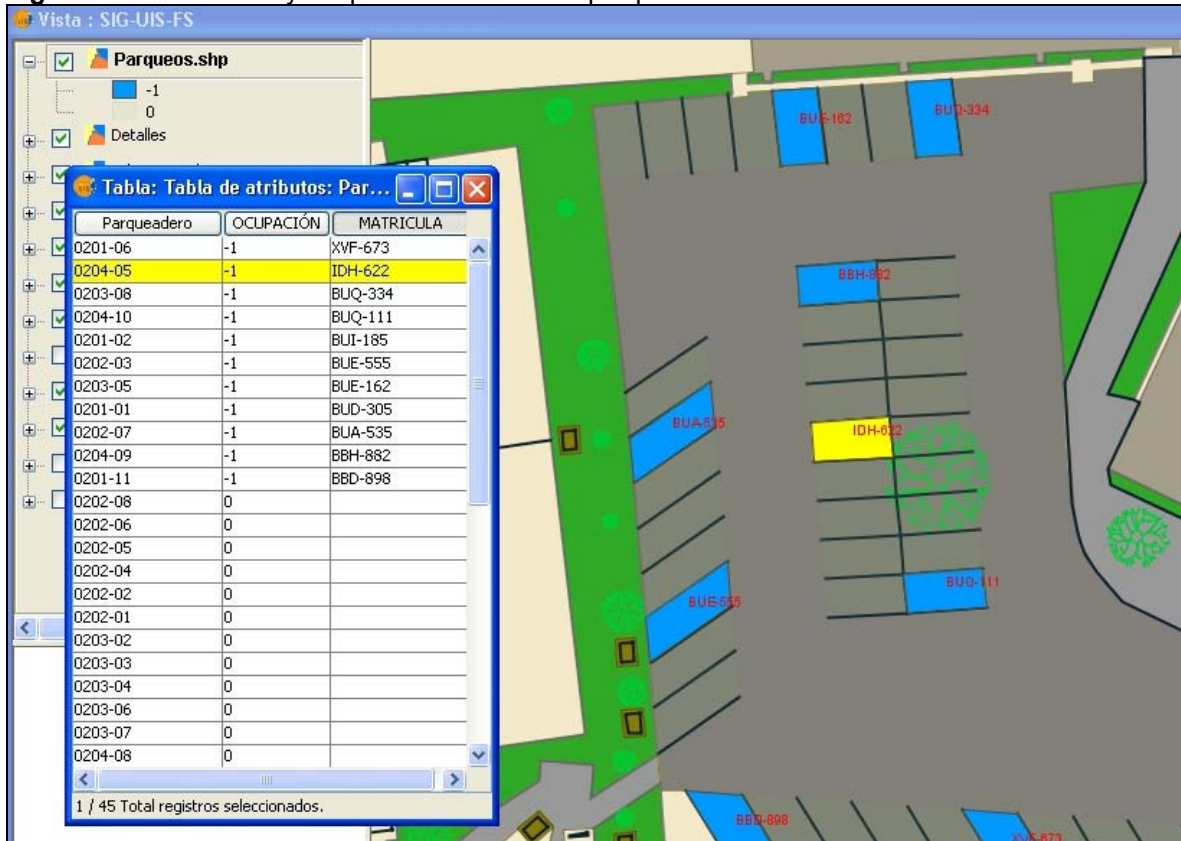
En este punto es importante aclarar que no se desarrollan ni presentan propuestas enfocadas a la ampliación de la infraestructura de la Facultad de Salud empleando el SIG-UIS ya que se cuenta con un espacio muy reducido para este propósito dentro del lote por lo que se requiere de una mayor recolección y análisis de la información para optimizar el uso del terreno disponible; dicho proceso está fuera del alcance de este proyecto pero podría ser la base para uno posterior.

Se presentan a continuación algunas de las aplicaciones del Sistema de Información Geográfica implementado:

4.3.1. Distribución y ocupación de las zonas de parqueo

Para los objetos Parqueadero se crearon nuevos campos en los cuales se puede añadir información sobre el estado del parqueadero (ocupado o no), la matrícula del vehículo que se encuentra en cada uno de ellos y su hora de entrada y salida. Con esta aplicación se busca mantener un control sobre la movilidad vehicular dentro del campus, determinar en caso de algún incidente con un vehículo el posible responsable del mismo y proveer la información necesaria para realizar un análisis de ocupación de los parqueaderos y así determinar si es conveniente su ampliación.

Figura 22. Distribución y ocupación de zonas de parqueo



En la figura anterior se presenta un ejemplo de ocupación de los parqueaderos observándose los sitios en los que se encuentran cada uno de los vehículos y la matrícula de los mismos.

4.3.2. Ubicación e implementación de puntos de seguridad

Se creó una tabla de datos para que el personal encargado de la vigilancia del campus lleve un formato de información sobre los puntos en los que se han presentado inconvenientes como robos o disturbios y sea posible la identificación de los sitios vulnerables en la Facultad para aumentar el control en estos buscando disminuir la ocurrencia de estos hechos.

La tabla de datos permite almacenar la información correspondiente al lugar de incidencia, tipo de hecho, hora y fecha.

4.3.3 Mantenimiento de zonas verdes

Para optimizar el proceso de mantenimiento de zonas verdes (siembra, poda, riego, fertilización y aplicación de pesticidas) se diseñó una tabla en la que para cada zona verde dentro del campus se puede llevar un control de su mantenimiento llenando la base de datos correspondiente: fecha, tipo de mantenimiento, frecuencia requerida para esta actividad y próxima a actividad a realizar.

4.3.4 Rutas de acceso

A pesar que la Facultad de Salud no se encuentra distribuida dentro de un área muy grande muchas personas se pierden tratando de encontrar alguna dependencia ya que su organización tiende a ser confusa principalmente si se llega a esta por primera vez. Para ayudar a solucionar este problema se puede crear dentro del SIG-UIS una capa con la topología de redes que indique la ruta de acceso a todas las edificaciones de la Facultad de Salud partiendo desde la portería principal.

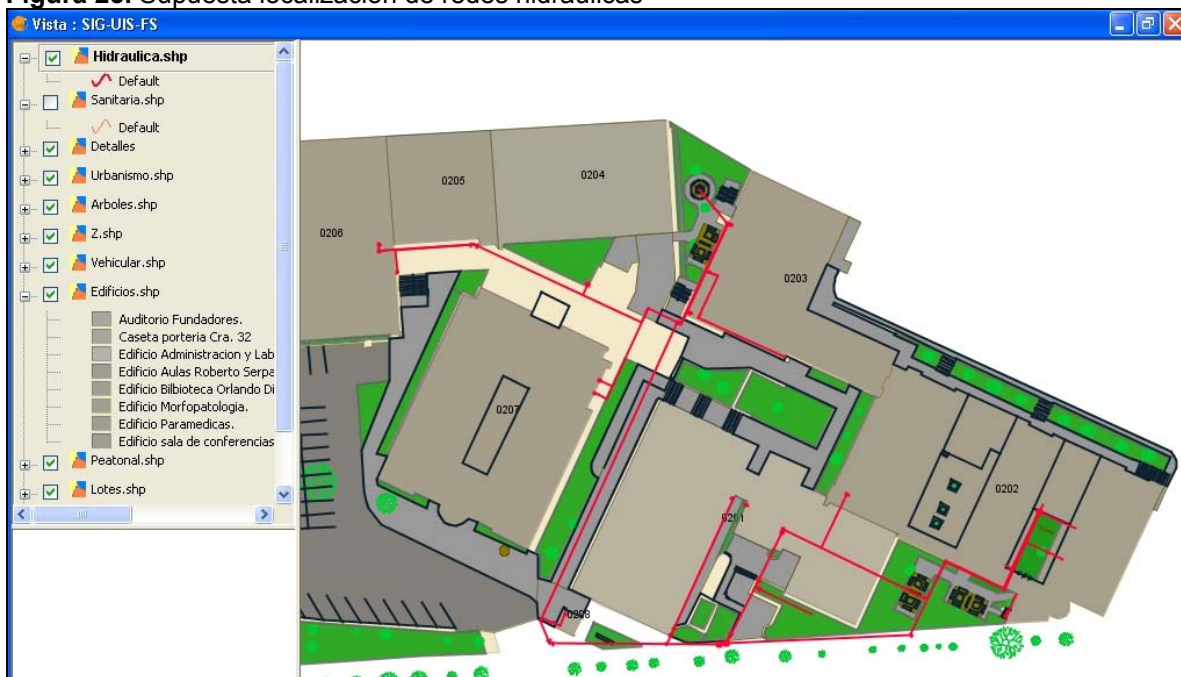
Las propuestas anteriormente mencionadas requieren además de la base de datos creada e implementada en el SIG-UIS de una programación para almacenar simultáneamente, en otra base de datos, la información recolectada para permitir consultas históricas posteriores; esta actividad se plantea como necesaria para cumplir los objetivos de dichas aplicaciones pero no se desarrolla en este proyecto por estar fuera del alcance del mismo.

Se presentan a continuación dos posibles usos del SIG-UIS que pueden ser implementados cuando se cuente con la información de calidad requerida para este fin.

4.3.5 Mantenimiento de redes

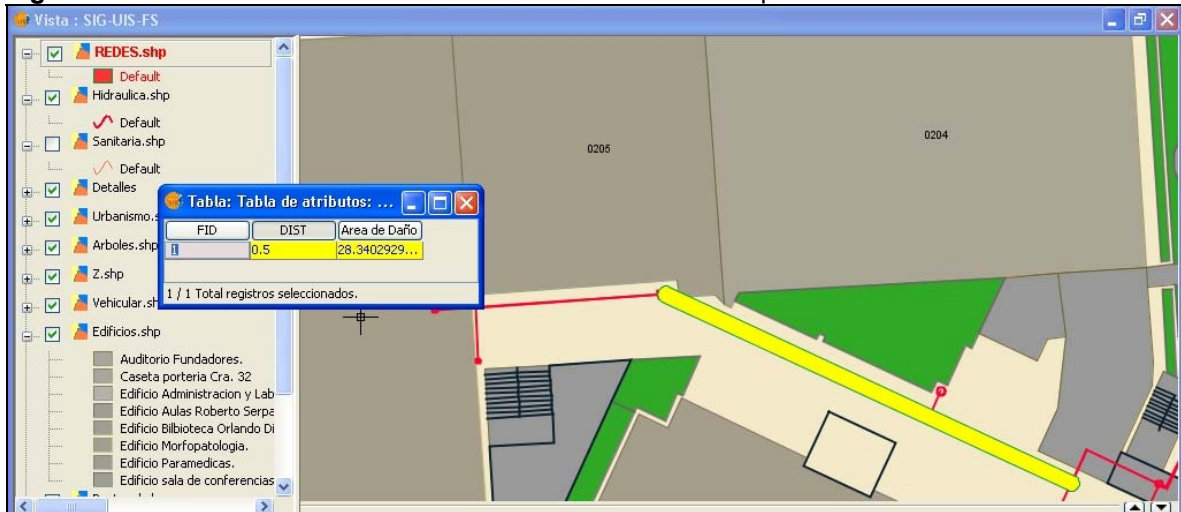
Una vez se cuente con información confiable y veraz sobre la ubicación de la red hidrosanitaria dentro de la Facultad de Salud se puede implementar esta información dentro del SIG-UIS para por ejemplo, determinar la ubicación de posibles daños en las tuberías. En este caso se deben crear las capas para la red hidráulica y la red sanitaria y determinar el área de influencia de estas; se indicaría con esta el área a excavar para la reparación de cierto tramo.

Figura 23. Supuesta localización de redes hidráulicas



Se observa (figura 23 y 24) la supuesta distribución de la red hidráulica dentro de la Facultad de Salud que se implementó momentáneamente en el SIG-UIS a manera de ejemplo y él área de afectación que tiene un tramo que ha sufrido daños.

Figura 24. Área de afectación de un tramo de la red hidráulica que ha sufrido daños.



4.3.6 Uso de aulas dentro de la Facultad de Salud

Con los horarios de estudios que la Universidad Industrial de Santander al comenzar cada semestre académico entrega a sus estudiantes se puede crear una base de datos que al implementarse en el SIG-UIS indique, para todas las aulas de la Facultad de Salud, su estado de ocupación, el profesor y la clase que se está dictando en un momento dado.

Esta aplicación será útil para los estudiantes de primer semestre que no conocen muy bien la Facultad, para buscar aulas desocupadas que puedan ser empleadas como zonas de estudio y para localizar a algún docente.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. El SIG-FS-UIS permite a las personas interesadas conocer información de la Facultad de Salud de una manera fácil y rápida ya sea para fines académicos, de organización, mantenimiento y planeación de proyectos entre otros.
2. El Sistema de Información Geográfica para la Facultad de Salud UIS se desarrolló en el software libre gvSIG pues al estudiar su interfaz y requerimientos de uso e implementación se determinó que tiene grandes ventajas frente a otros software empleados para este mismo fin.
3. La información sobre la Facultad de Salud con la que se contaba antes del desarrollo de este proyecto carecía de validez para su implementación dentro de un Sistema de Información Geográfica por lo que se procedió a la recolección de la misma mediante un levantamiento topográfico con estación total.
4. No se encontraron grandes diferencias en la distribución arquitectónica de la Facultad de Salud respecto al levantamiento topográfico previo pero gracias al levantamiento realizado en el desarrollo de este proyecto se pudo determinar la ubicación de detalles y de pequeñas ampliaciones realizadas con las que no se contaba anteriormente.
5. Debido al reducido espacio dentro del lote principal de la Facultad de Salud para realizar ampliaciones de la infraestructura se puede iniciar un proyecto de adecuación y construcción dentro del lote aledaño adquirido.
6. Se observaron grandes raíces de árboles en las vías peatonales y vehiculares que han venido deteriorando su estado y pueden a futuro generar problemas en las tuberías hidráulicas o sanitarias y en las fachadas y pisos de las edificaciones aledañas. Se recomienda realizar un estudio de esta situación para remover a tiempo, si se requiere, estos árboles.

7. Se puede obtener en el desarrollo de otro proyecto la ubicación exacta de las redes hidráulicas y sanitarias empleando equipos especiales para incluirlas dentro del SIG-UIS.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] DUARTE BALAGUERA, Bernardino, PINEDA LÓPEZ, Darwing, DIAZ SOLANO, Jairo. Manual para la normalización y estandarización de la cartografía digital de la UIS. Trabajo de grado (Ingeniero Civil). Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico-mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. 2006
- [2] PÉREZ SOLANO, Holguer Fernando, MALDONADO SARMIENTO, Harvison Leandro. Levantamiento y georeferenciación de nodos, redes y polígonos pertenecientes al campus central de la Universidad Industrial de Santander para su implementación en el Sistema de Información Geográfica SIG-UIS. Trabajo de grado (Ingeniero Civil). Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico-mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. 2007
- [3] CAMARGO MANTILLA, Carlos. Avalúo de Inmuebles UIS. 2007
- [4] INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI. Informe de Avalúo Comercial Urbano. Predio lote de terreno a segregar del Hospital Universitario de Santander, fracción esquina Avenida Quebrada Seca con Cra 33, Barrio la Aurora. 2006
- [5] TORRES NIETO, Álvaro y VILLATE BONILLA Eduardo. Topografía. Escuela Colombiana de Ingeniería. Pearson Education de Colombia Ltda. 2001.
- [6] WOLF R., Paul y BRINKER C., Rusell. Topografía. Alfaomega grupo editor, S.A de C.V 1997.
- [7] BANNISTER, A. Técnicas modernas en Topografía. Alfaomega. México 2001
- [8] AUTODESK ®, AutoCAD.Map 3D 2009 help manual, 2009

[9] GENERALITAT VALENCIANA, Consellería de infraestructuras y transportes.
GvSIG 1.1. Manual de Usuario Versión 3. 2007

[10] GÓMEZ GÓMEZ, Jorge Hernando, ROJAS R., E.J, HERRERA O., E.
ArcView GIS. Curso Básico, Autoaprendizaje.

ANEXO 1:

LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO Y DIGITALIZACIÓN

TABLA DE CONTENIDO

A1.1 FORMATOS Y CARTERAS	66
A1.1.1 Formato de cartera de campo.....	66
A1.1.2 Carta de calibración de la Estación Total Topográfica	67
A1.1.3 Formato carta de aprobación del levantamiento topográfico.....	69
A1.1.4 Tabla de cierres de poligonales.....	70
A1.1.5 Características técnicas Estación Total GTS-236W	70
A1.2 TRABAJO DE CAMPO	71
A1.2.1 Levantamiento planimétrico.....	71
A1.2.2 Información de polígonos.....	72
A1.2.3 Equipamiento	74
A1.2.3.1 Estación total y sus elementos	74
A1.2.3.2 Equipo menor	76
A1.3 TRABAJO DE OFICINA	76
A1.3.1. Análisis de información de campo	76
A1.2.2 Digitalización.....	77
A1.4 “GVSIG, GENERALIDADES”	87

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Detalle programación archivo .SCR.....	82
Figura 2. Bloque para los deltas.....	83
Figura 3. Detalle ubicación de deltas.....	83
Figura 4. Bloque para detalles.....	85
Figura 5. Ubicación de detalles a partir de delta 1	86

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Formato de carteras de campo utilizadas.....	66
Tabla 2. Precisión de poligonales.....	70
Tabla 3. Características generales de la Estación.....	70
Tabla 4. Precisión de poligonales.....	77
Tabla 5. Polígono #1 del Levantamiento.....	78
Tabla 6. Polígono #2 del levantamiento	78
Tabla 7. Polígono #3 del levantamiento	79
Tabla 8. Ángulos Internos y Azimut.....	79
Tabla 9. Calculo de Proyecciones	80
Tabla 10. Factores de corrección y proyecciones corregidas.....	80
Tabla 11. Calculo de coordenadas.....	81
Tabla 12. Cierre de poligonal	81
Tabla 13. Archivo .SCR para deltas	82
Tabla 14. Calculo de coordenadas.....	84
Tabla 15. Archivo .SCR de detalles	85
Tabla 16. Generalidades del GV-SIG	87
Tabla 17. Requerimientos básicos de gvSIG	89

A1.1.2 Carta de calibración de la Estación Total Topográfica

 BBB EQUIPOS TOPOGRÁFICOS LTDA.			
	<table border="1"><tr><td>No.</td><td>4420</td></tr></table>	No.	4420
No.	4420		
CERTIFICADO			
Instrumento: Estacion Total Electronica	Marca: TOPCON		
Modelo: GTS-236W	Numero de Serie: 283401		
Fecha de expedición: 13 de Marzo 2008			
Recomendamos calibrar: 13 de Sep 2008 Cliente: JAVIER ALFONSO MORALES			
¿Instrumento nuevo? Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>			
<ol style="list-style-type: none">1. El laboratorio de BBB Equipos Topográficos Ltda. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado del instrumento verificado.2. El cliente es responsable del transporte del instrumento y uso de este certificado.3. Los resultados del presente certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones.			
Patrones Utilizados: Estación Total Sokkia SET510 S/N: 201353, Certificado No. 64498 trazable al NIST. Nivel Automático Sokkia B20 S/N: 454050, Certificado No. 64608 trazable al NIST.			
Elaboró:  José Espindola Técnico de Laboratorio	Aprobó:  Ing. Freddy Hernández Jefe de Laboratorio		
			
Compra, Venta, Alquiler y Reparación de Equipos Topográficos - Venta de Maquinaria Pesada, Nuevo - Usado 1/2			
Oficina de ventas: Av. Américas No. 36-09 - PBX. 269 3617 Fax. 368 0860 Bogotá, D. C. E-mail.: ventas@bbbequipos.com - Web site.: www.bbbequipos.com			



EQUIPOS TOPOGRÁFICOS S.A.

TOPCON SOKKIA Trimble

Leica PENTAX Nikon

No. **4420**

ESPECIFICACIONES TECNICAS SEGUN FABRICANTE

Aumentos del telescopio	30X	Alcance sin reflector	150mts
Precisión angular (DIN 18723)	5"	Alcance con dianas reflectivas	-----
Precisión en distancia	± (3mm+2ppmXD)	Alcance con un prisma	7000 m

AJUSTES EFECTUADOS

CODIGOS 1: Correcto 2: Falla corregida 3: No corregida 4: No aplica

	1	2	3	4		1	2	3	4
Limpieza exterior		✓			Ajuste del nivel circular		✓		
Mantenimiento interno		✓			Ajuste del sistema de enfoque		✓		
Mantenimiento base nivelante		✓			Ajuste del retículo		✓		
Prensa horizontal y vertical	✓				Ajuste de la verticalidad	✓			
Tornillo de movimiento fino H y/o V	✓				Ajuste de colimación	✓			
Chequeo del teclado		✓			Ajuste de plomada óptica o láser		✓		
Ajuste del compensador		✓			Ajuste de las mirillas de puntería		✓		
Ajuste del nivel tubular		✓			Ajuste del distanciometro		✓		

CALIBRACION CON COLIMADORES

DESCRIPCION	TOLERANCIA	ERROR	DESCRIPCION	TOLERANCIA	ERROR
Punto 0 compensador	<10"	<10"	Colimacion vertical	<5"	<5"
Nivel tubular	<15"	<15"	Verticalidad	<20"	<20"
Nivel circular	<5'	<5'	Plomada óptica o láser	<1mm	<1mm
Colimación horizontal	<5"	<5"			

CALIBRACION CON LINEA BASE

Constante de Prisma: -30mm PPM: 75

DISTANCIA (mm)	PROMEDIO (10 Medidas)	DESVIACION ESTANDAR	INCERTIDUMBRE (mm)	TOLERANCIA (mm)	Error (mm)
29115	29115.6	0.13	0.37	± 2	0.6

Fin de este documento.

Compra, Venta, Alquiler y Reparación de Equipos Topográficos - Venta de Maquinaria Pesada, Nueva - Usada **2/2**

Oficina de ventas: Av. Américas No. 36-09 - PBX. 269 3617 Fax. 368 0860 Bogotá, D. C.
E-mail.: ventas@bbbequipos.com - Web site.: www.bbbequipos.com

A1.1.3 Formato carta de aprobación del levantamiento topográfico

Bucaramanga, Octubre 1 de 2008

Doctor
ALONSO SILVA ROJAS
Director de Planeación
Universidad Industrial de Santander

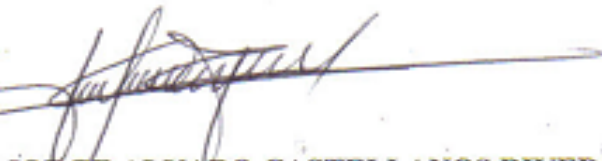
Asunto:

Revisión y aprobación del levantamiento topográfico realizado a la Facultad de Salud UIS.

Luego de revisar las carteras de campo y los documentos de soporte (informe y plano) al levantamiento topográfico que los estudiantes de Ingeniería Civil: Luis Carlos Gómez Trimiño, Javier Andrés Rangel Ruiz y Nathalia Rodríguez Uribe realizaron a la Facultad de Salud UIS, en desarrollo de su práctica empresarial "ELABORACIÓN DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG) CON LA INFORMACIÓN CORRESPONDIENTE A LA PLANTA GENERAL DE LA FACULTAD DE SALUD" , puedo concluir que:

- El procedimiento y equipos utilizados para realizar el levantamiento es el adecuado.
- La precisión y los errores obtenidos se encuentran dentro de los rangos permisibles.

Cordialmente,



JORGE ALVARO CASTELLANOS RIVERO
DOCENTE CATEDRA - TOPOGRAFIA

A1.1.4 Tabla de cierres de poligonales

Tabla 2. Precisión de poligonales

POLIGONAL	# LADOS	ERROR ANGULAR	ERROR LINEAL	TOLERANCIA ANGULAR	TOLERANCIA LINEAL	ORDEN ASIGNADO	TAREA TIPICA
1	5	0° 0' 55"	1 : 20,416.20 m.	0° 1' 7.08"	1 : 5000 m	TERCERO	LEVANTAMIENTO DE INGENIERIA
2	8	0° 1' 0"	1 : 20,163.36 m.	0° 1' 24.85"	1 : 5000 m	TERCERO	LEVANTAMIENTO DE INGENIERIA
3	3	0° 0' 25"	1 : 2,677.96 m.	0° 0' 51.96"	1 : 2000 m	CUARTO	AREAS PEQUEÑAS

A1.1.5 Características técnicas Estación Total GTS-236W

Tabla 3. Características generales de la Estación

TELESCOPIO		PODER	
Aumento	29.5X	Fuente NiMH Batería BT-52QA	
Longitud	166m	Vida útil batería	10 h midiendo distancia
Imagen	Directa		45 h midiendo sólo ángulos
Campo visual	1°30"	OTROS	
Dist. Min. Enfoque	1,3m	Memoria	8,000 puntos
RANGO DE MEDIDA		Interfase	RS-232C(6 pines) Serial
Con 1 prisma	3000m	Corrección inclinación	Doble eje
Con triple prisma	4000m	Plomada óptica	3X de aumento
MEDICIÓN DE ÁNGULOS		Puntero laser	N/A, 2 clase
Método	Absoluto	Provisto de punto guía	
Precisión	5"	Protección al polvo y humedad IP66	

A1.2 TRABAJO DE CAMPO

A1.2.1 Levantamiento planimétrico

Se comenzó el proceso realizando una visita exploratoria a la Facultad de Salud para determinar la posible ubicación de las estaciones del levantamiento partiendo de la ubicación de las placas de referencia.

Una vez se definieron el número y la posición de dichas estaciones se procedió a comprobar la visibilidad de las mismas (en cada una se debía observar la estación anterior y la estación siguiente y la mayor cantidad de detalles) y a marcarlas en el terreno dependiendo de su ubicación: las que se encontraban dentro de una zona verde se marcaron utilizando puntillas para tejas de zinc cuya cabeza fue pintada de amarillo mientras que las que encontraban dentro de una zona dura (pasillo) se identificaron con un círculo de pintura del mismo color.

Durante todo el levantamiento se llevaron ordenadamente las carteras correspondientes a todas las estaciones donde se plasmó la información necesaria y al mismo tiempo se fue realizando un pequeño plano en donde se indicaban todos los puntos medidos en cada una de ellas. Para algunos detalles fue necesario el uso de cinta métrica con la que se tomaron las dimensiones necesarias faltantes (perímetro de árboles y postes, dimensiones de cajas y columnas, ancho de muros, etc.).

Cada vez que se armó una estación se verificó que estuviera bien centrada y alineada respecto al punto de ubicación de la estación anterior y que los detalles tomados desde esta nueva complementaran los ya obtenidos.

A partir de cada delta se tomaron por radiación todos los detalles y puntos importantes visibles desde cada estación, como son las esquinas de los edificios, áreas que delimitan zonas verdes, bancas, árboles, zonas comunes, cajas

eléctricas, cajas de agua, zonas peatonales y elementos de urbanismo; tomando en total un aproximado de 900 puntos.

Se decidió comenzar el levantamiento nombrando como ▲1 a la estación centrada y alineada con la placa de referencia de la zona deportiva puesto que desde allí se observaban una mayor cantidad de puntos dentro de la zona de parqueaderos que el día de inicio del levantamiento por ser domingo se encontraba totalmente desocupada. Desde ▲1 se cuadraron ceros alineando con ▲2 (segunda placa de referencia, contigua a la portería) y se procedió a la medición de los detalles; para terminar en este punto se dio vista adelante a la siguiente estación ▲3.

El levantamiento continuó durante casi 4 días de la misma manera, teniendo en cuenta todos los detalles y haciendo la superposición de los datos entre estaciones para avanzar más rápidamente. El orden del levantamiento correspondió al orden indicado por la nomenclatura dada a las estaciones para cerrar los polígonos a medida que se avanzaba por los vértices de los mismos.

No se presentó ninguna clase de inconveniente durante el levantamiento pero no se lograron obtener datos sobre el costado nororiental de la Facultad de Salud UIS puesto que al intentar realizar el levantamiento por la parte exterior de la misma (recorriendo la Avenida Quebrada Seca) se llegaba a un lote desocupado pero cerrado al cual no se tenía acceso. La información necesaria correspondiente a ese sector se obtuvo de un levantamiento previo de dicho lote el cual ya se posee dentro de la base de datos del proyecto.

A1.2.2 Información de polígonos

Los detalles tenidos en cuenta como puntos del levantamiento para cada estación fueron los siguientes:

- Estación anterior y siguiente
- Esquinas de edificaciones
- Puntos que delimitan zonas duras
- Puntos que delimitan zonas verdes
- Árboles de tamaño considerable
- Cajas eléctricas
- Cajas telefónicas
- Cajas de agua (acueducto o alcantarillado)
- Postes y faros de luz
- Ubicación de los sensores de la alarma
- Llaves de agua
- Contadores de agua y gas
- Ubicación de bancas y canecas para la basura

Los datos de distancia y ángulos de todos los puntos se tomaron mediante radiación horizontal desde la estación que tenía visibilidad a estos. Se tuvo mucho cuidado al nombrar y medir los puntos para que no se tomaran nuevamente desde diferentes estaciones y así no retrasar el levantamiento.

Para cada punto en la casilla de observaciones de las carteras se escribió una breve descripción (nombre, dimensiones, ubicación tentativa, etc.) y para cada estación se realizaron manualmente unos pequeños mapas en donde se indicó la localización aproximada de cada punto medido con el fin de agilizar el proceso de digitalización y creación de topologías y para que cualquier persona que quiera analizar los registros de campo pueda entenderlos fácilmente.

Durante el desarrollo del levantamiento topográfico no se presentaron inconvenientes con la estación total ni con la ubicación y permanencia de las marcas que identificaban las estaciones por lo que el proceso se desarrolló con normalidad y en el tiempo esperado.

Los puntos correspondientes al cerramiento perimetral de la Facultad de Salud UIS se tomaron desde las estaciones que tenían visibilidad a estos sin necesidad de crear una poligonal exterior con este único fin. El cerramiento del costado nororiental se determinó a partir de un levantamiento topográfico anterior al que se tuvo acceso gracias a la colaboración y gestión realizada por parte de planeación UIS; este levantamiento topográfico se realizó con el fin de determinar el área y ubicación exacta respecto a la facultad de salud del lote ubicado en la esquina avenida Quebrada Seca con carrera 33, barrio Aurora, municipio de Bucaramanga que ahora es parte de la Universidad Industrial de Santander.

A1.2.3 Equipamiento

Para el desarrollo de este proyecto se emplearon instrumentos de última tecnología para la captura de datos en levantamientos topográficos. Estos son: la estación total GTS-236W con los elementos que requiere para realizar su lectura y la herramienta menor. Se hace referencia de estos a continuación.

A1.2.3.1 Estación total y sus elementos

Se denomina estación total a un instrumento electro-óptico utilizado en topografía, cuyo funcionamiento se apoya en la tecnología electrónica. Consiste en la incorporación de un distanciómetro y un microprocesador a un teodolito electrónico.

Algunas de las características que incorpora, y con las cuales no cuentan los teodolitos, son una pantalla alfanumérica de cristal líquido (LCD), leds de avisos, iluminación independiente de la luz solar, calculadora, distanciómetro, trackeador (seguidor de trayectoria) y la posibilidad de guardar información en formato electrónico, lo cual permite utilizarla posteriormente en computadores personales. Vienen provistas de diversos programas sencillos que permiten, entre otras capacidades, el cálculo de coordenadas en campo, replanteo de puntos de

manera sencilla y eficaz y cálculo de azimutes y distancias horizontales y verticales.

El instrumento realiza la medición de ángulos a partir de marcas realizadas en discos transparentes. Las lecturas de distancia se realizan mediante una onda electromagnética portadora con distintas frecuencias que rebota en un prisma ubicado en el punto y regresa, tomando el instrumento el desfase entre las ondas.

La GTS-236W (estación empleada en el levantamiento topográfico realizado) tiene una batería Ni-MH con una duración de hasta 45 horas máximo, además de la característica del punto guía que permite el alineamiento más rápido en las tareas de replanteo. La operación inalámbrica es estándar así que no hay que preocuparse por los cables de conectividad. El cómodo método para la recolección de datos, los programas portátiles de aplicación, un rango incrementado para el alcance de distancias y una exactitud EDM, completan este paquete que ha sido diseñado para incrementar la velocidad del trabajo del usuario, asegurando la eficacia de una manera rápida y sin complicaciones.

El trípode es un instrumento de soporte a la estación total fabricado en aluminio; posee una estructura estable, resistente y cada una de las patas esta rematada en una punta metálica adecuada para la nivelación sobre asfalto y concreto.

El prisma está conformado por el soporte, la mirilla y el cristal circular de vidrio óptico tratado. El centro focal del prisma está diseñado de tal manera que siempre se mantenga en el eje vertical del soporte dando así lecturas de distancia inclinada correctas, aunque no esté orientado perfectamente en dirección de la estación total.

El soporte de bastón para el prisma está hecho de aluminio y posee una altura variable desde 1.5 m a 2.5 m y tiene un nivel circular para garantizar su verticalidad.

A1.2.3.2 Equipo menor

Para medir distancias cortas u objetos pequeños cuyas dimensiones y ubicación se realiza más fácilmente de forma manual se emplea la cinta métrica.

Para la localización y posterior búsqueda de las estaciones de las poligonales y los puntos de ubicación del prisma se emplearon otras herramientas menores como puntillas, pintura de marcación, plomada, y porra.

A1.3 TRABAJO DE OFICINA

En este punto obtenemos como resultado final el plano central de la facultad de salud con todos sus detalles como lo son zonas verdes, zonas peatonales, zonas viales, parqueaderos, zonas de estudio y desde luego las estructuras existentes que son el punto de nuestro mayor interés.

Una vez obtenido el plano general con las capas correspondientes según el manual de digitalización pasamos a la creación de topologías y de las bases de datos que necesitamos para posteriormente poder ser relacionadas en el momento de la creación del SIG.

A1.3.1. Análisis de información de campo

Una vez realizado el levantamiento topográfico con sus respectivas carteras hechas en campo pasamos al denominado trabajo de oficina donde nuestro punto de partida es la ubicación de todas las estaciones.

Para este proceso es necesario comenzar por digitalizar en Microsoft Excel los datos de las carteras y con ayuda de los croquis realizados identificar la numeración de cada uno de las estaciones que conforman los polígonos del levantamiento para posteriormente pasar a calcular el error y precisión de lo realizado en campo.

Como se menciona anteriormente formamos 3 polígonos que cubren en su totalidad la facultad de salud; para el cierre angular y lineal se utilizó el proceso de levantamiento de poligonal cerrada por ángulos internos.

A1.2.2 Digitalización

Para la digitalización se puede decir que se usaron 2 programas computacionales simultáneamente como lo son Excel y Autocad; es por esta razón que podemos decir que la digitalización está constituida por dos partes.

En Excel se digitalizaron las carteras tomadas en campo manteniendo la nomenclatura adoptada desde un principio y en Autocad se creó un bloque con atributos, donde el único atributo era el nombre del punto.

Los siguientes son los pasos detallados que se llevaron a cabo para la digitalización:

- Digitalización en Microsoft Excel de los datos consignados en las carteras de campo para cada polígono.

Suponiendo un polígono de 6 vértices, los datos necesarios a incluir serían los que se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 4. Precisión de poligonales

Numero de Vértices en la Poligonal				10
DELTAS	Angulo Externo			DISTANCIA
	Grados (°)	Minutos (')	Segundos (")	
1				
2				
3				
4				
5				
6				
1				

Siendo el segundo renglón el que corresponde al ángulo comprendido y la distancia entre los deltas 1 y 2. Para este caso en el que se tienen tres polígonos, dichos datos quedarían de la siguiente manera.

Tabla 5. Polígono #1 del Levantamiento

Numero de Vertices en la Poligonal	5
---	----------

DELTAS	Angulo Externo			DISTANCIA
	Grados (°)	Minutos (')	Segundos (")	
1				
2	318	29	0	75.85
3	218	9	45	29.51
4	294	10	35	22.17
5	178	5	40	33.08
1	251	5	55	67.65

Tabla 6. Polígono #2 del levantamiento

Numero de Vértices en la Poligonal	8
---	----------

DELTAS	Angulo Externo			DISTANCIA
	Grados (°)	Minutos (')	Segundos (")	
1				
2	266	12	1	25.541
3	263	22	35	46.292
4	279	32	0	45.1
5	240	43	31	49.854
6	269	46	3	15.36
7	275	57	20	20.193
8	149	50	35	17.999
1	54	36	55	22.46

Tabla 7. Polígono #3 del levantamiento

Numero de Vértices en la Poligonal	3
---	----------

DELTAS	Angulo Externo			DISTANCIA
	Grados (°)	Minutos (')	Segundos (")	
1				
2	189	13	15	5.32
3	354	48	40	12.11
1	355	58	30	6.82

- Programación en Microsoft Excel de una hoja de cálculo para los cierres de las poligonales por ángulos internos, y para la obtención del archivo .SCR que será el encargado de dibujar automáticamente los vértices de la poligonal en Autocad.

Haciendo el proceso para el polígono #1 quedaría de la siguiente manera.

La siguiente tabla muestra la obtención de los ángulos internos con el respectivo azimut entre dos vértices de la poligonal.

Tabla 8. Ángulos Internos y Azimut

DELTAS	Angulo Interno		AZIMUT
	MEDIDO	CORREGIDO	
1			
2	41° 30' 60"	41° 31' 11"	318° 28' 49"
3	141° 50' 15"	141° 50' 26"	356° 38' 23"
4	65° 49' 25"	65° 49' 36"	110° 48' 47"
5	181° 54' 20"	181° 54' 31"	108° 54' 16"
1	108° 54' 5"	108° 54' 16"	180° 0' 0"
SUMATORIA	539° 59' 5"	540° 0' 0"	
ERROR ANGULAR	0° 0' 55"		

Teniendo las distancias y azimuts entre vértices de la poligonal se pueden calcular las proyecciones y distribuir las según su ubicación en los 4 puntos cardinales.

El objetivo de hacer esta distribución es llegar a que la sumatoria de las proyecciones norte y la suma de las proyecciones sur debería ser igual numéricamente; de igual forma pasa con las proyecciones este y oeste.

Tabla 9. Calculo de Proyecciones

CALCULO DE PROYECCIONES		PROYECCIONES CALCULADAS			
NORTE	ESTE	NORTE	SUR	ESTE	OESTE
56.7910	-50.2790	56.7910			50.2790
29.4590	-1.7300	29.4590			1.7300
-7.8770	20.7230		7.8770	20.7230	
-10.7180	31.2960		10.7180	31.2960	
-67.6500	0.0000		67.6500		
0.0050	0.0100	86.2500	86.2450	52.0190	52.0090

Como siempre va a existir un error en ese cierre de la poligonal se procede a

corregir dichas proyecciones; siguiendo la siguiente fórmula: $FC = \frac{\delta_{NS} * proy.}{\sum N + \sum S}$

Tabla 10. Factores de corrección y proyecciones corregidas

CORRECCIONES		PROYECCIONES CORREGIDAS			
CORR NS	CORR EW	NORTE	SUR	ESTE	OESTE
0.0016	0.0048	56.7894			50.2838
0.0009	0.0002	29.4581			1.7302
0.0002	0.0020		7.8772	20.7210	
0.0003	0.0030		10.7183	31.2930	
0.0020	0.0000		67.6520		
0.0050	0.0100	86.2475	86.2475	52.0140	52.0140

Por último se obtienen las coordenadas corregidas para la poligonal. Se debe tener en cuenta que en la programación de esta hoja de cálculo se consideran los siguientes aspectos:

- 1) Las coordenadas del primer vértices siempre estarán ubicadas en el origen.
- 2) El norte está en la dirección del último vértice de la poligonal.

Tabla 11. Calculo de coordenadas

DELTAS	COORDENADAS	
	NORTE	ESTE
1	0	0.0000
2	56.7894	-50.2838
3	86.2475	-52.0140
4	78.3703	-31.2930
5	67.6520	0.0000

Por ultimo se calcula el cierre total de la poligonal con base en la siguiente formula:

$$X = \frac{LP}{\sqrt{(\delta_{NS})^2 + (\delta_{EW})^2}}$$

Donde LP es el perímetro de la poligonal, es decir la suma de todas las distancias halladas anteriormente.

En este cierre el resultado es:

Tabla 12. Cierre de poligonal

CIERRE POLIGONAL (1:X) = 1 : 20.416,20 m.
--

Esto quiere decir que por cada 20416.20 m2 medidos se cometerá 1 m de error.

Como resultado final en la hoja de cálculo se obtiene la siguiente columna:

Tabla 13. Archivo .SCR para deltas

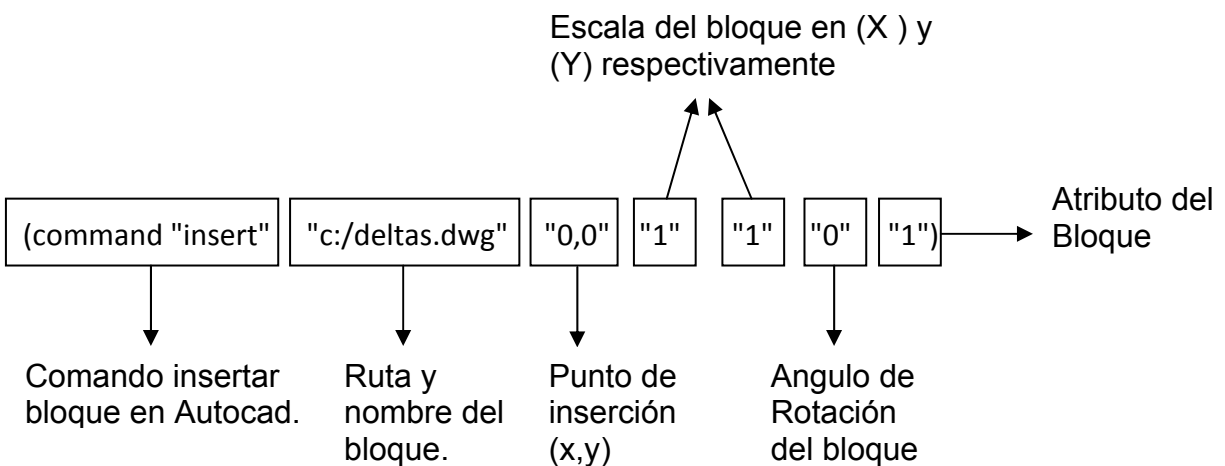
(command "insert" "c:/deltas.dwg" "0,0" "1" "1" "0" "1")
(command "insert" "c:/deltas.dwg" "-50.283,56.789" "1" "1" "0" "2")
(command "insert" "c:/deltas.dwg" "-52.013,86.247" "1" "1" "0" "3")
(command "insert" "c:/deltas.dwg" "-31.292,78.370" "1" "1" "0" "4")
(command "insert" "c:/deltas.dwg" "-3.5525E-15,67.651" "1" "1" "0" "5")

El paso a seguir es copiar, pegar el contenido en el programa de Windows Bloc de Notas y en tipo de archivo guardarlo con extensión .SCR.

El anterior archivo no es más que las instrucciones consecutivas que seguirá Autocad en el momento de ejecutar dicho archivo.

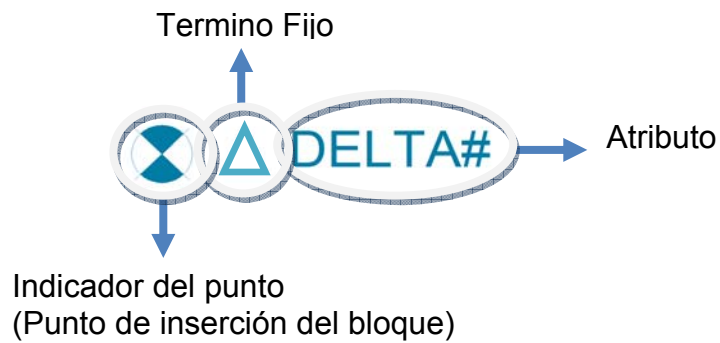
Para ejecutarlo basta con escribir en la barra de comandos de Autocad SCR y buscar la ruta donde se guardo el archivo. A continuación se explica a que hace referencia cada paso de la instrucción.

Figura 1. Detalle programación archivo .SCR



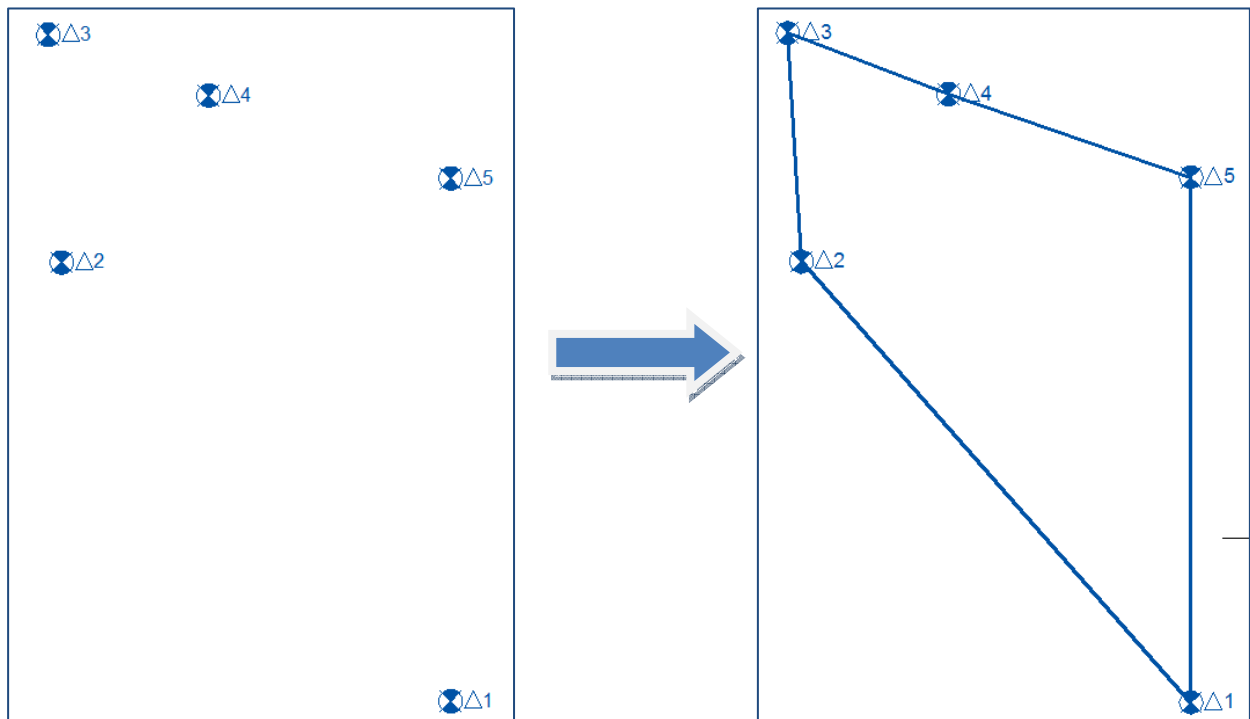
El bloque al cual se hace anteriormente referencia debe ser creado como un WBLOCK, guardarlo en la raíz c:// y además debe tener las siguientes características:

Figura 2. Bloque para los deltas



- Después de ejecutar el archivo .SCR se observaran los deltas de la poligonal insertados en la posición hallada en el cierre. Luego, simplemente se unen los deltas para armar la poligonal y pasar a la digitalización de los puntos tomados en cada estación.

Figura 3. Detalle ubicación de deltas



- Una vez teniendo el polígono referenciado pasamos a la ubicación de los puntos tomados desde cada delta de la poligonal; para ello de igual manera digitalizamos en primera instancia todos los puntos con sus respectivos ángulos y distancias tal como se muestra en la tabla presentada a continuación

Tabla 14. Calculo de coordenadas

PUNTOS TOMADOS A PARTIR DE DELTA 1							
	Nombre del Punto	Angulo Horizontal			Distancia	COORDENADAS	
		Grados (°)	Minutos (')	Segundos (")		NORTE	ESTE
D1	ZD1	356	12	10	16.498	16.4617816	-1.09258872
D1	ZD2	5	18	10	13.044	12.9881745	1.20551163
D1	ZD3	28	34	5	15.325	13.4591771	7.32844989
D1	ZD4	31	52	15	14.021	11.9072022	7.40317344
D1	ZD5	36	10	20	13.366	10.7896574	7.88880531
D1	ZD6	38	2	35	12.874	10.1388915	7.93364706
D1	ZD7	37	14	30	11.204	8.9193927	6.78041664
D1	ZD8	47	2	0	9.414	6.41632597	6.88869778
D1	ZD9	52	20	20	6.605	4.03558806	5.22877175
D1	ZD10	44	30	20	5.412	3.8597436	3.79369521
D1	ZD11	0	37	20	8.154	8.15351918	0.08854928
D1	ZD12	5	56	25	14.097	14.0213035	1.45892344
D1	ZD13	25	59	5	16.175	14.5398839	7.08677653
D1	ZD14	341	35	20	15.22	14.440961	-4.8069789
D1	ZD15	329	3	25	16.418	14.0813698	-8.44190426

- De igual manera de esta programación obtenemos una columna para crear de nuevo un archivo de extensión .SCR. Para la creación de dicho archivo se sigue el mismo procedimiento que para la digitalización de polígonos. Es importante tener en cuenta que en el momento de correr desde Autocad este archivo es necesario crear un nuevo sistema de coordenadas provisional en Autocad (UCS), donde nuestro origen debe ser el delta al

cual vamos a ubicar los puntos y el eje (y) debe estar en dirección del delta donde amarramos ángulos en ceros con la estación total.

Es conveniente de igual manera crear un nuevo bloque con atributos para los puntos tomados desde cada delta y generar otro **WBLOCK** y guardarlo en la raíz C:// con el nombre de **puntos1.dwg**.

Figura 4. Bloque para detalles

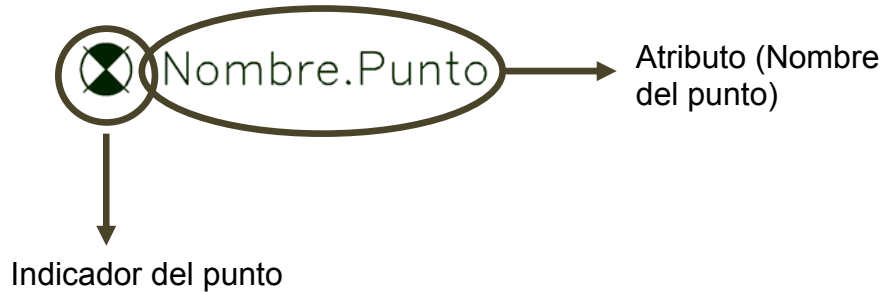
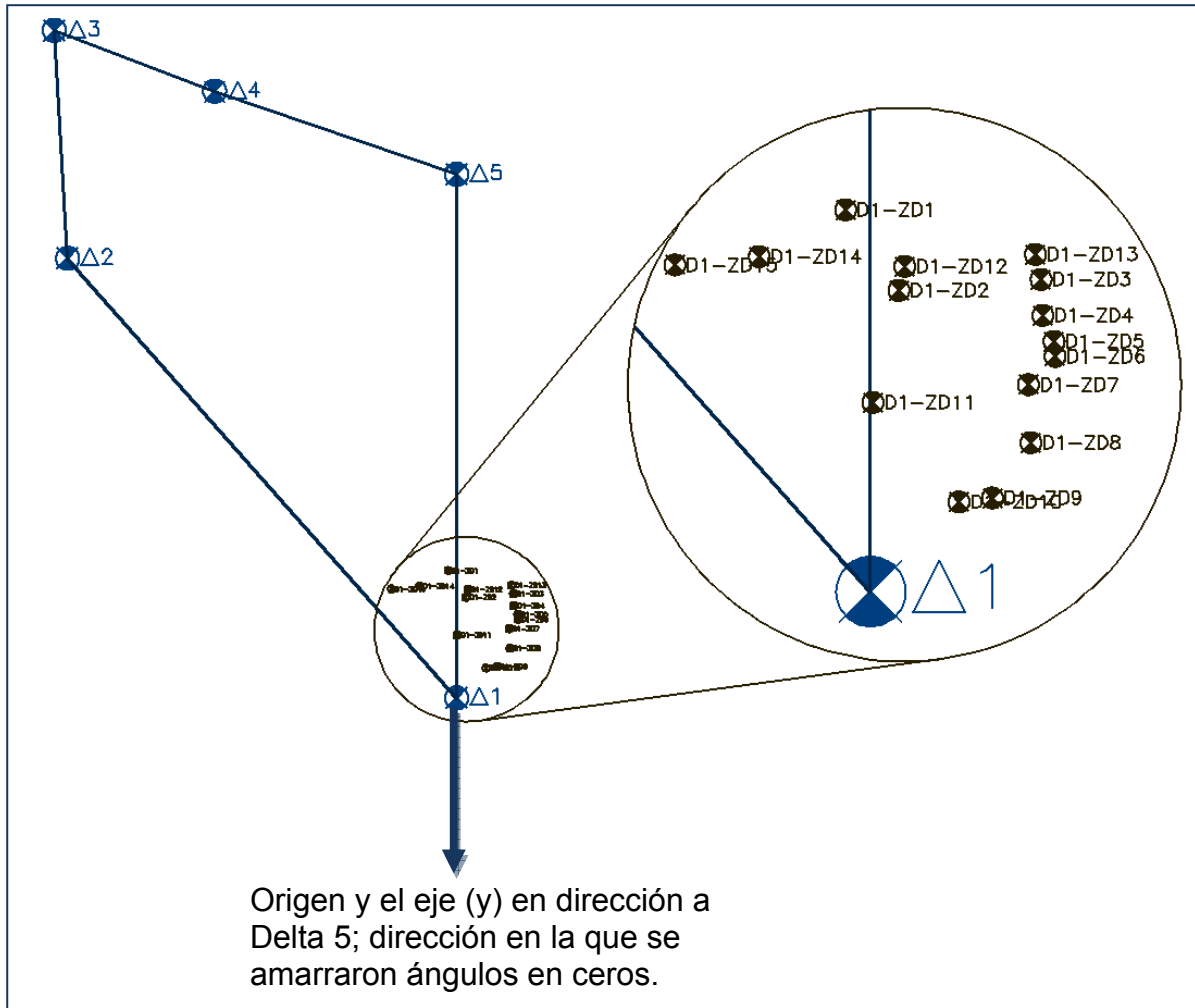


Tabla 15. Archivo .SCR de detalles

(command "insert" "c:/puntos1.dwg" "-1.09258872,16.4617816" "1" "1" "0" "D1-ZD1")
(command "insert" "c:/puntos1.dwg" "1.2055116,12.9881745" "1" "1" "0" "D1-ZD2")
(command "insert" "c:/puntos1.dwg" "7.32844989,13.4591770" "1" "1" "0" "D1-ZD3")
(command "insert" "c:/puntos1.dwg" "7.40317343,11.9072021" "1" "1" "0" "D1-ZD4")
(command "insert" "c:/puntos1.dwg" "7.88880530,10.7896574" "1" "1" "0" "D1-ZD5")
(command "insert" "c:/puntos1.dwg" "7.93364705,10.1388914" "1" "1" "0" "D1-ZD6")
(command "insert" "c:/puntos1.dwg" "6.7804166,8.9193927" "1" "1" "0" "D1-ZD7")
(command "insert" "c:/puntos1.dwg" "6.88869777,6.41632596" "1" "1" "0" "D1-ZD8")
(command "insert" "c:/puntos1.dwg" "5.22877175,4.03558805" "1" "1" "0" "D1-ZD9")
(command "insert" "c:/puntos1.dwg" "3.79369520,3.85974360" "1" "1" "0" "D1-ZD10")
(command "insert" "c:/puntos1.dwg" "0.088549284,8.15351918" "1" "1" "0" "D1-ZD11")
(command "insert" "c:/puntos1.dwg" "1.45892344,14.0213034" "1" "1" "0" "D1-ZD12")
(command "insert" "c:/puntos1.dwg" "7.08677652,14.5398838" "1" "1" "0" "D1-ZD13")
(command "insert" "c:/puntos1.dwg" "-4.80697890,14.4409609" "1" "1" "0" "D1-ZD14")
(command "insert" "c:/puntos1.dwg" "-8.44190426,14.0813698" "1" "1" "0" "D1-ZD15")

Una vez se ejecuta el archivo .SCR desde Autocad se obtiene la una nube de puntos alrededor del delta en cuestión tal y como se muestra en la figura siguiente.

Figura 5. Ubicación de detalles a partir de delta 1



- En este punto de la digitalización solo nos queda tomar como guía los croquis hechos en campo para unir de manera correcta y en las capas correspondientes los puntos previamente insertados.

A1.4 “GVSIG, GENERALIDADES”

GvSIG es un sofisticado Sistema de Información Geográfica que permite gestionar datos espaciales y realizar análisis complejos sobre esto. Con su ayuda se pueden realizar múltiples tareas.

La interfaz de GvSIG proporciona los elementos necesarios para entablar una comunicación con el programa, es intuitiva, fácil de manejar y está al alcance de cualquier usuario familiarizado con los Sistemas de Información Geográfica. Se compone de una ventana principal en la que se sitúan las distintas herramientas y ventanas secundarias que conforman los documentos propios del programa.

En GvSIG toda la actividad se localiza en un proyecto, el cual está formado por diferentes documentos, estos últimos son de tres tipos: vistas, tablas y mapas.

- Vistas: son los documentos donde se trabaja con bases de datos gráficas. Dentro de una vista pueden existir distintas capas de información geográfica. Cada tema es una capa de información.
- Tablas: son los documentos donde se trabaja con bases de datos alfanuméricas
- Mapas: constructor de mapas que permite insertar los distintos elementos cartográficos que componen un plano con facilidad.

Tabla 16. Generalidades del GV-SIG

GENERALIDADES DE GV-SIG
Lenguaje de desarrollo: Java (Multiplataforma)
Neutralidad tecnológica.
Software Libre (GNU/GPL).
Diseño modular y escalable.
Sujeto a estándares (OGC).
Interfaz amigable: Manejo sencillo
Internacional (español, valenciano, inglés, euskera, gallego, francés, italiano, portugués, alemán, checo, polaco, rumano y chino).

A continuación se presentan algunas de las características principales del software gvSIG:

- **Modularidad:** El programa está construido con un conjunto de funciones básicas, comunes a todos los programas de ventanas, y es capaz de leer y escribir datos de diversas fuentes (programas de CAD o SIG, servidores de mapas, etc.). El modelo de objetos final (núcleo + extensiones) es perfectamente accesible por nuevas extensiones que se desarrollen. Las nuevas extensiones se integran de manera transparente como si formaran parte del programa desde el principio. Cada usuario puede tener en su ordenador solo aquellas partes que necesite, de manera que el uso y el mantenimiento del programa es más sencillo más comparado con los que actualmente se emplean.
- **Interoperatividad:** Una vez finalizado, aparecen nuevos formatos gracias al desarrollo de nuevas extensiones para ser usadas con el programa. Al terminar este nuevo desarrollo las extensiones se incorporaran a las instalaciones que ya se hayan efectuado de manera que cualquier usuario puede acceder a esos datos con nuevos formatos.
- **Código abierto:** En todo momento los programadores tienen acceso al código fuente original del programa agilizando el desarrollo de nuevas funcionalidades, así como la sustitución de algunas que se hayan decidido mejorar
- **Sujeto a estándares:** Cada nueva fuente de datos o usuario se incorpora con facilidad si se siguen los estándares ya que esto está previsto desde el principio en la concepción del programa.

- **Economía:** Al contar con un desarrollo inicial de amplio horizonte la adecuación para nuevos usos requiere solo pequeñas adaptaciones en forma de extensión reduciendo mucho el costo de desarrollo de esos nuevos usos. Así mismo, al estar libre de licencias el costo por PC para cada nueva instalación es muy reducido.

- **Portabilidad:** La tendencia al uso de Linux en los ordenadores de usuario final, así como la gran cantidad de versiones diferentes de Windows instaladas da al programa una gran flexibilidad, ya que un grupo de usuarios puede usar el mismo programa y datos, sin importar que las plataformas que usen no sean homogéneas. De la misma manera se pueden incorporar con facilidad nuevos usuarios independientemente de su hardware / software usado. Al ser un desarrollo en Java el costo económico y técnico de estas migraciones será realmente asequible.

La versión del software utilizado corresponde al gvSIG 1.1. Esta es la última versión estable que se encuentra para descargar en la página web de gvSIG y tiene los siguientes requerimientos básicos:

Tabla 17. Requerimientos básicos de gvSIG

Mínimos	Pentium III / 256 MB RAM
Recomendables	Pentium IV / 512 MB RAM
Sistemas operativos	Windows - Linux - Macintosh (Probado en Win98/XP, Linux Ubuntu 6.x y 7.x, Linux Suse 8.2/9.0 y Macintosh OSX 10.4)