



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE
FACULTAD DE HUMANIDADES

**ESPECIALIZACION EN TECNOLOGÍAS
DE LA INFORMACIÓN GEOGRÁFICA**

Trabajo Integrador Final
**INNOVACION PEDAGOGICA EN LA CATEDRA GEODESIA FISICA Y
GLOBAL**

Autor: Agrimensora Nacional Titiosky, Valeria Sara
Tutor: Doctor en Geografía Insaurralde, Juan Ariel
Fecha de presentación: 24/10/2016

INDICE

INTRODUCCIÓN.....	3
OBJETIVO DEL TRABAJO	3
ANTECEDENTES.....	3
MARCO CONCEPTUAL	4
CARACTERÍSTICAS DE LOS CONTENIDOS DEL PROGRAMA DE LA CÁTEDRA.....	12
DESARROLLO.....	13
Innovación Pedagógica.....	15
Ventajas de la Innovación Pedagógica.....	17
CONCLUSIONES.....	19
BIBLIOGRAFÍA.....	19
ANEXOS.....	21
Anexo A.....	21
Anexos Sección A.....	22
Anexo A-1. Transformación de coordenadas.	22
Anexo A-2. Trabajo de campo con GPS y Estación Total.	23
Anexo Sección B.....	27
Anexo B-1. Transformación de coordenadas	27
Anexo B-2. Trabajo de campo N° 3.....	31
Anexo B-3. Trabajo Práctico N° 4.....	38

Introducción

La finalidad del presente **Trabajo Integrador Final** (TIF), correspondiente a la carrera de **Especialización en Tecnologías de la Información Geográfica**, es incorporar, mediante la práctica pedagógica, nuevas estrategias metodológicas de trabajo basadas en Tecnologías de Información Geográficas (TIG) como innovación pedagógica en el desarrollo y dictado de la cátedra **Geodesia Física y Global** perteneciente a la carrera de Ingeniería en Agrimensura de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura de la U.N.N.E..

Para realizar el TIF, se contó con los trabajos de los alumnos de dicha cátedra antes y después de la implementación de la innovación pedagógica con el fin de establecer comparaciones entre los mismos, y evidenciar ventajas y desventajas en el uso de las TIG.

Objetivo del Trabajo

El objetivo general del trabajo es diseñar e implementar una planificación áulica para la cátedra Geodesia Física y Global con base en las Tecnologías de la Información Geográfica.

También se plantea, como objetivo principal, evidenciar las ventajas y desventajas de la implementación de dicha planificación de la cátedra con la introducción de técnicas basadas en las Tecnologías de Información Geográfica.

Antecedentes

En el plan de estudio de la carrera de Agrimensura (año 2000), en el Primer Cuatrimestre del Cuarto Año de la Carrera se impartía el espacio curricular denominado **Posicionamiento Satelitario**. En la actualidad y, con posterioridad a la renovación del plan de la carrera (año 2012), acreditada por la CONEAU como Ingeniería en Agrimensura (año 2014), se dicta, como materia equivalente, la cátedra Geodesia **Física y Global** en el Segundo Cuatrimestre del Cuarto Año. El cambio de denominación se debe a que existía un desajuste entre la denominación de la materia y los contenidos a desarrollar. Con el nombre adoptado en el nuevo plan, se incluyen todos los temas que se imparten en las clases.

Marco Conceptual

Las Tecnologías de la Información Geográfica (TIG) están formadas por un conjunto de técnicas y métodos clásicos y modernos en torno a la Cartografía (lectura, interpretación y elaboración de mapas), la Fotointerpretación (de las fotografías verticales aéreas captadas desde los aviones que permiten analizar la evolución de los territorios) o la Teledetección (que proporciona claves para interpretar la información espacial suministrada por los satélites) y los Sistemas de Información Geográfica (SIG).

Existen varias definiciones de los SIG, debido a su uso multidisciplinario (Buzai, 2011), las cuáles fueron combinadas por Teixeira *et al.* (1995) llegando a definir al SIG como *"...un conjunto de programas, equipamientos, metodologías, datos y personas (usuarios), perfectamente integrados, de manera que hace posible la recolección de datos, almacenamiento, procesamiento y análisis de datos georreferenciados, así como la producción de información derivada de su aplicación"*.

Las Tecnologías de la Información Geográfica (TIG), como lo son los visualizadores de información geográfica y satelital (Google Earth, Google Maps, Visualizadores geográficos varios, etc.), los Sistemas de Información Geográfica (SIG), la Teledetección, la Navegación Asistida por Satélite (GNSS), entre otras, ofrecen un potencial importante que promueve el conocimiento y sistematización de datos georreferenciados, ya que como considera Buzai *et al.* (2011, citado por Humacata, 2013) *"...la enseñanza de los SIG ayudan a desarrollar en los alumnos un pensamiento e inteligencia espacial que les permite comprender las interrelaciones de fenómenos en el territorio y más ampliamente las relaciones sociedad – naturaleza"*.

Dentro de las herramientas geotecnológicas, se utiliza Google Earth, como tecnología de visualización del espacio y SIG como tecnología que vincula información alfanumérica y cartografía digital. Como señala Díaz (2012, citada por Humacata, 2013) respecto al Google Earth

Díaz 2012

Esta tecnología, constituye una forma innovadora de representación de datos espaciales de gran heterogeneidad en tiempo casi real, pues da la posibilidad de visualizar el espacio a través de la superposición de capas de información, la articulación con el recurso Google Maps, y su vinculación con sitios como You Tube y Wikipedia permite articular texto, imagen y sonido a la vez

La utilización de fotografías aéreas e imágenes satelitales se convierten en recursos didácticos con la finalidad de visualizar y analizar ciertos rasgos de la realidad a diferentes escalas, recursos habituales a la hora de apoyar el trabajo en el aula. La implementación de las TIG en las clases implica el desarrollo de habilidades técnicas y también una estrecha relación con los contenidos conceptuales de la materia.

Cabe señalar que las geotecnologías son herramientas de alto potencial para el desarrollo de los conceptos en los alumnos con respecto a su entorno espacial. La construcción de aprendizaje es significativa, y cumple con el doble propósito de atraer el interés en los alumnos e incentivar las inquietudes por conocer mejor su espacio cotidiano. De esta manera, se acercan al alumno los métodos de la disciplina geográfica en la construcción y apropiación de los datos obtenidos de su espacio cotidiano. Desde este enfoque, Buzai *et al.* (2011, citado por Humacata, 2013) señala que

Buzai 2011

La mejor utilización de estos sistemas solamente se hará aprendiendo y haciendo Geografía. Una Geografía que debería ampliar el enfoque limitado que presentan los diseños curriculares, para que junto a otras visiones logren brindar el abanico de posibilidades que favorezca realmente la capacidad crítica de los alumnos.

Para Cabero (1998, citado por Consuelo Belloch, 2012) las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC)

Cabero 1998

En líneas generales podríamos decir que las nuevas tecnologías de la información y comunicación son las que giran en torno a tres medios básicos: la informática, la microelectrónica y las telecomunicaciones; pero giran, no sólo de forma aislada, sino lo que es más significativo de manera interactiva e interconexiónadas, lo que permite conseguir nuevas realidades comunicativas.

Podemos decir que se denomina así al conjunto de tecnologías que permiten la adquisición, producción, almacenamiento, tratamiento, comunicación, registro y presentación de información en forma de imágenes y datos contenidos en señales electromagnéticas.

Las TIC contribuyen al fortalecimiento y la gestión de la planificación educativa. Pueden ampliar el acceso al aprendizaje, mejorar la calidad y garantizar la integración de los contenidos. Por otro lado, la utilización prudente de materiales de fuente abierta por medio de las TIC puede contribuir a superar los atascos que genera la tarea de producir, distribuir y actualizar la información.

La necesidad de realizar innovaciones en gran escala ha hecho que la UNESCO se centre principalmente en la mejora y la transformación de los sistemas educativos. La Organización examina las funciones que cumplen las TIC en la concepción de las políticas educativas. El papel que la UNESCO desempeña es tanto normativo como informativo, ya que acopia datos y ejemplos del uso de las TIC en la educación y difunde ampliamente la información al respecto.

La Unesco (2005) afirma que

UNESCO 2005

Una sociedad del conocimiento ha de poder integrar a cada uno de sus miembros y promover nuevas formas de solidaridad con las generaciones presentes y venideras. No deberían existir marginados en las sociedades del conocimiento, ya que éste es un bien público que ha de estar a disposición de todos.

Una de las TIC que ha recibido la mayor atención en el último tiempo fue Internet. Se trata de una plataforma tecnológica para el intercambio de información que *"...consiste en una tecno-estructura cultural comunicativa, que permite la resignificación de las experiencias, del conocimiento y de las prácticas de interacción humana"*. CABRERA (2004, citado por Tello, 2007)

Según Font (2003), el mundo ha llegado a niveles de complejidad inimaginables y, con ello, aparecen retos y desafíos; para afrontarlos, los individuos necesitarán una base considerable de conocimientos significativos y una gran capacidad para aplicarlos convenientemente. Los cambios son tan rápidos que ya no es posible, como en otros tiempos, aprender lo suficiente en unos años de educación formal para estar preparado para la vida. Se requiere una educación a lo largo de toda la existencia. Señala la UNESCO (1996), que ésta

UNESCO 1996

No es un ideal lejano, sino una realidad que tiende cada vez más a materializarse en el ámbito complejo de la educación, caracterizado por un conjunto de mutaciones que hacen esta opción cada vez más necesaria. Para organizar este proceso, hay que dejar de considerar que las diversas formas de enseñanza y aprendizaje son independientes y, en cierta manera imbricada, si no concurrentes y, en cambio, tratar de realizar el carácter complementario de los ámbitos y los períodos de la educación moderna

Font (2003) afirma que el uso de las nuevas tecnologías le permitirá al estudiante universitario:

Font 2003

1. Poseer más información disponible a través de Internet que la que se tiene usando sencillamente la biblioteca del campus.
2. Poseer acceso a informaciones actualizadas.
3. Establecer proyectos de colaboración con alumnos y profesores de otros campus o de otras universidades, tanto de nuestro país como del extranjero.
4. Poder individualizar su aprendizaje utilizando las telecomunicaciones.
5. Poseer conocimiento y dominio en la inserción de las técnicas y medios para la formación en cualquier espacio y tiempo, que combine la formación presencial con la formación a distancia.

Se puede afirmar (Font, 2003) que el desarrollo científico tecnológico es un aspecto evidente y real en nuestra sociedad actual por lo que es difícil encontrar una profesión donde no existan las nuevas tecnologías, así como los cambios constantes en el conocimiento y en el desarrollo tecnológico, lo que obliga a que el docente y el estudiante se encuentre involucrado de forma directa en el aprendizaje de estas tecnologías como parte de su formación profesional.

Dentro de las TIG, la Geodesia es una disciplina científica que ha visto renovado su accionar debido a los constantes adelantos tecnológicos. En este sentido, Helmert (1880) define la Geodesia como “...la ciencia de la medida y representación de la Tierra”. Esto implica obtener un conocimiento de la forma y dimensiones de la Tierra, pero también proporcionar o determinar coordenadas para cada punto sobre la superficie terrestre.

La geodesia se encarga de establecer los sistemas de referencia (planimetría, altimetría, modelo de observación) y presentarlos accesibles a los usuarios por medio de los marcos de referencia; proporciona el esqueleto sobre el que se van a apoyar otras actividades, como, por ejemplo, la georreferenciación de imágenes de satélite o la determinación del nivel medio del mar; en definitiva, sirve de base para cualquier actividad que tenga que ver con el territorio y su representación cartográfica.

Su desarrollo comenzó a gestarse con Pitágoras (550 a. J. C), que fue el primero en darse cuenta de la esfericidad de la Tierra. Tres siglos después, Eratóstenes (250 a. J. C.) se propuso por primera vez determinar las dimensiones de la esfera. Newton, en 1687, enunció el principio que sostiene que: *“la forma de equilibrio de una masa fluida homogénea sometida a las leyes de la gravitación universal, y girando alrededor de un eje, es un elipsoide de revolución achatado en los polos”*. Las medidas realizadas demuestran que la Tierra no es un elipsoide perfecto.

Una parte fundamental de la geodesia es la determinación de la posición de puntos sobre la superficie terrestre, denominados Topocentros (T), mediante algún sistema de referencia que emplee coordenadas rectangulares (o esféricas Latitud, Longitud y Altura), con una terna de ejes (X, Y, Z) y cuyo eje polar Z se hace coincidir con el eje de rotación medio del planeta.

La materialización de estos puntos sobre el terreno constituye las denominadas redes geodésicas, conformadas por las coordenadas de estaciones que configuran la base de la cartografía de un país.

La superficie de referencia elegida para describir el globo terrestre debe reunir dos condiciones fundamentales: (a) que mejor represente a la forma y figura de la Tierra y, (b) que a ella resulten perpendiculares las verticales de los topocentros. Esta superficie recibe el nombre de Nivel Medio del Mar (N.M.M.) o simplemente **geoide**.

En 1873, Listing introdujo el concepto de **geoide** definido como la *“forma de la tierra”*, siendo un esferoide tridimensional que conforma una superficie equipotencial imaginaria y muy compleja.

La Geodesia Física estudia el campo gravitatorio de la Tierra; tomando como herramienta matemática la teoría del potencial, describe el campo de gravedad terrestre y su influencia en las mediciones geodésicas, poniendo énfasis en la interacción entre las técnicas geométricas, en especial GPS, y las modernas técnicas gravitacionales.

La necesidad de desarrollar la ecuación del **geoide** nos obliga a definir el “Geopotencial” o “Potencial de la Gravedad” como: $W = \text{Potencial } G$, donde “ G ” es un vector que tiene la propiedad que el valor numérico de su derivada en una dirección cualquiera “ d ”, es igual al valor de la componente de la gravedad en esa dirección.

La forma del **geoide** es bastante compleja. Está llena de abolladuras y prominencias. Es una superficie dinámica que cambia con el tiempo y sobre la misma es muy difícil realizar cálculos y operaciones geométricas tales como mediciones de arcos, ángulos y distancias.

Pero la necesidad de hacer geometría sobre la superficie de referencia, es decir, calcular distancias, ángulos, áreas, etc., exige que esta superficie sea lo más sencilla que se pueda, de modo que su ecuación sea simple. Es por ello que se reemplaza al geoide por un elipsoide de revolución alrededor de su eje menor, convenientemente orientado dentro del cuerpo físico de la Tierra y de ejes adecuadamente dimensionados, de modo tal que coincida lo mejor posible con el geoide. Tal elipsoide recibe los nombres de “Elipsoide Terrestre, Elipsoide Absoluto o Elipsoide Geocéntrico”.

En 1910, Hayford planteó un **elipsoide** (de revolución) como figura geométrica sencilla y definida más útil para realizar cálculos y proyectar puntos sobre la superficie terrestre.

La conveniente orientación del Elipsoide Terrestre con respecto al cuerpo físico de la Tierra, se logra haciendo que su centro geométrico coincida con el geocentro (y entonces con el origen del Sistema Terrestre Medio) y su eje menor con el Eje de Rotación Z .

Los puntos de coincidencia del geoide con el elipsoide recibieron el nombre de **datum**. Cada uno de ellos está compuesto por un elipsoide y el punto fundamental (de coincidencia) y del cual se conoce la latitud, longitud y el acimut obtenido mediante observaciones astronómicas.

El caso más general de transformación de **datum** plantea un problema tridimensional; la información que interviene en los modelos matemáticos consiste en: coordenadas cartesianas tridimensionales referidas al centro geométrico del elipsoide de referencia considerado, coordenadas proyectadas o coordenadas geográficas (λ , φ) junto con la altura (se expresa directamente como altura elipsoidal o bien como la suma de la altura ortométrica y la ondulación del **geoide**).

Cuando las coordenadas de un punto se miden respecto a un **datum** conocido, pero en una época que no coincide con las coordenadas de las estaciones de referencia, se deben corregir dichas coordenadas respecto a lo que llamamos **velocidad** que es el cambio de las coordenadas en función del tiempo, originado fundamentalmente por el movimiento de las placas tectónicas (desplazamientos ocasionados por mareas terrestres, incluidos los efectos permanentes, la carga oceánica, mareas polares, rebote postglacial, carga atmosférica, variaciones del geocentro, etc.) partiendo de las coordenadas y el tiempo de la época inicial.

En las últimas décadas, los notables avances en tecnología satelital e información y su masiva difusión posibilitan el acceso y manejo de grandes volúmenes de información. Con la aparición de nuevas técnicas de medición, en particular los Sistemas de Navegación Asistida por Satélites (GNSS), renace la importancia de contar con sistemas que representen la Tierra en su forma real.

Los Sistemas de Navegación Asistido por Satélite (GNSS por sus siglas en inglés) son un conjunto de sistemas de satélites que tiene como objetivo la determinación de las coordenadas espaciales de puntos respecto de un sistema de referencia mundial. Los puntos pueden estar ubicados en cualquier lugar del planeta, pueden permanecer estáticos o en movimiento y las observaciones pueden realizarse en cualquier momento del día. Se reconocen entre los sistemas más importantes al Sistema de Posicionamiento Global (GPS) de Estados Unidos, GLONASS de Rusia, Galileo de Europa, Beidu COMPAS de India, entre otros de cobertura regional o local.

En lo referente a la Geodesia Global, se hace referencia a la moderna definición de esta ciencia, la llamada Geodesia Satelital, y su relación con las demás disciplinas.

El Posicionamiento Espacial es un método para establecer posiciones sobre la superficie terrestre mediante la medición de ondas electromagnéticas enviadas o reflejadas desde un objeto en órbita sobre la superficie terrestre. Dicha posición es representada por una terna de números o coordenadas referidos a un sistema particular.

Según la definición convencional adoptada en la década de los 80 por la Asociación Internacional de Geodesia y la Unión Astronómica Internacional, el Sistema de Referencia Terrestre Convencional (CTRS) es una terna trirrectangular de mano derecha, de ejes x , y , z , cuyo origen coincide con el centro de masa de la Tierra, su eje z pasa por el Polo Convencional Terrestre definido por el Servicio Internacional de Rotación de la Tierra (IERS); el eje x , perpendicular al z , definido por la intersección del meridiano de Greenwich (también definido por el IERS) y el plano del ecuador terrestre. (Torge; 2001)

Con el aporte de las distintas técnicas geodésicas espaciales (VLBI, LLR, LSR y GPS) ha sido posible materializar sobre la superficie terrestre sistemas de referencia geocéntricos en los que el ajuste entre **geoide** y **elipsoide** se plantea a nivel global.

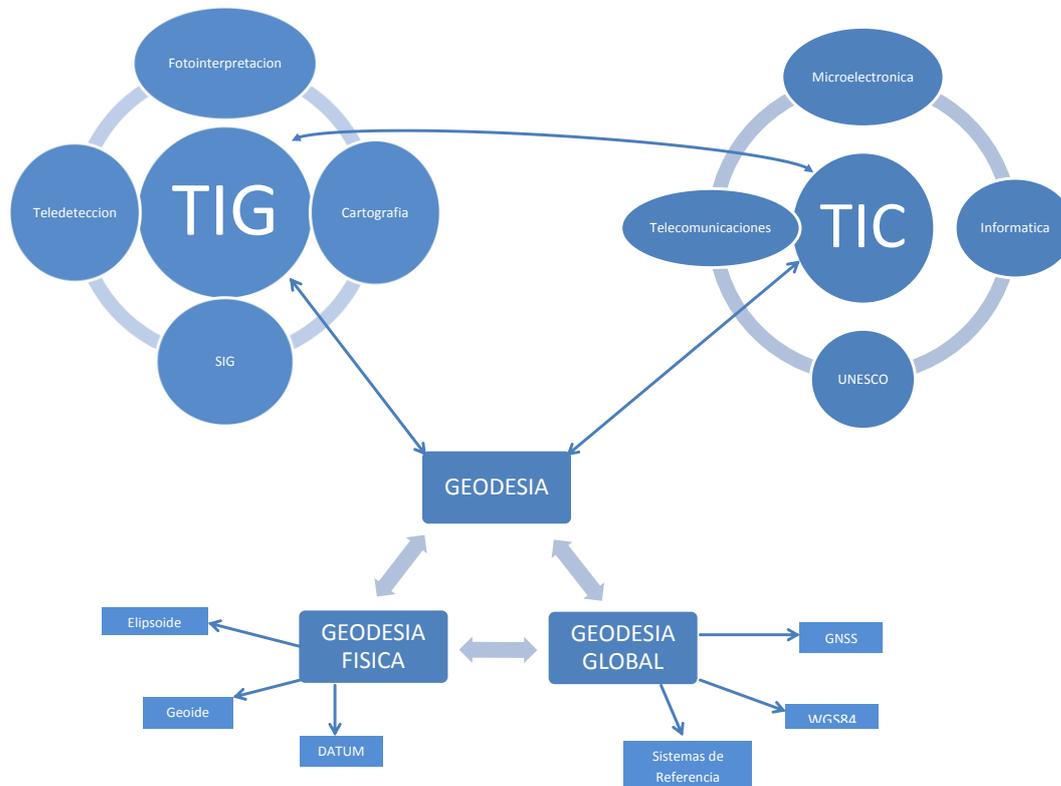
Luego de múltiples recomendaciones se decidió adoptar el sistema WGS84 (World Geodetic System 1984), de origen satelital, como nuevo **datum** para la República Argentina; para materializarlo se desarrolló el proyecto POSGAR (Posiciones Geodésicas Argentinas) que consiste en una red constituida por 127 puntos distribuidos más o menos regularmente sobre el territorio nacional (distancia promedio entre puntos de 200km) basada en mediciones GPS.

Distintas ramas de las Ciencias de la Tierra, en particular de la Geofísica, podrán utilizar los resultados de la Geodesia y aplicarlos a estudios específicos (prospección, geodinámica, geotectónica, etc.). La Geodesia se está focalizando en los últimos años hacia tres temas muy vinculados entre sí: GPS, Geoide y Geodinámica.

Dentro del dominio de la Geodesia, Posicionamiento, Determinación del Campo de Gravedad Terrestre y la Variación temporal de las posiciones y el campo de gravedad, se estudian los Sistemas de Referencia y las distintas técnicas de medición. De allí la importancia de los modelos matemáticos y físicos geoidales regionales, realizados con métodos y cálculos que destacan problemáticas particulares de cada región (características topográficas, comportamientos de la corteza, etc.).

A continuación (Figura 1) podemos observar un esquema que sintetiza las relaciones observadas entre los conceptos tratados en esta sección y que se relacionan con el tema que se aborda en este Trabajo de Integración Final.

Figura 1. Esquema síntesis del Marco conceptual.



Fuente. Elaboración propia

Características de los contenidos del programa de la cátedra

En la cátedra se abordan los métodos de cálculo de la posición de los Sistemas de Navegación Asistidos por Satélite (GNSS) y en particular del Sistema de Posicionamiento Global (GPS) por ser la más cercana al desempeño laboral del Ingeniero Agrimensor.

Al finalizar el curso el alumno debe ser capaz de desarrollar los aspectos teóricos, los cálculos y ajustes relacionados con la solución de los problemas geodésicos en los distintos ámbitos de acción del Ingeniero Agrimensor.

Algunos de ellos:

- Establecer los objetivos de la Geodesia, su aplicación y ámbito de acción.

- Conocer las técnicas de medición de la Geodesia moderna.
- Conocer los diferentes Sistemas de Referencia y la relación que los vincula.
- Realizar la transformación de coordenadas en un mismo sistema de referencia y entre sistemas distintos.
- Conocimiento teórico de los elementos que conforman un modelo geopotencial.
- Formación de criterio para la elección de un modelo geoidal para la transformación de alturas.
- Manejo de los distintos métodos de trabajo con receptores GPS.
- Conocimientos necesarios para la realización de una campaña de georreferenciación en todas sus etapas. Planeamiento, Observación de campo, Cálculo y Ajuste, Documentación final.

Desarrollo

En el tema 3 del programa (ver Anexos) se plantea como tema a desarrollar la transformación de coordenadas, que corresponde al pasaje de coordenadas geodésicas a coordenadas cartesianas y viceversa, como así también el pasaje de coordenadas geocéntricas a topocéntricas y viceversa.

Durante el dictado de Posicionamiento Satelitario, como así también en el inicio del dictado de Geodesia Física y Global (como materia del nuevo plan), este tema se ha desarrollado analítica y numéricamente utilizando solamente las formulas destinadas para dicho fin y contando con las constantes necesarias para el cálculo.

Un ejercicio de transformación de coordenadas consiste en obtener las coordenadas de un punto en un elipsoide conociendo las coordenadas del mismo punto en otro elipsoide. Las fórmulas utilizadas son las que se observan en la Figura 2:

Figura 2. Formulas de transformacion de coordenadas.

$$\begin{aligned}
 X &= (N + h) \cdot \cos \varphi \cdot \cos \lambda \\
 Y &= (N + h) \cdot \cos \varphi \cdot \operatorname{sen} \lambda \\
 Z &= (N \cdot (1 - e^2) + h) \cdot \operatorname{sen} \varphi \\
 N &= \frac{a}{(1 - e^2 \operatorname{sen}^2 \varphi)^{1/2}} \\
 \operatorname{tg} \lambda &= \frac{Y}{X} \Rightarrow \lambda = \operatorname{arctg} \frac{Y}{X} \\
 \operatorname{tg} \varphi &= \frac{Z \cdot (N + h)}{\sqrt{X^2 + Y^2} \cdot (N \cdot (1 - e^2) + h)} \\
 h &= \frac{Z}{\operatorname{sen} \varphi} - N \cdot (1 - e^2)
 \end{aligned}$$

Fuente. Elaboración propia

El cálculo de h y φ se pueden cambiar por la siguiente secuencia:

- 1) $P = (x^2 + y^2)^{1/2}$
- 2) Calculo de ϕ_0 aproximado, haciendo $h = 0$

$$\operatorname{Tg} \phi_0 = (z/P) \cdot (1 - e^2)^{-1}$$
- 3) $N_0 = a / (1 - e^2 \cdot \operatorname{sen}^2 \phi_0)^{1/2}$
- 4) $h_0 = (P / \cos \phi_0) - N_0$
- 5) $\operatorname{Tg} \phi_1 = (z/P) \cdot \{1 - [e^2 \cdot N_0 / (N_0 + h_0)]\}^{-1}$

Cuadro 1. Valores constantes de los Elipsoides

Elipsoides	WGS84	INCHAUPE
Semieje mayor (a)	6378137	6378388
Aplanamiento (f)	1/298257222101	1/297
Semieje menor (b)	6356752,31414	6356911,94613
1ª Excentricidad (e^2)	6,69438002290 E-03	6,72267002233 E-03
2ª Excentricidad (e'^2)	6,73949677548 E-03	6,76817019722 E-03

Fuente. Apuntes de la Catedra Geodesia Física y Global

La relación entre los sistemas de referencia Campo Inchauspe y WGS84 es una simple traslación del origen, recordando que los elipsoides son distintos.

$$\begin{aligned}
 X_{ci} &= X_{WGS84} + 148 \text{ m} \\
 Y_{ci} &= Y_{WGS84} - 136 \text{ m} \\
 Z_{ci} &= Z_{WGS84} - 090 \text{ m}
 \end{aligned}$$

La transformación de coordenadas entre 2 sistemas, llamada Transformación de Bursa-Wolf (Figura 3), se establece con una transformación lineal de 7 parámetros que indican diferencia de origen (3 parámetros de traslación, uno por cada eje), de orientación (3 parámetros de rotación, uno por cada eje) y el factor de escala (1 parámetro); esta relación permite obtener los valores de coordenadas de un punto referido a un nuevo **datum**.

Figura 3. Transformación de Bursa-Wolf.

$$\begin{bmatrix} X' \\ Y' \\ Z' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \\ \Delta Z \end{bmatrix} + (1 - F_e) \cdot \begin{bmatrix} 1 & -R_Z & R_Y \\ R_Z & 1 & -R_X \\ -R_Y & R_X & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} X_2 \\ Y_2 \\ Z_2 \end{bmatrix}$$

Fuente. Elaboración Propia

Innovación Pedagógica

A partir del 2014, habiendo cursado el Modulo I Tema 2 correspondiente a “Geodesia y Cartografía. Los Sistemas de Referencia y Proyección”, de la Especialización en Tecnologías de la Información Geográfica, a cargo del Agrimensor Sergio Cimbaro, se incorporaron a la curricula de la materia **Geodesia Física y Global** en particular al desarrollo de los prácticos, los siguientes procedimientos:

- en una primera práctica, la utilización de las velocidades y las diferencias de épocas y su incidencia en la determinación de las coordenadas, las cuales se calculan por las formulas:

$$X_2(T_2) = X_1(T_1) + V_x(T_2 - T_1)$$

$$Y_2(T_2) = Y_1(T_1) + V_y(T_2 - T_1)$$

$$Z_2(T_2) = Z_1(T_1) + V_z(T_2 - T_1)$$

- en una segunda práctica, las nuevas coordenadas de un punto ante un cambio de **datum**, de valores diferentes a los **datum** conocidos como estándares.

- y en una tercera práctica, el uso del software GEOCALC en su versión 6.3.

Comparando entonces los trabajos prácticos efectuados por alumnos de **Posicionamiento Satelitario** y luego **Geodesia Física y Global**, se observa que se basaban en el cálculo manual (ver Anexo A-1), sin tener en cuenta otros elementos; a partir de la innovación de los prácticos (2014) en Geodesia Física y Global se agrega el cambio de época y el cambio de **datum**, como así también el aprendizaje del uso de GEOCALC como una herramienta tecnológica de cálculo que genera resultados más fiables (ver Anexo B-1).

Los temas del 4 al 12 del programa (ver Anexos) se refieren totalmente al uso del receptor GNSS y las consideraciones a tener en cuenta antes, durante y después de su utilización.

Habiendo cursado el Modulo II Tema 2 correspondiente a “Los Sistemas de Posicionamiento Global”, el Modulo III Tema 4 “Fotogrametría y Fotointerpretación” y Tema 9 “Modelo Digital del Terreno” se incorporaron al desarrollo de los prácticos la combinación de mediciones cuando trabajamos con el GPS.

Respecto a los trabajos de campo, los gráficos obtenidos por las mediciones efectuadas, se representaban solamente con el software incorporado al receptor GNSS utilizado (ver Anexo A-2), mientras que actualmente, se trabaja con otros programas que permiten visualizar de otra manera los resultados obtenidos en cada medición (ver Anexo B-2 y B-3).

Se utilizan fotografías aéreas para identificar puntos a medir, se efectúan mediciones con el receptor GNSS de precisión y se miden también con Estación Total. Con todo ello, luego del trabajo de campo, en gabinete, se trabaja con los archivos RINEX (siglas en inglés de "Receiver INdependent EXchange; estos permiten la gestión y almacenamiento de las medidas, de manera estandarizada, generadas por un receptor de sistemas de navegación por satélite, así como su procesado off-line por multitud de aplicaciones informáticas, independientemente de cual sea el fabricante tanto del receptor como de la aplicación informática) descargados de la página del Instituto Geográfico Nacional (IGN), se obtienen las coordenadas de los puntos medidos así como también una gráfica lineal y de curvas de nivel del lugar medido.

Ventajas de la Innovación Pedagógica

De esta manera, a partir de la utilización de herramientas con base en las Tecnologías de la Información Geográfica (TIG) fue posible desarrollar los contenidos, métodos y procedimientos necesarios para que los alumnos obtengan un resultado visible de toda la información medida y medible, la cual será útil en el desempeño de la actividad profesional.

Desde el punto de vista de los educandos, el uso de las Tecnologías de la Información y de la Comunicación y la innovación pedagógica desarrollada constituye un valioso recurso para un proceso educativo centrado en el avance tecnológico; potenciando el proceso de lectura-escritura, dado que los estudiantes son más sensibles a un entorno digital y esto posibilita un mayor grado de interacción con los dispositivos electrónicos (teléfonos móviles, televisión digital, videojuegos y el uso habitual del internet); cada estudiante planifica y ejecuta su propio estilo de aprendizaje y, además de apoyar su proceso de aprendizaje en libros de textos y clases magistrales, puede utilizar otras fuentes de información de mayor dinamismo para complementar el proceso de aprendizaje.

Comparando el proceso de obtención de resultados, los alumnos tienen la posibilidad de conocer la complejidad de los cálculos realizados como así también determinar el ahorro de tiempo y precisión que se logra trabajando con la tecnología; además, tienen la posibilidad de integrar los resultados obtenidos en trabajos de campo a los Sistemas de Información Geográficas para la posterior confección de mapas, cartas, curvas de nivel, perfiles topográficos, etc...

Los recursos tecnológicos son sólo herramientas y medios para la mejora de la calidad de la enseñanza-aprendizaje, no son un objetivo educativo por sí mismo. La incorporación de los recursos tecnológicos a la enseñanza y el manejo por parte del estudiante debe ser gradual y permanente durante toda su formación profesional continua.

Desde el punto de vista del educador, la incorporación de las TIG representa una doble función; por un lado, impartir los conocimientos propios de la materia de dos maneras diferentes: con métodos tradicionales y con métodos basados en las TIG. En esta situación, el profesor acompaña a sus alumnos a tomar la mejor decisión ante la abundancia de información disponible.

No es necesario que el docente use la tecnología computacional en todas las actividades, sino sólo en aquéllas en las que su uso mejore el proceso de aprendizaje. El uso de las TIC por parte del profesorado en el aula se refiere al acceso, la competencia y la motivación, pero siempre teniendo en claro los contenidos de la enseñanza ya que la disponibilidad de la tecnología no debe ser limitante al desarrollo de la cátedra.

La computadora es hoy una herramienta que forma parte de la cotidianeidad, en todos los campos del saber y la **Ingeniería en Agrimensura** no es la excepción; es un componente indispensable de los estudiantes y de la práctica profesional con los programas para hacer cálculos y dibujar planos, como así también el uso de los sistemas de información geográfica y de posicionamiento global.

Dentro de los últimos avances tecnológicos en informática, comunicaciones y electrónica se encuentran los **GPS** que utilizan las señales de radio provenientes de satélites en el espacio exterior para establecer una ubicación. En la actualidad, es una herramienta común para el desempeño profesional; las unidades GPS son dispositivos de mano con una pantalla y un teclado para ingresar datos y el profesional posiciona el dispositivo en la ubicación deseada y utiliza las señales satelitales para determinar la ubicación y la distancia precisa.

Estos sistemas ayudan con las tareas de topografía y cartografía; el máximo uso depende de la capacidad de recolección de datos, aprovechamiento de dicha información y con la precisión que esta puede ser almacenada y procesada para luego ser utilizada por otros softwares y sistemas complementarios de dibujo y generación de planos. Como es de conocimiento general, no todos los receptores GPS fueron diseñados para las mismas aplicaciones y en consecuencia no todos ellos son aptos para estos trabajos de mayor exigencia, con lo que el profesional debe elegir el rango de instrumento que tenga programas útiles para su trabajo

El manejo de la información espacial hasta hace poco tiempo solamente podía realizarse por medio de mapas en papel y la renovación de la información demoraba tiempo y existía un alto grado de pérdida de vigencia de la misma, condicionada por la recopilación de datos y el tiempo de producción por los medios de impresión convencionales. Hoy se imprime con los datos actuales o ni se necesita imprimir, teniendo los datos en la pantalla de la computadora, con lo cual la información espacial dejó de ser un recurso restringido.

El uso de las TIG en la práctica profesional permite obtener toda la información gráfica necesaria en el momento adecuado en formato digital y de varios orígenes, con lo cual facilita la toma de decisiones, el relevamiento de datos y el mayor conocimiento espacial del lugar en el que se realiza el trabajo.

Conclusiones

Con la innovación pedagógica en la cátedra se logra que los alumnos conozcan, desarrollen prácticas y aprendan a utilizar algunas de las Tecnologías de Información Geográfica, en forma separada y en forma conjunta con miras a su futura actividad profesional.

La incorporación del cálculo de velocidades y cambio de **datum** mejora, en precisión, los resultados obtenidos; y la ventaja del uso del GEOCALC radica en el menor tiempo utilizado para la obtención de los resultados finales. La única desventaja que se puede notar existe porque el cálculo de velocidades debe hacerse aun manualmente, no se encuentra contemplado en el software utilizado, con lo cual no se puede evitar el uso de calculadora.

En los trabajos de campo, durante el momento de medición en los puntos como el posproceso, se ve altamente beneficiado por la incorporación de las TIG, tanto en la búsqueda de puntos previo al momento de desplazarse al lugar como en la representación de los resultados obtenidos y su posterior almacenamiento.

Como posibles nuevas implementaciones, se está estudiando incorporar las mediciones con GPS en otras cátedras de la carrera, con el objetivo de interactuar con sus contenidos y complementar los trabajos prácticos de otros espacios curriculares.

Bibliografía

- Belloch, Consuelo (2012). Las Tecnologías de la Información y Comunicación en el aprendizaje - Departamento MIDE - Universidad de Valencia.
- Buzai, Gustavo – Baxendale, Claudia (2011). Potencialidad De Los Sistemas De Información Geográfica (Sig) Para La Educación En Tecnologías De La Información Y La Comunicación (Tic) En El Aula. Aportes Desde La Geografía Para La Modelización Espacial - Grupo de Estudios sobre Geografía y Análisis Espacial con Sistemas de Información Geográfica (GESIG) - Programa de Estudios Geográficos (PROEG) - Universidad Nacional de Luján
- Font, Ernesto Avila (2003). Las Nuevas Tecnologías de la Información y la Comunicación como herramientas necesarias en la formación profesional de los estudiantes universitarios - Publicación en línea (ISSN: 1695-324X) - Granada (España).

Humacata, Luis y Caceres, Alba (2013) Geografía y Sistemas de Información Geográfica (GEOSIG). Revista digital del Grupo de Estudios sobre Geografía y Análisis Espacial con Sistemas de Información Geográfica (GESIG). Programa de Docencia e Investigación en Sistemas de Información Geográfica (PRODISIG). Implementación de Google Earth Y SIG en las Clases de Geografía: Una Propuesta Didáctica Para El Análisis Ambiental Del Espacio Local. Universidad Nacional de Luján, Lujan (Argentina), Año 5, Número 5, Sección I: Artículos. pp. 153-163

Tello Leal, Edgar (2008). Las tecnologías de la información y comunicaciones (TIC) y la brecha digital: su impacto en la sociedad de México - Revista de Universidad y Sociedad del Crecimiento - Universitat Oberta de Catalunya.

UNESCO (1996) - La educación encierra un tesoro - Informe a la UNESCO de la Comisión Internacional sobre la educación para el siglo XXI, presidida por JACQUES DELORS - Santillana – Ediciones UNESCO - España

UNESCO (2005). Hacia las sociedades del conocimiento - Publicado por la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura - Paris

Especifica de la cátedra:

Asin, F. Martin (1990). Geodesia y Cartografía Matematica - PARANINFO.

F.C.E.F.N. (2011). Sistema de posicionamiento global GPS – I - U.N.S.J..

Hofmann, B. –Moritz, H. (2005). Physical Geodesy – SPRINGER.

Hofmann – Wellenhof (1997). Global Positioning System - Theory and Practice - SPRINGER – VERLAG.

Huerta, Eduardo – Mangiaterra, Aldo – Noguera, Gustavo (2005). GPS - Posicionamiento Satelital - - Universidad Nacional de Rosario

Moritz, H, (1984). Cursillo de Geodesia Superior – Madrid.

Torge, W. (1983). Geodesia – Editorial Diana – Mexico.

Zakatov, P. S. (1976). Geodesia Superior – MIR.

Anexos

Anexo A

PROGRAMA ANALITICO

CONTENIDOS POR UNIDAD:

TEMA 1: Introducción. Conceptos de posicionamiento desde el espacio. Primeras técnicas usadas. El estado actual del arte. Precisiones. Aplicaciones. Reseña de las agencias y proyectos internacionales vinculados al tema. El futuro del posicionamiento satelitario.

TEMA 2: Elementos de Geodesia Física. Potencial del campo gravítico terrestre. Ecuaciones diferenciales de Laplace y Poisson. Armónicos esféricos. Funciones de Legendre. Problemas de contorno. Campo de gravedad normal. Elipsoide equipotencial. Campo de gravedad anómalo. Ondulaciones del geode y desviaciones de la vertical. Fórmula de Bruns. Fórmulas integrales de Stokes y Vening Meinesz.

TEMA 3: Sistemas de referencia tridimensionales. Sistemas terrestres, celestes y orbitales. Sistemas terrestres geocéntricos, relativos y topocéntricos. Movimiento del polo. Origen Internacional Convencional. Transformación de coordenadas. Sistemas Terrestres Convencionales y Sistemas geodésicos basados en la teoría del elipsoide equipotencial geocéntrico. Modelos de geopotencial.

Sistemas de tiempo. Escalas de tiempo astronómicas. Tiempo atómico. Conservación del tiempo. Efectos relativísticos.

Elementos de mecánica celeste.

TEMA 4: Movimiento imperturbado. El problema de los dos cuerpos. Movimiento elíptico. Leyes de Kepler. Ecuación de Kepler. Elementos orbitales keplerianos. Cálculo de efemérides.

TEMA 5: Movimiento perturbado. Fuerzas de gravitación no centrales. Efecto del tercercuerpo: perturbación luni-solar. Fuerzas de frotamiento atmosférico y de presión de radiación. Cálculo de la posición de un satélite.

TEMA 6: Componentes de los sistemas de posicionamiento satelital. Segmento espacial. Descripción general de los vehículos espaciales. Satélites activos y pasivos. Estaciones de Control. Redes globales y sus aplicaciones. Segmento del usuario. Cámaras fotográficas. Instrumentos láser. Geo-receptores. Sistemas de comunicación para transferencia de datos en tiempo real. Estaciones Permanente

TEMA 7: Estructura de las señales usadas en las distintas técnicas. Pulsaciones láser y radar. Ruido aleatorio de quásares. Frecuencias de transmisión de los satélites activos. Modulación de fase y modulación por ruido pseudo-aleatorio. Mensajes de navegación.

TEMA 8: Observaciones. Direcciones topocéntricas, Interferométricas. Distancias. Láser. Efecto Doppler. Pseudodistancias. Mediciones de fase. Combinación de observaciones. Ecuaciones de observación. Correlaciones matemáticas y físicas entre las observaciones.

TEMA 9: Fuentes de error. Dependientes del segmento espacial, de las estaciones de medición y de las observaciones. Refacción Ionosférica. Refracción Troposférica. Modelos Ionosféricos y Troposféricos.

TEMA 10: Cálculo de las observaciones. Para distintas clases de posicionamiento: estático y dinámico, puntual y relativo. Combinaciones entre ellos. Algoritmos. Posicionamiento en tiempo real.

TEMA 11: Cálculo de redes. Redes de vectores. Ajustes. Soluciones que involucran las trayectorias de los satélites. Soluciones combinadas con observaciones terrestres. Transformaciones sobre sistemas locales.

TEMA 12: Aspectos prácticos del Posicionamiento Satelitario. Comentarios finales sobre cada una de las técnicas satelitarias y detalles de sus aplicaciones. Presentación y discusión de ejemplos. Diseño de un relevamiento satelitario. Análisis de precisiones y costos.

Anexos Sección A

Trabajos Práctico efectuado por un estudiante de Agrimensura – 2013

Anexo A-1. Transformación de coordenadas.

➤ De un punto P de Coordenadas Geográficas expresadas en el Sistema INCHAUSPE a Coordenadas Cartesianas Ortogonales en el Sistema WGS 84.

1. *Datos:*

Latitud: 48°15'57.1896" N

Longitud: 65°40'35.4695" O

Altura Elipsoidal: 78,189m

En Sistema INCHAUSPE:

N= 6.390.361,016

X= 1.752.151,991

Y= -3.876.350,111

Z= 4.736.755,176

En Sistema WGS 84:

X WGS 84= X INCH – 148= 1.752.003,991

Y WGS 84= Y INCH + 136= -3.876.214,111

Z WGS 84= Z INCH + 90= 4.736.845,176

➤ De un punto Q de Coordenadas Cartesianas Ortogonales expresadas en el Sistema WGS 84 a Coordenadas Geográficas en el Sistema INCHAUSPE.

2. *Datos:*

Latitud: 58°35'37.5696" S

Longitud: 25°50'32.1895" E

Altura Elipsoidal: 108,899m

En Sistema WGS 84:

N= 6.393.745,718

X= 2.998.659,296

Y= 1.452.339,086

Z= -5.420.586,018

En Sistema INCHAUSPE:

X INCH=X WGS 84 + 148= 2.998.507,296

Y INCH=Y WGS 84- 136= 4.452.203,086

Z INCH= Z WGS 84 - 90= -5.420.676,018

➤ Transformación de Coordenadas Cartesianas Ortogonales expresadas en el Sistema INCHAUSPE Coordenadas Geográficas en el Sistema WGS 84.

1. *Datos:*

Resolución:

X= 2.667.011,398

$\phi=25^{\circ}9'4.''42$ S

Y= -5.124.665,694

$\lambda= 62^{\circ}30'22.''82$ O

Z= -6.694.345,616

h=6.776 m

N= 6.382.264,519

Anexo A-2. Trabajo de campo con GPS y Estación Total

El día 08/06/2013 a las 7.30 hs se dio comienzo al trabajo de medición de vectores con equipo GPS, de un polígono ya demarcado y medidas sus coordenadas con navegadores del cual se tenían también las correspondientes monografías de ubicación de los vértices.

El método utilizado para el trabajo fue el método diferencial estático, para el cual se necesitaron dos equipos, haciendo de base el vértice 5 mientras el móvil hacia estación en los restantes vértices. Para la medición del vértice 6 se tuvo que replantear de nuevo por no hallarse el mojón existente.

Cada estación del móvil en los vértices se hizo por un intervalo de veinte minutos.

Paralelamente otro grupo realizo levantamientos con estación total tomando coordenadas arbitrarias para el primer punto de posicionamiento. La orientación dada fue hacia el vértice 6 ubicado hacia el norte de la base.

En cada posicionamiento se configuraba el equipo con la fecha, la hora de inicio, la altura del instrumento, el nombre del punto y número de serie del aparato.

El número de serie del equipo base es 5845 y el del móvil 5942.

Todos los datos recibidos de los satélites por el GPS quedan almacenados en el mismo, para luego en el posproceso descargarlos y procesarlos con el programa TRIMBLE.

Demarcación del polígono con navegador:

Coordenadas:

Vértice 1: $\phi = 27^{\circ}27'57'',1 S$

$\lambda = 58^{\circ}47'11'',1 O$

Vértice 2: $\phi = 27^{\circ}28'38'',3 S$

$\lambda = 58^{\circ}47'06'',5 O$

Vértice 4: $\phi = 27^{\circ}27'45'',4 S$

$\lambda = 58^{\circ}46'22'',7 O$

Vértice 5: $\phi = 27^{\circ}27'56'',2 S$

$\lambda = 58^{\circ}46'25'',3 O$

Trabajo en Gabinete o Posproceso

El gabinete y con programa instalado, comenzamos el procesamiento de los datos creando un nuevo trabajo, para ello, en el programa se configura el sistema de coordenadas (POSGAR 94), el modelo geoidal (EGM 96) y el sistema de proyección (cuadrícula) y las unidades a utilizar.

Luego se descargan los datos del equipo base y móvil con el comando "dispositivo topográfico" abriendo los archivos que tienen la fecha en la que se realizó el trabajo y buscando los archivos por el código de equipo. Una vez abiertos todos los archivos los vértices del polígono quedan visualizados.

Mediante el comando "estilo de trabajo" se elige el estilo de procesamiento. En primer lugar se hizo por código y luego por flotante.

Procesamiento por código:Fecha y hora: 08:41:20 p.m. 14/06/2013Sistema de coordenadas: Argentina (POSGAR94)Zona: Faja 5Datum del proyecto: WGS 1984Modelo geoidal: EGM96 (Global)Unidades coordenadas: MetrosUnidades de distancia: MetrosUnidades de altura: Metros

Nombre	Latitud	Longitud
V5	27°28'36,44808"S	58°46'57,86726"O
V1	27°27'57,13780"S	58°47'11,09290"O
V10	27°27'45,34999"S	58°46'22,79443"O
V88	27°28'09,26205"S	58°46'42,77742"O
V8	27°27'56,00654"S	58°46'25,37619"O
V6	27°28'20,53990"S	58°46'52,44182"O

Resumen procesamiento:

Desde	A	Longitud de línea base
V5	V1	1265,995m
V5	V10	1846,280m
V5	V88	932,656m
V5	V8	1531,446m
V5	V6	511,359m

Procesamiento por señal flotante:

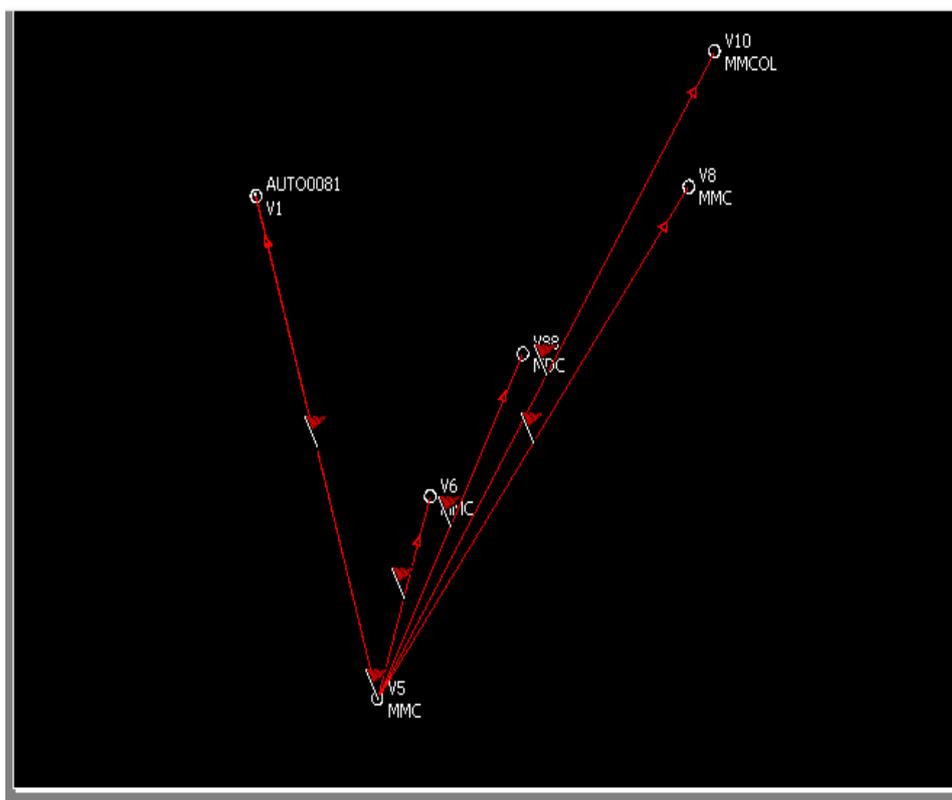
Nombre	Latitud	Longitud
V5	27°28'36,44808"S	58°46'57,86726"O
V1	27°27'57,13780"S	58°47'11,09290"O

V10	27°27'45,34999"S	58°46'22,79443"O
V88	27°28'09,26205"S	58°46'42,77742"O
V8	27°27'56,00654"S	58°46'25,37619"O
V6	27°28'20,53990"S	58°46'52,44182"O

Resumen procesamiento:

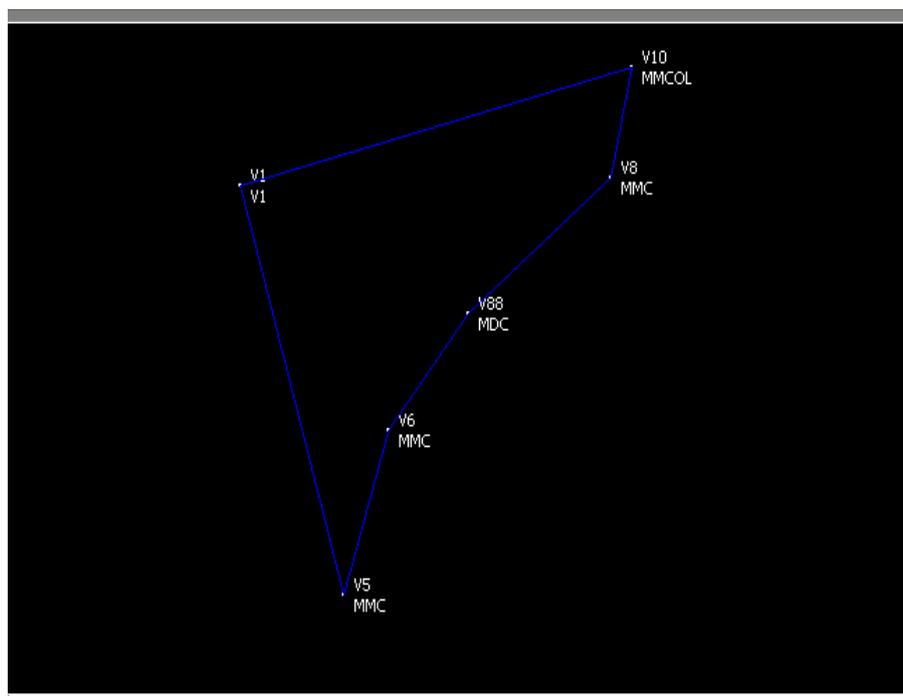
Desde	A	Longitud de línea base
V5	V1	1265,760m
V5	V10	1846,390m
V5	V88	932,618m
V5	V8	1531,495m
V5	V6	511,197m

Grafico 1. Polígono formado en el programa TRIMBLE



Fuente. Alumno de la carrera Agrimensura

Gráfico 2. Polígono formado en el programa TRIMBLE



Fuente. Alumno de la carrera Agrimensura

Anexo Sección B

Trabajo Práctico efectuado por un estudiante de Ingeniería en Agrimensura – 2015

Anexo B-1. Transformación de coordenadas.

Ejercicio nº 1:

Dadas las coordenadas geodésicas de un punto en el Marco de Referencia POSGAR 94, época 2003.25, calcule las mismas en el Marco de Referencia POSGAR 07, para la época 2012.64 utilizando formulas y verificando con el software Geocalc, expresando el resultado en coordenadas geodésicas

Latitud: -25 43 15.9812
Longitud: -61 37 27.3404
Altura Elipsoidal: 138.32 m

Parámetros época 2009.535:

Dx: -3.76266 m

Dy: -3.40176 m

Dz: +2.24852 m

Fe: -0.0000354806 ppm

Rx: -0.00003749571 arc segundos

Ry: +0.00000865737 arc segundos

Rz: -0.0000354806 arc segundos

Velocidades en el Marco POSGAR 94

Vx: 0.012 m

Vy: -0.007 m

Vz: -0.006 m

Velocidades en el Marco POSGAR 07

Vx: 0.008 m

Vy: -0.005 m

Vz: -0.003 m

$$\left\{ \begin{array}{l} \varphi = -25^{\circ}43'15,9812'' \\ \lambda = -61^{\circ}37'27,3404'' \\ h = 138,32 \end{array} \right.$$

WGS 84: a = 6.378.137

$e^2 = 6,694379992 \times 10^{-3}$

(2003,25)

$$N = a / (1 - e^2 \sin^2 \varphi)^{1/2} = 6.382.161,821$$

$$X_1 = (N + h) \cdot \cos \varphi \cdot \cos \lambda = 2.732.661,127$$

$$Y_1 = (N + h) \cdot \cos \varphi \cdot \sin \lambda = -5.059.070,064$$

$$Z_1 = [N(1 - e^2) + h] \cdot \sin \varphi = -2.751.318,61$$

$$X_2(2009,535) = X_1(2003,25) + V_x(2009,535 - 2003,25) = 2.732.661,202$$

$$Y_2(2009,535) = Y_1(2003,25) + V_y(2009,535 - 2003,25) = -5.059.070,108$$

$$Z_2(2009,535) = Z_1(2003,25) + V_z(2009,535 - 2003,25) = -2.751.318,648$$

$$\begin{bmatrix} X' \\ Y' \\ Z' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \\ \Delta Z \end{bmatrix} + (1 - F_e) \cdot \begin{bmatrix} 1 & -R_z & R_y \\ R_z & 1 & -R_x \\ -R_y & R_x & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} X_2 \\ Y_2 \\ Z_2 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} X' \\ Y' \\ Z' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2.732.564,031 \\ -5.058.890,518 \\ -2.751.221,679 \end{bmatrix}$$

$$X_3(2012,64) = X' + V_x(2012,64 - 2009,535) = 2.732.564,056$$

$$Y_3(2012,64) = Y' + V_y(2012,64 - 2009,535) = -5.058.890,54$$

$$Z_3(2012,64) = Z' + V_z(2012,64 - 2009,535) = -2.751.221,688$$

$$\lambda_1 = \arctg\left(\frac{Y}{X}\right) = -61^\circ 37' 27,34''$$

$$P = \sqrt{X^2 + Y^2} = 5.749.719,977$$

$$tg\varphi_0 = \frac{Z}{P}[1 - e^2]^{-1} = -25^\circ 43' 16,01''$$

$$N_0 = a/(1 - e^2 \sin^2 \varphi_0)^{1/2} = 6.382.161,823$$

$$h_0 = \frac{P}{\cos \varphi_0} - N_0 = -87,785606$$

$$tg\varphi_1 = \frac{Z}{P} \left[1 - \frac{N_0 \cdot e^2}{N_0 + h_0} \right]^{-1} = -25^\circ 43' 16''$$

$$N_1 = 6.382.161,822$$

$$h_1 = -87,933845\text{m}$$

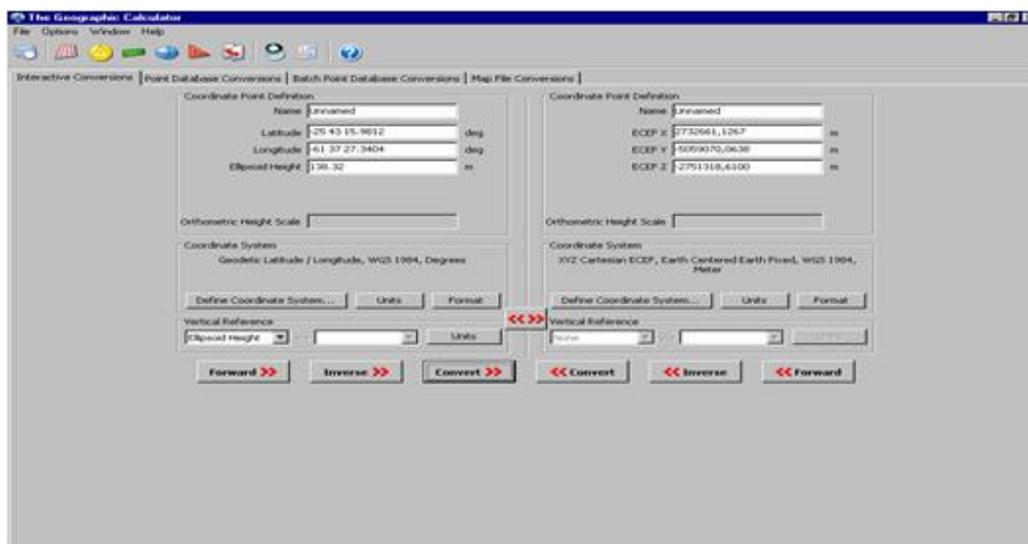
Nuevas Coordenadas del punto con calculo manual

Latitud: -25 43 16''

Longitud: -61 37 27.34''

Altura Elipsoidal: -87.933 m

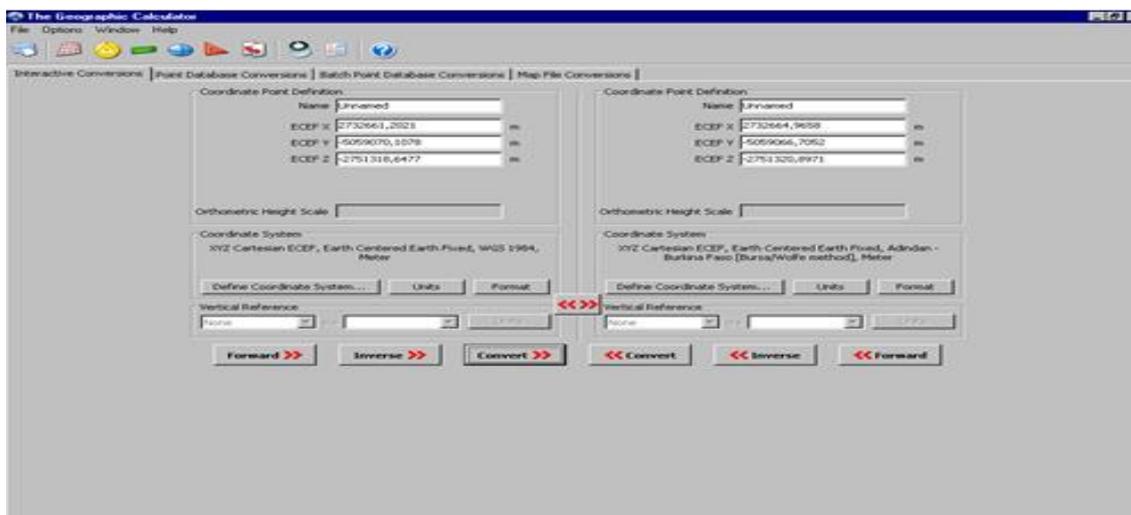
Gráfico 3. Geocalc (Primer passo)



Fuente: Alumno de la carrera Ingeniería em Agrimensura

$$\begin{aligned}
 X(2009.535) &= 2732661,1267 + 0,012 * (2009,535 - 2003,25) = 2732661,2021 \\
 Y(2009.535) &= -5059070,0638 - 0,007 * (2009,535 - 2003,25) = -5059070,1078 \\
 Z(2009.535) &= -2751318,61 - 0,006 * (2009,535 - 2003,25) = -2751318,6477
 \end{aligned}$$

Gráfico 4. Geocalc (Segundo passo)



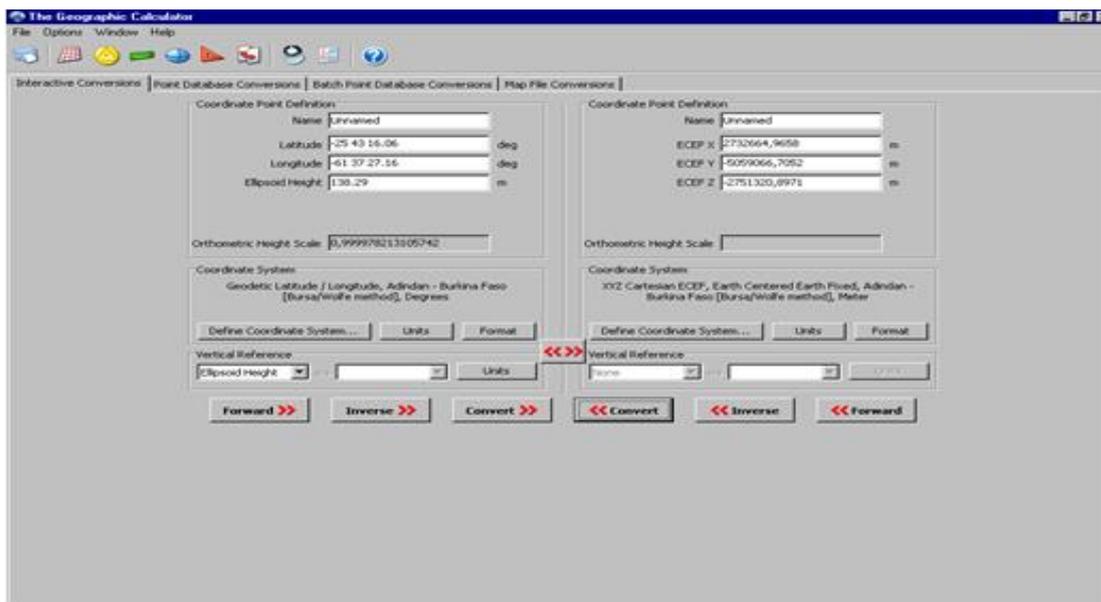
Fuente: Alumno de la carrera Ingeniería em Agrimensura

$$X(2012,64) = 2732664,9658 + 0,008 * (2012,64 - 2009,535) = 2732664,9906$$

$$Y(2012,64) = -5059066,7052 - 0,005 * (2012,64 - 2009,535) = -5059066,7207$$

$$Z(2012,64) = -2751320,8971 - 0,003 * (2012,64 - 2009,535) = -2751320,9064$$

Gráfico 5. Geocalc (Tercer passo)



Fuente: Alumno de la carrera Ingeniería em Agrimensura

Nuevas Coordenadas del punto con GEOCALC:

Latitud: -25 43 16.0641
 Longitud: -61 37 27.1620
 Altura Elipsoidal: 138.29 m

Anexo B-2. Trabajo de campo N° 3

Fecha de trabajo: 23/10/2015

OBJETIVOS:

- ❖ Relevamiento planialtimétrico de distintos puntos situados en cercanías a las barrancas del Parque Mitre de la Ciudad capital de Corrientes.
- ❖ Con los datos obtenidos realizar perfiles transversales desde las barrancas hasta el pelo de agua.

- ❖ Realizar un modelo digital de elevación del terreno natural que represente los desniveles de dicho sector.

INSTRUMENTAL UTILIZADO:

Foto 1. Dispositivos GPS GNSS Promark.



Fuente. Google

METODOLOGIA DE TRABAJO:

Para realizar el relevamiento de los puntos en el terreno situados en las inmediaciones del Parque Mitre se utilizó el método diferencial en modo Cinemático STOP & GO en modo post-proceso. En primer lugar lo que se hizo fue configurar el dispositivo que sirvió de base durante todo el trabajo; se eligió el modo de trabajo STOP & GO; se colocó la altura de antena (1,10 m); intervalo de tiempo de medición (10 seg.); y el elipsoide de referencia utilizado.

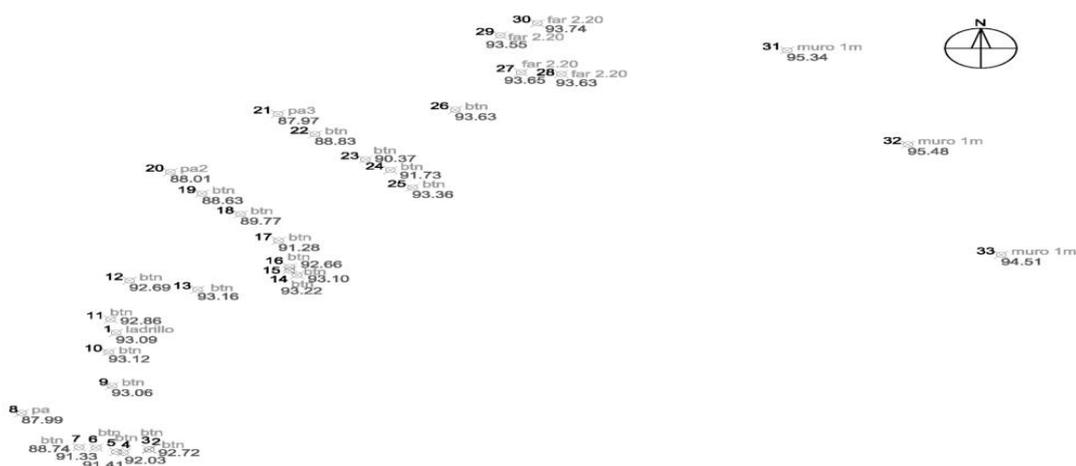
Planilla de coordenadas cartesianas de los distintos puntos relevados con gps:

Nombre	Descripción	X	Y	h
1	ladrillo	5615531,71	6962908,22	93,0857
2	btn	5615534,48	6962890,56	92,7228
3	btn	5615534,5	6962890,59	92,7199
4	btn	5615532,33	6962890,11	92,0251
5	btn	5615531,73	6962890,21	91,4125

6	btn	5615530,03	6962890,84	91,3305
7	btn	5615528,6	6962890,91	88,7363
8	pa	5615523,77	6962896,08	87,9941
9	pa	5615531,35	6962900,2	93,0579
10	btn	5615531,09	6962905,3	93,1205
11	btn	5615531,25	6962910,27	92,8559
12	btn	5615532,84	6962916,13	92,6899
13	btn	5615538,57	6962914,77	93,1608
14	btn	5615546,92	6962916,96	93,219
15	btn	5615546,3	6962917,69	93,0993
16	btn	5615546,31	6962918,19	92,6585
17	btn	5615545,37	6962922,17	91,2782
18	btn	5615542,16	6962926,18	89,7721
19	btn	5615538,95	6962929,29	88,6315
20	pa2	5615536,27	6962932,57	88,0099
21	pa3	5615545,33	6962941,36	87,9738
22	btn	5615548,42	6962938,27	88,8279
23	btn	5615552,67	6962934,44	90,3736
24	btn	5615554,77	6962932,86	91,7258
25	btn	5615556,62	6962930,2	93,3551
26	btn	5615560,22	6962941,98	93,6246
27	far 2.20	5615565,75	6962947,64	93,6458
28	far 2.20	5615569,13	6962947,38	93,6319
29	far 2.20	5615564,02	6962953,25	93,5513

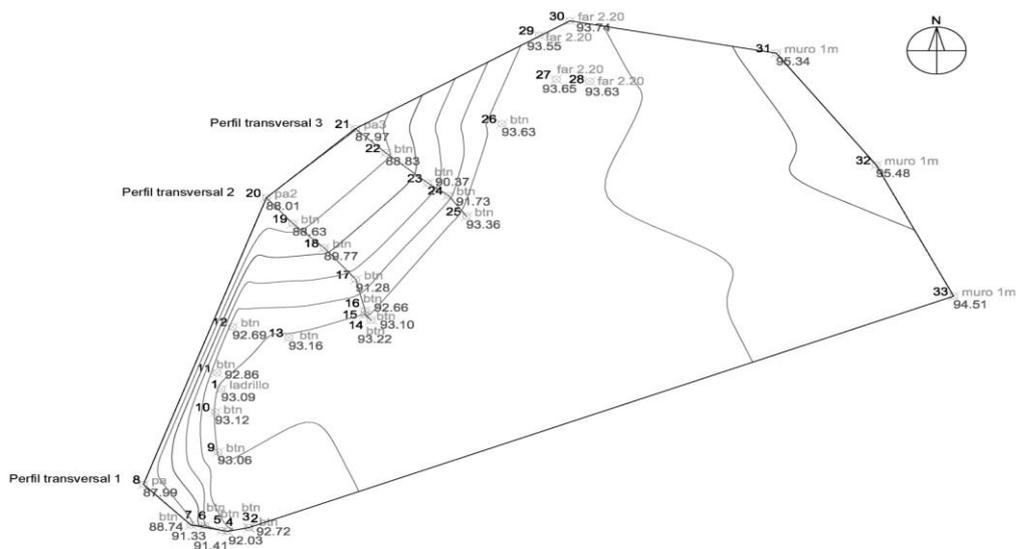
30	far 2.20	5615567,12	6962955,09	93,7396
31	muro 1m	5615588,11	6962950,98	95,339
32	muro 1m	5615598,27	6962936,73	95,4829
33	muro 1m	5615606,13	6962920,03	94,5098

Gráfico 6. Nube de puntos obtenido en las mediciones



Fuente. Alumno de la carrera Ingeniería en Agrimensura

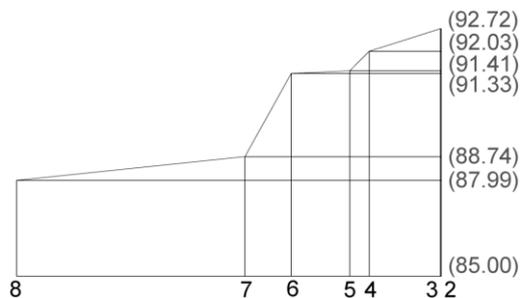
Gráfico 7. Planta general de relevamiento y curvas de nivel



Fuente. Alumno de la carrera Ingeniería en Agrimensura

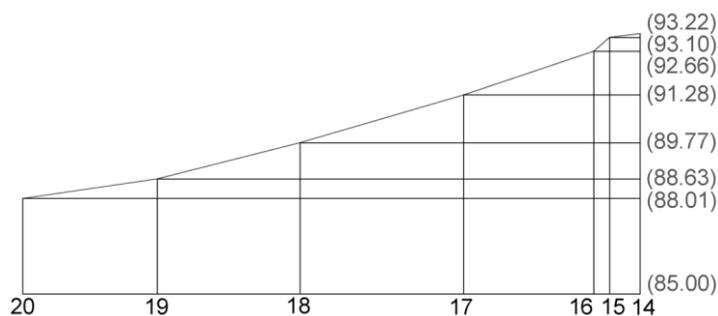
Perfiles transversales:

Grafico 8. Perfil transversal 1



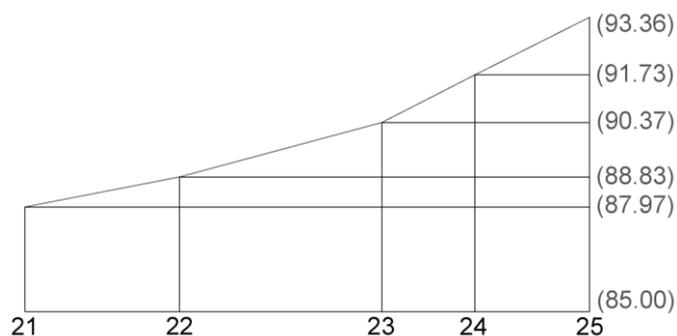
Fuente. Alumno de la carrera Ingeniería en Agrimensura

Grafico 9. Perfil transversal 2



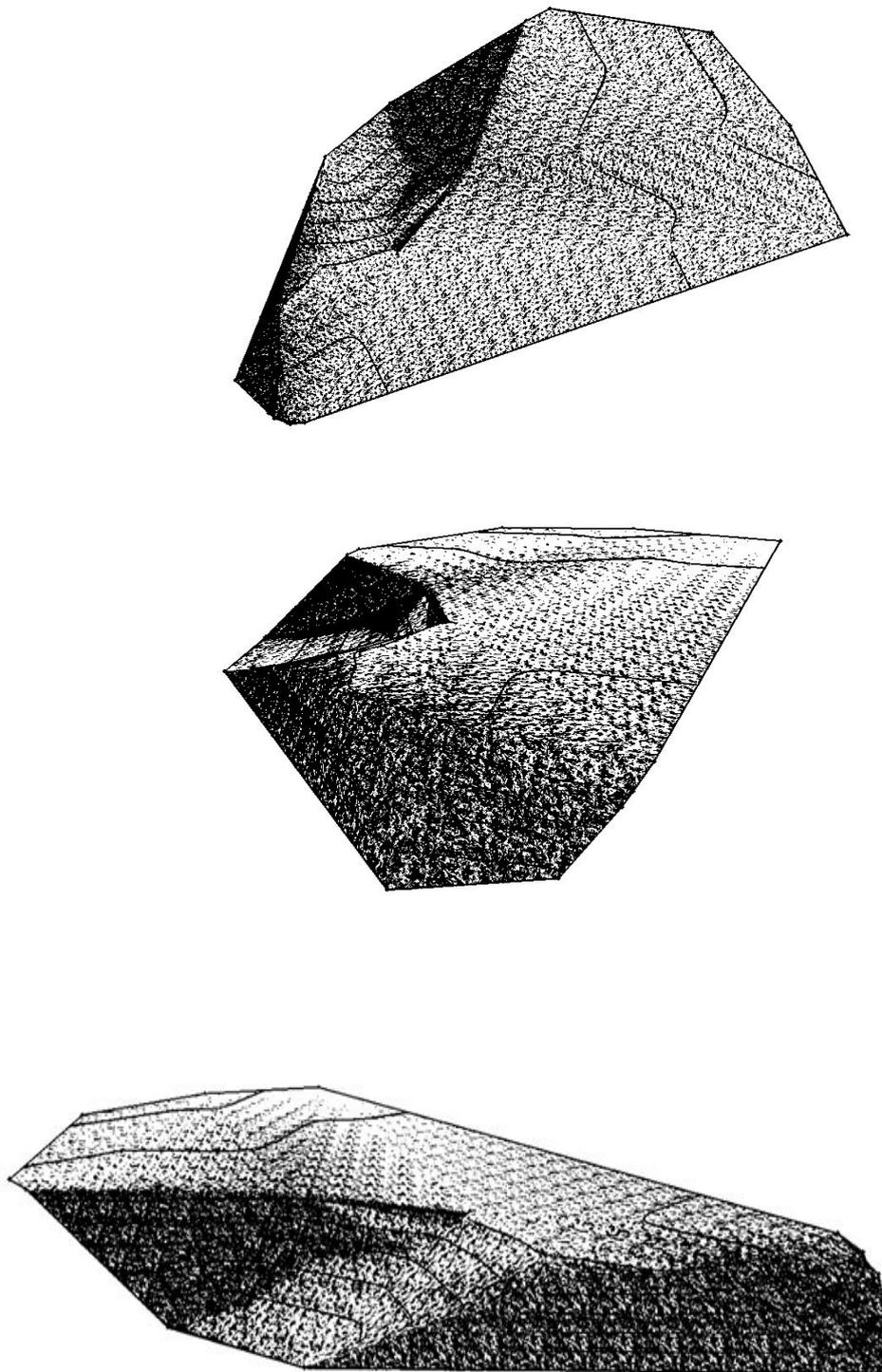
Fuente. Alumno de la carrera Ingeniería en Agrimensura

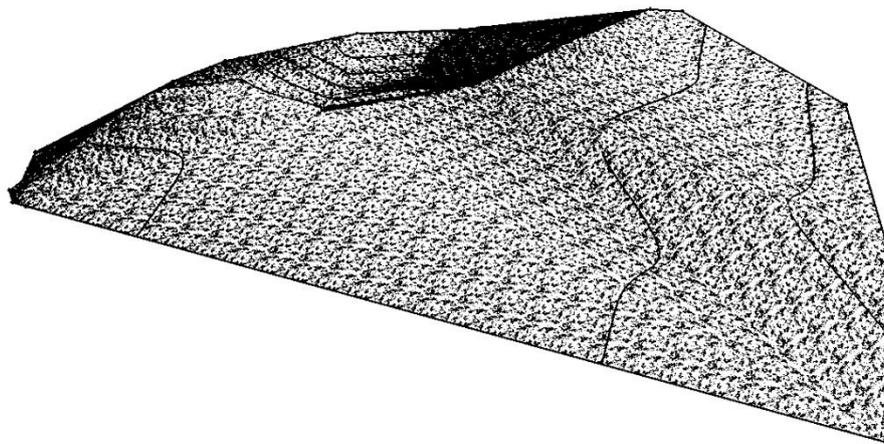
Grafico 10. Perfil transversal 3



Fuente. Alumno de la carrera Ingeniería en Agrimensura

Grafico 11. Modelo digital de elevación del terreno natural





Fuente. Alumno de la carrera Ingeniería en Agrimensura

Grafico 12. Imagen de Google Earth de la zona relevada



Fuente. Alumno de la carrera Ingeniería en Agrimensura

CONCLUSIONES:

- Utilizando esta metodología de trabajo resulto bastante rápido y práctico el relevamiento de puntos en el terreno, comparado con el relevamiento utilizando nivel óptico.
- Con los datos de las mediciones se pudo obtener perfiles transversales que representan fielmente a los desniveles naturales de la zona relevada.
- Al vincular las coordenadas de los puntos relevados con la estación permanente COCA, se logró georreferenciar a los mismos, ubicándolos en un Sistema de Referencia Global.

Anexo B-3. Trabajo Práctico N°4

Fecha de trabajo: 24/10/1015

OBJETIVOS

- ⊙ Obtener las coordenadas de los vértices de un polígono utilizando GPS. El mismo se encuentra ubicado detrás de los edificios de la Fa.Ce.Na delimitado con mojones de hormigón.
- ⊙ Con el programa del instrumento realizar el post-proceso de los datos para obtener las coordenadas planimétricas Gauss-Kruger Posgar94 Faja 5 (60°) trabajando en el Marco de Referencia POSGAR 07 de los vértices de un polígono, que luego serán utilizadas para la ejecución de un trabajo de Mensura y subdivisión de dicha parcela.
- ⊙ Cálculo del módulo de corrección (deformación) de la zona para salvaguardar las deformaciones sufridas debido a la curvatura de la tierra al realizar el Post-proceso de los datos sobre las distancias planas (G.K), porque los puntos medidos se localizan en lejanías del meridiano y luego compararlas con las mediciones realizadas con Estación Total.

INSTRUMENTAL UTILIZADO

Foto 2. Trimble 4600LS L1 GPS Survey Grade Receiver, TSC1, Asset Surveyor 4.03.



Fuente. Google

METODOLOGIA DE TRABAJO

Para realizar las mediciones de cada uno de los vértices del polígono se aplicó el método diferencial en modo Cinemático STOP AND GO y con post-proceso de datos. En primer lugar lo que se realizó fue la configuración de los equipos; primero el dispositivo base que fue estacionado en un vértice auxiliar D (estaca de madera) del polígono general durante todo el relevamiento. A continuación se eligió el modo de trabajo del instrumento STOP AND GO; se colocó la altura de la antena (1,62 m); luego el intervalo de tiempo de medición (10 seg); también elipsoide de referencia utilizado y se dio comienzo a la recepción de señales satelitales a las 9.35 hs.

En segunda instancia nos dirigimos al vértice C del polígono y se colocó el equipo móvil en dicho punto. Se configuró el equipo colocando altura de antena, modo de trabajo, intervalo de tiempo de medición, etc; a las 9:50 hs se procedió a dar inicio a la recepción de señales satelitales.

Se repitió el procedimiento con los últimos dos vértices del polígono teniendo especial cuidado en el traslado del equipo móvil, ya que por los sectores con mucha arboleda se produce interferencias en la captación de satélites.

RELEVAMIENTO CON GPS

Datos del archivo del proyecto	Sistema de coordenadas
Nombre: Polígono Campus	Nombre: Argentina (POSGAR94)
Tamaño:	Datum: WGS 1984
Modificado/a:	Zona: Faja 5
Zona horaria:	Geoide: EGM96 (Global)
Número de referencia:	Datum vertical:
Descripción:	

PLANILLA DE COORDENADAS GEOGRÁFICAS DE LOS VERTICES DEL POLIGONO MEDIDO:

ID	Latitud (Global)	Longitud (Global)	Altura (Global) (Metro)	Código de característica
VERTICE B	S 27°28'15,60768"	O 58°47'08,72301"	79,937	Mojón de Hormigón
VERTICE C	S 27°28'09,96269"	O 58°46'44,96890"	79,387	Mojón de Hormigón
VERTICE A	S 27°28'04,37906"	O 58°47'09,90195"	79,758	Mojón de Hormigón
VERTICE AUXILIAR	S 27°28'01,77029"	O 58°46'46,98862"	79,116	Estaca de madera

PLANILLA DE COORDENADAS GAUSS-KRUGER DE LOS VERTICES DEL POLIGONO MEDIDO:

ID	Este (Metro)	Norte (Metro)	Elevación (Metro)	Código de característica
VERTICE B	5620018,633	6961558,273	61,515	Mojón de Hormigón
VERTICE C	5620672,596	6961725,659	60,975	Mojón de Hormigón
VERTICE A	5619989,640	6961904,260	61,334	Mojón de Hormigón
VERTICE AUXILIAR	5620619,614	6961978,405	60,701	Estaca de madera

CÁLCULO DEL MODULO DE CORRECCION A APLICAR A LAS DISTANCIAS DE LOS LADOS DEL POLIGONO MEDIDOS PARA REALIZAR LA POSTERIOR MENSURA

Elipsoide WGS84

$$a = 6.378.137$$

$$b = 6.356.752$$

$$e^2 = 6,694478198 \times 10^{-3}$$

$$\varphi_m = -27^\circ 28' 07,92993''$$

$$N = 6.382.684,25$$

$$M = 6.348.998,79$$

$$R = \sqrt{M \cdot N} = 6.365.819,239$$

$$\text{Faja: } K = 5$$

$$\text{Meridiano central: } -60^\circ$$

$$Y_{0m} = 5.620.325,121$$

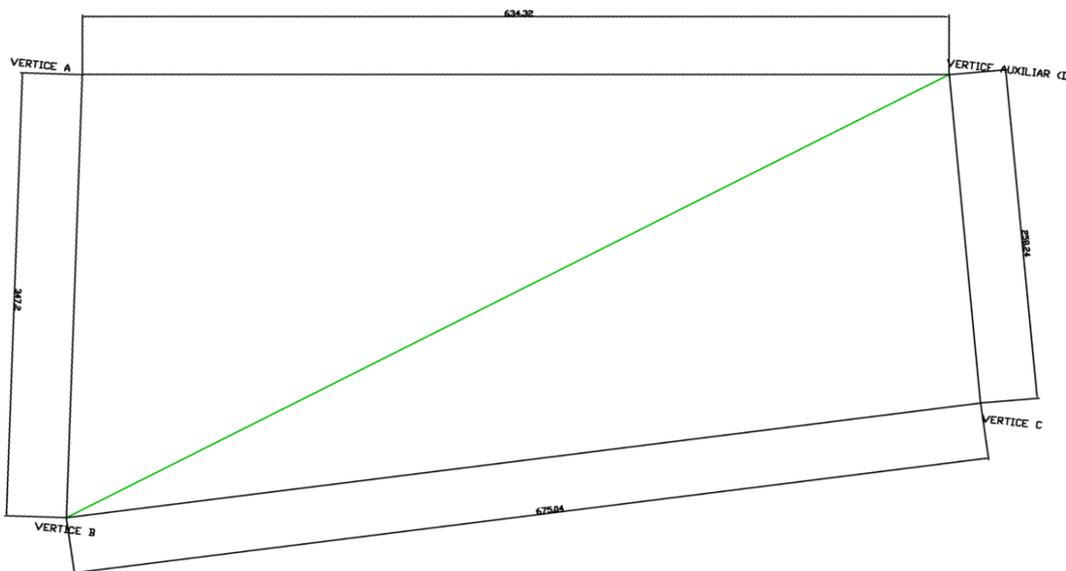
$$Y'_m = Y_{0m} - K500000$$

$$Y'_m = 5.620.325,121 - 5500000 = 120.325,121$$

$$\text{Modulo de deformación: } M_d = \frac{Y'^2}{2R^2}$$

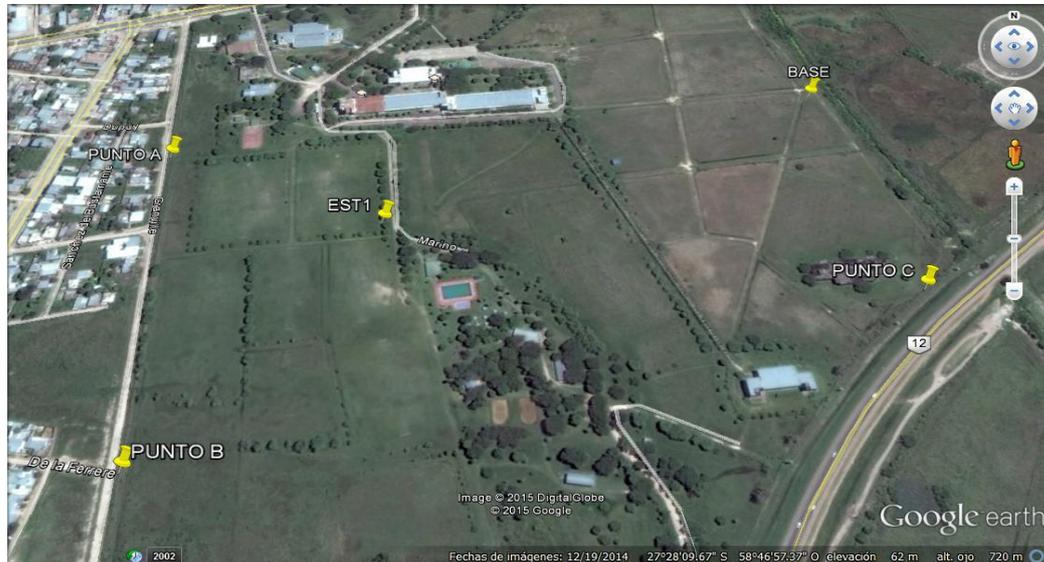
$$M_d = 1,78638 \times 10^{-4}$$

Grafico 13. Dibujo del polígono en ACAD



Fuente. Alumno de la carrera Ingeniería en Agrimensura

Grafico 14. Imagen de Google Earth de los vértices del polígono medido



Fuente. Alumno de la carrera Ingeniería en Agrimensura

CONCLUSIONES

- ⊙ El relevamiento de cada uno de los vértices del polígono, utilizando GPS resulto más rápido y práctico aplicando esta metodología de trabajo en comparación del mismo relevamiento utilizando estación total.
- ⊙ Al utilizar esta forma de trabajo hay que tener especial cuidado de que la recepción de las señales proveniente de los satélites no sean interrumpidas.
- ⊙ Al aplicar el módulo de corrección obtenido para dicha zona de las distancias proyectadas, dos lados del polígono redujeron las diferencias comparándolas con las mismas mediciones hechas pero con estación total, mientras que los otros dos lados restantes del polígono aumentaron las diferencias realizando la misma comparación.
- ⊙ Cada vez que se quiera realizar una mensura de una parcela utilizando GPS se tendrá que aplicar el correspondiente módulo de deformación para dicha zona a cada uno de los lados (distancias planas) de la misma.