



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS

**APLICACIÓN DE LA CARTOGRAFÍA EN UN
PROYECTO DE TELECOMUNICACIONES
PARA EL ESTADO DE CALIFORNIA**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
LICENCIADO EN GEOGRAFÍA**

PRESENTA:

ISRAEL ZUMAYA SANDOVAL

DIRECTOR DE TESIS: JORGE CAIRE LOMELÍ



CD. UNIVERSITARIA, D. F.

2008



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar agradezco a mi madre, a ti Guadalupe, pues a pesar de saber mi conducta en la vida siempre confiaste en mí, me apoyaste y me ayudaste a salir adelante en esta empresa. Gracias Mamá te amo.

Agradezco a mi padre, a ti Charly, por la formación que me diste a lo largo de tu estancia en la Tierra y que ahora que he crecido me doy cuenta que el fin justifica tus medios, deseo que este agradecimiento llegue a cualquier parte del empíreo en donde te encuentres. Lo lograste Papá.

Agradezco a mi novia y futura esposa Azul por darme la fuerza y ser el motor que necesitaba para concluir este trabajo, por darme ánimos y subirme el ego cuando lo necesitaba. Te amo Nena.

Agradezco a esa bola de hermanos y amigos que han estado conmigo en los momentos de la cerveza elucubrador, en los regaños, en los alientos, en el “sí se puede Bru”, a ellos porque son parte sustancial de mi vida, a ellos por los momentos de Xbox para salir de la rutina

Gracias Carlos Zumaya quien siempre serás mi pequeño hermano, Demett Oropeza con quien he formado una vida de amistad a lo largo de 23 años, Gaby Guerrero por esos asilos políticos que me dabas, por esas navidades inolvidable, por tus consejos y esas largas pláticas, Lufe Rocha Arrangoiz tu forma de ver la vida me ayudo para mejorar como persona y a todos aquellos que compartieron ideas y cervezas conmigo, Gracias.

Agradezco al Dr. Jorge Caire por su espera y su apoyo incondicional a lo largo de toda la carrera y quien es para mí un ejemplo a seguir. A mis asesores de tesis, quien sin conocerme a fondo, aceptaron criticar este trabajo para mejorarlo, a la Lic. Ana Elsa Domínguez, al Lic. Jaime Morales, al Mtro. Gilberto Nuñez y al Lic. Mario Casasola, pues gracias a ustedes pude concluir de la mejor manera este trabajo.

Que la fuerza te acompañe... (Yoda)

Se digno de lo que se sacrifica por ti... (Israel Zumaya)

ÍNDICE

1 INTRODUCCIÓN	8
2 CONCEPTOS Y FUNDAMENTOS DE FOTOGRAMETRÍA Y CARTOGRAFÍA	16
2.1 BREVE HISTORIA DE LA FOTOGRAFÍA AÉREA Y DE LA FOTOGRAMETRÍA	16
2.2 CÁMARAS FOTOGRÁFICAS Y AVIONES	23
2.2.1 LAS CÁMARAS FOTOGRÁFICAS	23
2.2.1.1 Partes de la cámara	23
2.2.1.2 Orientación y calibración de la cámara	30
2.2.1.3 Clasificación de las cámaras	32
2.2.1.4 Características de las tres cámaras más importantes	49
2.2.1.5 Cámaras Digitales	51
2.2.2 LOS AVIONES	52
2.2.2.1 Tipos de Aviones	52
2.2.2.2 Características de los aviones	56
2.2.2.3 Aviones del INEGI	59
2.3 CONCEPTOS BÁSICOS DE FOTOGRAMETRÍA	61
2.3.1 LA FOTOGRAFÍA AÉREA Y EL PLAN DE VUELO	61
2.3.2 FOTOGRAFÍA AÉREA VERTICAL	65
2.3.2.1 Cálculo de fotografías por línea de vuelo	67
2.3.2.2 Cálculo de líneas de vuelo	70
2.3.2.3 Cálculo de fotografías totales en un plan de vuelo	71
2.3.2.4 Cálculo del tiempo de toma	71
2.3.2.5 Obtención de la escala a partir de la fotografía aérea	72
2.3.2.6 Verificaciones que se deben hacer a las fotografías antes de su uso	77

3 CARTOGRAFÍA DIGITAL POR MEDIO DE SIGS	84
3.1 DEFINICIÓN DE SIGS	84
3.1.1 SOFTWARE PARA DIGITAR CARTOGRAFÍA	86
3.1.1.1 Características de los Softwares	90
3.1.2 DIFERENCIA ENTRE CARTOGRAFÍA MANUAL Y DIGITAL	96
3.1.2.1 Cilíndricas	98
3.1.2.1.1 <i>Proyección de Cassini- Soldner</i>	100
3.1.2.1.2 <i>Proyección Equirectangular (Plate Carrée)</i>	102
3.1.2.1.3 <i>Proyección Mercator</i>	103
3.1.2.1.4 <i>Proyección Miller</i>	104
3.1.2.1.5 <i>Proyección Oblicua de Mercator (Hotine)</i>	105
3.1.2.1.6 <i>Proyección Oblicua Espacial de Mercator</i>	106
3.1.2.1.7 <i>UTM (Universal Transversa de Mercator)</i>	107
3.1.2.2 Cónicas	113
3.1.2.2.1 <i>Proyección Albers Conica Equal Area</i>	114
3.1.2.2.2 <i>Proyección Cónica Equidistante</i>	115
3.1.2.2.3 <i>Proyección Cónica Conforme de Lambert</i>	115
3.1.2.2.4 <i>Proyección Policónica Modificada</i>	116
3.1.2.2.5 <i>Proyección Transversal Modificada de Mercator</i>	117
3.1.2.3 Acimutales, Modificadas y Otras.	118
3.1.2.3.1 <i>Proyección Hammer</i>	118
3.1.2.3.2 <i>Proyección Ortográfica</i>	118
3.1.2.3.3 <i>Proyección Polar Estereográfica</i>	119
3.1.2.3.4 <i>Proyección Estereográfica Modificada</i>	120
3.1.2.3.5 <i>Proyección Gnomónica</i>	120
3.1.2.3.6 <i>Proyección Lambert Azimuthal Equal Area</i>	121
3.1.2.3.7 <i>Proyección Sinusoidal</i>	121
3.1.3 DEFINICIÓN DE GEOMÁTICA	122
3.2 DEFINICIÓN DE DATUM	127
3.2.1 ELIPSOIDE Y GEOIDE	136

4 APLICACIÓN DE LA FOTOGRAMETRÍA Y CARTOGRAFÍA A UN PROYECTO DE TELECOMUNICACIONES	141
4.1 NECESIDADES ACTUALES DE LAS EMPRESAS	141
4.2 EXPLICACIÓN DEL PROYECTO	142
4.3 DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	144
4.3.1 ÁREA POR FOTOGRAFIAR	149
4.4 LOCALIZACIÓN UTM DE LA ZONA	150
4.5 PLAN DE VUELO	150
4.6 LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS	157
4.7 SOFTWARE PARA DIGITALIZAR EL PROYECTO	164
4.8 DIGITALIZACIÓN DEL PROYECTO	166
4.9 CONSIDERACIONES DE LOS DATOS A CARGAR EN EL PROYECTO	185
4.10 VENTAJAS DE LA GEOGRAFÍA SOBRE OTRAS DISCIPLINAS	187
5 CONCLUSIONES	191
6 GLOSARIO	194
7 BIBLIOGRAFÍA	205
ANEXO	216

RESUMEN

Palabras clave: Cartografía, Geomática, Telecomunicaciones

El presente trabajo está dedicado a la aplicación de la Geografía y la Cartografía a un proyecto de Telecomunicaciones con la finalidad de incursionar como profesionalista en áreas poco exploradas en México. La búsqueda de mejoras en los resultados de proyectos y la necesidad de dar una mejor y más rápida respuesta a las exigencias de la sociedad en cuanto a servicios se refiere, ha llevado a la Geografía y a la Cartografía a apoyarse de la tecnología situación que ha llevado a la creación de la Geomática. El mundo laboral actual es un reto al que se debe hacer frente con la mayor cantidad posible de herramientas . Este trabajo es resultado de un arduo esfuerzo por demostrar que el conocimiento Geográfico y Cartográfico no está “peleado” con la tecnología y que el Geógrafo puede aportar muchas ideas y en muchos casos novedosos.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1 INTRODUCCIÓN

El trabajo que a continuación se presenta surge debido a la necesidad de comprender más los requerimientos actuales del medio laboral en un mundo globalizado en donde la competencia, las exigencias en los servicios, la optimización de gastos, reclaman una mejora en la calidad de sus productos. Con el avance acelerado de la tecnología los profesionistas de todos los campos del conocimiento deben actualizarse constantemente, de lo contrario, serán víctimas del mundo y la sociedad cambiante.

He tenido la fortuna de trabajar para una empresa de la cuál prefiero omitir el nombre y darme cuenta de la carencia de conocimientos por parte de profesionistas de otras carreras en cuanto a cartografía y geografía se refiere, hecho que trae como consecuencia una baja calidad de los trabajos realizados y encarecimiento del producto por diversas cuestiones, como el uso excesivo de horas hombre para la generación de resultados.

En mi experiencia puedo decir que he tenido satisfacciones por tener conocimientos de Cartografía, no intento decir que esta rama lo es todo, empero, sí puedo decir que aquella persona que estudie cualquier rama de la carrera, dígame Antropogeografía, Climatología, Estadística, Geografía Económica, Fenología, Geomorfología, Urbanismo, etc. y lo complementa con Cartografía tendrá un extra a su favor.

La Cartografía es una herramienta básica, que como geógrafos, pienso, deberíamos tener bien cimentada y bien aprendida, si bien es cierto que no somos hacedores de mapas artísticos ni de atlas, también es cierto que es el puente de comunicación entre el lenguaje de los geógrafos y demás profesionistas y personas en general.

El avance constante de la tecnología no se puede detener, así mismo, los egresados de la carrera deberán avanzar con ella puesto que otros profesionistas avanzan con la tecnología y debemos pensar en que son aquellos que se involucran directa o indirectamente con nuestra carrera la competencia a vencer, estudiamos para obtener una remuneración económica (en la mayoría de los casos) y solo preparándonos de una manera más holística podemos hacer frente a las exigencias de las empresas.

La facultad de Ingeniería ha tenido a bien abrir una nueva carrera, “Ingeniería Geomática” y nos guste o no, los egresados de esta carrera serán sin duda alguna, una de las competencias mas fuertes para los egresados de geografía, debemos pensar que tenemos un extra en comparación con ellos, estudiamos geografía, eso nos da una ventaja en cuanto a la visión de la aplicación de los SIGS, pero no debemos olvidar que ellos serán (teóricamente así se considera) los expertos en el manejo de esos sistemas, es aquí en dónde nosotros como geógrafos debemos fusionar el conocimiento que hemos adquirido en el área del gusto personal, la cartografía y la tecnología.

La metodología que se llevó a cabo fue la siguiente:

1.- *Recopilación y selección del material bibliográfico.* Esta se llevó a cabo en las bibliotecas de las diferentes facultades de la UNAM, en empresas dedicadas a las Telecomunicaciones como Telmex, Michael Baker, Televisa, TV Azteca, platicas con profesores y personas relacionadas con el tema, revisión de apuntes, revisión de datos e información en internet.

2.- *Adquisición y selección de material cartográfico.* En este caso se cuenta con la ventaja de tener a disposición información sobre una serie de líneas de vuelo del estado de California, Estados Unidos de Norteamérica, así como tener acceso a una base de datos de California en dónde se obtiene información acerca de dicho estado y acceso a fotografías aéreas a diferentes escalas del mismo estado.

3.- *Delimitación del área de estudio.* En este punto se tomarán los datos obtenidos por diversos medios como Google Earth Pro, se consultó cartografía hecha por el INEGI y se aproximaron los datos, se analizaron algunas fotografías aéreas que destacan por motivos prácticos y se realizó la georreferenciación y rectificación de los levantamientos topográficos hechos en Estados Unidos para el estado de California con bases cartográficas.

4.- *Redacción de capítulos y conclusiones.* Al concluir con el trabajo investigativo de cada capítulo se llevará a cabo el análisis de los datos obtenidos así como los resultados de las comparaciones hechas en el trabajo de gabinete y el trabajo hecho en campo en Estados Unidos de Norteamérica, para de esta manera tener un conocimiento más amplio y poder dar a conocer las conclusiones de la investigación.

Tres capítulos conforman este trabajo, encuadrando el primero de ellos, lo referente a los conceptos básicos de fotogrametría y cartografía, se da un esbozo de la historia de la fotografía, sus avances y sus principales exponentes a lo largo de su evolución. Las cámaras fotográficas y los aviones constituyen un apartado dentro de este primer capítulo con la intención de que el lector (y muy en especial los compañeros de la carrera de geografía) conozcan la diversidad de cámaras, las ventajas y desventajas y en algunos casos los costos de las mismas.

Así mismo se citan los tipos de aviones y plataformas aéreas utilizados para fotografía aérea, esto, debido a la necesidad de realizar un plan de vuelo eficaz, debemos tener en cuenta en todo momento que la mayor parte de las veces el trabajo que se realice tendrá una repercusión monetaria y deberemos ser capaces de minimizar los costos y optimizar ganancias sin dejar de lado la calidad de los resultados, es por ello que es necesario conocer estos aspectos.

En este mismo apartado se explora un plan de vuelo, cómo se calculan las líneas de vuelo, la cantidad de fotografías necesarias, los porcentajes de sobreposición etc., se incluye un anexo de normas de vuelo aerofotogramétrico publicadas en el diario oficial de la federación.

Posteriormente se da paso al capítulo dos, el cuál está dedicado a la tecnología de SIGS y las proyecciones cartográficas. Se mencionan diversas definiciones de SIGS en donde es

interesante notar que el conocimiento geográfico está de manera explícita e implícita en la mayoría de las acepciones. Se mencionan los diversos tipos de software o programas para realizar operación de cartografía, fotogrametría y geografía así como sus ventajas y desventajas.

Se ha decidido elaborar un apartado para las proyecciones geográficas debido a que en el tiempo de trabajo en la ya citada empresa me di cuenta que se desconocían muchas anomalías en el proceso de migración de proyecciones, esto como resultado del desconocimiento de las deformaciones que se sufren en cada proyección, si bien es cierto que no se usaron todas en ese proyecto, también es cierto que en cualquier momento y por motivos que en ocasiones no son desconocidos se migra de una proyección a otra y estar preparados para ello es fundamental.

En el capítulo tres se entra de lleno al proyecto de telecomunicaciones, el uso de software para digitalizar los levantamientos topográficos, que para este estudio fueron Arc View 3.2 y el Arc Gis 9, se realiza un plan de vuelo específicamente para la zona de estudio, utilizando de manera práctica la nomenclatura del INEGI para calcular las cartas de Los Ángeles, EUA.

Debo aclarar que en este capítulo se utilizaron datos meramente representativos para poder mostrar y ejemplificar de una manera tangible los costos, tiempos, etc. que se utilizarán en este proyecto.

Se muestra paso a paso el proceso de digitalización con toda la intención de que el lector tenga una mejor idea del uso de los SIGS. Es en este apartado en dónde se muestra la fusión que anteriormente se mencionó, se incluye un comparativo de costos para realizar el plan de vuelo.

Con los resultados que se obtengan de esta investigación se mostrará el carácter práctico de las bases cartográficas en conjunción con la utilización de las modernas técnicas de cartografía digital, del mismo modo se observarán aplicaciones de la correcta interpretación de fotografía aéreas y levantamientos topográficos, así como el manejo de escalas para determinar con mejor precisión las áreas de estudio.

Dentro de la carrera de Geografía, más específicamente en la rama de Cartografía ayudará a los alumnos a entender por qué es fundamental el entendimiento y manejo práctico de la cartografía en el ámbito profesional. También ampliará el horizonte de las aplicaciones de los SIGS y reforzará la idea de que la Geografía no está peleada con los modelos matemáticos o con la tecnología. De la misma manera permitirá a otras áreas de la investigación como ecología, recursos naturales, veterinaria, entre otras, tener nuevas opciones de estudio de zonas alejadas o de difícil acceso por medio de las modernas técnicas de percepción remota para cuantificar, delimitar, etc. determinadas zonas del país.

Por este medio se darán a conocer resultados que mejoran los servicios de telecomunicaciones pero que pueden ser aplicados para proyectos tales como la expansión

de mercado de “x” productos, planeación urbana, de delimitaciones ecológicas y zonas de riesgos naturales, proyectos de carreteras entre otros, todo esto con la finalidad de que las empresas ya sean particulares, privadas, microempresas o el propio gobierno del D.F. satisfagan las necesidades de sus consumidores.

Así pues se da paso a este trabajo realizado con esmero intentado satisfacer al lector cualquiera que sea su oficio o profesión, no sin antes agradecer al lector el haberse dado un tiempo para leer las páginas siguientes.

CAPÍTULO 2

2 CONCEPTOS Y FUNDAMENTOS DE FOTOGRAMETRÍA Y CARTOGRAFÍA

2.1 BREVE HISTORIA DE LA FOTOGRAFÍA AÉREA Y DE LA FOTOGRAMETRÍA

La fotografía de cualquier tipo se obtiene a través de la cámara fotográfica que es la que recoge los detalles en función de las diferentes intensidades luminosas. Las primeras imágenes permanentes hechas mediante la acción directa de la luz fueron producidas por el científico aficionado Joseph Nicéphore Niépce en 1822 mediante la cámara oscura (técnica utilizada para la fotografía común) y las llamo “heliografías” las cuales en un principio no eran prácticas y poco a poco fueron sustituidas por otras. En 1839 publicó sus resultados otro francés de nombre Louis Jacques Mandé Daguerre quien fuera el primero en lograr imágenes con cámara de procedimiento práctico (GRAHAM, 1990).

Aunque el daguerrotipo fue el método de procesado fotográfico usado de manera general, la fotografía moderna no descende de él sino de William Henry Fox Talbot que en 1835 (COE, 1976), descubrió el proceso de negativo-positivo con un método fijador el cuál es base de la fotografía moderna, es claro que dicho proceso ha sufrido un sinnúmero de modificaciones desde la cámara con que se obtiene la imagen hasta los procesos de fijación.

Dentro de la fotografía aérea existen dos áreas principales, por un lado la fotografía con todos los aspectos de corrección por las diferentes aberraciones que existen, los tipos de

fotografía, las cámaras fotográficas, etc. y por otro lado el vuelo que debe cumplir con normas administrativas de los países en dónde se efectúen los vuelos, los tipos de aviones, plan de vuelo en general, etc.

El primer vuelo en donde se sacó una fotografía fue realizado desde un globo aerostático en 1858 –algunos historiadores mencionan que fue en 1856- por Gaspard Félix Tournachon “Nadar” fotografiando la ciudad de París, aunque la primera fotografía aérea de que se tiene conocimiento fue hecha por el físico francés Arago en 1839, pero no se sabe con precisión desde que plataforma fue realizada la foto por lo que consideran primero la de Tournachon (GRAHAM, 1990).

En 1849 André Laussedat trató de probar que las fotografías se podían usar para la elaboración de mapas. Usó fotografías tomadas desde tierra así como desde globos cautivos y desde cometas. A Laussedat se le considera como el padre de la fotogrametría y es en este punto dónde la fotografía aérea se mezcla, por decirlo de alguna manera, con los procesos matemáticos de rectificación de aberraciones de diferente tipo conocidos como restitución fotogramétrica. A partir de este momento la fotografía aérea tuvo un mayor uso en diferentes áreas de investigación y trabajo (INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL DE GUATEMALA, 2004).

La fotografía aérea que en un principio tenía como base la utilización de las imágenes fotográficas para el levantamiento de mapas topográficos con el paso del tiempo fue tomando fuerza dentro de otras áreas en especial el militar.

Los militares fueron los primeros en pedir fotografías aéreas para reconocimiento de posiciones enemigas, estrategia, etc. y uno de los pioneros en la ayuda a militares en el área de la fotografía aérea fue Tournachon quien laboró para el ejército francés durante la guerra Franco-Austriaca en 1859 (ob. Cit.).

La palabra "Fotogrametría" empezó a utilizarse desde la fundación de la Sociedad Americana de Fotogrametría, en el año 1934. Se deriva de tres palabras griegas:

Foto = luz

Gramma = dibujar

Metrón = medir

En 1726 con anterioridad al conocimiento de la fotografía, Capeller traza una carta del macizo de Pilatos, partiendo de perspectivas dibujadas a mano ya que como es sabido la fotogrametría en lo que corresponde a la interpretación por métodos de estereografía parte de la visión en perspectiva. La imagen que se logra ver en tercera dimensión proviene de dos imágenes vistas en diferentes perspectivas.

Para 1759 Lambert en su obra "Perspectiva libre", desarrolla el procedimiento sistemático para la transformación de una perspectiva y se realizan aplicaciones aisladas tales como levantamientos de cartas de costas. El 7 de enero de 1839, François Arago hace público el invento de la fotografía e inmediatamente se piensa en utilizar el descubrimiento en los levantamientos topográficos. Las imágenes en perspectiva que anteriormente se hacían a mano ahora se logran por medio de la fotografía.

Entre 1851 y 1859 el coronel francés Aimé Laussedat, a quien se considera el fundador de la Fotogrametría, a la que él designó como “metrofotografía”, crea el primer instrumento apropiado para los levantamientos fotogramétricos y el primer método de restitución por intersecciones. Para 1861 la Academia de Ciencias de Madrid convoca un concurso sobre el tema "Aplicaciones de la Fotografía al levantamiento de planos". El premio se otorga al "padre de la Fotogrametría" el coronel francés Aimé Laussedat, que presentó el levantamiento de la villa de Buc (Versalles).

Antonio Terrero en el año 1862 siendo general de brigada y profesor de la Escuela de Estado Mayor, publica en una revista militar un artículo en el que, anticipándose veintiún años a Hauck, descubre uno de los teoremas fundamentales de la base matemática de la Fotogrametría, el principio de los “planos nucleares”.

El primer levantamiento fotogramétrico español se logró en 1881, el autor de dicho levantamiento es Torres Quevedo con un fotogrametro de su invención, en el barranco de Vista Hermosa (Madrid) a escala 1:1.000 y para 1895 se lleva a cabo el levantamiento del Pinar de Bedar a escala 1:1.000, por Pié y Allué.

Una técnica que actualmente se está ocupando en países como España es el vuelo en helicóptero creando la ortofotografía la cual es una técnica fotográfica que permite la creación de fotografías georreferenciadas y orto rectificadas para la producción de mapas de gran precisión y con composición continua, eliminando la tradicional fotocomposición realizada en los procesos de post-producción y que nunca llegaba a eliminar realmente las

líneas de separación entre una fotografía y la siguiente, además permite su visualización en pantallas normales de ordenador y el tratamiento de las imágenes con una gran variedad de programas informáticos incluyendo fusión con los programas DTM (*Digital Terrain Model* = *Modelo Digital del Terreno*) lo que permite una perspectiva lateral (www.aerovia.com). Por primera vez en 1966, se introduce el cálculo electrónico en la Fotogrametría del Instituto Geográfico Español. El método de Brucklacher para compensación de bandas analógicas utilizando el ordenador IBM 1620 de la Escuela de Arquitectura de Madrid y en 1969 se realizan los primeros ensayos de un método de compensación de bloques de bandas analógicas llamado “el método de Schut en ordenador IBM 7090”.

En 1898 un austriaco de nombre Scheimpflug, desarrolla el doble proyector también realiza fotomapas a partir de fotografías aéreas y establece la teoría de la transformación y a él se le debe la idea de la triangulación radial que es de dónde se parte para rectificar fotografías aéreas y poder georeferenciarlas. 1899 es el año en el que se publica la primera obra teórica sobre Fotogrametría, escrita en español y titulada "Topografía Fotográfica", de Iriarte y Navarro.

Pulfrich padre de la estereofotogrametría construye el estereocomparador con el que se inicia una nueva era en el campo de la fotogrametría este avance se da en el año de 1901, al año siguiente aparece una obra titulada “Fototopografía práctica de Más y Zaldúa y en 1907 José María Torroja presenta la primera tesis doctoral sobre fotogrametría titulada “Fototopografía teórica y práctica”.

La Fotogrametría terrestre en 1909 alcanza su plenitud gracias al teniente austriaco von Orel, inventor del estereoaquígrafo, aparato de restitución fotogramétrica automática. Durante 1913 se construye en el Instituto Geográfico Español el fototaquímetro de Torroja y también en este año se celebra en Viena el Primer Congreso Internacional de Fotogrametría.

Es en 1916 cuando Torroja funda la Sociedad Estereográfica Española que es la primera entidad privada fotogramétrica en el mundo. Entre otros lleva a cabo el levantamiento de las minas de Cardona a escala 1:1.000 y el del Puente de Toledo, primera aplicación española de la Fotogrametría a la Arquitectura.

Las primeras aplicaciones de Fotogrametría al Catastro se dan en el año de 1932, es la primera ocasión en que se le da aplicaciones civiles ya que en general los trabajos que se llevaban a cabo con anterioridad eran con fines militares. Faltaría mucho tiempo para que la fotogrametría llegara a nuestro país por lo que la historia de la fotogrametría es básicamente europea.

La fotografía aérea ha ido avanzando en cuanto a técnicas y tecnología, y México no es la excepción y desde hace más de 3 décadas se han llevado a cabo estudios de diferentes temas en base a la fotografía aérea, se han creado instituciones tanto públicas como privadas que se dedican a la toma de fotografías aéreas tal es el caso de la CETENAL (Comisión de Estudios del Territorio Nacional) y que al pasar de los años se convirtió en lo que ahora es el INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) máxima institución

gubernamental que se dedica a la toma de fotografías aéreas en el territorio nacional con sede en la ciudad de Aguascalientes, por parte de las instituciones privadas la actual SICSA (Soluciones en Información y Calidad) es la competidora más fuerte en cuanto a reconocimientos aéreos, esta empresa tiene su sede en la Ciudad de México.

“En México existe un organismo llamado SINFA (Sistema Nacional de Fotografía Aérea), encargado de determinar una serie de lineamientos y especificaciones para la toma aerofotográfica, con base en las características climáticas y fisiográficas regionales y en la necesidades de actualización periódica de la información. El SINFA en asociación con el SINREA (Sistema Nacional de Registro Aerofotográfico) instrumentan el control y facilitan la consulta sobre la aerofotografía con el fin de racionalizar la existencia de información y de proporcionar a la persona que lo requiera, el servicio público de información aerofotográfica”.

La fotogrametría en su origen surgió para la producción cartográfica, apoyándose en datos topográficos, tras la consolidación de su metodología y el avance de la tecnología han ido surgiendo nuevas aplicaciones, y abarcando nuevos campos, como son la fotogrametría industrial, estereofotogrametría médica, fotogrametría forense, la micro fotogrametría, fotogrametría submarina, video fotogrametría y otras aplicaciones no topográficas. Para la comprensión y el desarrollo de todas ellas es imprescindible conocer los fundamentos sobre los que se basa.

El desarrollo de la fotogrametría en México comenzó a mediados de los años 50', ya para el año 2000 el INEGI, que es un órgano gubernamental dedicado a la geografía del país tiene un acervo de fotografías aéreas de aproximadamente 1 millón de negativos los cuales son producto de casi 30 años de toma de imágenes. En la actualidad los fines de la fotografía aérea son muy diversos pero aún falta explotarlos más.

2.2 CÁMARAS FOTOGRÁFICAS Y AVIONES

Dentro de la fotogrametría existen dos aspectos relevantes que no implican cálculos matemáticos sobre la fotografía, es decir, no están directamente relacionados con la metodología de la fotogrametría pero que son de suma importancia para ella y para el trabajo de fotointerpretación así como para la logística de todo un proyecto, estos aspectos son: las cámaras fotográficas y los aviones ya que sin estos simplemente no se podría llevar a cabo esta técnica además de que para el geógrafo es esencial el conocer estos detalles para estar dentro de la competencia laboral diseñando planes de vuelo óptimos y eficientes.

2.2.1 LAS CÁMARAS FOTOGRÁFICAS

2.2.1.1 Partes de la cámara

La cámara es el mecanismo a través del cual la película se expone de una manera controlada. Si bien existen diferencias estructurales entre ellas, todas las cámaras modernas se componen de cuatro elementos básicos: el cuerpo, el obturador, el diafragma y el objetivo. Dentro del cuerpo se encuentra una pequeña cavidad hermética a la luz (en latín, camera) donde se aloja la película para su exposición.

También en el cuerpo, al otro lado de la película y detrás del objetivo, se hallan el diafragma y el obturador.

El objetivo, que se instala en la parte anterior del cuerpo, es en realidad un conjunto de lentes ópticas de cristal. Alojado en un anillo metálico, permite al fotógrafo enfocar una imagen sobre la película. El objetivo puede estar fijo o colocado en un soporte móvil. Los objetos situados a diferentes distancias de la cámara pueden enfocarse con precisión al ajustar la distancia entre el objetivo y la película fotográfica.

El diafragma es una abertura circular situada detrás del objetivo la cual funciona en sincronía con el obturador para dejar pasar la luz a la cámara oscura. Esta abertura puede ser fija como en muchas cámaras para aficionados, o regulable. Los diafragmas regulables consisten en laminillas de metal o de plástico superpuestas, que cuando se separan por completo forman una abertura del mismo diámetro del objetivo, y cuando se cierran dejan un pequeño orificio detrás del centro del objetivo. Entre la máxima abertura y la mínima, la escala de diafragmas se corresponde con una clasificación numérica, llamada f-stops, situada en la cámara o en el objetivo.

El obturador es un dispositivo mecánico, dotado con un muelle, que sólo deja pasar la luz a la cámara durante el intervalo de exposición. La mayoría de las cámaras modernas poseen obturadores de diafragma o de plano focal. Algunas cámaras antiguas para aficionados utilizan el obturador de guillotina, que consiste en una pieza con bisagra que al disparar se abre y expone la película alrededor de 1/30 de segundo.

En el obturador de diafragma, durante el momento de exposición un conjunto de hojas solapadas se separa para descubrir la abertura total del objetivo. El obturador de plano focal consiste en una cortinilla negra con una ranura horizontal de tamaño variable. Al disparar, la cortinilla se mueve con rapidez sobre la película, exponiéndola progresivamente a la luz a medida que la ranura se desplaza.

La mayoría de las cámaras modernas poseen algún sistema de visión o visor para permitir al fotógrafo contemplar a través del objetivo de la cámara la escena u objeto que se desea fotografiar.

Las cámaras fotográficas réflex de un solo objetivo poseen esta característica y casi todas las cámaras de uso general están dotadas de algún tipo de sistema de enfoque y de algún mecanismo para desplazar la película.

Para las cámaras fotográficas que se emplean en la fotografía aérea es necesario entender que las partes no están igualmente distribuidas que una cámara común y corriente esto debido a que las dimensiones son diferentes, la cámara está fija a una plataforma además de que está expuesta a otras condiciones por lo que en muchos de los casos las partes internas no se ven exactamente igual que las comunes.

Hay que recordar que las cámaras para fotografía aérea necesitan mucho más film por lo que requieren de ciertos espacios de gran tamaño que son llamados almacén. Todas las cámaras presentan un cono en donde se localiza el objetivo que está constituido de tres partes aunque uno puede ser intercambiable: Obturador, Diafragma y Filtro.

Al regular la velocidad del obturador y la abertura del diafragma el fotógrafo consigue la cantidad exacta de luz para asegurar una correcta exposición de la película. La velocidad del obturador y la abertura son directamente proporcionales: si incrementamos la velocidad del obturador en una unidad, cambiará un f-stop.

Modificando en un punto la exposición se produce un cambio en la velocidad de obturación y en el diafragma, cuyo resultado será que la cantidad de luz que llegue a la película sea la misma. De esta manera, si se aumenta la velocidad del obturador el diafragma deberá ser aumentado en la misma medida para permitir que idéntica cantidad de luz llegue a la película. Los obturadores rápidos, de 1/125 segundo o menos, pueden captar objetos en movimiento.

Además de regular la intensidad de la luz que llega a la película, la abertura del diafragma se utiliza también para controlar la profundidad de campo, también llamada zona de enfoque, que es la distancia entre el punto más cercano y más lejano del sujeto que aparecen nítidos en una posición determinada del enfoque. Al disminuir la abertura la profundidad de campo crece, y al aumentarla disminuye.

Cuando se desea una gran profundidad de campo, es decir, la máxima nitidez de todos los puntos de la escena (desde el primero al último plano), se utiliza una abertura pequeña y una velocidad de obturación más lenta. Como para captar el movimiento se necesita una gran velocidad de obturación, y en compensación una gran abertura, la profundidad de campo se reduce.

En muchas cámaras el anillo del objetivo tiene una escala de profundidad de campo que muestra aproximadamente la zona de enfoque que se corresponde con las diferentes aberturas. Una parte importante de la cámara la constituyen los filtros ya que de estos depende el resultado de la imagen según condiciones atmosféricas, la cantidad de luz reflejada y que pueda ser absorbida por los filtros etc. Los filtros pueden cambiarse durante el vuelo, y esto se logra levantando la cámara de su montura.

Los filtros pueden estar hechos de gelatina o de cristal y se colocan delante del objetivo para alterar el color, cambiar el contraste o el brillo, minimizar la neblina o para crear efectos especiales. En la fotografía en blanco y negro se utilizan filtros de color con película pancromática que permite la transmisión del color adecuado mientras impide el paso de los colores que no lo son.

Cuando se fotografía un paisaje con un filtro rojo, por ejemplo, parte de la luz azul del cielo se anula y hace que éste parezca más oscuro y, por tanto, se destaquen las nubes. El mismo cielo azul con un filtro amarillo produce un efecto atenuado porque deja pasar mejor la luz azul. El filtro amarillo nº 8 se suele utilizar para fotografiar exteriores en blanco y negro, ya que reproduce el tono azul del cielo de una forma muy parecida a como lo percibe el ojo humano. Los filtros de conversión, los de color y los correctores se utilizan mucho en fotografía en color. Los de conversión cambian el equilibrio de color de la luz para una película concreta. Las películas de tungsteno, por ejemplo, están diseñadas y equilibradas para la temperatura de color de la luz ámbar de tungsteno. Si se exponen a la luz del día producirán fotos con un tono azulado.

El filtro de conversión de la serie 85 soluciona este problema. Por el contrario, la película diurna adecuada para luz natural intensa que tiene una mayor concentración de longitudes de onda azules que la luz de tungsteno, producirá un tono amarillo-ámbar si se expone a la luz de tungsteno. Los filtros de conversión de la serie 80 corrigen este inconveniente.

Los filtros de color se suelen utilizar para hacer pequeños reajustes en el mismo. Los filtros de corrección eliminan los tonos de color que no se desean o añaden un matiz cálido. Los filtros correctores (CC) magenta pueden compensar la luz verdosa de los fluorescentes en las películas de tungsteno o diurnas. Otro tipo de filtro, el polarizador, se utiliza básicamente para reducir reflejos de superficies brillantes y también para aumentar la saturación de color en las fotografías.

El motor es una parte esencial en las cámaras de fotografía aérea ya que a diferencia de las cámaras comunes las fotos se deben tomar cada cierto tiempo por lo que resulta casi imposible para una persona llevar una sincronización de segundos y milésimas de segundo por lo que se hace indispensable un motor que automáticamente recorra la película.

Además estas cámaras cuentan con sofisticados sistemas digitales en dónde las exposiciones son programadas antes del vuelo para tomar las fotografías con la mayor precisión posible. También cuentan con un dispositivo que se encarga de datar las fotos esto es, el registro de las características de cada exposición como es la altitud, la misión, la fecha, línea de vuelo, número de foto, nivel, marcas fiduciales, norte, etc., que son los datos mínimos que todo usuario debe conocer respecto a las condiciones físicas al momento de la toma.

En la tabla que se muestra a continuación se ejemplifican los filtros de vidrio y los de gelatina, en este caso los filtros de vidrio son de la empresa Zeiss y los de gelatina son de la empresa Wratten.8.

FILTRO ZEISS	LONGITUD DE ONDA (NM) 50 % DE TRANSMITANCIA	FILTRO WRATTEN (GELATINA) (SUBSTITUTOS)
KL	Vidrio claro	--
KL-F	Sándwich de vidrio claro (2)	--
A1	415	HF-3 (2B)
A2	425	HF-3/HF-4
A3	435	2E
A	460	3
B	490	8
C	525	15
D	535	16
F	600	25
H	635	29
J	670	70
L	720	89B

Tabla 1.- Tipos de filtro

2.2.1.2 Orientación y calibración de la cámara

Tomando en cuenta que las fotografías que se toman con una cámara aérea tendrán variaciones en altura, en tiempo de exposición, en intervalos entre exposición y exposición, en la velocidad del avión, condiciones atmosféricas entre otras, es necesario mencionar que la cámara debe ser calibrada según la necesidad del plan de vuelo etc.

Por ejemplo una de las partes que debe ser calibrada es el objetivo. El objetivo enfoca un rayo de luz desde el sujeto, terreno, objeto, etc. a la película. Consta de una o varias lentes de forma convexa que proyecta los rayos de luz que lo atraviesan en un punto llamado foco. Cuando enfocamos con la cámara en realidad alejamos o acercamos el objetivo para obtener un foco nítido.

La distancia entre el foco y el diafragma del objetivo es lo que llamamos la distancia focal. Modificando la distancia focal se consigue enfocar al sujeto más de cerca o más lejos. Entonces realmente lo que se está calibrando es la distancia focal (f) y con esta acción se modifica la escala según sea el requerimiento.

Uno de los parámetros fundamentales a la hora de analizar una fotografía aérea es la distancia focal (f) que se expresa en milímetros. A partir de esta y la altura de vuelo (H) puede calcularse la escala (E) de la fotografía resultante:

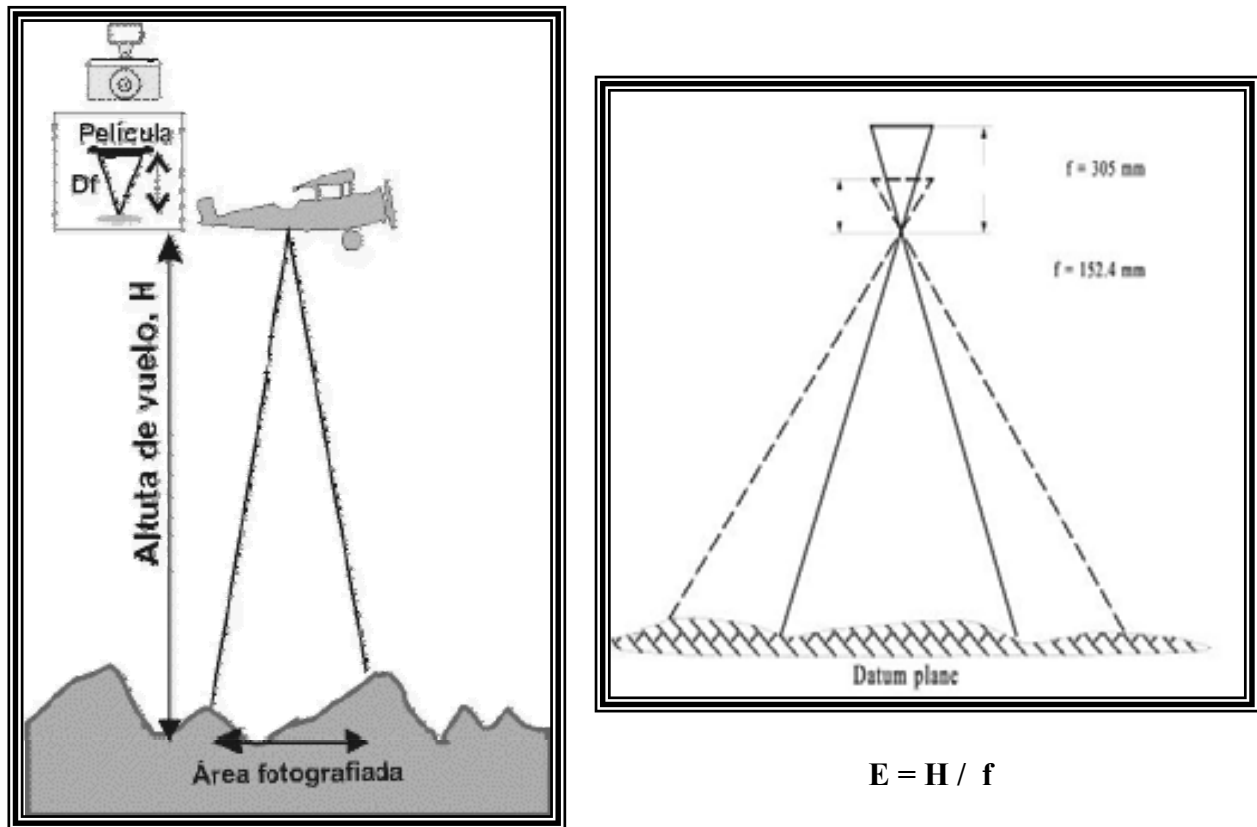


Figura 1.- Relación distancia focal sobre distancia en el terreno

Por ejemplo si la altura de vuelo son 5000 m. y la distancia focal 125 mm la escala de la fotografía resultante será 1:40000.9

Recordar que la escala no se mantiene durante todo el vuelo esto se debe a que el terreno tiene variación de altura y la energía geomorfológica de cada fotografía aérea es diferente. El avión mantendrá a lo largo del vuelo la altitud que se le pida, 5000 msnm, 3000 msnm, etc. según sea la necesidad, esta altura dará la escala sin embargo será una escala promedio, pues con la variación del terreno esta escala varía de una fotografía a otra y dentro de la misma fotografía.

También se tiene que calibrar o ajustar el instrumento que sirve para disparar automáticamente la cámara. En general los instrumentos de una cámara aérea deben calibrarse antes de cada vuelo con la finalidad de obtener mejores resultados.

2.2.1.3 Clasificación de las cámaras

“Las cámaras aéreas son sensores diseñados especialmente para tomar fotografías desde plataformas aéreas (como globos aerostáticos, aviones, cometas, helicópteros y cualquier otro tipo de vehículo aéreo) las que se caracterizan por poseer un tiempo de exposición muy corto o breve debido a que durante la exposición están en movimiento” (www.fotohobby.com).

Estas cámaras presentan obturadores de gran eficiencia y emulsiones de variada velocidad, sensibles a las longitudes de onda comprendidas entre la radiación ultravioleta y el infrarrojo reflejado (0,30 a 0,91 micrones aproximadamente). Las cámaras aéreas son instrumentos que recogen la información básica necesaria para la aerofotogrametría y la fotointerpretación obteniendo imágenes que deben ser de óptima calidad tanto cuantitativa como cualitativamente. La clasificación de las cámaras puede estar en función de cuatro criterios que son los siguientes:

- a) Formato
- b) Campo angular

- c) Uso
- d) Inclinación del eje de la cámara

En primer lugar está el formato y según el formato se distinguen cámaras con formato y sin formato. Las primeras son aquellas en que el formato o recuadro, generalmente rectangular o cuadrado, es expuesto a través del objetivo de la cámara (conjunto de lentes), permaneciendo fijo durante el tiempo de exposición.

Los recuadros más usados son de 9x12 cm, 12x18 cm, 18x18cm y el más común de 23x23 cm (9in x 9in). La exposición es controlada por el tiempo y abertura del diafragma. Las cámaras sin formato son aquellas en dónde la imagen se registra en forma continua, y se refieren especialmente a las cámaras panorámicas y cámaras continuas.

Las cámaras panorámicas se caracterizan porque el terreno es barrido de lado a lado en dirección perpendicular a la línea de vuelo obteniéndose una imagen de buena resolución y en la que se ve el horizonte. Las cámaras continuas, producen la imagen de una faja de terreno exponiendo, a través de un orificio fijo, una película que se mueve constantemente, a una velocidad sincronizada con la velocidad de observación del terreno.

Cámaras aéreas oblicuas de gran formato se limitan a cámaras de 5 x 5 in o de 4 x 5 in no incluyendo a las cámaras modernas de gran formato Farchild, Zeiss, Vinten LOROP, debido a que estas cámaras están hechas en especial para aplicaciones militares con aviones de altos rendimientos.

Cámara aérea K24. Presenta un motor integral de 24-28 V y un lente Aero-Ektar de 7 pulgadas con 125 exposiciones de formato 5x 5 in. Esta cámara es ideal para oblicuas fijas en cualquier parte dentro del avión y puede ser operada a control remoto.

Cámara aérea K20. Presenta un formato de 4 x 5 in, la cámara es de bajo peso y puede suministrarse con carretes para carga a plena luz de película monocroma o de color. Presenta una pequeña mira óptica y está diseñada ergonómicamente además de presentar asas en ambos lados del cuerpo y un fácil funcionamiento.



Figura 2.- Cámara aérea K20

Linhof Aera Technika 45. Esta cámara es ligera y compacta con un formato de 4 x 5 in y se puede emplear en aviones ligeros o helicópteros. Carga hasta 15 mts. de film. La operación puede ser manual o eléctrica y todos los modelos incorporan una base al vacío para asegurar una resolución óptima.

Las cámaras de 70 mm. (pequeño formato) usadas tanto por civiles como por militares y que estuvo en boga desde 1950, cuando la RAF adoptó la cámara de reconocimiento Vinten F95 de 70 mm., hasta la introducción de las cámaras digitales en estos últimos años. Esta cámara permite una mayor flexibilidad operacional que la anteriormente utilizada F24 que además llega a tener hasta 500 exposiciones mientras que su compañera anterior sólo tomaba 125. Dentro de las cámaras de 70 mm se encuentran las siguientes: Cámaras de reconocimiento Vinten Type 360 (F95) y esta forma la base de una gama de modernas cámaras de reconocimiento de 70 mm diseñadas para fotografía aérea táctica de alta velocidad a baja y media altitud.

Una de sus características es que puede ser montada en el interior o en el exterior del avión. Proporciona 500 exposiciones a velocidades de 4, 8 o 12 fotos por segundo (pps), mediante un obturador de plano focal de correa sin fin. Pesa 5 kg excluyendo lentes y película. Se puede operar eléctricamente con una batería de 24 V equipándola con el adaptador de mano 716. Esta cámara es ideal para trabajar desde aviones ligeros o helicópteros.

Cámara de mano Agiflite. Al igual que la Vinten Type es utilizada con fines militares o civiles. Esta cámara por su naturaleza compacta es recomendable para trabajos de patrullaje fronterizo, vigilancia, investigaciones de invasiones de límites territoriales, pesca ilegal, contrabando, contaminación, etc. Su mecanismo incorpora un obturador de disco que permite velocidades de hasta 1/2000 s y una placa de presión y vidrio de registro para asegurar un correcto posicionamiento de la película durante la exposición. El magazine de la película de carga a plena luz tiene capacidad para 12 metros de film de 70 mm, de base delgada permitiendo hasta 125 exposiciones de formato de 57x57 mm.

Cámara Linhof Aerotronica 69. Representa el último desarrollo en cámaras de mano de este fabricante y esta basada en la Aero Technika 45 EL con un obturador giratorio de plano focal y una gran selección de lentes intercambiables. Tiene una capacidad de film de 30 metros con negativos de 58x85 mm en película perforada de 70 mm. La cámara es totalmente motorizada y el funcionamiento correcto se indica con dos señales LED (*Diodo Emisor de Luz = Light Emiting Diode*) en el visor posterior. Se pueden hacer secuencias de fotos a la velocidad de tres en dos segundos y una ventaja es que el cambio de la magazine se puede hacer rápidamente. Esta cámara es pesada y se le puede ajustar para que esté equilibrada mediante brazos de suspensión regulables.



Figura 3.- Cámara Linhof Aerotronica 69

Cámara Hasselblad de 70 mm. Esta cámara puede cubrir casi cualquier tipo de aplicación, tiene una excelente y amplia gama de filtros, cuerpos motorizados y objetivos pero tiene la limitación de su obturador Inter.-lentes y de la falta de control automático de exposición, siendo este último un sistema moderno que permite al operador mucha más libertad para concentrarse en su fotografía. Se pueden tomar fotos oblicuas fijas, verticales fijas (especialmente para MSP remoto – Micro/Minisatellite-Primed-) e incluso trabajo en el sector fotogramétrico pero desafortunadamente es una cámara terrestre por diseño. Soporta 70 exposiciones de formato 57x57 mm y su velocidad de exposición es de 1 por segundo. Una ventaja –dicha por expertos- es que presenta una precisión métrica.

Esta empresa para el marzo de 2006 sacó a la venta el modelo 503CWD que es la unión de lo avanzado de la tecnología digital –en palabras de la propia empresa - con un cuerpo clásico de Hasselblad, de las cuales, solamente se han fabricado 500, cada una de ellas. Esta cámara que se vende en tipo kit, incluye un lente Planar CFE 2.8/80mm con el respaldo digital CFV que tiene un sensor de 16 mega pixeles que es 50% más grande que los sensores equivalentes a 35mm y tiene definición de color de 16 bits. Puede manejar ISOs 50, 100, 200 y 400, con tiempos hasta de 32 segundos (es importante no confundir el ISO fotográfico con el ISO de calidad, con la Agencia Espacial Europea o la empresa italiana fabricante de motocicletas). Puede capturar hasta 35 imágenes por segundo. Desafortunadamente para adquirir una cámara de estas características se deberá contar con aproximadamente \$13,500 dólares, y el respaldo CFV también se podrá adquirir por separado a un precio de \$10,500 dólares.



Figura 4.- Cámara Hasselblad modelo 503CWD

Otras cámaras son las de pequeño formato de 35 mm SLR (Single Lens Reflex en relación a las cámaras réflex y cabe señalar que también se utilizan las siglas para Satellite Laser Ranging en relación a las mediciones láser de satélite), para fotografía aérea, las cuales están comenzando a ser utilizadas en este campo no solo por lo económico sino porque las típicas cámaras actuales de alta calidad ofrecen ventajas únicas sobre sus competidoras más grandes.

Según experiencias de Ron Graham y Roger E. Read especialmente en aviones ultraligeros se puede decir que las cámaras de 35 mm ofrecen resultados muy aceptables tanto en fijas verticales como en oblicuas y en la modalidad de cámaras de mano.

Existe una cantidad considerable de propiedades únicas del sistema de 35 mm que la hacen digna de una consideración especial:

- Economía de equipos y materiales
- Disponibilidad de películas en monocroma y color
- Gran gama de objetivos: 28,35,50,85,105,135,200 mm
- Gran gama de materiales: Kodak 2 415 (ISO 30) , Plus-X (ISO 125) , Panatomic-X (ISO 32) , Tri-X (ISO 400) , Infrarroja de Alta Velocidad (ISO 25; filtro Wratten 87) Ilford FP4 (ISO 125) , HP5 (ISO 4000) , películas en color negativas Kodak VR 100, 200, 400 y 1000, Kodak Ektachrome (ISO 100) y Ektachrome Infrarroja color falso.
- Bajo peso y dimensiones reducidas
- Excelentes objetivos
- Tecnología de semiconductores
- Modernas tecnologías de emulsión que proporcionan excelente latitud, grano, calidad de color y sensibilidad
- Sencillez y velocidad de procesado
- Los negativos, las diapositivas y las diapositivas a color pueden proyectarse en una pantalla para el posterior análisis o para rectificarlo contra un mapa

Las cámaras mencionadas con anterioridad pertenecen al grupo de las cámaras oblicuas. Así como las cámaras cartográficas, que más adelante se mencionaran, están construidas para las estrictas necesidades del fotogrametrista, las cámaras oblicuas varían desde un

simple instrumento de 35 mm hasta una cámara especializada diseñada para empleo comercial o militar.

Una de las ventajas comparativas de estas cámaras con las cartográficas es básicamente el tamaño y el peso ya que las primeras son bastante más grandes y pesadas que las segundas además de que el mismo piloto en algunos casos puede tomar las fotos, pero en cambio en la fotogrametría se utilizan más las cartográficas.

La fotografía aérea con enfoque oblicuo es la que más frecuentemente se utiliza, por darnos una idea precisa de lo que allí se encuentra y establece una relación espacial entre los elementos allí presentes. Por consiguiente la fotografía oblicua es el recurso ideal para la ilustración de un territorio y para la planificación y progreso de trabajos así como necesidades de relaciones públicas, las cámaras utilizadas son de formato medio, aproximadamente 3 veces mayor a los formatos de 35mm, lo que permite una calidad sobresaliente, las imágenes obtenidas pueden archivarse en cualquiera de los formatos electrónicos disponibles en la actualidad (YANN, 2003).

Otra de las posibilidades que se nos presenta es el enfoque vertical ideal para la confección de planos y mapas así como levantamientos topográficos del terreno, el equipo utilizado es similar al caso anterior aunque los formatos suelen ser de tipo medio o grande, lo que permite una mayor gama de ampliaciones manteniendo una magnífica calidad. Se hace mención de las ventajas de fotografías oblicuas dado que se mencionaron antes.

Estos son algunos ejemplos de cámaras clasificadas según su formato, en este caso la mayoría son de 70 mm y 35 mm, pero como anteriormente se señaló no es el único criterio para su clasificación por lo que a continuación se hará mención de algunas cámaras clasificadas según su campo angular.

Según su campo angular. Este tipo de cámaras se subdividen de acuerdo al campo angular del objetivo en: normales (si el ángulo es menor de 75°), gran angulares (ángulo de 75° a 100°), y super gran angulares (ángulo mayor de 100°).

MARCA	MODELO	CONO	GPS
ZEISS	TOP	150 mm	Original
ZEISS	TOP	150 mm	Original
ZEISS	RMK	150 y 300 mm	Anexado
ZEISS	RMK	150 y 300 mm	Anexado

Tabla 2.- Modelos de cámaras utilizadas según su campo angular.

A continuación se mencionan cámaras según su uso. Se dividen en cámaras de reconocimiento y cámaras métricas. Las cámaras de reconocimiento, sólo registran objetos y cambios, pero no es posible realizar operaciones métricas de precisión.

Las cámaras métricas, a diferencia de las de reconocimiento, permiten obtener imágenes para realizar con ellas operaciones métricas (como su nombre lo indica). Su orientación interna, también llamada calibración, deberá permanecer invariable y debe ser conocida en forma exacta (distancia principal), así como su formato y el punto principal del plano del negativo.

En otra clasificación según el uso, se puede hablar de las cámaras que se utilizan para aplicaciones militares o para fines civiles, según sea el campo de trabajo como por ejemplo, para la acotación de terrenos, con fines comerciales, para observar el uso de suelo, para ubicar centroides de parcelas, para verificación de cultivos, etc. además de estas se encuentran las cámaras que sirven para vigilancia de fronteras, las cámaras con fines cartográficos entre otros. Esta clasificación es meramente práctica pues un usuario con poca experiencia puede solicitar información de una cámara en función de su necesidad.

Es importante destacar que los sistemas de reconocimiento se han designado siempre según su función de estratégicos o tácticos. Aunque es verdad que en nuestros días los militares están más familiarizados con técnicas satelitales, en este trabajo de investigación no se tratarán las cámaras con aplicaciones militares.

La fuente principal de imágenes estratégicamente importantes es el avión de reconocimiento de gran altitud del tipo U2 que es capaz de volar a altitudes por encima de los 25 000 metros y que disponen de una gran cantidad de cámaras de gran altitud y la mayoría de estos instrumentos son conocidos como “tácticos”. En el ámbito militar la tecnología avanza a velocidades sorprendentes y algunas tecnologías no se sacan a la luz pública por cuestiones tácticas.

Cámara Fairchild KC-6A. Esta es una de las conocidas como cartográfica y emplea una película de 240 mm de ancho con una capacidad de magazine de 390 fts (118.872 metros). Su máxima velocidad de ciclo es de dos segundos. Está diseñada como una cámara cartográfica de precisión con alta resolución y baja distorsión.

Cámara de reconocimiento Zeiss TRb 60/24 de foco largo. Ésta cámara ha sido diseñada fundamentalmente para fotografía de baja altitud de blancos cercanos al horizonte a la izquierda o derecha de la trayectoria de vuelo. Pero también es considerada como apta para fotografiar a media y gran altitud.

Cámara de reconocimiento Zeiss KRb 6/24 de alto rendimiento. Esta cámara reemplaza los sistemas en abanico (sistemas de multicámaras) como las cámaras panorámicas evitando así los inconvenientes de cada una. Está diseñada para el reconocimiento táctico de baja altitud. Presenta cinco lentes reemplazando de esta forma los conceptos anteriores mediante el empleo de cinco lentes adyacentes para dar un ángulo de cobertura horizontal de 182,7° normal a la trayectoria de vuelo. A diferencia de las cámaras panorámicas esta cámara permite la interpretación estereoscópica directa de los negativos acelerando así el análisis de información militar.

Rolleiflex 6008 Metric. Esta cámara de 6x6 es característica por su sorprendente versatilidad y su fácil manejo, incluyendo exposición automática, desplazamiento motorizado de la película, plano de distribución de luz de flash, recuperación electrónica y compatibilidad con muchos de los accesorios standar Rolleiflex, tales como prismas y pantallas de enfoque. Presenta lentes intercambiables con detenciones normalizadas y calibradas a distancias de enfoque, disponibles desde 40 a 350mm.

La Rolleiflex 6008 Metric tiene una malla de 5mm. cuadrados con 11x11 cruces. Una placa reticulada especial de 2mm con pre-exposición es disponible para aplicaciones industriales.



Figura 5.- Cámara Rolleiflex 6008 Profesional.

Cámara de reconocimiento Fairchild F/924 panorámica. “Diseñada para operación con aviones tácticos de altos rendimientos, la F-924 emplea una película de gran capacidad (2000 ft) de 5 pulgadas de ancho en la modalidad panorámica”.

Cámara y receptáculo Itek de 66 pulgadas LOROP (KA 102A). Este sistema Itek LOROP (long-range oblique photography: fotografía oblicua de largo alcance) se ha diseñado como una instalación para receptáculo exterior de aviones americanos de altos rendimientos F/RF-4 y F/FR-5 aunque se pueden emplear en otros aviones.

En otro rango de clasificación están las cámaras cartográficas muchas de las cuales han dado resultados aceptables en la cartografía y en el reconocimiento militar (el uso militar es bastante común). Hasta 1990 existían solo dos modelos meramente cartográficos en el mundo y son las cámaras aéreas de prospección Carl Zeiss RMK y el Sistema de cámara aérea Wild (Heerbrugg).

DESIGNACIÓN RMK A	TIPO	OBJETIVO	ABERTURAS	ÁNGULO DIVISIÓN	MAX. DISTORSION NOMINAL
8,5/23	Super gran angular	S-Pleogon A 85 mm	f/4 . f/5,6 f/8	125° diagonal y 107 lateral	7 μm
15/23	Gran Angular	Pleogon A 153 mm	f/4 . f/5,6 f/8 y f/11	93° diagonal y 74° lateral	3 μm
21/23	Ángulo intermedio	Toparon A 212 mm	f/5,6 f/8 y f/11	75° diagonal y 57° lateral	4 μm
30/23	Ángulo normal	Topar A 305 mm	f/5,6 f/8 y f/11	56° diagonal y 41° lateral	3 μm
60/23	Ángulo estrecho	Telikon A 610 mm	f/6,3 f/9 y f/12,5	30° diagonal y 21° lateral	50 μm

Tabla 3.- Clasificación de las cámaras según su tipo.

El primer sistema se basa en cuerpos de cámaras intercambiables que incluyen los objetivos. De esta marca existen 5 tipos diferentes de cámaras todas diseñadas para el formato estándar de 23 x 23 cm. En el cuadro de arriba se muestran las cámaras de la empresa Zeiss.

El cuerpo de la cámara incorpora un panel de instrumentos que son controlados por el operador para establecer antes del vuelo los datos de la misión que se registran en una orilla de la fotografía. Estos datos sirven para saber las condiciones de la fotografía, del terreno etc, para la posterior fotointerpretación.

La iluminación de la información es variable en 10 pasos (GRAHAM, 1990) y se tienen que ajustar para diferentes tipos de sensibilidad de film. Los 10 pasos son los siguientes:

- Contador de exposiciones de tres dígitos con botón de puesta a cero
- Altímetro estándar con escala métrica o en pies (cero a 9000 m o cero a 27 000 pies). El altímetro puede ser remplazado por un indicador estatoscópico, display opcional digital para el altímetro del avión, o estatoscopio
- Nivel de burbuja circular para registrar inclinaciones de la cámara hasta de 5° durante la exposición
- Reloj con segundero
- Número de serie
- Distancia focal calibrada de la cámara
- Tarjeta de datos (detalles de la misión, fecha, tipo de film, etc.)



Figura 6.- Cámara Zeiss Modelo RMK montada.

Sistema de cámara aérea Wild diseñada está cámara de una forma parecida a la Zeiss pero estas tienen una unidad motriz separada y la Zeiss no, además se le pueden acoplar conos de lentes intercambiables. Los nuevos conceptos de las cámaras Wild presentan en su sistema de magazine dos partes separadas que usan unos casetes idénticos para alimentar y recibir los rollos.

Los conos de lentes de la cámara RC10 pueden cambiarse en vuelo otorgándole al sistema un alto grado de versatilidad y economía. El visor de la cámara RC10 es un telescopio de navegación integrado con el cuerpo de la cámara misma, pero para el navegante hay una mira independiente que puede colocarse en cualquier parte del avión.

Durante la operación de éstas cámaras RC10 se miden, computan y controlan los valores siguientes:

- Voltaje de alimentación: Se mide el voltaje real de alimentación de la cámara
- Velocidad aparente con respecto a la Tierra
- Velocidad de las láminas del obturador
- Movimiento de la imagen
- Traslape hacia delante
- Exposición

Estas funciones se llevan a cabo unas cien veces por segundo mientras el equipo está en operación y el display es actualizado constantemente.

De esta manera se concluye lo relacionado con la clasificación de las cámaras y los tipos que hay en el mercado aunque es necesario mencionar que no son todas las que actualmente existen pero sí son las más importantes ya que la mayoría de las empresas que brindaron información y que prestan el servicio de fotografía aérea utilizan alguno de estos modelos, es destacado señalar que existe una cantidad considerable de empresas dedicadas a este rubro en Argentina, Chile y España.

2.2.1.4 Características de las tres cámaras más importantes

Cámara Wild RC-10

Esta cámara aérea métrica de distancia focal calibrada es de procedencia suiza, obtiene fotogramas de 23 x 23 cm. Los conos objetivos se colocan directamente en el dispositivo de suspensión. Sus Conos Objetivos son:

- 88 m/m 120° súper gran angular.
- 152 m/m 90° gran angular
- 210 m/m 60° normal
- 304 m/m 50° teleobjetivo



Figura 7.- Cámara Wild RC-10

Cámara Zeiss RMK

Su funcionamiento es enteramente manual que requiere de dos operadores, posee un formato de 23 x 23 cm. El regulador de recubrimiento IRU controla las funciones.

Cámara Leica RC-30

Cámara recientemente adquirida por el S.A.F. Cuenta con grandes avances; un sistema de control totalmente integrados al cuerpo, avances ópticos, sistema de compensación del movimiento de imagen y un sistema computacional que permite la planificación y control del vuelo.



Figura 8.- Cámara Leyca RC-30

2.2.1.5 Cámaras Digitales

“La fotografía aérea es un caso particular de la teledetección en la que se utilizan plataformas a baja altura (aviones en lugar de satélites) con lo que la escala es mayor. Tradicionalmente se caracterizaba también por la utilización del papel como soporte y de las longitudes de onda del visible o infrarrojo. Sin embargo en los últimos años el desarrollo de las cámaras digitales ha permitido la aparición de fotografía aérea digital y el uso de diversas bandas del espectro.”

“Un frecuente desarrollo de las bases internas de la fotogrametría es el desarrollo de la cámara digital o de la serie de dispositivos de acoplamiento de carga (CCD siglas en inglés). Los sensores actualmente existen y están en uso en aviones y vehículos a nivel del terreno, pero ellos no han desafiado la principal influencia de las cámaras ópticas tradicionales, o más al punto, la fotografía de alta calidad alcanzada de las cámaras y películas de hoy en día.

Eso cambiará cuando la tecnología CCD sea perfeccionada y cuando la capacidad de mayor y más rápido almacenamiento sea desarrollada. Entonces las imágenes digitales serán probablemente capturadas por los aviones y satélites. Este desarrollo será complementario a la fotogrametría debido a la facilidad con la que cada dato será transferido desde el sensor hasta la computadora personal.

La nueva tecnología de la cámara digital ayudada por el mercado del mapeo está ahora en la etapa prototipo de al menos Leica y Zeiss, con otros, programando el desarrollo de tales sistemas, aunque quizá para los mercados nicho que no requieren la resolución y formato tradicionalmente obtenido por cámaras ópticas de alto desarrollo.”

Hasta este punto se han mencionado las características más importantes de las cámaras fotográficas así como las principales cámaras de uso comercial. En realidad falta mucho más acerca de las cámaras pero desafortunadamente como en otros casos gran cantidad de información está en otro idioma o simplemente no está disponible para los civiles.

El capítulo siguiente, está referido a los aviones que se utilizan en la actualidad para la toma de fotografías aéreas.

2.2.2 LOS AVIONES

2.2.2.1 *Tipos de Aviones*

Cualquier tipo de aviones ha sido utilizado en algún momento para fotografiar, pero no hay un avión universal que sirva para prospecciones. Durante un tiempo se hizo uso del avión jet dando disponibilidad a los usuarios civiles de fotografías de alta calidad a escalas 1: 100 000, pero solo fue utilizado por corto tiempo.

Alrededor de los años 70' las imágenes de satélite comenzaron a estar disponibles pero se tuvo la necesidad de hacer análisis más detallados y estas no cubrían las expectativas, posteriormente la demanda se incrementó exigiendo una nueva generación de aviones de vuelo lento y de baja altitud para proporcionar una cobertura más especializada para usuarios individuales. También se dispone de globos aerostáticos y de helicópteros, los cuales, según algunos profesionistas como ingenieros topógrafos, en el campo son más eficientes para fotos oblicuas. Los globos se levantan por encima de los 300 metros.

Después de los 1000 ft. (300 metros) se encuentran los aviones como los ultraligeros, monomotores ligeros, bimotores ligeros, aviones con motores alternativos turboalimentados, aviones presurizados turbohélice, avión jet, posteriormente son aviones especializados de la NASA y la US Air Force y luego los transbordadores espaciales.

El rol anterior está dado de acuerdo a las altitudes que van alcanzando cada uno de estos aviones, desde los ultraligeros que vuelan por encima de los 300 metros hasta los transbordadores espaciales que se encuentran por encima de los 26 000 metros. Los aviones Cessna 206 ,402 B, 402 C, Partinavia, Lear Jet, King Air y Twin Otter son los más utilizados por las diversas empresas que se dedican a tomar fotografías aéreas así como los helicópteros de doble motor.



A)



B)

Figura 9.- Aviones que vuelan por encima de los 300 metros utilizados en la fotografía aérea.

A) Lear Jet. B) King Air.



A)



B)

Figura 10.- Helicópteros de la compañía Helivisión de España. A) Bell 206B3 Jet Ranger con nariz montada con Cineflex V14 gyro-stabilized HD y sistema de video cámara. B) Schweizer Turbine Powered 333

2.2.2.2 Características de los aviones

El primer lugar lo ocupan los ultraligeros que son aviones de vuelo lento. Dentro de los ultraligeros es fácil encontrar en estos días aviones que alcanzan altitudes superiores a los 20 000 fts. Pero la fotografía de estos aviones está limitada hasta los 4 000 fts (1200 metros) dada la cobertura de la cámara que pueden llevar.

Los pequeños aviones monomotores que son los siguientes en altitud alcanzada, han sido durante mucho tiempo utilizados para fotografía oblicua y vertical. Uno de los ejemplos de estos aviones es el tan comúnmente utilizado Cessna 206 de seis plazas y motor de pistones que vuela con una cámara aérea de buen tamaño y una tripulación de dos personas. Para trabajos individuales este avión es muy recomendable si el vuelo esta por debajo de los 3000 metros.

Los aviones bimotores ligeros tienen un techo más alto llegando en óptimas circunstancias hasta los 6000 metros y los más grandes con los motores turboalimentados hasta 7500 metros. El sistema que ocupan de turboalimentación consiste en que los gases de escape se emplean para accionar una turbina la cual impulsa aire a alta presión y presenta unos buenos rendimientos en pistas a gran altura y en climas calurosos.

Estos aviones cubren prospecciones desde las fotografías a bajo nivel (900 metros) hasta 7500 metros por lo que su espectro de cobertura es muy amplio aunque su costo de capital y de trabajo es mayor que los anteriores. Los aviones presurizados de turbohélice son óptimos desde los 4000 metros hasta cerca de los 10000 metros pero su costo capital es muy elevado, y en países en dónde la escasez o el elevado precio de la gasolina esta

presente convierten al turbohélice en un avión rentable y atractivo ya que consume keroseno. Esta facilidad esta dada debido a que los aeropuertos del mundo ahora están equipados para servir a los grandes aviones comerciales y/o a los jets los cuales consumen este combustible.

Además pueden sobrevolar grandes áreas alejadas de las bases de operaciones y desarrollan una mayor velocidad. Por encima de los 9000 metros son los jets la única opción disponibles para una plataforma aérea en operaciones normales de prospección y el modelos más utilizado es el Learn Jet. La altitud máxima de estos aviones es de 16000 metros.

Posteriormente se encuentran los aviones Canberra, el Martín RB57, el Lockheed TR1A y el Lockheed SR71 Blackbird que vuelan a altitudes de hasta 26 000 metros en vuelos de prospección. Por último se encuentran los transbordadores espaciales que vuelan muy por encima de estas altitudes y que han producido fotografía en formato de 23 x 23 cm. con una cámara Zeiss RMK. Pero su función principal en la adquisición mediante film aéreo es con la cámara ITEK de formato 23 x 46 cm. Y se espera que en un adelanto en la tecnología de estos aparatos se pueda llegar a tener imágenes o fotografías a escala 1: 80 000.

En el caso de los helicópteros sus características son las siguientes:

Fiabilidad:

- Capaz de aterrizar con un solo motor.
- Dos tanques de combustible (uno para cada motor) colocados de tal forma que no varia el centro de gravedad.

- Sistema de doble frecuencia 35Mhz y 72Mhz.
- Color de helicóptero rojo y verde reduce problemas de orientación y localización.
- Piloto calificado con licencia federativa.
- Comunicación por radio entre piloto y controlador de cámara.

Descripción de helicóptero:

- Dos motores de 23cm³ 2.5 Hp a 11.000rpm
- Diámetro rotor principal..... 1.80mts.
- Diámetro rotor cola..... 0.29mts.

Alturas de vuelos normales:

- Desde 5mts hasta 180mts.

Máxima distancia desde el piloto:

- De 180mts hasta 250mts.

Velocidad de vuelo:

- Desde 0 km/h hasta 90km/h.

Máximo peso en vuelo:

- Hasta 18 Kilos.

Tiempo de vuelo:

- De 20 a 30 minutos.

Sistemas de control:

- Dos receptores de diferentes frecuencias en PCM (Dual Conversión).
- Sistema de doble frecuencia: cambia de receptor automáticamente cuando detecta fallo en el cristal del primario, en una de las baterías TX-RX, en el modulo primario y cuando se produce interferencia en el primario.
- Dos baterías y dos interruptores conectados entre si a un indicador de carga y a su vez a un detector de baterías, que cambia automáticamente si detecta que una de ellas en mal estado.
- Cuatro servos al cíclico, sistema Push-Pull (es imposible que fallen los dos servos al mismo tiempo).

2.2.2.3 Aviones del INEGI

El INEGI, con sede en la ciudad de Aguascalientes y siendo la única institución subsidiada por el gobierno dedicada a la producción cartográfica del país tiene equipo para realizar fotografía aérea y restitución fotogramétrica. El equipo con que dicha institución cuenta es la siguiente:

“Equipo aéreo:

- Dos aviones Learjet (Learjet 25 y Learjet 35), para la toma de fotografía de vuelo alto (escalas de 1:50 000 a 1:75 000).
- Dos aviones Cessna Conquest para la toma de fotografías en escalas de 1:10 000 a 1:60 000.

- Un avión Cessna 310 para vuelos bajos (escalas de 1:4 000 a 1:10 000).
- Cinco cámaras aéreas métricas con formato de 23 X 23 cm, con compensación de movimiento de imagen y giros y con exposición automática.
- Sistemas de control de navegación y de disparo de las cámaras, basados en el Sistema de Posicionamiento Global (GPS). Este sistema permite planear con anticipación el vuelo fotográfico, incluyendo los puntos donde cada fotografía debe ser tomada.
- El conocimiento de las coordenadas del punto central de cada fotografía agiliza su procesamiento fotogramétrico.



Figura 11.- Avión Cessna 310 usado por el INEGI

Tiene un Laboratorio Fotográfico con el equipo siguiente:

- Impresoras de fotografía aérea por contacto.
- Ampliadoras-rectificadoras.

- Ampliadoras de blanco y negro con compensación de densidad.
- Ampliadora en color.
- Procesadoras de material fotográfico.
- Procesadoras para negativos aéreos, blanco y negro o color.

Filmoteca:

- En la filmoteca se almacenan los negativos de todas las fotografías aéreas tomadas por el INEGI, desde 1968 hasta el presente. Se tienen alrededor de cinco mil rollos con un total aproximado de un millón de fotografías”. (INTERNET 22)

2.3 CONCEPTOS BÁSICOS DE FOTOGRAMETRÍA

2.3.1 LA FOTOGRAFÍA AÉREA Y EL PLAN DE VUELO

Es importante destacar que una de las herramientas fundamentales del geógrafo para analizar su entorno es sin duda alguna la fotografía en cualquier modalidad, es decir, una fotografía oblicua baja o alta, la fotografía vertical, la fotografía horizontal, la fotografía inclinada ó cualquier otro tipo de fotografía que se conozca pero como todo debe estudiarse, analizarse, prepararse y tener el conocimiento de cómo va a ser utilizada. En este estudio se destacará la fotografía aérea vertical que es la utilizada en un proyecto de telecomunicaciones en los estados de California y Nevada en Estados Unidos pero que puede llevarse a cabo en cualquier proyecto del mismo carácter en cualquier parte del mundo.

La fotografía aérea como cualquier otra representación plana de la Tierra sufre distorsiones por lo que presenta errores y no se podrán hacer mediciones exactas, debido a esto se necesita rectificar la fotografía por cualquier método que se conozca y en el que se tenga práctica, ya sea gráfico, analítico ó mecánico, cada uno de estos métodos presenta sus ventajas y sus desventajas, desafortunadamente en este estudio no se trataran estos tópicos. Este conjunto de metodologías para georreferenciar una fotografía aérea vertical se le conoce como “restitución fotogramétrica”.

Los lineamientos para llevar a cabo un plan de vuelo aparecen en el Diario Oficial de la Federación con fecha – Viernes 29 de Marzo de 1985 (ver anexo 1) – que por parte de la Secretaría de Programación y Presupuesto y la Dirección General de Geografía advierten las “Normas técnicas para levantamientos aerofotográficos” y considera a la información geográfica como “insumo básico para el desenvolvimiento de las actividades que se lleven a cabo en el proceso de planeación...” (Diario Oficial de la Federación, 1985) y estos lineamientos constan de 3 apartados:

I. ESPECIFICACIONES DE VUELO

- Plan de vuelo
- Área por fotografiar
- Aviones
- Tripulación Mínima
- Sistemas de Navegación

- Cámaras
- Filtros
- Tiempo de exposición
- Película aérea

II. ESPECIFICACIONES DE TOMA

- Recubrimiento del área
- Nubosidad
- Deriva
- Giro
- Verticalidad
- Sobreposición longitudinal
- Sobreposición lateral
- Altura de vuelo
- Escala de la fotografía

III. ESPECIFICACIONES DE PROCESAMIENTO

- Procesamiento de negativos
- Calidad del negativo
- Estabilidad dimensional
- Copias de contacto
- Fotoíndice ó Mosaico fotográfico
- Mapa Índice

En cuanto al plan de vuelo, hay que entenderlo como un conjunto de pasos tanto administrativos como técnicos que se deben seguir, no se deberá hablar de un plan de vuelo solo en su parte técnica o solo en parte administrativa ya que si no existe el conocimiento de ambos no se podrá lograr un plan de vuelo adecuado. Los permisos administrativos en el territorio nacional se llevan a cabo en la Secretaría de Comunicaciones y Transportes y deberán ser autorizados por el INEGI.

Las aeronaves deberán estar matriculadas permanente o temporalmente, esto último en caso de requerir compra o alquiler de aeronaves en el extranjero por algún motivo, es importante destacar que si la aeronave fue utilizada en su país de origen cualquiera que este sea, deberá estar cancelada su matrícula en dicho país y mostrar constancia de este hecho. Las naves de vuelo deberán estar en las normas vigentes de diseño en caso de que alguna aeronave sea modificada deberá tener una autorización por parte del Departamento de Ingeniería Aeronáutica así como tener solicitud al Departamento de Ingeniería de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

En lo concerniente a los pilotos, deberán estar acreditados y en caso de ser extranjeros deberán certificar la personalidad legal del apoderado asignado para el permiso respectivo con el poder notarial y la apostillada correspondiente emitida por su gobierno. Deberá tener pólizas de seguros internacionales y nacionales vigentes que cubran responsabilidad civil en daños a terceros y que sus licencias de pilotos se encuentren vigentes.

Como se puede notar, el trámite administrativo del cuál no se puede hacer omisión es largo y laborioso, además, de que contempla varios puntos y en caso de requerir un trabajo aéreo deberá tomarse en cuenta en especial por el aspecto tiempo, ya que si no se tiene una buena logística se sufrirán retrasos innecesarios que pueden encarecer el producto o bien poner en riesgo la empresa.

2.3.2 FOTOGRAFÍA AÉREA VERTICAL

En primer lugar hay que aclarar que la fotografía solo se considera vertical cuando el punto principal de la fotografía y el nadir coinciden, dicho de otro modo la fotografía ha sido tomada con el eje óptico en coincidencia con la vertical, hay que añadir que suele utilizarse un rango de error de 2° a 3° debido al cabeceo, guiño o inclinación, errores que corresponden a la orientación externa de una fotografía vertical, estas fotografías deben tener ciertas consideraciones rigurosas para que sean útiles al fin deseado (CAIRE, 2003. GRAHAM, 1990).

Suele haber un error entre las personas poco conocedoras acerca del tema en cuanto a que el mapa es igual que una fotografía aérea vertical lo cuál es sin duda un grave error debido a que el mapa está en una proyección ortogonal del terreno y la fotografía en una proyección central.

Un mosaico incontrolado es aquel en dónde solo se sobreponen las fotografías aéreas sin haber pasado por la restitución fotogramétrica tienen un carácter meramente cualitativo pero no cuantitativo y puede llegar a tener aplicaciones tanto civiles como militares pero no son en lo absoluto de precisión (ibídem.).

Para que una fotografía pueda ser considerada de exactitud necesita pasar por una serie de pasos que se conocen como restitución fotogramétrica además de conocer las propiedades y los diferentes métodos de este proceso, los cuales se detallan a continuación.

Existen elementos de orientación externa y estos en la mayoría de las veces no pueden ser evadidos por el hombre pero deben realizarse operaciones para corregir estas aberraciones: cabeceo o inclinación (morro arriba o abajo), banqueo o balanceo (ala arriba o ala abajo) y guiñada o deriva (morro a la izquierda o a la derecha) estos movimientos que presenta el avión son debido a los vientos cruzados y turbulencias. Para estos factores existen rangos de tolerancia que si en un momento dado se sobrepasan la fotografía quedara expuesta a una baja precisión.

La orientación interna es la que puede modificar en todos los aspectos el hombre. Los diferentes parámetros que se deben tomar en consideración para graduar la cámara tanto en velocidad de toma de fotos, apertura del diafragma, tiempo de exposición del obturador, distancia focal, están en función de la escala requerida, los costos asignados a la fotografía en el proyecto y la precisión para el proyecto, debe señalarse que todas estas propiedades se conocen y se pueden manipular con alto grado de precisión.

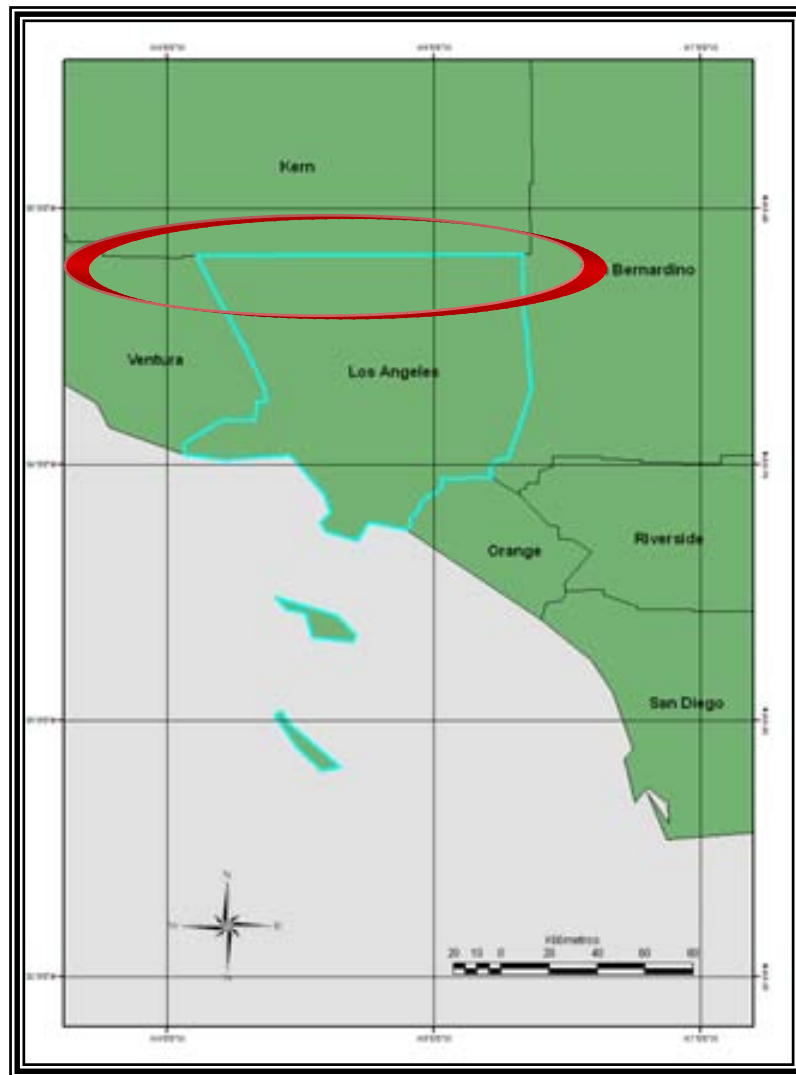
Debe tomarse en cuenta que las fotografías servirán en su momento para realizar determinados estudios y según el grado de precisión requerida por el estudio será la escala, la sobreposición de fotografías en la línea de vuelo y la sobreposición entre líneas de vuelo, considerando que entre mayor sea la escala, mayor la sobreposición entre fotografías y entre líneas el costo del plan de vuelo se elevara considerablemente.

2.3.2.1 Cálculo de fotografías por línea de vuelo

Es indispensable saber cuantas fotografías van a realizarse por línea de vuelo considerando dos fotografías mínimo y máximo tres pares estereoscópicos (seis fotografías) que excedan el área de cobertura del estudio esto, para cubrir los posibles contratiempos que surjan en el vuelo, ya sea por retardo de la toma de fotografía, por retardo al dar la vuelta el avión y volverse a acomodar para la siguiente línea de vuelo, por la fuerza de vientos cruzados que impidan un rápido acomodo en el eje óptimo de línea de vuelo además de que con estas medidas se prevé que toda la zona sea cubierta por pares estereoscópicos.

Para obtener la cantidad de fotografías necesarias por línea de vuelo se necesita saber el formato de la fotografía que generalmente es de 23 cm. medida que damos como estándar en México pero el valor real de este formato es de 9 in. que en realidad son 9×2.54 cm.= 22.86 cm. teniendo este valor de formato se debe también saber la longitud que se va a cubrir por línea de vuelo, se tomará como ejemplo al condado de Los Ángeles, California el cual tiene una extensión aproximada en la frontera con el condado de Kern de 111.90 km.

Posteriormente se debe tener en cuenta la sobreposición de las fotografías y la sobreposición entre líneas de vuelo hecho que no se debe descartar en la toma de decisiones para saber el costo del proyecto, pues a mayor sobreposición mejora la calidad de los pares estereoscópicos, habrá menos zonas no cubiertas, empero los gastos subirán considerablemente, por lo que la sobreposición junto con la escala son determinadas por la calidad y precisión del proyecto.



Mapa 1.- Condado de Los Ángeles California y su frontera con Kern

La sobreposición longitudinal entre fotos es de un mínimo de 55% este dato ya es con tolerancia de $\pm 5\%$ y la sobreposición entre pasadas o líneas de vuelo es de 30%, dato que igualmente tiene tolerancia pero de 15% y solamente en el caso de extremo relieve las sobreposiciones podrán ser más bajas pero no menores al 5%.

La escala a la que se trabaje será determinante en el cálculo de la cantidad de fotos, si la escala fuese 1:5 000, entonces de aquí se deduce lo siguiente:

$$0.23 \times 5\,000 = 1150 \text{ metros que en realidad son } 0.2285982 \times 5\,000 = 1142.991 \text{ metros}$$

Partiendo de estos dos resultados se verá si el redondeo a 23 cm. afecta considerablemente o no la cantidad de fotografías.

Posteriormente este dato obtenido se multiplica por el traslape o sobreposición para obtener el avance real del avión, tomando lo que resta de 55% de traslape el avance efectivo es del 45% entonces:

$$0.45 \times 1150 = 517.50 \text{ metros,}$$

por otro lado tenemos

$$0.45 \times 1142.991 = 514.34595 \text{ metros}$$

De aquí se tiene que cada 517.50 metros – en 23 cm. – ó cada 514.34595 metros – en 22.85982 cm. – se tomará una fotografía por lo que una línea de vuelo tendrá:

$$111900 / 517.50 = 216.23 \text{ redondeando el } 0.23 \text{ son } 217 \text{ fotografías más } 6 \text{ fotografías que es el máximo de fotografías que se deben tomar por precaución de cada lado son } 229 \text{ fotografías por línea de vuelo, para el segundo caso la cantidad de fotografías es la siguiente: } 111900 / 514.34595 = 217.5578 \text{ redondeando el } 0.5578 \text{ son } 218 \text{ fotografías más } 12 \text{ fotografías de precaución son } 230 \text{ exposiciones}$$

2.3.2.2 Cálculo de líneas de vuelo

Considerando que la cobertura lateral será de 8 km. y que la sobreposición o traslape lateral es del 15% se procede al cálculo de líneas de vuelo de la manera siguiente:

$$0.85 \times 1150 = 977.50 \text{ metros, } 0.85 \times 1142.991 = 971.54235 \text{ metros}$$

Tomando estos datos y sabiendo que el recorrido es de 8000 metros se dividen estos entre el resultado obtenido y se sabe el número de líneas de vuelo:

$$8000 / 977.50 = 8.1841 \text{ por otro lado tenemos } 8000 / 971.54235 = 8.2343$$

De este modo en ambos casos se redondea a 9 líneas de vuelo pero de la misma manera que en el avance longitudinal se toman fotografías extras para asegurar el cubrimiento total de la zona deseada en el avance lateral se opta por una cuarta parte de fotografía a cada lado del área fotografiada:

$$1150 / 4 = 287.50 \text{ que al ser por ambos lados se multiplica por 2} = 575 \text{ metros}$$

Con esto se tiene que la distancia real a recorrer lateralmente es de 8000 metros adicionándole 575 metros de seguridad por lo que:

$$8575 / 977.50 = 8.7723 \text{ por el otro lado serían } 8575 / 971.54235 = 8.8261$$

2.3.2.3 Cálculo de fotografías totales en un plan de vuelo

Para obtener la cantidad de fotografías totales basta con multiplicar las fotografías por línea de vuelo por la cantidad de líneas de vuelo:

$$229 \times 9 = 2061 \text{ fotografías y por el otro lado } 230 \times 9 = 2070 \text{ fotografías}$$

De esta manera se observa que el redondeo de 22.85982 cm. a 23 cm. es significativo considerando que este recorrido representativo es corto ya que hay recorridos de 32 km. de ancho lo cual eleva el número de fotografías (GRAHAM, 1990; CAIRE, 2003).

2.3.2.4 Cálculo del tiempo de toma

Para obtener este dato se debe tomar en consideración la velocidad de crucero la cuál varía según el tipo de avión que se utilice, más adelante se hablara de los aviones y sus características, sabiendo la velocidad, que para este ejemplo será de 300 km/h y el avance longitudinal se realizan las operaciones siguientes:

Avance longitudinal (AL) = 517.50; Velocidad (V) = 300 km/hora = 83.33 mts/seg ; entonces:

$$t = \text{espacio/velocidad} \text{ - por lo tanto - } t = 517.50 / 83.33 = 6.21 \text{ seg}$$

De este modo se sabe que cada 6.21 segundos se deberá tomar una fotografía, este valor deberá ser exacto pudiéndose lograr esto al graduar la cámara con un intervalometro.

2.3.2.5 Obtención de la escala a partir de la fotografía aérea

Para la obtención de la escala existen dos formas, una que yo llamaría directa y que se obtiene por medio de los cálculos matemáticos relacionados con la distancia focal y la altura de vuelo y la indirecta la cuál se puede obtener conociendo las coordenadas de dos puntos y midiendo sobre la fotografía.

Ambas formas de obtención tienen sus ventajas y sus desventajas con respecto de la otra, sin embargo se explicarán ambos métodos. Es importante señalar que la escala se calcula antes de la toma de fotografías y otra escala se obtiene con las fotografías.

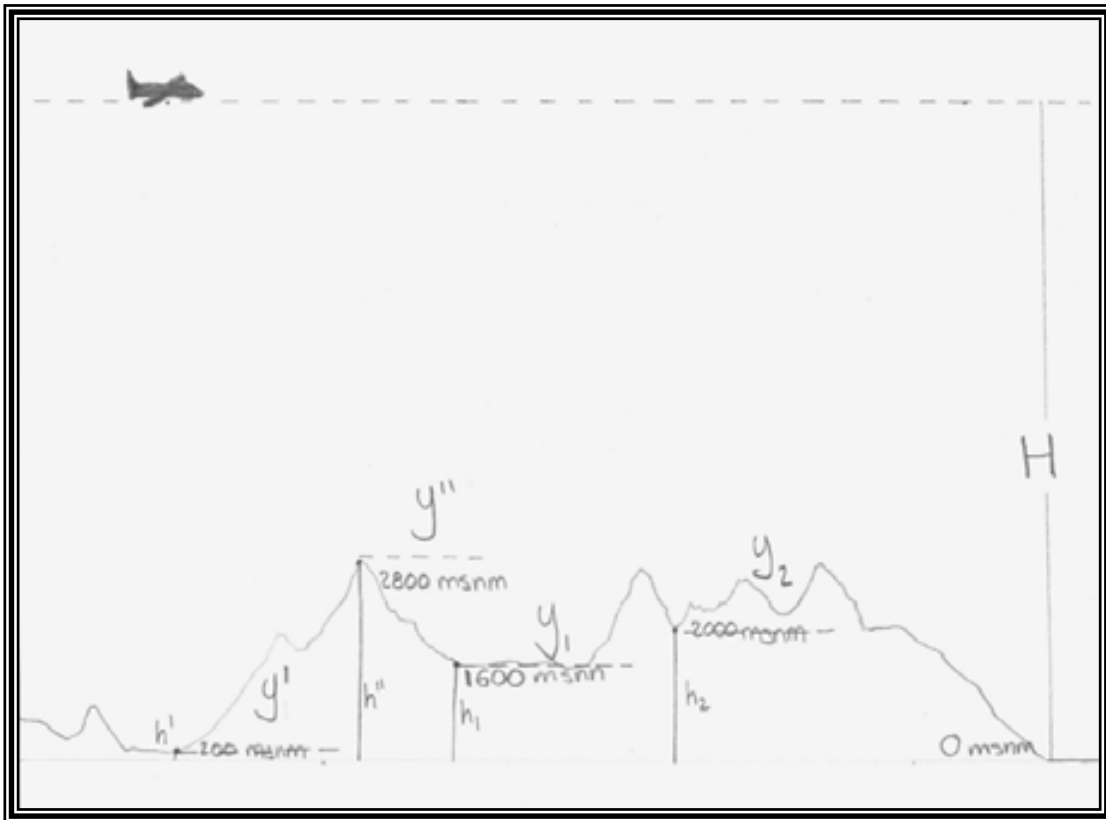


Figura 12.- Obtención de escala en función de la altura de vuelo

Como se aprecia en el dibujo la variación del terreno es un factor determinante en la heterogeneidad de escalas en una misma fotografía, se nota que los valores “h” que representan la altitud del terreno son diferentes a lo largo de la línea de vuelo, el valor “H” se convierte en una “K” (constante) ya que la altura de vuelo se mantendrá durante toda la línea de vuelo (en un vuelo óptimo) y el valor “y” que representa la diferencia H-h presenta variación a lo largo de toda la línea de vuelo.

Entonces para calcular una escala antes de la toma de fotografías se debe conocer la altura media del terreno, es decir, “h”, se conoce “H” que es la altura de vuelo y con estos datos se calcula “y”. Esto parte de la fórmula siguiente:

$$\text{Esc} = d / D = f / H-h$$

En donde:

d = distancia focal comúnmente expresada en pulgadas

D = altura media del terreno

y = Escala

Para calcular la altura de vuelo a la que se deberá planear el plan de vuelo se debe calcular el valor “H”, de este modo sustituyendo en la fórmula con datos representativos y conociendo la escala a la que se quiere llegar queda de la manera siguiente:

$$y = f / H-h$$

$$1 / 10\ 000 = 6'' / H-1500 = 0.5 / H-1500$$

Despejando “H” entonces queda

$$H-1500 / 10\ 000 = 0.5$$

$$H-1500 = 0.5 (10\ 000)$$

$$H-1500 = 5000$$

$$H = 5000 + 1500$$

$$H = 6500 \text{ msnm}$$

En otro ejemplo se tiene:

H= 6250 ft (al no tener datos de la altitud del terreno supondremos que es 0)

$$f= 6 \text{ in's}$$

$$s= 9 \text{ in's}$$

$$p= 60\%$$

$$q= 30\%$$

Por lo tanto:

Esc= f / y en donde al sustituir queda de la forma siguiente:

$$6 \text{ in}'s / 6250 \text{ ft}$$

Transformando 6250 ft a in's resultan 75 000 in's, por lo tanto será

$$6 / 75 000$$

Y para obtener la unidad en el numerador se divide entre sí mismo y para mantener

la igualdad el denominador se divide igual entre 6:

$$6 / 6$$

$$6 / 75 000$$

El resultado será entonces la escala: 1 / 12 500

También se puede llegar calcular la escala a la que se llegará volando a determinada altura, si por algún motivo ajeno a nosotros se debe volar a cierta altura únicamente entonces podemos calcular la escala y saber si es conveniente o no realizar el vuelo o bien modificar la altura de vuelo. Con esta premisa entonces los cálculos quedan de la manera siguiente:

$$d = 6''$$

$$H = 7500 \text{ ft}$$

$$h = 800 \text{ msnm promedio}$$

$$\text{Esc} = " x "$$

De donde se deberán transformar los 7500 ft y las 6'' a metros. Si se conoce que 1 ft = 0.3048 mts. y que 1 pulgada = 0.0254 mts. entonces:

$$\mathbf{H = 7500\ ft\ (0.3048)}$$

$$\mathbf{H = 2286\ mts.}$$

$$\mathbf{d = 6\ \text{“}\ (0.0254)}$$

$$\mathbf{d = .1524\ mts}$$

De tal manera que queda sustituyendo de la fórmula

$$\mathbf{y = f / H-h}$$

$$\mathbf{y = .1524 / 2286-800}$$

$$\mathbf{y = .1524 / 1486}$$

$$\mathbf{y = 9751}$$

$$\mathbf{Escala = 1 : 9751}$$

De esta manera se obtiene la escala aproximada durante esta línea de vuelo con lo que se puede saber si conviene o no volar a esa altura.

Esta es la forma en la que se utilizan los datos de la cámara y los del avión, pero suponiendo que no se tienen estos datos (por algún motivo y que en la práctica se tratará que pase lo menos posible o mejor aún que no pase) se usan datos que sacaremos de la fotografía como la distancia entre dos puntos de los que se tenga conocimiento sus coordenadas geográficas.

2.3.2.6 Verificaciones que se deben hacer a las fotografías antes de su uso

Por experiencia personal algo que es sumamente importante y frecuentemente las primeras veces que se compran fotografías aéreas no se hace es verificar que los datos de las fotografías estén correctos. Los datos que se verifican en las fotografías son los siguientes:

- Número de fotografía en la línea de vuelo.
- Nivel.
- Altitud de vuelo.
- Escala de la fotografía.
- Nubosidad.
- Línea de vuelo.
- Puntos de colimación ó marcas fiduciales.
- Distancia focal.
- Hora

Si por algún motivo, cualquiera de estos 8 puntos está fuera de los límites de tolerancia deberá desecharse pues no se podrá realizar una interpretación y una fotogrametría de precisión. La tolerancia de error en las fotografías aéreas verticales va desde el 3% hasta el 5%, empero, considero que lo planteado en clase por el Dr. Jorge Caíre respecto al margen de error basado en la capacidad mínima de observación del ser humano es la adecuada, esto es de la manera siguiente: el ojo humano es capaz de detectar hasta un cuarto de milímetro, un error dentro de este parámetro es visible y por lo tanto no admisible para un trabajo en donde la precisión sea fundamental.



Figura 13.- Fotografía aérea con los 8 puntos esenciales

Para ejemplificar esto, se toma en cuenta lo siguiente:

$\frac{1}{4}$ de milímetro en cms. es igual a = 0.025 cms. Escala 1:50 000

De aquí tenemos que cada 1 cm. es igual a 50,000 cms. en el terreno

Por lo tanto.

$0.025 \times 50,000 = 12.5$ mts. de tolerancia de error

Mas allá de 12.5 mts. En el terreno el ojo es incapaz de observar el error, así pues es tolerable un error de 12.5 metros en la escala 1:50,000.

En este punto cabe señalar que existe otro factor de error dado por la tecnología y este es el pixel. Cuando se carga en Arc Gis una capa de información de tipo vectorial o de tipo raster existe el pixel lo que para la fotografía sería el grano. El ojo humano no es capaz de ver más allá de 1 pixel o de 1 grano, así que para poder determinar en el software el porcentaje de error se debe medir un pixel en función de las unidades utilizadas para el layer (layer es una capa de información en lenguaje de SIGS ó CADs).

En la figura siguiente se muestra una fotografía aérea en la cuál sería difícil determinar el porcentaje de error o de tolerancia para editar sobre ella por la escala que se está manejando en el software. Se debe considerar que la imagen raster puede o no contener metadatos, proyección, datums, coordenadas definidas y en caso de no contener estos datos se deberán asignar a la imagen para posteriores cargas y manipulaciones en el software.

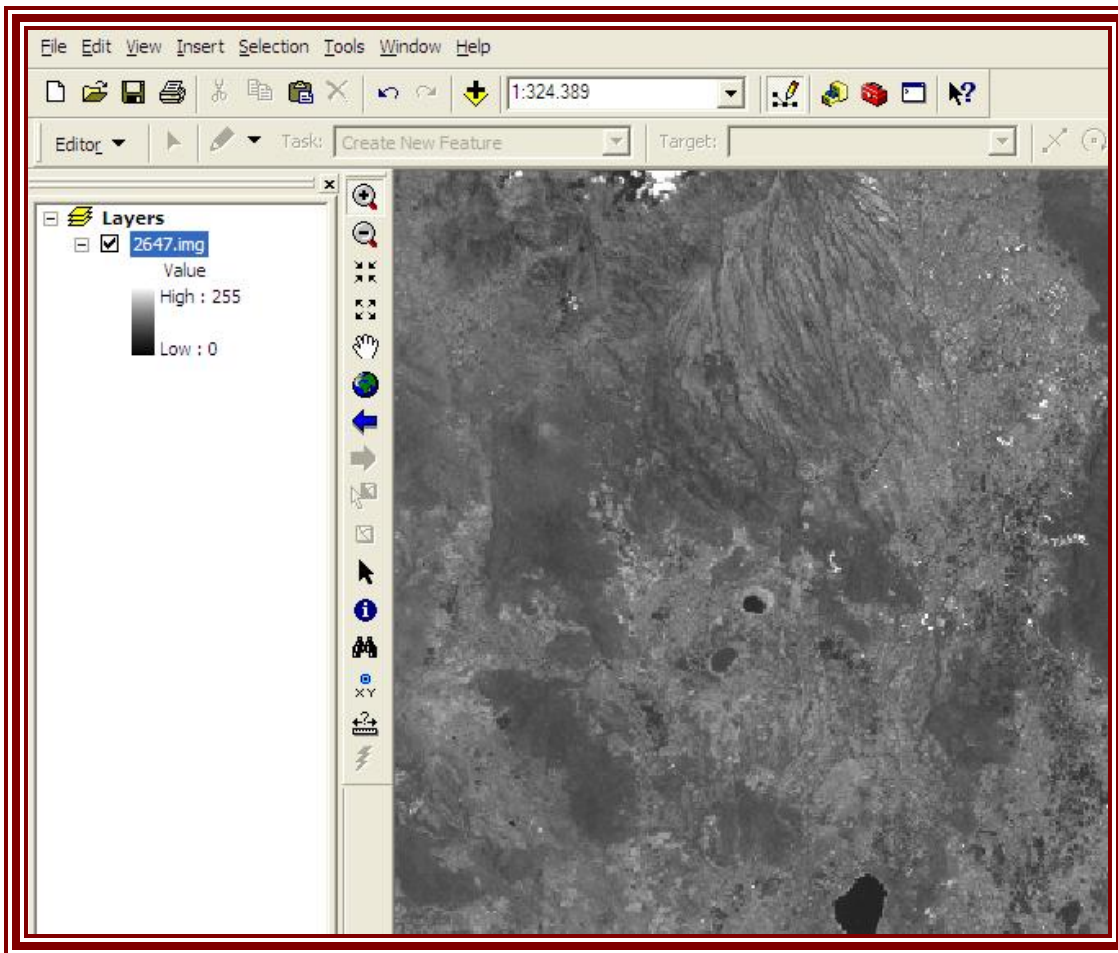


Figura 14.- Fotografía aérea cargada en Arc Gis 9

A continuación una figura que muestra un zoom realizado a la misma fotografía en dónde se puede medir un pixel y así determinar el grado de tolerancia pues más allá del pixel no podemos ver. En función del tamaño del pixel en unidades del proyecto se determinara la tolerancia de error en el software, esto debido a que algo más pequeño que el pixel transformado a metros en el terreno no lo podemos ver. Se puede notar con claridad el pixel y que la medida que arroja es de 15 mts. aproximadamente, por lo tanto en este proyecto la tolerancia es de 15 metros.

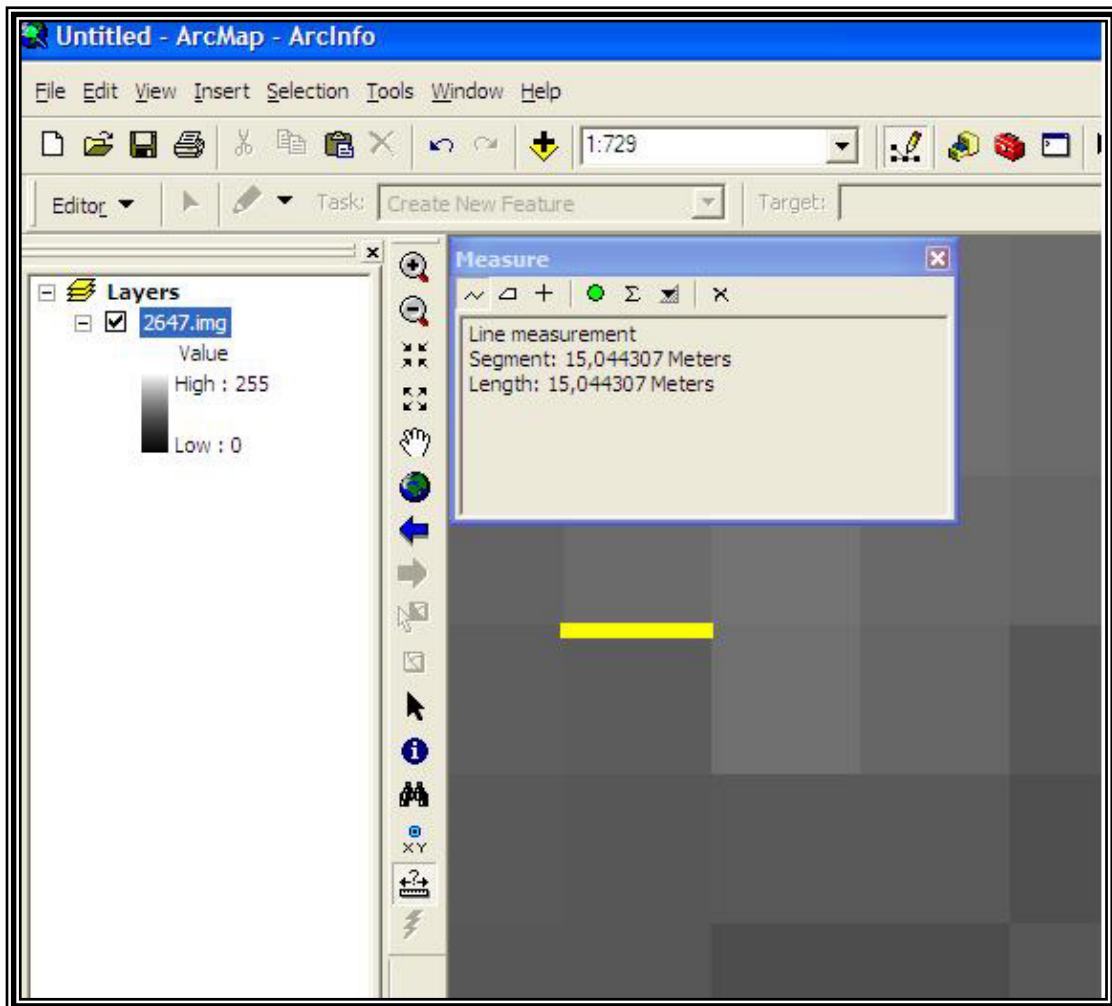


Figura 15.- Zoom al pixel de una fotografía aérea en Arc Gis 9

También cabe destacar que este porcentaje de error está en función del tipo de estudio que se va a realizar, pues en un estudio forestal realizado por Bruno Rhody, quién es ingeniero en el Instituto de Investigaciones forestales en Zurich, Suiza, la tolerancia de error llega hasta el 7.5% en grupos de árboles y 10% en masas boscosas, esto debido a la energía geomorfológica de la zona y como menciona en su artículo publicado por el Depósito de Documentos de la FAO y producido por el Departamento de Montes y que

desafortunadamente no lleva título, “En las zonas montañosas ocurre algunas veces que las diferencias de altitud del terreno en un modelo son tan grandes que exceden la gama de alturas del instrumento trazador. Dichos modelos deben ser restituidos por etapas utilizándose diferentes escalas de modelo. En casos excepcionales, puede ser útil llevar a cabo restituciones a una escala arbitraria, lo que requerirá la conversión de la lectura de las altitudes...”

CAPÍTULO 3

3 CARTOGRAFÍA DIGITAL POR MEDIO DE SIGS

3.1 DEFINICIÓN DE SIGS

Uno de los aspectos más importantes para desarrollar un proyecto de telecomunicaciones es la cartografía porque es con la que plasmaremos los aspectos físicos del terreno para tener una visión correcta y exacta del terreno. La cartografía presenta diferentes partes a desarrollar y ciertas medidas o datos que deberán ser lo más exactas posibles y con las referencias más confiables. Entre las partes a desarrollar se encuentran las escalas, las proyecciones y entre los datos a utilizar se encuentra el radio medio terrestre, el Datum (NAD), esfericidad de la tierra, diámetro polar, diámetro ecuatorial, etc. Actualmente estos datos se obtienen en bases de datos predefinidas en los SIGS (Sistemas de Información Geográfica) y se realizan las modificaciones de manera automática, sin embargo, es necesario conocer cada una de ellas de manera independiente para saber cuál es la que más conviene usar.

“Los Sistemas de Información Geográfica son el paso adelante más importante desde la invención del mapa” (Chorley, 1997). Los Sistemas de Información Geográfica son una importante y potente herramienta de trabajo en el ámbito laboral del Geógrafo no sólo con fines de investigación sino también de manera práctica. Sin embargo no todos los profesionales de las carreras afines a la Geografía saben que es o para que sirve un SIG, es por ello que a continuación se muestran algunas definiciones de diversos autores.

Una definición de SIG bastante aceptada es la redactada por el NCGIA (National Centre of Geographic Information and Analysis). “SIG es un sistema de hardware, software y procedimientos elaborados para facilitar la obtención, gestión, manipulación, análisis, modelado, representación y salida de datos espacialmente referenciados, para resolver problemas complejos de planificación y gestión.” (NCGIA, 1990)

“Conjunto de programas de computación que tiene capacidad de almacenar, analizar, organizar, y presentar datos espaciales.” (Fundamentos de los Sistemas de Información Geográfica. COMAS, David, RUIZ, Ernest. ED: Ariel.)

“Un SIG se define como un conjunto de métodos, herramientas y datos que están diseñados para actuar coordinada y lógicamente para capturar, almacenar, analizar, transformar y presentar toda la información geográfica y de sus atributos con el fin de satisfacer múltiples propósitos.” (INTERNET 20).

“La definición del diccionario de la Association for Geographic Information (AGI) y el Departamento de Geografía de la Universidad de Edimburgo lo explica como: "un sistema de cómputo para obtener, almacenar, integrar, manipular, analizar y representar datos relativos a la superficie terrestre".”

“Vemos un Sistema de Información Geográfica esencialmente como una herramienta para la investigación urbana y regional, análisis de políticas, simulación de actuaciones y

planificación. Un SIG consiste en una base de datos que contiene datos referenciados espacialmente, y que como un LIS (Land Information System), tiene una serie de procedimientos y técnicas para la recogida actualización y análisis de datos.” (SCHOLTEN y VAN DER VLUNGT, 1990).

Se podría seguir citando más autores y más definiciones, empero, se llegaría a los mismos datos, actualmente no existe una definición que contradiga a alguna de las ya mencionadas, o bien, que sea sustancialmente diferente por tal motivo considero que la primera definición es suficiente para entender de grosso modo que es un SIG. Es importante señalar que sólo la tecnología SIG permite almacenar y manipular información usando Geografía para analizar patrones, relaciones y tendencias en la información, todo tendiente a contribuir a tomar mejores decisiones.

3.1.1 SOFTWARE PARA DIGITAR CARTOGRAFÍA

Se vive un constante cambio y una revolución tecnológica que en ocasiones rebasa de manera vertiginosa a la vida cotidiana, en el caso de los SIGS su avance a pesar de ser constante no es vertiginoso es por ello que no existen infinidad de Softwares comerciales, sin embargo son los suficientes como para ser nombrados y mencionar sus características mas importantes. Este último punto se deriva de las observaciones y pláticas realizadas con compañeros de la carrera de Geografía que desconocen total o parcialmente los SIGS.

SIG Vectoriales

Son aquellos Sistemas de Información Geográfica que para la descripción de los objetos geográficos utilizan vectores (líneas) definidos por pares de coordenadas relativas a algún sistema cartográfico. Con un par de coordenadas se define un punto, con dos puntos se genera una línea, y con una agrupación de líneas se forman polígonos. A estos objetos de dibujo ya se les puede asociar las diversas capas de información que se relacionan con el modelo espacial generado a través de puntos y líneas.

SIG Raster

Los Sistemas de Información Raster basan su funcionalidad en una concepción implícita de las relaciones de vecindad entre los objetos geográficos. Su forma de proceder es dividir la zona de afección de la base de datos en una retícula o malla regular de pequeñas celdas (píxeles) y atribuir un valor numérico a cada celda como representación de su valor temático. Dado que la malla es regular, el tamaño del pixel es constante y se conoce la posición en coordenadas del centro de una de las celdas, se puede decir que todos los píxeles están georreferenciados.

Para tener una descripción precisa de los objetos geográficos contenidos en la base de datos el tamaño del pixel debe ser reducido en función de la escala, lo que dotará a la malla de una resolución alta; sin embargo, a mayor número de filas y columnas en la malla, mayor esfuerzo en el proceso de captura de la información y mayor costo computacional al momento de procesarla.

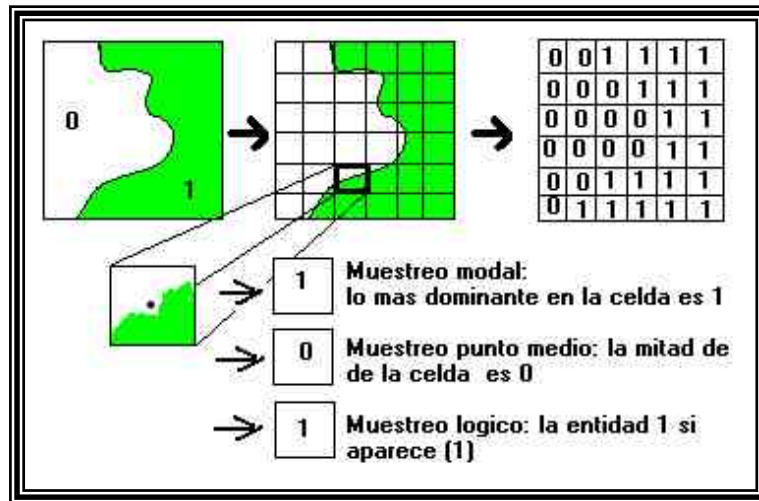


Figura 16.- Organización de la información en modelos de datos raster.

El modelo de datos raster es útil cuando tenemos que describir objetos geográficos con difusos, como por ejemplo puede ser la dispersión de una nube de contaminantes, o los niveles de contaminación de un acuífero subterráneo, donde los contornos no son absolutamente nítidos; en esos casos, el modelo raster es más apropiado que el vectorial.

A continuación se enlistan algunos de los SIGS más usados en el mundo actualmente:

- Arc Gis 9 ESRI
- AUTODESK MAP 3DAutodesk España.
- CORE. Core Software Technology.
- ERDAS IMAGINE V8.7. ERDAS MapSheets.
- ER MAPPER en España. Software para tratamiento de imágenes, teledetección, 3D e GIS, para Windows 95/NT y Unix.
- ARC/INFO, ARCview.

- GEOMEDIA, INTERGRAPH. GIS Office, Geomedia, Geomedia Web Map, etc.
- GLOBALGEO. OGD I servers.
- GOLDEN SOFTWARE. Map Viewer.
- GRASS, SIG de dominio público para UNIX. (Geographic Resources Analysis Support System)
- IDRISI CLARK
- IRIS
- MAP MAKER
- MANIFOLD
- MAPSCAN. Vectorizador de raster. Cómo crear traks automáticamente para OZIExplorar con ayuda del programa mapscan.
- MAPINFO. MapInfo Corporation products.
- Microimages. TNT-MIPS, TNT-LITE (versión gratuita para imágenes de 512x512 píxeles.)
- MICROSTATION. Bentley's Microstation GeoGraphics, etc.
- MultiSpec. Sistemas de procesamiento para imágenes multiespectrales y hiperespectrales.
- ORACLE SPATIAL
- ORTHOENGINE. Software para ortorectificaciones.
- PCI. Software en Teledetección (EASI/PACE, RadarSoft, GeoAnalystTM), SIG (SPANS 7, PAMAPT M), etc.
- RemoteSensing.org. Organismo dedicado al desarrollo de "open source software" para teledetección.

- Research Systems Inc. ENVI 3.0, IDL - The Interactive Data Language.
- SMIS IKI RAN. Software para adquisición y análisis de imágenes.
- SpaceStat. Software para Análisis Espacial.
- SPRING. Software SIG brasileiro del IMPE Brasil.
- CGIS
- MAP
- SYMAP
- OSU MAP

3.1.1.1 Características de los Softwares

AUTODESK MAP 3D conecta los datos CAD y los sistemas de información geográfica con exclusivas herramientas geoespaciales. Estas herramientas crean y manejan libros de mapas que combinan los detalles de construcción e infraestructura con ubicación de precisión.

ERDAS IMAGINE V8.7 es la última versión de los productos de imagen geográfica de ERDAS que integra teledetección y funcionalidad SIG dentro de un solo sistema de cartografía, análisis y visualización. El software "raster-base" está diseñado para el procesamiento y análisis de imágenes satelitales y fotografía aérea, incorporando el resultado dentro de un ambiente funcional de SIG y generando mapas que pueden ser usados como herramientas de "decision-making" en investigación.

Desde sus inicios, ERDAS IMAGINE ha sido usado por numerosas aplicaciones, incluyendo administración de recursos naturales, telecomunicaciones, planeación urbana y cartografía de hábitat. La claridad del producto, la interfaz fácil de usar para los conocedores de los SIGS, presenta a los usuarios con un complejo conjunto de herramientas poderosas para el análisis y adecuación espacial.

Además, las utilidades del software son extensas e incluyen lo necesario para realizar tareas organizando desde corrección geométrica y adecuación de imagen, hasta avanzados procesos y análisis de imágenes multiespectrales e hiperespectrales en ambientes de dos y tres dimensiones ("2-D / 3-D").

GLOBAL GEO respecto a este software no se contó con información.

GOLDEN SOFTWARE respecto a este software no se contó con información.

ER MAPER este software permite importar y visualizar más de 100 diferentes formatos de imágenes, incluida la lectura directa de imágenes TIFF, GeoTIFF, BMP, MrSID, imágenes y algoritmos ER Mapper, ESRI BIL, SPOTView y Universal Data Format (UDF). Se puede visualizar fácilmente en una única imagen la zona completa de un proyecto, sin límite en el tamaño de los archivos de imágenes. Realza áreas de interés y las salva como vectores por medio de las herramientas de conversión de raster a vector de ER Mapper. Se puede georreferenciar y ortorrectificar imágenes para que "casen" o hagan "edge match" con precisión con los datos vectoriales de cualquier SIG.

Asimismo aprueba hacer mosaicos y el balance de color de numerosas imágenes automáticamente, combinar datos procedentes de distintas fuentes y compartir información con Autodesk World, AutoCAD Map y Autodesk MapGuide, MapInfo, ARC/INFO y ArcView. Los conversores de imágenes raster de los "plugins" leen directamente múltiples formatos de imágenes con los que se puede crear y editar datos vectoriales sobre imágenes de fondo. Algo interesante de este software es que no se necesita tener ER Mapper funcionando los "plugins" gratuitos en la red, funcionan en cualquier PC. Los "Plugins" que se incluyen de ER Mapper 6.0 son: AutoCAD MAP 3.0, ArcView 3.1, MapInfo 4.0 y 4.5 ER Viewer (puede usarse de forma autónoma o desde WORD, EXCEL, etc.) Autodesk World 2.0 (el "Plugin" está integrado en World 2.0).

GEOMEDIA admite crear y distribuir ambientes geospaciales comunes para usos de las empresas con la inclusión de una interfaz de usuario, features class (que otros SIGS de la familia ARC también tiene), leyendas, filtros espaciales, simbologías y consultas enfocados al negocio en procesos geospaciales.

Además incluye símbolos paramétricos, un modelo avanzado lineal, permite una buena definición de símbolos complejos con múltiples componentes de simbología por cada entrada de la leyenda. Se puede acceder a servicios de WEB para publicación usando el Geomedia WebMap Publisher.

GRASS pertenece al grupo de software libre, este sistema incluye herramientas para el almacenamiento, actualización, visualización y análisis de datos espaciales así como para la

introducción de diversas estrategias de modelización. El objetivo con el que fue diseñado era la planificación territorial, pero sus capacidades se extendieron a otros campos como la hidrología, geología, ingeniería, física, estadística, teledetección y aplicaciones empresariales.

IDRISI es uno de los Sistemas de Información Geográfica más difundidos en el mundo debido a su capacidad de análisis, planificación y gestión del territorio, junto a un coste razonable. La última versión de este programa incluye, junto a los sistemas de gestión de archivos, visualización y composición cartográfica, más de 200 módulos analíticos, agrupados en varias secciones: búsqueda selectiva, operadores matemáticos, análisis de distancia, operadores de contexto, estadísticas, tratamiento digital de imágenes, toma de decisiones y cambios/series temporales.

Aunque se trata de un programa de tipo raster, permite la utilización de información vectorial en algunas de sus funciones (visualización, composición cartográfica, etc.).

La nueva versión Kilimanjaro se desarrolló durante casi dos décadas con lo cual IDRISI ofrece en la actualidad uno de los productos con mayor poder analítico en el ámbito del geoanálisis, especialmente en las áreas de toma de decisiones, gestión de la incertidumbre, procesamiento de imágenes y análisis de cambios y series temporales. (INTERNET 21).

IRIS, software utilizado por el INEGI, no se contó con mayor información, sin embargo se debe mencionar que dicha institución ha ofrecido cursos gratuitos para alumnos del Colegio de Geografía de la Facultad de Filosofía y Letras de la UNAM.

NAP MAKER es un software de Sistema de Información Geográfica (SIG) sencillo que corre bajo ambiente Windows. Fue creado por Eric Dudley (eric@mapmaker.com) y actualmente consta de tres versiones: dos de ellas se distribuyen gratuitamente: una en español (MapMaker Popular) y otra en inglés (MapMaker Gratis); la tercera (MapMaker Pro) es de pago pero su costo es muy bajo si se lo compara con otros programas de este tipo.

SMIS IKIS RANSMIS IKI RAN fue desarrollado como un paquete que puede ser utilizado por estaciones o personas con información satelital. El paquete básico de este software comprende las unidades siguientes: PREDICT; Calcula datos y los acopla provenientes de satélites. TRACKER; Control de antenas, adquisición de datos en tiempo real de HRPT con datos calibrados. FRAME; Procesamiento de datos HRPT, fragmentación y geolocalización. GEOREF; Geolocalización de imágenes satelitales, transformación de proyecciones, superposición de capas de información en grids y líneas costeras con mapas provenientes de la CIA.

El programa puede correr simultáneamente en un medio ambiente de multitareas y tener procesos de intercomunicación y transferencia de datos por medio de archivos en disquetes lo cual permite tener al usuario la oportunidad de ejercer procesos complejos entre diferentes softwares.

SPRING además de ser un SIG es un sistema de tratamiento de imágenes obtenidas mediante percepción remota que realiza la integración de las representaciones de datos matriciales (estructura raster) y datos con estructura vectorial en un único ambiente. Este sistema fue desarrollado por el Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales de Brasil.

CGIS se considera el primer SIG y nace en Canadá con el nombre de Canadian Geographic Information System en el año de 1964 y fue el Dr. Roger Tomlinson quien lo desarrollo y a quien hoy se le considera el padre de la tecnología SIG. Este sistema fue realizado para el Ministerio de Agricultura de Canadá a fin de servir como apoyo para la realización del inventario de los recursos forestales del país.

MAP es el Map Analysis Package que fue presentado como tesis doctoral por Dana Tomlin de la universidad de Yale en la década de los 80's lanzando su versión para PC dos años mas tarde. La estructura de modelado cartográfico raster es la base para el sistema OSU-MAP-for the PC que fue desarrollado por el Ohio State University hasta llegar a la versión 4 de mediados de los 90's.

SYMAP es un software desarrollado en la universidad de Harvard en el año 1968 en el Laboratory of Computer Graphic and Spatial Analist y se utilizo principalmente para la realización de cartografía computacional, este programa sería la base del POLYVRT de inicios de la década de los setentas pero incorporando la relación topológica de los objetos en la estructura de datos y el ODDYSSEY GIS de plena aplicación a inicios de los 80's y es considerado el primer SIG de estructura vectorial.

3.1.2 DIFERENCIA ENTRE CARTOGRAFÍA MANUAL Y DIGITAL

Como se sabe, desde tiempos remotos el hombre ha tratado por diferentes medios de plasmar la superficie terrestre en un plano esto con las diferentes problemáticas a las que se ha tenido que enfrentar. Para solucionar los problemas poco a poco se fue estudiando la forma de la Tierra y los diversos métodos para transformar una esfera a un plano siendo esto lo que llevo al nacimiento de la Cartografía como ciencia que aunque en un principio era artesanal posteriormente tuvo un fuerte impacto en las necesidades de los gobiernos, los pueblos, las empresas, etc. y con esto una necesidad de mejorar la calidad de dicho arte.

Se considera necesario saber realizar los cálculos cartográficos de manera manual ya que desafortunadamente en los tiempos actuales una persona puede producir o manipular cartografía sin saber como se llega a ello simplemente oprimiendo botones, lo que genera una mala calidad en los trabajos cartográficos y su consecuente error de interpretación. Las bases de los programas están sustentadas en los principios de la cartografía y es con este conocimiento como se puede tomar una mejor decisión o bien proponer alternativas.

El globo terráqueo es la manera más exacta de representar la Tierra, pero es menos práctico que un mapa. Por esta razón los cartógrafos utilizan distintos sistemas matemáticos denominados proyecciones, que son redes de meridianos y paralelos dibujadas sobre una superficie plana para intentar trasladar una realidad esférica a una superficie plana, el mapa.

Otro problema al que se enfrentan los geógrafos es representar la gran extensión de la Tierra en el limitado espacio de un mapa, resuelto mediante la utilización de una escala, que permite ampliar o disminuir una superficie respetando sus proporciones.

En este apartado se mencionan los tipos de proyecciones que existen, cabe señalar que puede ser tan extensa la lista que se necesitaría mas de una tesis para señalar las características de cada una de ellas, sin embargo, se citaran las características de las mas usadas. Los tipos de proyección se clasifican por el tipo de figura geométrica que se utiliza para la transformación de esfera a plano y son: cónicas, cilíndricas, acimutales y modificadas.

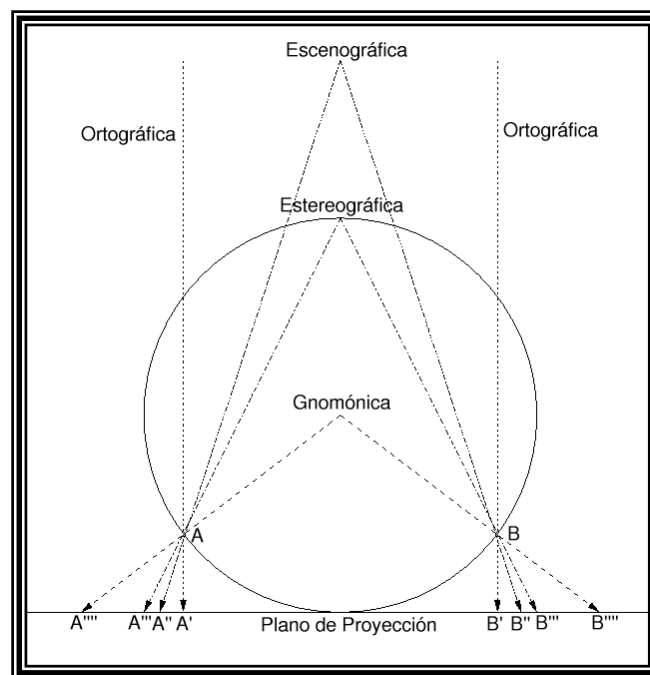


Figura 17.- Desarrollo de las proyecciones cartográficas

La intención de mencionar los tipos de proyecciones, su deformación entre otras características se debe principalmente a la experiencia que se vivió durante un trabajo en dónde los encargados de migrar información vectorial de NAD27 a WGS84 en proyección UTM comenzaron a migrar los datos a otras proyecciones sin saber porqué los resultados eran diferentes, esto trajo como consecuencia una pérdida de horas hombre, y una pérdida en la calidad de los datos, pues puntos en la Tierra que se encontraban costa adentro y tenían una figura definida ahora se encontraban 100 o 200 metros dentro del mar y con una figura distorsionada a la original.

Este hecho se repitió con frecuencia debido a la carencia de conocimiento en cuanto a las deformaciones de las proyecciones, en general, las personas suelen pensar que los tipos de proyecciones no deforman la representación de la Tierra o que las deformaciones aparentemente son similares.

Es por ello que se recopila información básica de algunas de las proyecciones mas utilizadas a nivel mundial y algunas otras que en su momento se utilizaron y que por motivos de precisión se modificaron por otras.

3.1.2.1 Cilíndricas

Las proyecciones cilíndricas usan un cilindro tangente o secante a la esfera terrestre, colocado de tal manera que el paralelo de contacto es el ecuador. La malla de meridianos y paralelos se dibuja proyectándolos sobre el cilindro suponiendo un foco de luz que se encuentra en el centro del globo.

Este tipo de proyecciones son de las más utilizadas y una de sus principales representantes es la de Mercator que fue inventada en 1569 por Gerard Mercator y es muy socorrida en la navegación ya que se puede trazar un rumbo constante (loxodrómicas). La idea de Mercator responde a las exigencias matemáticas de la proyección cilíndrica. La característica más destacable de esta proyección es que tanto los meridianos como los paralelos son líneas rectas y se cortan perpendicularmente.

Los meridianos son líneas rectas paralelas entre sí dispuestas verticalmente a la misma distancia unos de otros. Los paralelos son líneas rectas paralelas entre sí dispuestas horizontalmente pero aumentando la escala a medida que nos alejamos de Ecuador. Este aumento de escala hace que no sea posible representar en el mapa las latitudes por encima de los 80°.

El mapa de Mercator es realmente conforme, la forma de los países es real, pero su superficie aumenta exageradamente en las latitudes altas. El éxito de la proyección de Mercator se debe a que cualquier línea recta que se trace marca el rumbo, con lo cual se puede navegar siguiendo con la brújula el ángulo que se marca en el mapa.

Una cualidad de esta proyección es la buena exactitud en las zonas centrales que va desapareciendo al crecer la latitud deformando considerablemente el tamaño real de las zonas polares.

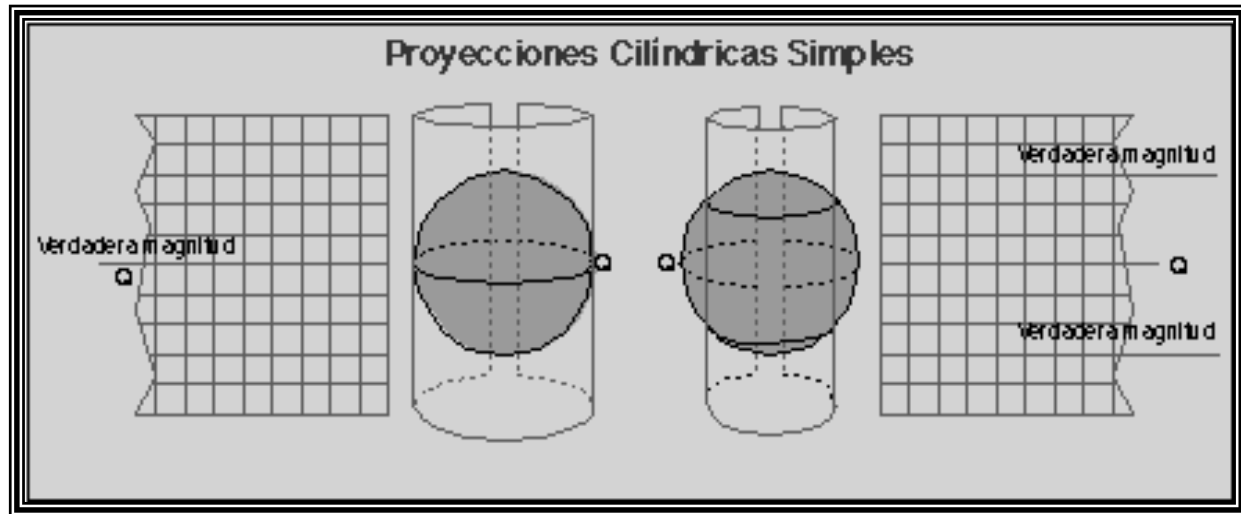


Figura 18.- Cilindro tangente y secante vertical al globo terráqueo con paralelos y meridianos.

Como se observa en la figura, el cilindro es tangente a la esfera por el Ecuador, es importante mencionar que el punto de proyección está en el centro de la esfera y conforme nos alejamos del Ecuador el ángulo entre el radio o paralelo central se va incrementando al igual que la deformación es por ello que los polos se ven incrementados en tamaño. A continuación se mencionan algunas de las proyecciones cilíndricas.

3.1.2.1.1 Proyección de Cassini- Soldner

La proyección Cassini fue diseñada por C.F. Cassini de Thury en 1745 para el levantamiento de Francia. El análisis matemático de J.G. von Soldner en el siglo XIX condujo a fórmulas de elipsoides más exactas, hoy ha sido reemplazada por la proyección Transversal de Mercator, aunque todavía tiene un uso limitado fuera de los Estados Unidos.

Esta proyección fue una de las proyecciones de mapas topográficos más utilizadas hasta comienzos del siglo XX.

La forma esférica de la proyección mantiene la misma relación de la proyección Cilíndrica Equidistante o Plate Carreé, que en la proyección Transversal de Mercator conduce a la Mercator regular. En lugar de tener los meridianos y los paralelos rectos, la proyección Cassini tiene curvas complejas para cada meridiano central, excepto el Ecuador.

No existe distorsión a lo largo del meridiano central si este se mantiene a la escala verdadera, lo cuál es el caso usual. Si a este meridiano se le define un factor de escala reducido, las líneas de escala verdadera son dos líneas rectas sobre el mapa, paralelas y equidistantes del meridiano central. En este caso no existe distorsión a lo largo de ellos.

La escala es correcta a lo largo del meridiano central y también a lo largo de cualquier línea recta perpendicular al meridiano central. Esta proyección se incrementa gradualmente en una dirección paralela al meridiano central a medida que la distancia desde ese meridiano se incrementa, pero la escala es constante a lo largo de cualquier línea recta sobre el mapa que sea paralela al meridiano central.

Por lo tanto Cassini-Soldner es más apropiada para regiones que se extienden en dirección Norte-Sur. No es conforme ni es de áreas iguales, pero mantiene un balance entre ambas características. Esta proyección cabe señalar que fue adoptada por Ordnance Survey para el levantamiento oficial de Gran Bretaña durante la segunda mitad del siglo XIX. Un sistema

parecido al Cassini-Soldner fue usado en las primeras transformaciones de coordenadas de las imágenes de Satélite ERTS (ahora Landsat) y fue cambiada por la Oblicua de Mercator (Hotine) en 1978 y posteriormente se cambio por la Oblicua Espacial de Mercator en 1982.

3.1.2.1.2 Proyección Equirectangular (Plate Carrée)

También es conocida como Cilíndrica Simple, esta proyección se compone de meridianos y paralelos espaciados igualmente y líneas de latitud que cruzan en ángulos rectos sobre el mapa rectangular. Cada rectángulo formado por la grilla es igual en áreas, forma y tamaño. La proyección no es conforme ni de iguales áreas, sin embargo contiene una menor distorsión que la proyección de Mercator en las regiones polares.

La escala es verdadera en todos los meridianos y sobre el paralelo central. Las direcciones norte-sur, este-oeste, son verdaderas, pero, todas las otras direcciones están distorsionadas. El Ecuador es el paralelo estándar, tiene escala verdadera y esta libre de distorsión, empero, esta proyección puede ser centrada en cualquier punto.

Es valiosa por su facilidad para ploteos de computadora, útil para cartografiar áreas pequeñas, tales como mapas de ciudades esto por su simplicidad. La USGS (United States Geological Survey) utiliza esta proyección para mapas índices de las áreas no continentales de los EU como Alaska, Hawaii y algunas otras islas. Sin embargo, ni la escala ni la proyección están indicadas para evitar la presunción que los mapas son apropiados para información geográfica normal.

3.1.2.1.3 Proyección Mercator

Esta es la más famosa proyección cilíndrica, originalmente diseñada por el cartógrafo Gerard Mercator en 1569 para facilitar la navegación. Los meridianos y los paralelos son líneas rectas y se cruzan entre sí en ángulos de 90° , las relaciones angulares son preservadas. No obstante, para conservar la conformalidad, los paralelos son colocados a mayor distancia entre sí a medida que se incrementa la distancia desde el Ecuador. Debido a las grandes distorsiones de escala en latitudes altas, la proyección se usa muy pocas veces mas allá de los 80° Norte y Sur a menos que la latitud de escala verdadera sea diferente al Ecuador. Las escalas de distancia son usualmente definidas por diversas latitudes.

Está basada matemáticamente en un cilindro tangente en el Ecuador, cualquier línea recta es una línea de azimut (rumbo) constante, el aumento del área es muy alto lejos del Ecuador, los polos no pueden ser representados.

La forma es verdadera únicamente dentro de un área muy pequeña, es una proyección razonablemente exacta dentro de una banda de 15° a lo largo de la línea de tangencia. Las líneas de igual rumbo, que muestran una dirección constante, son rectas. Por esta razón, los mapas de Mercator fueron muy valiosos para los navegantes del mar, sin embargo, las líneas de igual rumbo no son la ruta mas corta, los grandes círculos son en realidad la ruta mas corta que no eran usados en esta proyección debido a que al dibujarlos son arcos de mayor distancia.

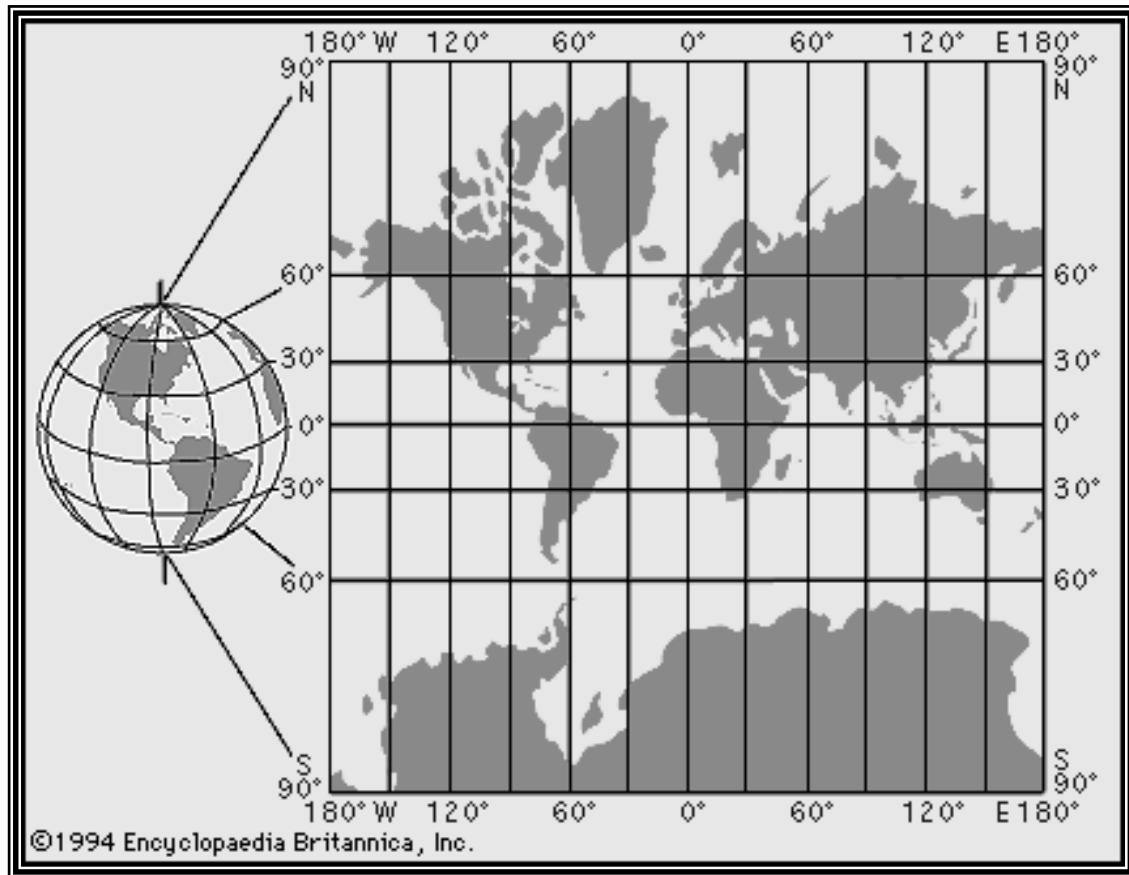


Figura 19.- Proyección de Mercator

3.1.2.1.4 Proyección Miller

Esta es una modificación a la de Mercator, son similares desde el Ecuador hasta los 45°, sin embargo, el intervalo de las líneas de latitud se modificó de manera que la distancia entre ellas se incrementa de manera más pausada.

Así que, más allá de los 45° la proyección Miller disminuye la exageración extrema de Mercator, además, también incluye los polos como líneas rectas mientras que la proyección de Mercator no.

Los meridianos y los paralelos son líneas rectas que se intersectan en ángulos rectos y son equidistantes, mientras que los paralelos están más distantes a medida que estos se alejan del Ecuador. La citada proyección no es de áreas iguales, no es equidistante ni conforme.

3.1.2.1.5 Proyección Oblicua de Mercator (Hotine)

La oblicua de Mercator es una proyección conforme, cilíndrica, que intersecta la superficie del globo a lo largo de un gran círculo. Es equivalente a una proyección Mercator que ha sido alterada rotando el cilindro de tal manera que la línea central de la proyección es un gran círculo en lugar del Ecuador. La forma es verdadera únicamente dentro de una pequeña área, el aumento de las áreas se incrementa al alejarse de las líneas de tangencia. La proyección es razonablemente exacta dentro de una banda de 15° a los largo de la línea de tangencia.

USGS (United States Geological Survey) utiliza la versión Hotine de Oblicua de Mercator que esta basada en un estudio de las proyecciones conformes publicado por el geodesta británico Martin Hotine en 1945-47. Antes de la instrumentación de la proyección Space Oblique Mercator, la versión Hotine fue usada en cartografía elaborada con imágenes satelitales Landsat.

3.1.2.1.6 Proyección Oblicua Espacial de Mercator

La citada proyección (SOM por su nombre en inglés) es prácticamente conforme y tiene poca distorsión de escala dentro del rango de operación de un satélite como Landsat (LandSat son una serie de satélites construidos y puestos en órbita por EE. UU. para la observación en alta resolución de la superficie terrestre. Los LandSat orbitan alrededor de la Tierra en órbita circular heliosincrónica, a 705 km de altura, con una inclinación de 98.2° respecto del Ecuador y un período de 99 minutos. La órbita de los satélites está diseñada de tal modo que cada vez que éstos cruzan el Ecuador lo hacen de Norte a Sur entre las 10:00 y las 10:15 de la mañana hora local. Los LandSat están equipados con instrumentos específicos para la teledetección multispectral (MMS) de cuatro bandas (0.5-0.6, 0.6-0.7, 0.7-0.8 y 0.8- 1.1 micras) con una resolución nominal de 80 m. Cuenta con el mapeador temático (thematic mapper) con una resolución de 30 mts. y siete canales: 1: 0.45-0.52, 2: 0.52-0.60, 3: 0.63-0.69, 4: 0.76-0.90, 5:1.55-1-75, 6: 10.4-12.5, 7: 2.08-2.46 (micras). El primer satélite LandSat - en principio denominado ERTS-1- fue lanzado el 23 de julio de 1972. El último de la serie es el LandSat 7, puesto en órbita en 1999 y es capaz de conseguir una resolución espacial de 15 metros. Serie de satélites LandSat y año de su lanzamiento: Landsat 1, 1972; Landsat 2, 1975; Landsat 3, 1978; Landsat 4, 1982; Landsat 5, 1985; Landsat 6, 1993 en lanzamiento fallido; Landsat 7, 1999. Para el año 2004 estuvo completamente operativo el Landsat 7. Los cuatro primeros satélites landsat actualmente están fuera de servicio.)

Es la primera proyección que incorpora la rotación de la Tierra con respecto al satélite en órbita. El método de proyección usado es el cilindro modificado, para el cual la línea central es curva y definida por la trayectoria terrestre de la órbita del satélite. La línea de tangencia es conceptual y no existe gráticula.

La proyección SOM es definida por USGS y de acuerdo con ellos, el eje X pasa a través del nodo descendente para cada escena en un tiempo particular. El eje Y es perpendicular al eje X, para formar un sistema de coordenadas cartesiano. La dirección del eje X en una escena determinada es la dirección del movimiento del satélite-sur. El eje Y esta dirigido hacia el este. En las proyecciones SOM usadas por EOSAT (Earth Observation Satellite Company, empresa privada contratada por el Gobierno USA para la comercialización de los datos y para el desarrollo de los futuros sistemas Landsat), los ejes son cambiados: el eje X es dirigido hacia el este y el eje Y es dirigido hacia el sur.

Esta diseñada específicamente para minimizar la distorsión dentro del rango de operación de un satélite de cartografía cuando orbita la Tierra. Es el formato estándar para datos de Landsat 4 y 5. Los protocolos de las paths adyacentes no empalman sin transformación (ESRI 1991).

3.1.2.1.7 UTM (Universal Transversa de Mercator)

Esta proyección es sin duda alguna la más utilizada en nuestro país, es una proyección cilíndrica secante. Esta proyección ha sido usada por el INEGI y le ha dado su propia modificación y creado su nomenclatura la cual sólo es válida en nuestro país.

Esta proyección es llamada proyección geodésica debido a que la esfericidad terrestre repercute de manera importante en la representación de las posiciones geográficas, superficies y ángulos (FERNANDEZ-COPEL 2008). Al tipo de transformación que se usa en la UTM se le conoce como conforme.

Este término de conforme se le da a las proyecciones en las que los ángulos se conservan con valor de 1 en el centro de la proyección hasta un valor máximo de $1+c$ en los límites del campo de proyección, siendo “c” la alteración proporcional al cuadrado de las distancias que unen el centro de la proyección con el punto a proyectar.

Sin embargo en esta proyección se distorsionan todas las superficies sobre los objetos originales así como todas las distancias originales (ítem.), México y España son dos de los países que utilizan esta proyección por la estandarización que el Servicio de Defensa de los Estados Unidos llevo a cabo en la década de los 40`s. Es importante señalar que no por ser la más utilizada por estos países es la mejor, como de manera textual menciona en su publicación titulada “Localizaciones Geográficas, La Proyección UTM, (Universa Transversa de Mercator)” de Fernandez-Copel y que cito a continuación: “Si en los años 50`s, cuando los Americanos nos dieron la cartografía de España en proyección UTM, les hubiéramos dado con ella en la cabeza, habríamos ganado mucho”, deja en claro que la UTM como otras tantas proyecciones que han sido modificadas por la necesidad de mejorar la calidad de la información en un futuro probablemente la UTM sufra la misma historia.

La UTM utiliza zonas horarias con meridiano central que parte de 0° en Greenwich y se extiende hasta los 180° E y 180° O, siendo la unión de ambos en el Pacífico, llamado la línea Internacional de Cambio de Tiempo. Cada zona horaria abarca 6° , 3° al E del MC (meridiano central) y 3° al O. Cada MC constituye un cilindro secante o tangente según la necesidad, para nosotros es secante, por lo cual la deformación o distorsión de la proyección tiene un factor K que es 1 y crece de manera lineal conforme se aleja del MC.

La relación entre las distancias reales y las proyectadas presenta un mínimo de 1 y un máximo de 1.01003. (ítem.).

Las únicas líneas rectas en esta proyección son el MC y el paralelo 0° (ecuador). El MC se orienta al Norte Geográfico y el paralelo 0° presenta un rumbo 90° - 180° con dirección Este-Oeste o viceversa. Esta proyección presenta también las líneas Loxodrómicas y las Ortodrómicas.

La línea Loxodrómica presenta todo el tiempo el mismo ángulo sin embargo no es el camino más rápido para ir de un punto a otro, la línea con menor recorrido real será la Ortodrómica siendo esta un arco menor a 180° y a su vez el camino más corto para llegar de un punto a otro, empero, presenta la desventaja de que presenta un ángulo diferente para cada meridiano a excepción de que los puntos se localicen sobre el mismo meridiano o el ecuador.

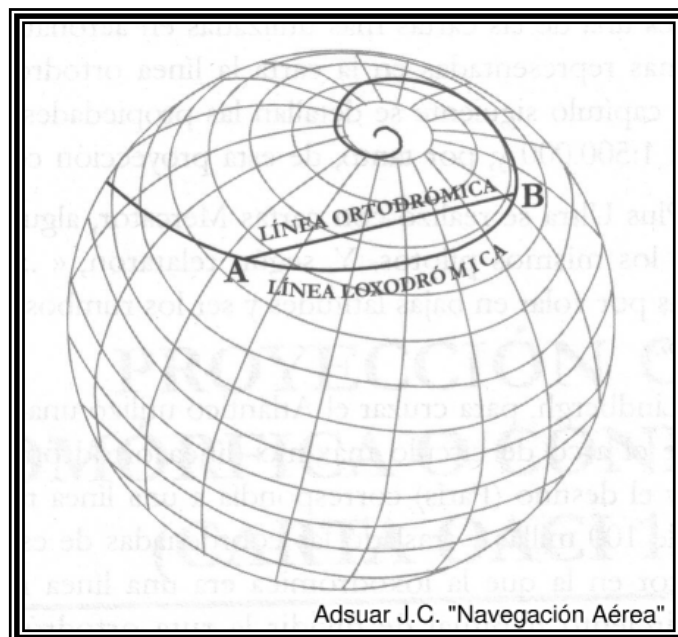


Figura 20.- Representación de una línea loxodrómica y una ortodrómica

Esta proyección presenta ventajas frente a otros sistemas de proyección que se enlistan a continuación:

- Conserva los ángulos.
- No distorsiona las superficies en grandes magnitudes por debajo de los 80° de latitud.
- Es un sistema que designa un punto o zona de manera concreta y de fácil localización.
- Es empleado en todo el mundo, principalmente por el uso militar.

Para localizar un punto en la proyección UTM se deben tener los datos siguientes: Coordenadas “X” “Y” con unidades de medidas en metros, el huso horario al que pertenece como el 11,12,14,30, etc. , la zona N, M, T, etc. , y el Datum que se utilizó, NAD27, WGS84, European 50(ED50), etc., para todos los husos se cubre desde los 80° Sur hasta los 84° Norte. El origen de coordenadas de cada huso se toma a partir del meridiano central que es único para cada huso y el Ecuador como origen “0” para todos los husos.

El valor del meridiano central es de 500, 000 teniendo Este y Oeste, esto es para “X”, para “Y” tiene como máximo valor 10, 000,000 no existiendo valores negativos y siendo para el Sur el valor máximo de 9, 328,380.5 metros. Conforme se avanza hacia los polos la distancia entre meridianos disminuye ya que estos se intersectan virtualmente en los polos.

El valor máximo para “X” y que se da en el ecuador, es de 833,991 metros al Este y 166.009 metros al Oeste. Con estos valores se cubren los 6° de cada huso. El valor que se presenta a los 80° Norte es de 534,996 metros al Este y 465,003 metros al Oeste y en este paralelo de 80° el valor de “Y” es de 9, 328,379 metros (item.).

Ejemplo de la designación de coordenadas UTM.

X= 386,143 m

Y= 4,560,137 m

Huso30 zona T

Datum: ED50

O bien:

Este (easting) = 386,143 m

Norte (northing) = 4,560,137 m

Huso 30 zona T

Datum: ED50

--- Designación de la cuadrícula

La designación de la cuadrícula se lleva a cabo del modo siguiente:

Para una resolución de 1 m

Huso	Zona	6 dígitos	7 dígitos
30	S	386143	4560137
		Coordenadas X	Coordenadas Y
		ESTE	NORTE

Para una resolución de 1 km

Huso	Zona	3 dígitos	4 dígitos
30	S	386	4560
		Coordenadas X	Coordenadas Y
		ESTE	NORTE

30T 3861434560137 DATUM:ED50 o bien,

30T 3864560 DATUM:ED50

Una característica a considerar y que no es un error es la duplicidad de coordenadas. Si se toma en cuenta que conforme se va alejándose del ecuador los meridianos que convergen hacia cada meridiano central presentan una curvatura que hace que los husos horarios parezcan como gajos por lo que no quedan paralelos a todo lo largo de los meridianos que colindan entre huso y huso.

Por esta razón la posición geográfica: 40°00`0.00`` Norte y 6°00`0.00`` Sur sobre el huso 30 tiene las coordenadas UTM:

X= 243888.8 m 30T

Y= 4432145.2 m (ED50/Internacional)

Y sobre el huso 29 la misma posición geográfica tendría los valores siguientes:

$$X = 756111.2 \text{ m } 29T$$

$$Y = 4432145.2 \text{ m } /ED50/Internacional)$$

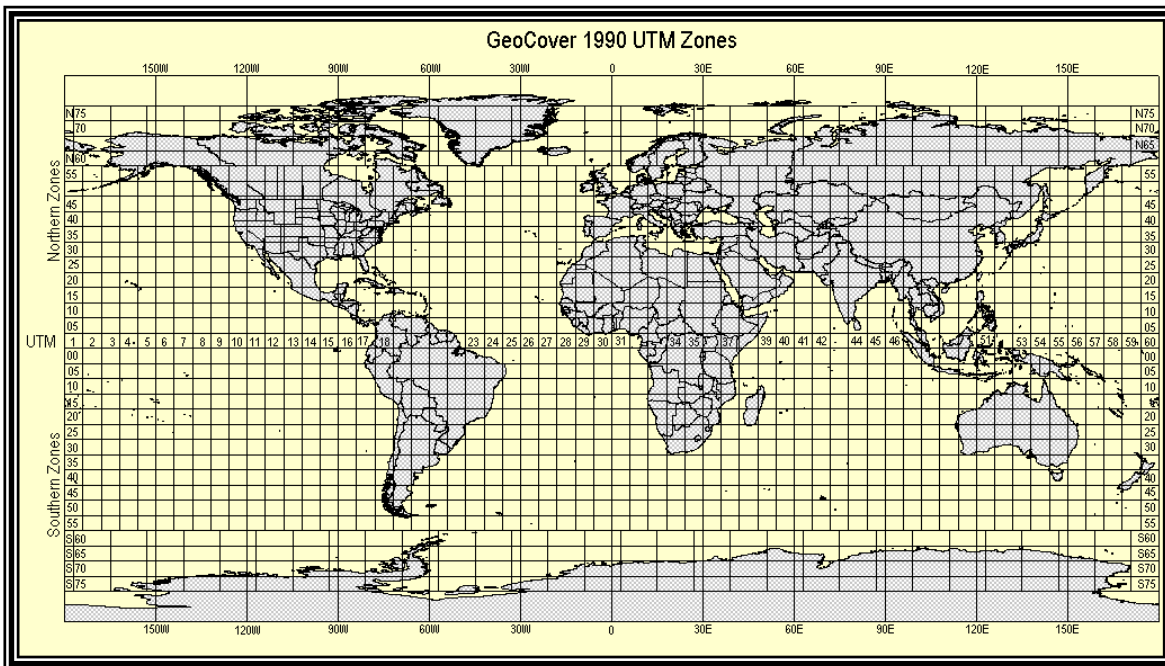


Figura 21.- Proyección UTM

3.1.2.2 Cónicas

Las proyecciones cónicas pueden ser de uno o dos paralelos base según las necesidades del trabajo. La proyección cónica simple puede tener uno o dos paralelos de referencia. Si tiene un paralelo de referencia entonces la malla de meridianos y paralelos se dibuja proyectándolos sobre el cono suponiendo un foco de luz que se encuentra en el centro del globo, ya que el cono sí es una figura geométrica que pueda desarrollarse en un plano. El mapa resultante es semicircular en el que los meridianos son líneas rectas dispuesta radialmente y los paralelos arcos de círculos concéntricos. La escala aumenta a medida que nos alejamos del paralelo de contacto entre el cono y la esfera.

Si tiene dos paralelos de referencia, el cono secante corta el globo, a medida que nos alejamos de ellos la escala aumenta pero en la región comprendida entre los dos paralelos la escala disminuye. A continuación citaré algunas proyecciones cartográficas cónicas que son utilizadas actualmente y algunas que fueron de uso anterior.

3.1.2.2.1 Proyección Albers Conica Equal Area

Está basada matemáticamente en un cono que es secante en dos paralelos. No existe deformación de las áreas. El polo Norte o el Polo Sur están representados por un arco. Sus propiedades se retienen en diferentes escalas y las planchas (hojas) individuales se pueden unir a lo largo de los bordes. Esta proyección produce mediciones de áreas y distancias muy exactas en latitudes medias, por consiguiente la Albers Conical Equal Area es apropiada para países o continentes en donde la distancia norte-sur es cerca de 3/5 la distancia este-oeste.

Cuando esta proyección se usa para la parte continental de los EU los dos paralelos estándar son 29.5° y 45.5° Norte.

La proyección Albers posee las propiedades de áreas iguales y los paralelos estándar son correctos en escala y en cada dirección. Por lo tanto, no existe distorsión angular y existe conformidad a lo largo de los paralelos estándar. Al igual que otras proyecciones cónicas esta proyección tiene arcos concéntricos para los paralelos y radios igualmente espaciados. Los paralelos no están igualmente espaciados, sino que están mas lejos entre los paralelos estándar y mas cerca en los límites norte-sur. Esta proyección es la más usada por el USGS en los mapas seccionales de todos los 50 estados de EU en el Atlas Nacional de 1970.

3.1.2.2.2 Proyección Cónica Equidistante

Con este tipo de proyecciones la distancia correcta se obtiene a lo largo de las líneas de contacto con el cono y los paralelos están espaciados equidistantemente. Esta proyección puede ser usada tanto con un paralelo estándar como con dos paralelos estándar. Esta proyección no es conforme ni de áreas iguales, pero la escala norte-sur a lo largo de los meridianos es correcta.

El Polo Norte o Sur es representado por un arco. Ya que la distorsión de la escala se incrementa cuando se incrementa la distancia desde las líneas de contacto, la proyección Cónica Equidistante es utilizada con mayor frecuencia para cartografiar regiones predominantes en dirección este-oeste, como el caso de las llanuras norteamericanas, el territorio ruso o canadiense, la USGS la usa para mapear el estado de Alaska por ejemplo.

3.1.2.2.3 Proyección Cónica Conforme de Lambert

Esta proyección es muy similar a la Albers Equal Area que se describió previamente. Está basada matemáticamente en un cono que es tangente en un paralelo o, más a menudo, secante a dos paralelos. La distorsión de áreas presenta un factor de distorsión bajo pero se incrementa con la distancia a los paralelos estándar. El Polo Norte o Sur se representa por un punto y el otro polo no podrá ser mostrado como en todas las proyecciones cónicas. Las líneas de gran círculo son aproximadamente rectas.

La proyección conserva sus propiedades a varias escalas y las hojas pueden ser unidas a lo largo de sus bordes. Esta proyección al igual que la Albers es muy valiosa en latitudes medias, en especial en países que se extienden de este-oeste como EU. Los paralelos estándar que se usan para los EU son 33° y 45° Norte.

La propiedad mas destacada de esta proyección es su conformidad. En todas las coordenadas, los meridianos y los paralelos se cruzan en ángulos rectos. Los ángulos rectos producen formas correctas. También los grandes círculos son aproximadamente rectos. La propiedad conforme de la proyección Lambert y las líneas rectas de los grandes círculos, la hacen valiosa para cartas aeronáuticas.

Esta es la proyección del sistema de coordenadas State Plane para estados que se expanden de este-oeste. Desde el año de 1962, la proyección Lambert se ha estado utilizando para el Map International del Mundo entre 84° Norte y 80° Sur. Por hacer mención a la diferencia entre la Equal Area y la Lambert, esta última conserva la forma verdadera para áreas pequeñas mientras que la Equal Area conserva las áreas iguales pero no la forma.

3.1.2.2.4 Proyección Policónica Modificada

Fue diseñada por Lallemand de France, y en 1909 fue adoptada por International Map Committee (IMC) en Londres como la base para la serie Map International del Mundo (IMW) a escala 1:1 000 000. Esta proyección difiere de la Policónica Ordinaria en dos características principales: todos los meridianos son rectos y existen dos meridianos para

los cuales la escala es verdadera. Las hojas adyacentes se ajustan entre sí exactamente no solamente en dirección norte-sur sino también este-oeste. Existe un vacío cuando se hace un mosaico en todas las direcciones, el vacío ocurre entre cada hoja diagonal y cualquiera de las otras hojas adyacentes. En 1962, en una conferencia de las Naciones Unidas sobre el IMW adoptó las proyecciones Cónica Conforme de Lambert y la Polar Estereográfica para reemplazar la proyección Policónica Modificada.

3.1.2.2.5 Proyección Transversal Modificada de Mercator

En 1972 la USGS definió una proyección específica para la actualización de un mapa de Alaska de 1954, el cual, como sus predecesores, estaba basado en la proyección Policónica. Esta proyección fue dibujada a la escala 1: 2, 000,000 y publicada a 1: 2, 500,000 y 1: 1, 584,000. Está preparada gráficamente para adaptar coordenadas para la proyección UTM, se la identifica como la proyección Modified Transverse Mercator. Se asemeja a la Transversal de Mercator de una manera limitada y no se puede considerar una proyección cilíndrica. Se asemeja a la proyección Cónica Equidistante por el elipsoide en construcción real. La proyección fue también utilizada en 1974 para un mapa básico de la región del Mar de Bering-Aleutianas publicado en escala 1: 2, 500,000.

“Se ha encontrado que es equivalente a la proyección Equidistant Conic para el elipsoide Clarke 1866, con la escala a lo largo de los meridianos reducida a 0.9992 de la escala verdadera y los paralelos estándar en las latitudes 66.09° y 53.50° Norte”. (ERDAS 2008)

3.1.2.3 Acimutales, Modificadas y Otras.

3.1.2.3.1 Proyección Hammer

La proyección Hammer es útil para la cartografía del mundo. En particular, la proyección es apropiada para mapas temáticos del mundo, como los de cobertura de la Tierra. El meridiano central está a la mitad del Ecuador y es una línea estrecha.

3.1.2.3.2 Proyección Ortográfica

Esta basada geoméricamente en un plano tangente a la Tierra y el punto de proyección es el infinito. La Tierra aparece como si se viera desde el espacio exterior. Los rayos de luz que definen la proyección son paralelos e intersectan el plano tangente en ángulos rectos. Esta proyección es una verdadera representación gráfica de la Tierra y es una proyección en la cual la distorsión se convierte en una ayuda visual. Esta es la más familiar de las proyecciones cartográficas acimutales. Las direcciones desde el centro de la proyección son verdaderas.

Está limitada a un hemisferio y expande las áreas hacia la periferia. En el aspecto polar, los intervalos entre los anillos de latitud disminuyen desde el centro hacia fuera. En el aspecto ecuatorial, el meridiano central y los paralelos son rectos, con los espacios acercándose hacia el eje exterior.

La proyección Ortográfica raramente aparece en los atlas, su utilidad es mas pictórica que técnica actualmente, empero, se ha usado como base para los mapas artísticos de Rand McNally y de USGS.

3.1.2.3.3 Proyección Polar Estereográfica

Puede ser usada para incluir todas las regiones que no estén dentro del sistema de coordenadas UTM, las regiones más allá de 84° N y 80° S. La proyección se conoce como Universal Polar Stereographic (UPS). La proyección es equivalente al aspecto polar de la proyección Estereográfica sobre un esferoide. El punto central esta en el Polo Norte o en el Polo Sur. De todas las proyecciones planas de aspecto polar, esta es la única que es conforme.

El punto de tangencia es un punto único, el Polo Norte o el Polo Sur. Si el plano es secante en lugar de tangente, el punto de contacto global es una línea de latitud. Esta proyección es una proyección acimutal que se obtiene proyectándola desde el polo opuesto. Cualquiera de los dos hemisferios puede ser mostrado pero no ambos.

Con esta proyección se produce un mapa circular con uno de los polos en el centro.

Además se expanden las áreas hacia la periferia y la escala se incrementa en áreas lejos del polo central. Los meridianos son rectos y radiales, los paralelos son círculos concéntricos. Aunque la escala y el área no son constantes con esta proyección, se mantiene la propiedad de conformalidad. El Centro de Astrogeología de Geological Survey en Flagstaff, Arizona, ha estado utilizando esta proyección para la cartografía de áreas polares de cada planeta y satélite para el cuál existe suficiente información.

3.1.2.3.4 Proyección Estereográfica Modificada

Los meridianos y paralelos de esta proyección son generalmente curvos y no existe usualmente simetría alrededor de ningún punto o línea. Existen limitaciones en estas transformaciones, la mayoría de ellas pueden ser usadas únicamente dentro de un rango limitado. A medida que la distancia desde el centro de proyección se incrementa, los meridianos, paralelos y líneas de costa empiezan a exhibir bucles, superposiciones y otras curvas indeseables. Un mapa del mundo que use la proyección GS50 (50-State) es prácticamente ilegible con los meridianos y los paralelos entremezclados como “wild vines” (ERDAS, 2008).

3.1.2.3.5 Proyección Gnomónica

Es una proyección perspectiva que se proyecta en un plano tangente desde una posición en el centro de la Tierra. Debido a la cercanía de la perspectiva, esta proyección está limitada a menos de un hemisferio, empero, esta es la única proyección que muestra todos los grandes círculos como líneas rectas. Con un aspecto polar, los intervalos de latitud se incrementan rápidamente desde el centro hacia fuera.

Con un aspecto oblicuo o ecuatorial, el ecuador y los meridianos son rectos y paralelos, mientras que los intervalos entre paralelos se incrementan rápidamente desde el centro y los paralelos son convexos hacia el ecuador.

Como los grandes círculos son rectos, esta proyección es útil para la navegación aérea y marítima. Las líneas de rumbo son curvas, lo cual es contrario a la proyección de Mercator.

3.1.2.3.6 Proyección Lambert Azimuthal Equal Area

Basada matemáticamente en un plano tangente a la Tierra. Es la única proyección que puede representar exactamente tanto el área como la dirección verdadera a partir del centro de proyección. Este punto central puede estar localizado en cualquier parte. Los círculos concéntricos están cercanos hacia el borde del mapa y la escala tiene distorsiones similares. Esta proyección generalmente representa únicamente un hemisferio.

En el aspecto polar, los anillos de latitud disminuyen sus intervalos desde el centro hacia fuera. En el aspecto ecuatorial, los paralelos son curvas aplanadas en la mitad. Los meridianos también son curvos, excepto el meridiano central y los espaciamentos disminuyen hacia los bordes.

3.1.2.3.7 Proyección Sinusoidal

Algunas veces conocida como Sanso-Flamsteed, La proyección Sinusoidal tiene algunas características de la proyección cilíndrica y es mencionada con frecuencia como pseudo cilíndrica. El meridiano central es el único meridiano recto, todos los otros se convierten en curvas sinusoidales. Todos los paralelos son rectos y tiene longitud correcta. Los paralelos también tienen la distancia correcta desde el Ecuador, la cuál, para un mapa mundial completo tiene el doble de longitud del meridiano central.

Los mapas sinusoidales tienen la propiedad de áreas iguales pero no la de conformalidad. El Ecuador y el meridiano central no tienen distorsión pero ella se incrementa cerca de los meridianos exteriores, especialmente en las regiones polares.

La interrupción de un mapa hemisférico o mundial puede disminuir la distorsión. Una proyección sinusoidal interrumpida contiene menos distorsión debido a que cada área interrumpida puede ser construida para contener un meridiano central separado.

Los meridianos centrales pueden ser diferentes para los hemisferios Norte y Sur y pueden ser seleccionados para minimizar la distorsión de los continentes u océanos.

Esta proyección es particularmente apropiada para áreas menores que el mundo, especialmente aquellas que bordean el Ecuador, tales como América del Sur o África. La proyección también es usada por la USGS como un mapa base para mostrar la principales provincias de hidrocarburos y las cuencas sedimentarias del mundo. (ERDAS 2008)

3.1.3 DEFINICIÓN DE GEOMÁTICA

Actualmente existe una disciplina de reciente desarrollo en México, llamada Geomática que aparece de la unión de las ciencias de la Tierra y la Informática con fundamentos en la ingeniería topográfica, esta sustentado en un método sistemático buscando la integración completa de una gama de ciencias de la medición, la geografía, lo mercantil, la computación, el desarrollo y la legislación, dicho proceso se lleva a cabo por medio de técnicas y metodologías para la obtención, análisis, manejo, despliegue y almacenamiento, presentación y distribución de datos geoespaciales.

La geomática es fundamental para todas las ciencias que utilizan datos espacialmente referenciados y ha tenido un importante crecimiento desde la década de 1990. Actualmente existen resultados exitosos de la aplicación de las técnicas de geomática en áreas como medicina, geología, negocios (bienes raíces), arqueología, ingeniería civil, ingeniería ambiental, entre otras, posiblemente es por ello que la Universidad Nacional Autónoma de México la ha incluido ya dentro de las carreras de la ingeniería impartida en la Facultad de Ingeniería de Ciudad Universitaria. Algunas otras definiciones de Geomática alrededor del mundo son las siguientes:

"Arte, ciencia y tecnologías relacionadas al manejo de información geográficamente referenciada" (Universidad de New Brunswick,, Canadá. 2001).

"Geomática se preocupa de las mediciones, análisis, manejo, extracción y despliegue gráfico de datos espaciales relacionados con las características físicas de la Tierra" (Universidad de Melbourne, Australia. 2000).

"Geomática es un campo de actividades que, usando una aproximación sistémica, integra todos los medios para adquirir y manejar datos espaciales requeridos como parte de actividades científicas, administrativas, legales y técnicas que se preocupan de la producción y manejo de información espacial (Instituto Canadiense de Geomática, Canadá. 2000).

"Geomática es un término científico moderno que se refiere a una aproximación integrada de mediciones, análisis y manejo de la descripción y localización de datos de la Tierra, a menudo denominados datos espaciales" (Universidad de Florida, Estados Unidos. 2000).

"Ingeniería Geomática es un campo de actividades que integra la adquisición, procesamiento, análisis, despliegue gráfico y manejo de información espacial" (Colegio Universitario de Londres, Inglaterra. 1999).

"La definición más elemental de Geomática aparece como una integración de percepción remota, sistema de posicionamiento global y sistemas de información geográfica" (Universidad Estatal de Colorado, Estados Unidos. 1997).

"Geomática es recolección, manejo, análisis y presentación de datos espacialmente referenciados". "Quizás hay una simple respuesta para la pregunta ¿qué es Geomática? GEOMATICA = GEOGRAFIA APLICADA" (Organización GEOMATICS pensando espacialmente, Reino Unido. 2001).

Finalmente, se pueden agregar dos definiciones más generales que las anteriores:

"Geomática es la informática aplicada a la Geografía" (Academia de Nice, Francia. 2000).

"Geomática es el término que mejor describe un amplio rango de técnicas utilizadas para medir y describir la Tierra" (Universidad Estatal de California, Estados Unidos. 2001).

Todas las definiciones presentadas apuntan a la integración sistémica de algunas técnicas, tales como las relacionadas con levantamientos de datos, posicionamiento global, percepción remota y fotogrametría, cartografía automatizada y sistemas de información geográfica.

En la actualidad el levantamiento de datos se apoya en una amplia gama de instrumentos, técnicas y métodos matemáticos para realizar mediciones de objetos, en rangos de tamaño que van desde una cabeza de alfiler hasta el planeta Tierra en su totalidad. Una de las tecnologías modernas, que ya están incorporadas en las actividades de levantamiento de datos, es el Sistema de Posicionamiento Global que se ha convertido en una técnica de apoyo imprescindible, si se requiere una localización precisa de los objetos.

Por otro lado, existen tecnologías como percepción remota y fotogrametría, las que permiten inferir datos de un objeto o del ambiente físico en forma remota sin estar en contacto físico con ellos y resultan muy importantes cuando se requieren datos distribuidos sobre amplias zonas geográficas, incluyendo información en tres dimensiones. Los instrumentos que posibilitan estas formas de recopilar datos pueden estar montados en plataformas aéreas o espaciales como ya se ha mencionado con anterioridad. Para el procesamiento y análisis de los datos recopilados con una u otra técnica, se utilizan programas computacionales tales como procesadores de imágenes o sistemas de información geográfica, los que además permiten realizar funciones de simulación y modelado. Finalmente los resultados obtenidos se presentan o despliegan gráficamente con técnicas modernas de cartografía automatizada.

Es importante recordar que la tecnología avanza de manera impresionante y ahora es posible acceder a esta tecnología para realizar actividades comunes tales como ir al supermercado, salir de paseo, localización de puntos de interés etc., todo fundamentado en los conocimientos básicos de estas disciplinas siendo posible tener ahora acceso a ellas desde un simple teléfono celular.

Existen diversos proyectos en dónde se esta usando la Geomática que se citaran para tener un horizonte mas amplio de los usos de estas técnicas. En primer lugar el “Inventario de Suelo de Baja California Sur y Sinaloa” que lo está llevando a cabo la UABC (Universidad Autónoma de Baja California) en convenio con SEDESOL (Secretaría de Desarrollo Social), dicho proyecto contempla las ciudades de Mexicali, Ensenada, Zona Metropolitana de Tijuana en BC, La Paz en BCS y Culiacán y Mazatlán en Sinaloa.

Otro proyecto al que se hará mención es “Modernización del Registro Inmobiliario” La finalidad del Programa es contar con un sistema de información actualizado, veraz y accesible del Registro Inmobiliario Municipal (RIM) para facilitar las tareas de control, administración y planeación municipal en Mexicali.

El Programa se realizó mediante 4 áreas de trabajo: documental, logística, cartografía y de campo. El laboratorio de geomática de la Universidad Autónoma de Baja California ha participado en la generación de una serie de productos que sirven de base al sistema del RIM (Research In Motion), como son:

Cartografía Digital	Reporte Digital	Manuales	Capacitación
Básica: Predios urbanos Condominios Construcciones Predios Rústicos Complementarios: Manzanas Colonias Claves Calles Adicional: Códigos Postales AGEBs Valores	Reporte Digital de Inconsistencias	Manual de Procedimientos para la elaboración de Cartografía Digital y Reportes de Inconsistencias Manual de Incorporación de Predios Rústicos y Suburbanos	Capacitación del personal de Catastro para el manejo de la cartografía digital

Tabla 4.- Uso de SIGS en catastros

Elaborar la cartografía digital implicó la revisión de la información catastral disponible y el uso de la tecnología satelital (imagen IKONOS de alta resolución). El resultado fue un conjunto de predios revisados, corregidos y georreferenciados, con una serie de variables integradas cuyo identificador principal es la clave catastral. De esta manera, se tiene una base de información geográfica vinculada al RIM que posibilita la consulta por predios y por atributos.

La integración del enfoque territorial al sistema del RIM, requiere de registrar todo aquello que ocupa una superficie en el territorio municipal. Bajo este enfoque, es necesario incorporar la cartografía digital de las vialidades comprendidas dentro de la mancha urbana, así como de los predios urbanos, rústicos y vialidades del resto del territorio municipal.

De esta manera se integraría al sistema del RIM la superficie total del Municipio. Dicho proyecto se lleva a cabo en Convenio de Colaboración UABC-Dirección de Catastro Municipal. (Universidad Autónoma de Baja California, 2007).

3.2 DEFINICIÓN DE DATUM

Términos como “escala”, “proyección”, “datum”, “transformación de coordenadas” son usados frecuentemente entre geógrafos, cartógrafos y algunos otros expertos en la materia, dichos términos son comunes al momento de trabajar con datos espaciales y a su vez son los menos dominados. Esto lleva a cometer errores importantes durante el ingreso de los datos y sobre todo, cuando se quiere juntar información proveniente de fuentes distintas (MIRANDA, 2006).

El Datum es un dato de suma importancia ya que es un modelo matemático diseñado para que ajuste lo mejor posible parte del geoide o todo él. Se define por un elipsoide y se relaciona con un punto de la superficie topográfica para establecer el origen del datum. Esta relación se puede definir por seis cantidades: la latitud y longitud geodésica y la altura del origen, los dos componentes de la deflexión de la vertical en el origen y el azimut geodésico de una línea de dicho origen a cualquier punto.

En resumen, es un punto de la superficie terrestre donde geoide y elipsoide son coincidentes. Como se sabe el elipsoide de revolución y la superficie terrestre no son iguales por tal motivo se usa este parámetro. Aplicado a los SIG, tiene una ligera variación su significado, ya que hace referencia, no sólo al punto fundamental o DATUM, sino al elipsoide de referencia que se utiliza para representar matemáticamente la superficie terrestre.

Se ha considerado un apartado para este parámetro, puesto que generalmente los egresados de la carrera de Geografía desconocen estos parámetros y nos convertimos en técnicos y aprieta botones de diversos software sin conocimiento de causa del porqué estamos usando este o aquel elipsoide, es verdad que los SIGS lo hacen ya por default sin embargo al existir una variación o tener otra necesidad diferente a la primera no se sabría cual utilizar puesto que se desconoce la base de los elipsoides.

A continuación se enlistarán una cantidad de Datums que se han obtenido al pasar de los años y que, hay que considerar en todo momento, cada uno sirve mejor para las necesidades específicas de una región o tipo de estudio. El autor de dicho listado es Peter H. Dana del Departamento de Geografía de la Universidad de Austin Texas.

CONSIDERACIONES:

- Datum, Elipsoid, Delta a, Delta f ($\times 10^4$), Delta X, Delta Y, Delta Z.
- Delta parameters are with respect to WGS
- -84 parameters for conversion from the specified datum to WGS-84.
- Parameter Delta a is the WGS-84 Equatorial radius minus the specified datum Equatorial radius in meters.
- Parameter Delta f is the WGS-84 flattening minus the specified datum flattening multiplied by 10^4 .
- Delta X, Y, Z parameters are WGS-84 X, Y, Z parameters minus the specified datum X, Y, Z in meters.
- The Delta X, Y, and Z parameters are added to the specified datum X, Y, Z to convert to WGS-84.
- The source for most of these parameters is Defense Mapping Agency Technical Report, Department of Defense World Geodetic System 1984, DMA TR 8350.2 Second Edition, 1 September 1991.
- WGS-84 Equatorial Radius (a) = 6378137.0
- WGS-84 Flattening (f) = 1/298.257223563

A continuación una lista de los Datums que se han calculado:

Adindan, Clarke_1880, -112.145, -0.54750714, -166, -15, +204

Afgooye, Krassovsky, -108.0, 0.00480795, -43, -163, +45

Ain_El_Abd_1970, International, -251.0, -0.14192702, -150, -251, -2

Alaska_(NAD-27), Clarke_1866, -69.4, -0.37264639, -5, +135, +172

Alaska/Canada_NAD-27, Clarke_1866, -69.4, -0.37264639, -9, +151, +185

Anna_1_Astro_1965, Australian_National, -23.0, -0.00081204, -491, -22, +435

ARC-1950_mean, Clarke_1880, -112.145, -0.54750714, -143, -90, -294

ARC-1960_mean, Clarke_1880, -112.145, -0.54750714, -160, -8, -300

Ascension_Island_'58, International, -251.0, -0.14192702, -207, +107, +52

Astro_B4_Sor.Atoll, International, -251.0, -0.14192702, +114, -116, -333

Astro_Beacon_"E", International, -251.0, -0.14192702, +145, +75, -272

Astro_Pos_71/4, International, -251.0, -0.14192702, -320, +550, -494

Astronomic_Stn._'52, International, -251.0, -0.14192702, +124, -234, -25

Australian_Geodetic_1984, Australian_National, -23.0, -0.00081204, -134, -48, +149

Bahamas_(NAD-27), Clarke_1866, -69.4, -0.37264639, -4, +154, +178

Bellevue_(IGN), International, -251.0, -0.14192702, -127, -769, +472

Bermuda_1957, Clarke_1866, -69.4, -0.37264639, -73, +213, +296

Bogota_Observatory, International, -251.0, -0.14192702, +307, +304, -318

Bukit_Rimpah, Bessel_1841, 739.845, 0.10037483, -384, +664, -48

Camp_Area_Astro, International, -251.0, -0.14192702, -104, -129, +239

Campo_Inchauspe, International, -251.0, -0.14192702, -148, +136, +90

Canada_Mean_(NAD27), Clarke_1866, -69.4, -0.37264639, -10, +158, +187

Canal_Zone_(NAD27), Clarke_1866, -69.4, -0.37264639, 0, +125, +201

Canton_Island_1966, International, -251.0, -0.14192702, +298, -304, -375

Cape, Clarke_1880, -112.145, -0.54750714, -136, -108, -292

Cape_Canaveral_mean, Clarke_1866, -69.4, -0.37264639, -2, +150, +181

Carribean_(NAD27), Clarke_1866, -69.4, -0.37264639, -7, +152, +178

Carthage, Clarke_1880, -112.145, -0.54750714, -263, +6, +431

Central_America_(NAD27), Clarke_1866, -69.4, -0.37264639, 0, +125, +194

Chatham_1971, International, -251.0, -0.14192702, +175, -38, +113

Chua_Astro, International, -251.0, -0.14192702, -134, +229, -29

Corrego_Alegre, International, -251.0, -0.14192702, -206, +172, -6

Corrego_Alegre_(Provisional), International, -251.0, -0.14192702, -206, +172, -6

Cuba_(NAD27), Clarke_1866, -69.4, -0.37264639, -9, +152, +178

Cyprus, International, -251.0, -0.14192702, -104, -101, -140

Djakarta(Batavia), Bessel_1841, 739.845, 0.10037483, -377, 681, -50

DOS_1968, International, -251.0, -0.14192702, +230, -199, -752

Easter_Island_1967, International, -251.0, -0.14192702, +211, +147, +111

Egypt, International, -251.0, -0.14192702, -130, -117, -151

European_1950, International, -251.0, -0.14192702, -87, -96, -120

European_1950_mean, International, -251.0, -0.14192702, -87, -98, -121

European_1979_mean, International, -251.0, -0.14192702, -86, -98, -119

Finnish_Nautical_Chart, International, -251.0, -0.14192702, -78, -231, -97

Gandajika_Base, International, -251.0, -0.14192702, -133, -321, +50

Geodetic_Datum_'49, International, -251.0, -0.14192702, +84, -22, +209

Ghana, WGS-84, 0.0, 0.0, 0, 0, 0

Greenland_(NAD27), Clarke_1866, -69.4, -0.37264639, +11, +114, +195

Guam_1963, Clarke_1866, -69.4, -0.37264639, -100, -248, +259

Gunung_Segara, Bessel_1841, 739.845, 0.10037483, -403, +684, +41

Gunung_Serindung_1962, WGS-84, 0.0, 0.0, 0, 0, 0

GUX_1_Astro, International, -251.0, -0.14192702, +252, -209, -751

Herat_North, International, -251.0, -0.14192702, -333, -222, +114

Hjorsey_1955, International, -251.0, -0.14192702, -73, +46, -86

Hong_Kong_1963, International, -251.0, -0.14192702, -156, -271, -189

Hu-Tzu-Shan, International, -251.0, -0.14192702, -634, -549, -201

Indian, Everest, 860.655, 0.28361368, +289, +734, +257

Iran, International, -251.0, -0.14192702, -117, -132, -164

Ireland_1965, Modified_Airy, 796.811, 0.11960023, +506, -122, +611

ISTS_073_Astro_'69, International, -251.0, -0.14192702, +208, -435, -229

Johnston_Island_'61, International, -251.0, -0.14192702, +191, -77, -204

Kandawala, Everest, 860.655, 0.28361368, -97, +787, +86

Kerguelen_Island, International, -251.0, -0.14192702, +145, -187, +103

Kertau_'48, Modified_Everest, 832.937, 0.28361368, -11, +851, +5

L.C._5_Astro, Clarke_1866, -69.4, -0.37264639, +42, +124, +147

La_Reunion, International, -251.0, -0.14192702, +94, -948, -1262

Liberia_1964, Clarke_1880, -112.145, -0.54750714, -90, +40, +88

Luzon, Clarke_1866, -69.4, -0.37264639, -133, -77, -51

Mahe_1971, Clarke_1880, -112.145, -0.54750714, +41, -220, -134

Marco_Astro, International, -251.0, -0.14192702, -289, -124, +60

Masirah_Is_(Nahrwan), Clarke_1880, -112.145, -0.54750714, -247, -148, +369

Massawa, Bessel_1841, 739.845, 0.10037483, +639, +405, +60

Merchich, Clarke_1880, -112.145, -0.54750714, +31, +146, +47

Mexico_(NAD27), Clarke_1866, -69.4, -0.37264639, -12, +130, +190

Midway_Astro_'61, International, -251.0, -0.14192702, +912, -58, +1227

Mindanao, Clarke_1866, -69.4, -0.37264639, -133, -79, -72

Minna, Clarke_1880, -112.145, -0.54750714, -92, -93, +122

Montjong_Lowe, WGS-84, 0.0, 0.0, 0, 0, 0

Nahrwan, Clarke_1880, -112.145, -0.54750714, -231, -196, +482

Naparima_BWI, International, -251.0, -0.14192702, -2, +374, +172

North_America_'83, GRS_80, 0.0, -0.00000016, 0, 0, 0

North_America_1927_mean, Clarke_1866, -69.4, -0.37264639, -8, +160, +176

Observatorio_1966, International, -251.0, -0.14192702, -425, -169, +81

Old_Egyptian, Helmert_1906, -63.0, 0.00480795, -130, +110, -13

Old_Hawaiian_mean, Clarke_1866, -69.4, -0.37264639, +89, -279, -183

Old_Hawaiian_Kauai, Clarke_1866, -69.4, -0.37264639, +45, -290, -172

Old_Hawaiian_Maui, Clarke_1866, -69.4, -0.37264639, +65, -290, -190

Old_Hawaiian_Oahu, Clarke_1866, -69.4, -0.37264639, +56, -284, -181

Oman, Clarke_1880, -112.145, -0.54750714, -346, -1, +224

Ordnance_Survey_of_Great_Britain_'36, Airy, 573.604, 0.11960023, +375, -111, +431

Pico_De_Las_Nieves, International, -251.0, -0.14192702, -307, -92, +127

Pitcairn_Astro_'67, International, -251.0, -0.14192702, +185, +165, +42

Potsdam_Rauenberg_DHDN, Bessel_1841, 739.845, 0.10037483, +606, +23, +413

Provisional_South_American_1956_mean, International, -251.0, -0.14192702, -288, +175, -376

Provisional_South_Chilean_1963, International, -251.0, -0.14192702, +16, +196, +93

Puerto_Rico, Clarke_1866, -69.4, -0.37264639, +11, +72, -101

Pulkovo_1942, Krassovsky, -108,0.00480795, +28, -130, -95

Qornoq, International, -251.0, -0.14192702, +164, +138, -189

Quatar_National, International, -251.0, -0.14192702, -128, -283, +22

Rome_1940, International, -251.0, -0.14192702, -225, -65, +9

S_42, Krassovsky, -108,0.00480795, +28, -121, -77

S.E.Asia_(Indian), Everest, 860.655, 0.28361368, +173, +750, +264

SAD-69/Brazil, South_American_1969, -23.0, -0.00081204, -60, -2, -41

Santa_Braz, International, -251.0, -0.14192702, -203, +141, +53

Santo_(DOS), International, -251.0, -0.14192702, +170, +42, +84

Sapper_Hill_'43, International, -251.0, -0.14192702, -355, +16, +74

Schwarzeck, Bessel_1841_(Namibia), 653.135, 0.10037483, +616, +97, -251

Sicily, International, -251.0, -0.14192702, -97, -88, -135

Sierra_Leone_1960, WGS-84, 0.0, 0.0, 0, 0, 0

South_American_1969_mean, South_American_1969, -23.0, -0.00081204, -57, +1, -41
 South_Asia, Modified_Fischer_1960, -18.0, 0.00480795, +7, -10, -26
 Southeast_Base, International, -251.0, -0.14192702, -499, -249, +314
 Southwest_Base, International, -251.0, -0.14192702, -104, +167, -38
 Tananarive_Observatory_'25, International, -251.0, -0.14192702, -189, -242, -91
 Thai/Viet_(Indian), Everest, 860.655, 0.28361368, +214, +836, +303
 Timbalai_1948, Everest, 860.655, 0.28361368, -689, +691, -45
 Tokyo_mean, Bessel_1841, 739.845, 0.10037483, -128, +481, +664
 Tristan_Astro_1968, International, -251.0, -0.14192702, -632, +438, -609
 Unites_Arab_Emirates_(Nahrwan), Clarke_1880, -112.145, -0.54750714, -249, -156, +381
 Viti_Levu_1916, Clarke_1880, -112.145, -0.54750714, +51, +391, -36
 Wake-Eniwetok_'60, Hough, -133.0, -0.14192702, +101, +52, -39
 WGS-72, WGS-72, 2.0, 0.0003121057, 0, 0, +5
 WGS-84, WGS-84, 0.0, 0.0, 0, 0, 0
 Yacare, International, -251.0, -0.14192702, -155, +171, +37
 Zanderij, International, -251.0, -0.14192702, -265, +120, -358

Es importante señalar que el Datum tiene asociado uno y sólo un elipsoide. Este punto merece especial atención ya que de él se desprende en la fusión del geoide y elipsoide el datum. El datum es el punto de referencia para la medición de coordenadas de un país, establecido a partir de observaciones astronómicas muy detalladas y con tan alta precisión que permita generar a partir de su determinación la red geodésica de un territorio.

El punto datum será aquel en el cual el elipsoide de referencia y el geoide se asumen como tangentes, coincidiendo así las verticales a las dos superficies.

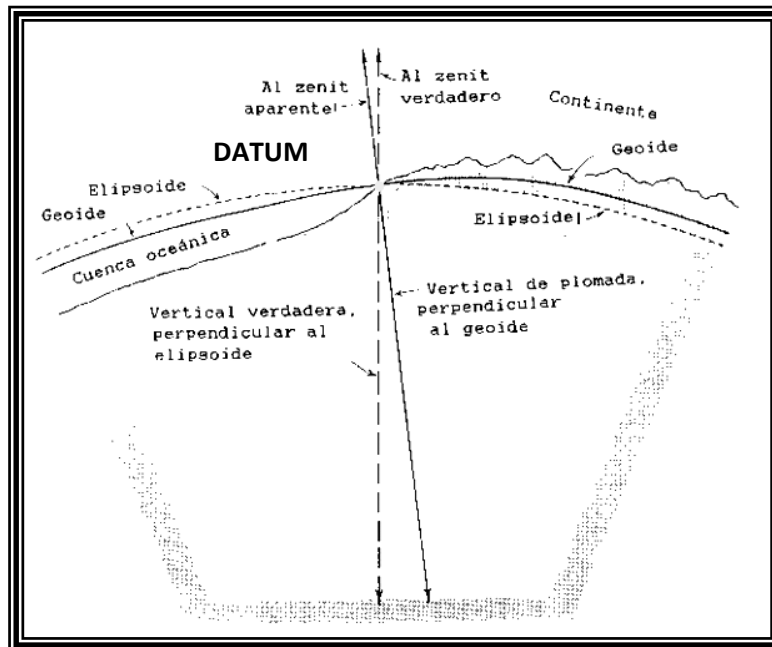


Figura 22.- Punto Datum de cualquier lugar de la superficie terrestre

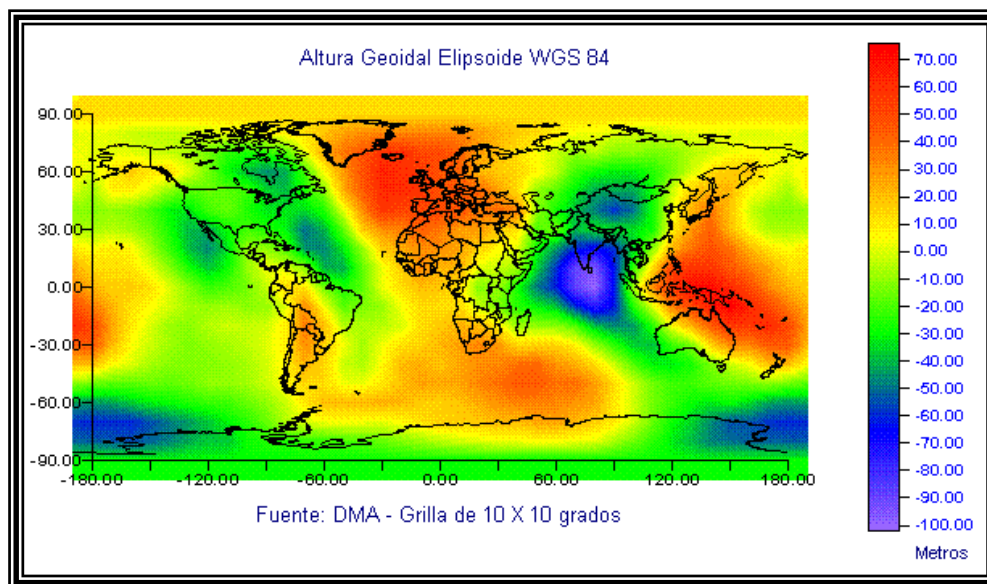
3.2.1 ELIPSOIDE Y GEOIDE

El elipsoide constituye un modelo geométrico de la forma de la Tierra, que se define mediante una elipse de rotación con los parámetros de semieje mayor, semieje menor y un achatamiento.

El geoide corresponde a la superficie equipotencial imaginaria resultante de proyectar la superficie media del mar y en la que la fuerza de atracción gravitatoria de la Tierra y la fuerza centrífuga (producto de su rotación) se encuentran en equilibrio. El cálculo del geoide considera las anomalías gravimétricas de la superficie terrestre debidas a la distribución desigual de las masas continentales y las variaciones en densidad de la misma.

La diferencia entre el elipsoide que es el modelo geométrico de la Tierra y el geoide que es el modelo Físico de la Tierra, se denomina ondulación geoidal y esta diferencia debe considerarse y corregirse cuando se obtengan valores de altura sobre la superficie terrestre, como es el caso de los dispositivos GPS, cuya coordenada Z esta referida al elipsoide WGS-84.

Es interesante recalcar la diferencia que llega a existir si utilizamos diferentes DATUMS ya que aparentemente usamos coordenadas geográficas para ubicar puntos sobre la superficie terrestre y se piensa que un punto sobre la tierra solo puede tener una sola configuración de coordenadas geográficas situación que esta completamente alejada de la realidad ya que un usuario poco experimentado y sin conocimiento de los DATUMS puede tomar dos cartas con diferentes datum y localizar las mismas coordenadas geográficas pensando que es el mismo punto.



Mapa 2.- Mapa de las ondulaciones geoidales o discrepancias (en metros) entre el geoide y el elipsoide WGS 84.

Por ejemplo:

- e) $33^{\circ} 20' 05''$ S, $72^{\circ} 10' 34''$ W, Elipsoide Internacional de 1909 (1924), Datum Provisorio Suramericano de 1956 (PSDA56).
- f) $33^{\circ} 20' 05''$ S, $72^{\circ} 10' 34''$ W, Elipsoide Internacional de 1969 Datum Suramericano de 1969 (SAD69).

Corresponden estos datos a dos puntos diferentes sobre la Tierra. Con el cálculo del DATUM WGS84 se destaca que este elipsoide es utilizado actualmente por el Sistema de Posicionamiento Global (GPS) y GLONAS (siglas: ГЛОНАСС; ГЛОбальная НАвигационная Спутниковая Система; Global'naya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema) es un Sistema Global de Navegación por Satélite (GNSS) desarrollado por Rusia y que representa la contrapartida al GPS estadounidense y al futuro Galileo europeo. Consta de una constelación de 24 satélites (21 en activo y 3 satélites de repuesto) situados en tres planos orbitales con 8 satélites cada uno y siguiendo una órbita inclinada de $64,8^{\circ}$ con un radio de 25510 kilómetros. La constelación de GLONASS se mueve en órbita alrededor de la tierra con una altitud de 19.100 kilómetros (algo más bajo que el GPS) y tarda aproximadamente 11 horas y 15 minutos en completar una órbita. El sistema está a cargo del Ministerio de Defensa de la Federación Rusa y los satélites se han lanzado desde Tyuratam, Kazajistán), además de que es el primero en contar con un sistema de referencia en coordenadas geográficas que es único para todo el mundo.

Anteriormente cada elipsoide se ubicaba en diferentes posiciones o puntos de referencia (DATUM) de tal forma que se obtenía un buen ajuste solo para el área o región mapeada, se han desarrollado fórmulas matemáticas que permiten relacionar la diferencia de posición

del centro de estos elipsoides con respecto al WGS84, puesto que este es un elipsoide geocéntrico, por ello en México se ha tenido la necesidad de migrar los datos de la cartografía existente que se encontraba en NAD1927 elaborada en su mayoría por el INEGI a este nuevo DATUM el WGS84.

Durante el uso del software Arc Gis 9 de ESRI para digitalización y edición del proyecto se detecto que dos capas (layers) de información que deberían sobreponerse no lo hacían y quedaban desfasadas por al menos 250 metros, este error es porque se están utilizando datums diferentes, una capa en NAD27 y la otra en WGS84, es importante recalcar que cuando dos capas de información no se sobreponen y el desfase es métrico el error en la introducción de datos a la capa es de datum, pero si la diferencia entre las capas de información es millonaria, entonces, el error es de proyección, estos datos se deberán editar para cada capa.

CAPÍTULO 4

4 APLICACIÓN DE LA FOTOGRAMETRÍA Y CARTOGRAFÍA A UN PROYECTO DE TELECOMUNICACIONES

4.1 NECESIDADES ACTUALES DE LAS EMPRESAS

En la actualidad las empresas requieren de trabajos de mejor calidad para poder entrar al mercado y ser competitivos por este motivo, requieren de personal mejor capacitado que cubra perfiles específicos y que sepa tomar decisiones importantes en momentos críticos. Los esfuerzos y recursos que las instituciones europeas, japonesas y norteamericanas destinan a la formación de recursos humanos, con el fin, tanto de mejorar las condiciones de las empresas para competir y crear valor, así como de contribuir en la lucha contra el desempleo, han registrado notables incrementos e intensas reordenaciones de cara a mejorar su eficiencia y eficacia.

Actualmente existe un amplio consenso sobre el papel clave que desempeña la formación para incrementar la productividad del factor trabajo, para facilitar la penetración de la tecnología en los procesos productivos, para aumentar la empleabilidad y la versatilidad de la mano de obra. La formación contribuye a mejorar la preparación de la mano de obra, factor que aumenta sin duda la competitividad de las empresas.

La creciente competitividad, la generalización de las nuevas técnicas de información y comunicación, la terciarización de la economía y la intensificación de innovaciones, tanto en productos como en procesos productivos y en gestión, que actúan como elementos

diferenciadores y de competencia, están sometiendo al empleo de las economías desarrolladas a adaptarse a unos nuevos requerimientos de cualificaciones.

En un estudio hecho por la Universidad Autónoma de la Región de Murcia llamado “Estudio sobre necesidades y tendencias en la formación de empresas”, se llegó a la conclusión de que en los territorios menos avanzados económicamente el trabajo es el factor productivo más abundante, cuando mejora la cualificación y calidad a través de la capacitación y la formación, se incrementa el potencial de crecimiento económico y desarrollo.

La mayor productividad de los trabajadores más cualificados, unida a las ventajas que proporciona en relación con unas más elevadas posibilidades

4.2 EXPLICACIÓN DEL PROYECTO

Este proyecto se plantea en base a las necesidades de una empresa que citaré como “MBM” en la cual trabajé durante 2 años y vi las carencias en cuanto a conocimientos y técnicas de trabajo en el área de cartografía y fotogrametría, por tal motivo decidí hacer este trabajo con la finalidad de que futuros compañeros que se enfrenten a trabajos como estos tengan un panorama más amplio y puedan tomar decisiones más acertadas.

La idea principal del proyecto es realizar una cartografía actualizada del condado de Los Ángeles de las vías de comunicación en zonas urbanas y en vías de urbanización sobre

fotografías aéreas. Debido a la capacidad económica de los Estados Unidos se pueden dar el lujo de literalmente de mover las calles, derribar construcciones y construir las nuevamente en otro punto, desarrollar nuevas instalaciones de servicios como luz, agua, teléfono, etc.

Es importante señalar que a diferencia de México, en los Estados Unidos se pretende tener todo el servicio que se requiere de cableado de manera subterránea de tal forma que el cableado no afecte algún tipo de construcción que se requiera realizar o bien, que cualquier vehículo con dimensiones especiales pueda circular sin problemas en casi cualquier vía de comunicación urbana.

Los servicios que pretende dar dicha empresa son telecomunicaciones sin embargo por el tipo de empresa que maneja diversos rubros de servicios se aprovecha el estudio para actualizar bases de datos, delimitaciones territoriales, zonas de afectación y zonas de necesidad de algún tipo de servicio. El crecimiento de las zonas urbanas en el condado de Los Ángeles ha sido lo suficientemente importante como para tener que desarrollar nuevos complejos habitacionales en zonas no urbanas por lo cuál necesitarán de servicios en un futuro no lejano.

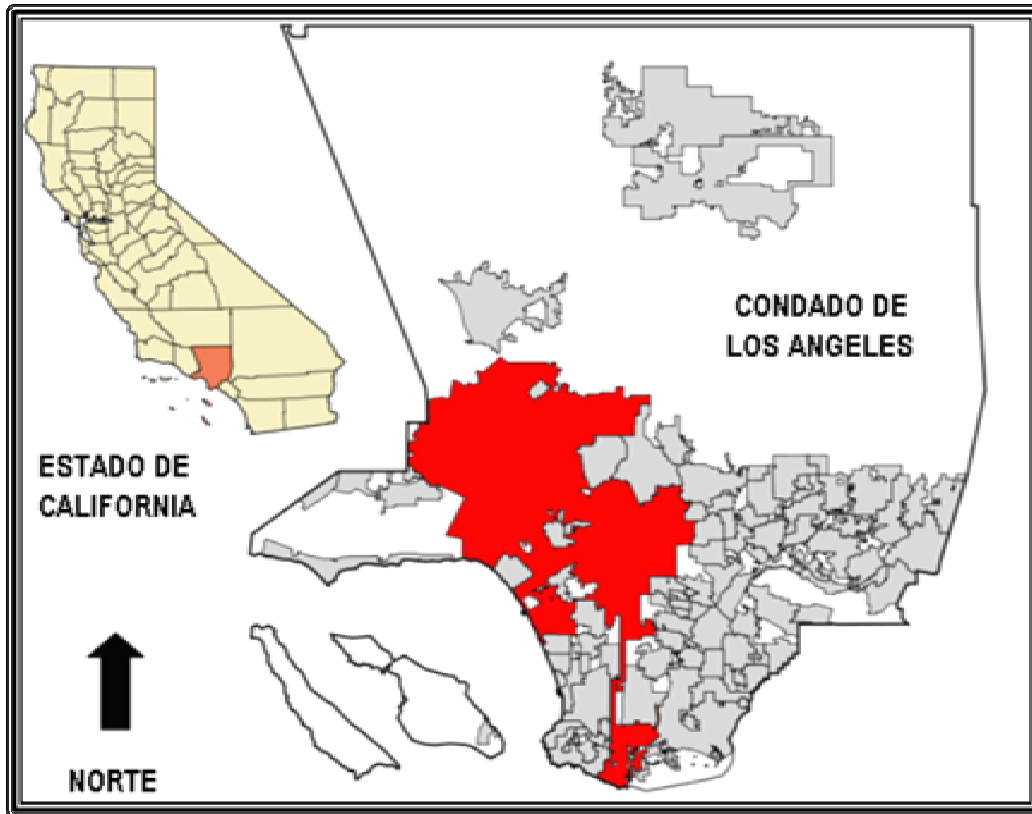
El proyecto se lleva a cabo en varias facetas siendo la primera la detección de los nuevos complejos habitacionales o nuevas zonas residenciales llamados frecuentemente suburbios indistintamente de la clase social que los albergue. Para esto se toman fotografías aéreas no actualizadas y fotografías aéreas actualizadas para llevar a cabo la detección de las nuevas

zonas habitacionales. Además, algunas zonas ya detectadas y que se localizan dentro del área de trabajo de dicha empresa tienen levantamientos topográficos los cuales no están georreferenciados esto conlleva a una problemática nueva, localizarlos en fotografías aéreas que posiblemente no estén actualizadas sobre una base existente de trazas viales en proyecto de desarrollo.

Con base a estos levantamientos topográficos que son, vale señalar, los documentos más importantes y fidedignos de este proyecto, se realizan las acciones de mantenimiento y actualización de bases de datos en el área de telecomunicaciones de la empresa. Estos levantamientos topográficos presentan las medidas reales de los terrenos y las calles los cuales deberán ser empalmados uno a otro para formar un gran mosaico de levantamientos topográficos. Toda esta información que llega de manera digitalizada como imagen se migra de manera vectorial a un sistema de información geográfica que para este caso será el Arc Gis en su versión 9.0

4.3 DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

La delimitación del área para este proyecto pudiese incluir la conformación social, económica, ecológica, geomorfológica y cualquier otra que pudiera surgir por las necesidades del proyecto. Esta delimitación servirá como base de todo el proyecto y es sumamente importante llevarla a cabo con sumo cuidado ya que si no se enfoca el proyecto en dicha área los costos se elevarán de manera innecesaria y el proyecto pudiera ser abandonado por sobrepasar los costos.



Mapa 3.- Localización del área de estudio

El proyecto abarca todo el condado de Los Ángeles que colinda al N con Kern, el E con Bernardino, al W con Ventura, al SE con Orange y al S y SW con el océano Pacífico cubriendo una superficie de Superficie Total de 12,308 km², de las cuales: 10,518 km² son de Tierras y 1,791 km² de superficie de Aguas. Se localiza entre las coordenadas geográficas siguientes:

- a) Al NE 34° 49' 20''.56 N, 117° 40' 03''.82 W
- b) Al E 34° 17' 21''.56 N, 117° 38' 43''.01 W
- c) Al SE 33° 56' 45''.81 N, 117° 46' 58''.10 W
- d) Al S 33° 44' 38''.67 N, 118° 06' 48''.76 W
- e) Al W 34° 02' 48''.63 N, 118° 56' 39''.96 W
- f) Al NW 34° 49' 02''.27 N, 118° 53' 39''.02 W



Mapa 4.- Imagen satelital Global Earth Pro con las coordenadas máximas del área de estudio

El área metropolitana de Los Ángeles posee más aeropuertos que cualquier otra ciudad en el mundo. Hay seis aeropuertos comerciales y muchos otros de aviación general. El principal aeropuerto de la ciudad es el Aeropuerto Internacional de Los Ángeles (IATA: LAX, OACI: KLAX), siendo el quinto aeropuerto mundial en tráfico comercial y el tercero en Estados Unidos, tuvo cerca de 61 millones de pasajeros y 2 millones de toneladas de carga en 2006.

Otros importantes aeropuertos comerciales son el Aeropuerto Internacional Ontario, Aeropuerto Bob Hope, actualmente conocido como Aeropuerto Burbank, el Aeropuerto

Municipal de Long Beach, y el Aeropuerto John Wayne. Los Ángeles posee además el aeropuerto de aviación general más activo del mundo, el Aeropuerto de Van Nuys (IATA: VNY, OACI: KVNY). A continuación se enlistan los Aeropuertos que se localizan dentro del condado de Los Ángeles.

METROS SOBRE NIVEL DEL MAR	LONGITUD OESTE	LATITUD NORTE	NOMENCLATURA AEROPUERTO	NOMBRE AEROPUERTO
278	117°36'21".20	34°03'10".00	(IATA: ONT, OACI: KONT)	Aeropuerto Internacional de Ontario, propiedad de la ciudad de Los Ángeles; ubicado en Inland Empire.
220	118°21'31".47	34°12'01".42	(IATA: BUR, OACI: KBUR)	Aeropuerto Bob Hope, antiguamente conocido como <i>Aeropuerto Burbank</i> ; ubicado en el Valle de San Fernando
10	118°08'42".59	33°49'04".71	(IATA: LGB, OACI: KLGB)	Aeropuerto de Long Beach brinda sus servicios al área de Long Beach y el puerto
15	117°52'00".57	33°40'18".28	(IATA: SNA, OACI: KSNA)	Aeropuerto John Wayne del Condado de Orange.
765	118° 5'04".52	34°37'44".87	(IATA: PMD, OACI: KPMD)	Aeropuerto Regional de Palmdale es propiedad de la ciudad de Los Ángeles y brinda sus servicios en los valles de Santa Clarita y Antelope.
44	118°27'05".05	34°00'57".14		Aeropuerto Santa Mónica Municipal
300	118°24'48".30	34°15'34".67		Aeropuerto Whiteman
236	118°29'23".87	34°12'34".84	(IATA: VNY, OACI: KVNY)	Aeropuerto Van Nuys

METROS SOBRE NIVEL DEL MAR	LONGITUD OESTE	LATITUD NORTE	NOMENCLATURA AEROPUERTO		NOMBRE AEROPUERTO
18	118°20'12".86	33°55'17".62			Aeropuerto Hawthorne Municipal
27	118°14'28".19	33°53'20".23			Aeropuerto Compton
34	118°20'30".65	33°48'05".17			Aeropuerto Torrance Municipal
7	118°03'16".32	33°47'34".97			Aeropuerto Los Alamitos AAF
28	117°58'47".85	33°52'13".75			Aeropuerto Fullerton Municipal
88	118°01'57".56	34°05'07".39			Aeropuerto El Monte
36	118°24'43".62	33°56'37".07			Aeropuerto Los Ángeles Internacional
1039	117°49'27".33	34°29'07".54			Aeropuerto Crystal
981	117°45'43".47	34°30'49".43			Aeropuerto Brian Ranch
731	118°16'49".44	34°41'35".70			Aeropuerto Bohunks Airpark
714	118°13'01".34	34°44'23".02			Pista General Wm J Fox
740	118°16'41".08	34°47'44".02			Pista Little Buttes Anitue Airfield
1023	118°44'06".46	34°46'03".36			Pista Quail Lake Sky Park

**Tabla 5.- Coordenadas correspondientes a los aeropuertos del condado de Los Ángeles,
California.**

Una vez definida la zona de estudio se procederá a realizar el plan de vuelo, el cuál se desarrolla en el apartado 6.5.

4.3.1 ÁREA POR FOTOGRAFIAR

En primer lugar se determina la época del año en que es más conveniente volar para realizar la fotografía aérea en el área de estudio ya que la nubosidad, la lluvia y los vientos son factores que influyen sobre la precisión y calidad de las fotografías y el posterior armado de espaciomapas.

Las precipitaciones ocurren mayoritariamente en los meses de invierno y primavera (siendo febrero el mes más lluvioso) con grandes variaciones en la severidad de las tormentas año con año. Los Ángeles tiene un promedio de precipitación de 381 mm (15 pulgadas) al año. Generalmente no cae nieve en la cuenca de la ciudad, pero las montañas ubicadas en los límites de esta reciben nieve todos los años. Con estos datos se sabrá en que meses es más recomendable sobrevolar el condado.

La temperatura media en enero es de 13 °C (57 °F) y 22 °C (73 °F) en julio. La más alta temperatura registrada en los extremos de la ciudad es de 48,3 °C (119 °F) en Woodland Hills el 22 de julio de 2006, la más baja temperatura fue -7,8 °C (18 °F) en 1989, en Canoga Park. La más alta temperatura registrada en el centro de la ciudad fue de 44,4°C (112 °F) el 26 de junio de 1990 y la más baja fue de -5 °C (24 °F) el 9 de enero de 1937.

4.4 LOCALIZACIÓN UTM DE LA ZONA

La zona del proyecto se tiene una cobertura total de 30 hojas a la escala 1: 50 000 en la proyección UTM. Para esta localización de cartas que está basada en la clasificación del INEGI, las hojas de cobertura son las siguientes:

Todas pertenecen a la zona I11 subzonas: B54, B55, B56, B57, B58, B64, B65, B66, B67, B68, B74, B75, B76, B77, B78, B84, B85, B86, B87, B88, D14, D15, D16, D17, D18, D24, D25, D26, D27, D28 con una cobertura total de 34,180 km² siendo superior al territorio total del condado. Sin embargo se debe tomar en cuenta que esta superficie es obtenida de lo resultante de la sumatoria de kilómetros cuadrados por cada una de las 30 hojas.

Cabe señalar que esta nomenclatura es representativa puesto que el INEGI adopto esta simbología únicamente para la República Mexicana, ya que a nivel mundial se usa la zonificación por cuadrados de 100 000, en donde se utilizan dos literales, omitiendo la I y la O para no confundirlos con el 1 y el 0.

4.5 PLAN DE VUELO

El plan de vuelo (flight plan) es el informe donde se indican todos los datos referentes a un vuelo. En éste, además de información técnica añadida por el piloto debe constar el lugar de salida, destino, altitud, velocidad de crucero, y todos los puntos por donde pasará la aeronave.

Estos puntos suelen ser estaciones VOR e intersecciones que ya están establecidas por la (Organización de Aviación Civil Internacional) y que su vez conforman las rutas aéreas. También se suelen incluir datos referentes a la aeronave como, carga de combustible, nombre del comandante, hora y fecha (ZULU). EL plan de vuelo puede ser visual (VFR) o instrumental (IFR). En el caso de vuelo VFR se incluirán los puntos por donde pasará la aeronave, en el caso de vuelo IFR se deberán indicar puntos de salida y aproximación instrumental que ya están establecidos como estándares, así como también las aerovías y puntos de reporte obligatorios.

También en un plan de vuelo, se especifica:

- La altitud o nivel promedio de vuelo.
- El equipo de navegación que se cuenta abordo de la aeronave y el tipo de transpondedor.
- El equipo de salvamento que se encuentra abordo.
- La identificación o matrícula de la aeronave.
- Tipo de vuelo (Aviación General, Militar, Vuelo con Itinerario (Scheduled), Vuelo sin Itinerario (Non-Scheduled)).
- Número de tripulantes (y nombres).
- Categoría de la estela turbulenta (Ligera, Media, Pesada)
- Velocidad de crucero.
- Tiempo estimado en ruta (EET).

- El (Los) Aeropuerto(s) Alterno(s).
- Existe un compartimento llamado "OTROS DATOS" que sirve para señalar el nombre de los pasajeros; quién es el operador de la aeronave; si existiese un instructor abordo, se escribiría su nombre y número de licencia, al igual que el nombre de la escuela; si se cuenta con algún tipo de sistema especial abordo (ej. RMK/TCAS Onboard: Lo que significa que tiene el Sistema de Alerta de Colisión de Tráfico), entre otros.
- La autonomía de la aeronave (El combustible abordo expresado en horas).
- Personas (además de los tripulantes) abordo.
- Color y marcas de la aeronave.
- Observaciones.
- Nombre del piloto al mando, del primer oficial y sus números de licencia.
- El domicilio de los pilotos (o base de vuelo).
- Firma del piloto al mando.
- Firma del comandante del aeropuerto.

Para este proyecto se calculan los datos siguientes en 6 opciones:

La altura de vuelo en pies se da de manera representativa pero buscando las escalas que comúnmente se ocupan, al igual que la sobreposición, con toda la finalidad de mostrar los cambios que existen en la cantidad de fotos y en la cantidad de líneas de vuelo, hecho que trae como consecuencia variación en costos y en calidad.

	ALTURA DE VUELO EN PIES	ALTURA DE VUELO EN METROS	ALTURA MEDIA DEL TERRENO EN METROS	DISTANCIA FOCAL EN METROS	ESCALA	SOBREPOSICIÓN LATERAL	AVANCE EFECTIVO LATERAL EN %
A	5040	1536.192	774	0.1524	5001	55%	45%
B	5040	1536.192	774	0.1524	5001	60%	40%
C	7540	2298.2	774	0.1524	10001	55%	45%
D	7540	2298.192	774	0.1524	10001	60%	40%
E	10040	3060.192	774	0.1524	15001	55%	45%
F	10040	3060.192	774	0.1524	15001	60%	40%

Tabla 6.- PARTE 1 (Filas de la A a la H) Cálculos para un Plan de Vuelo

AVANCE EFECTIVO EN METROS	SOBREPOSICIÓN VERTICAL	TOMANDO CENTÍMETROS						
		MEDIDA DE LA FOTO EN CM REDONDEANDO	METROS EN LA FOTO	CANTIDAD DE FOTOS POR LINEA CONSIDERANDO LA FRONTERA CON KERN DE 119.90 KM.	AVANCE TRANSVERSAL EN METROS CON 15% DE TRASLAPE	SEGURIDAD DE LINEAS EN METROS CON 1/4 DE FOTOGRAFIA	CANTIDAD DE LINEAS	CANTIDAD DE LINEAS REDONDEANDO
518	15%	0.23	1150	216	978	288	8.476199243	9
460	20%	0.23	1150	243	920	288	9.005961695	10
1035	15%	0.23	2300	108	1955	575	4.385673787	5
920	20%	0.23	2300	122	1840	575	4.659778398	5
1553	15%	0.23	3450	72	2933	863	3.02193628	4
1380	20%	0.23	3450	81	2760	863	3.210807297	4

Tabla 6.- PARTE 2 (Filas de la I a la Q) Cálculos para un Plan de Vuelo

TOMANDO PULGADAS									
CANTIDAD DE FOTOS	CANTIDAD DE FOTOS REDONDEANDO	MEDIDA DE LA FOTO EN PULGADAS	METROS EN LA FOTO	AVANCE EFECTIVO EN METROS	CANTIDAD DE FOTOS POR LINEA	AVANCE TRANSVERSAL EN METROS CON 15% DE TRASLAPE	SEGURIDAD DE LINEAS EN METROS CON 1/4 DE FOTOGRAFIA	CANTIDAD DE LINEAS	CANTIDAD DE LINEAS REDONDEANDO
1945.596727	1946	22.86	1143.288	514	218	972	286	8.52630823	9
2431.995909	2432	22.86	1143.288	457	245	915	286	9.05920249	10
540.5116142	541	22.86	2286	1029	109	1943	572	4.41073144	5
608.075566	609	22.86	2286	915	122	1829	572	4.68640215	5
288.2849658	289	22.86	3429	1543	73	2915	857	3.03864208	4
324.3205866	325	22.86	3429	1372	82	2743	857	3.22855721	4

Tabla 6.- PARTE 3 (Filas de la A1)

Cálculos para un Plan de Vuelo

Tanto la cantidad de fotos como la cantidad de líneas varía sustancialmente en especial entre la escala 1: 5000 y la escala 1: 15 000. Considerando el costo de una fotografía en \$452.64 pesos mexicanos - (el precio está dado en pesos mexicanos y es meramente representativo e ilustrativo tomado de Hélice Aviación Cantabria Servicios, compañía española dedicada a la toma de fotografías aéreas y que proporcionó los costos aproximados), se tiene entonces por consiguiente:

452.64 x foto

Opción B = 2432 fotos

452.64 x 2432 = \$ 1, 100,820.48

Opción E = 289 fotos

452.64 x 289 = \$ 130,812.96

Opción D = 609

452.64 x 609 = \$ 275,657.76

Estos datos en ocasiones pueden ser omitidos por el realizador del plan de vuelo y posteriormente se enfrentará a la toma de decisiones frente a una problemática, el costo sobre la calidad y precisión o viceversa, la primera opción con un alto costo en dónde probablemente el proyecto no se lleve a cabo, o bien, la opción E en la cuál se sacrifica por completo la calidad y mejorar el costo, por otro lado la opción mas conveniente quizás sea la D, se sacrifica un poco la calidad y se reducen los costos.

Estas situaciones reales son a las que un profesionista se enfrenta en el campo laboral y generalmente se desconocen.

FUERZA AEREA ARGENTINA COMANDO DE REGIONES AEREAS		PLAN DE VUELO FLIGHT PLAN	
PROCESO Process	DESTINARIO Destination	FF → _____	
HORA DE DEPÓSITO Filing time	REVISOR Inspector	_____	
INFORMACION PARA USO DE LOS SERVICIOS V-D DE REPTER Supply identification of addresses and in English			
1. TIPO DE MENSAJE Message type	3. IDENTIFICACION AEREA Aircraft identification	8. TIPO DE VUELO Type of flight	10. EQUIPO Equipment
(FPL)	- LVCAG	V	G
2. TIPO DE AEREA Type of aircraft	4. HORA Time	5. CAP. DE ESTER SUBSISTEN Radio Subsystem cap	6. EQUIPO Equipment
C182	1200	/L	S/C
13. PERSONAL DE SALIDA Departure personnel	15. ALTITUD DE CRUCEO Cruising altitude	- SACO → 3000 ft DCT	
- SACO	1200		
INFORMACION PARA USO DE LOS SERVICIOS V-D DE REPTER Supply identification of addresses and in English			
16. AERODROMO DE SALIDA Departure aerodrome	17. AERODROMO ALI Alt aerodrome	18. AERODROMO ALI Alt aerodrome	19. AERODROMO ALI Alt aerodrome
- SADF	0220 → SAOM	SAOM	SAAR
18. OPR The information	SKYLANE SRL		
INFORMACION SUPLEMENTARIA (EN LOS MENSAJES FPL NO HAY QUE TRANSMITIR ESTOS DATOS) Supplementary information (not to be transmitted in FPL messages)			
19. AUTONOMA Autonomous	PERSONAL A BORDO Personnel on board	EQUIPO AVION DE EMERGENCIA Emergency radio	
-E/ 06100	→ P/ 4	→ R/ <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	
EQUIPO DE SUPERVIVENCIA Survival Equipment			
- S / P	D M J	→ S / L F U V	
EQUIPO DE SUPERVIVENCIA (en inglés) Survival Equipment (in English)			
- D	→ C	_____	
COLOR Y MARCA DE LA REMORA Color and mark of the towbar			
A/ Blanca y AZUL			
COMANDANTE DE LA AERONAVE Pilot-in-command			
C/ JOSE FERNANDEZ PC 54481			
SERVICIO RESERVADO PARA REQUISITOS ADICIONALES Space reserved for additional requirements			
ANOTACIONES Remarks			

Figura 23.- Formato para plan de vuelo de Argentina

4.6 LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS

El proceso digital de este proyecto comienza con un levantamiento topográfico realizado en ciertos puntos del área de estudio. Estos levantamientos topográficos presentan datos particulares y datos comunes. Dentro de los datos particulares están las medidas de los terrenos, los nombres de las calles colindantes con el terreno, el número de parcela y de manzana, nombre del condado al que pertenece, una clave que podría llamar catastral aunque estrictamente no lo es, sirve para localizar la parcela en una base de datos en internet y tener una idea de donde se localiza el terreno.

Estos levantamientos topográficos pueden ser aislados o bien estar formando mosaicos completos y complejos de zonas habitacionales, fábricas, tiendas o algún otro tipo de edificaciones. Generalmente bienes norteados (utilizo el término norteado, porque a mi parecer lo que realmente se hace al colocar una carta ó mapa es nortearla puesto que se coloca en dirección al norte y no se coloca el mapa ó la carta viendo al oriente) aunque es importante señalar que el norte del levantamiento no es específicamente al norte del plano como es frecuentemente en una carta geográfica ó en un mapa, en el levantamiento topográfico hay que localizar el norte marcado con la flecha.

Estos levantamientos topográficos se escanean y se insertan de manera digital al programa Arc Gis 9 en dónde se le da la escala que viene señalada en el levantamiento, se nortea, y se localiza espacialmente con base en las fotografías aéreas existentes o bien apoyándose en la base de datos vectoriales de las calles de la zona. Cabe mencionar que no son las únicas maneras de localizar un levantamiento topográfico, existen también una base de datos de

mallas con claves y los levantamientos topográficos en ocasiones suelen traerlas de este modo se puede el usuario aproximar a la zona del levantamiento.

El mapa 5 que se muestra en la página 153 es un levantamiento topográfico que pertenece a la ciudad de Woodland en el condado de Yolo del estado de California en el libro de mapas del 2001, consta de 4 hojas este levantamiento 1 de información, 1 como mapa guía que muestra la colindancia con otros levantamientos topográficos y dos levantamientos con las medidas efectivas. Muestra escala y Norte. Trae la leyenda del Township, la Section y el Range, que son datos pertenecientes a la base de datos de California Quarter.

California está seccionado en Quarters y como una forma de nomenclatura utilizan el Township, la Section y el Range para poder identificar los levantamientos topográficos en una zona cercana o aproximada a su lugar de origen.

En estos levantamientos se pueden observar las parcelas o terrenos ya lotificados así como sus números y medidas, el ancho de las calles que se encuentran en dicha lotificación así como las calles que pasan cerca del fraccionamiento. También se observan los nombres de las calles, esta información sirve para actualizar las bases de datos vectoriales de las calles del estado de California.

El levantamiento topográfico presenta las medidas de los centros de calle, de las parcelas etc., con la finalidad de que se pueda digitalizar y realizar las medidas necesarias para llevar a cabo cableado, instalación de tuberías y/o drenaje, es decir con estos datos saben por dónde deberán pasar las instalaciones y se sabrá con exactitud el costo de la materia prima para cablear etc.

Con estos datos se determina la ubicación de este levantamiento topográfico dentro de la base de datos vectorial de calles del estado de California, si conecta o se encuentra dentro de los vectores ya trazados estos vectores se actualizan conforme a los datos del levantamiento topográfico, en caso de ser nuevos y no conectar con la base de datos vectorial se mantendrán en la zona de localización conforme a las fotografías aéreas de ser posible en el lugar correcto de lo contrario se esperara obtener mas datos o bien obtener nuevos levantamientos topográficos de la zona para generar un cluster de levantamientos y poder unir las calles a la base ya existente.

Los 3 planos siguientes (5, 6 y 7) representan un levantamiento topográfico con los datos que antes se mencionaron, además se incluyen en un recuadro los datos para poder trazar un COGO de un centro de línea perteneciente a una calle o bien una banqueta etc. Se pueden observar también las parcelas que en la base de datos contendrán información como: metros cuadrados, dueño, trayectoria del terreno, valor catastral, uso de suelo, dirección completa, entre otros.

El mapa 5 contempla los datos de localización en la parte inferior derecha del plano, el zipcode (código postal), la ciudad (en este plano la ciudad es Woodland), el condado (Yolo), la Sección (34), el Township (10 North), Range (2 East), la escala 1:100, el norte y las calles que colindan el terreno, el ancho de las calles, la configuración general del fraccionamiento habitacional, así mismo presenta sus notas y leyendas de los planos que conforman este levantamiento. Las pequeñas glorietas que se notan al final de las calles son los llamados Cul de Sac.

En este proyecto el perfecto entendimiento del plano base y de su localización es de vital importancia puesto que a partir de ello se configura la red de vectores correspondientes al layer de calles de los condados de Yolo, Mono, Orange, Los Ángeles, Kern, San Bernardino, Santa Bárbara, Ventura, San Diego, Santa Mónica, etc.

El layer de calles se trazó en algún momento sobre fotografías aéreas de la zona de años pasados es por eso que en este proyecto se actualiza conforme a los levantamientos topográficos este layer. La actualización de datos corresponde a lotificación, nombre de calle, número, dueño de la parcela entre otros.

Es conforme a la localización que se le asigna un nivel que va del E al LIII. En el nivel E el levantamiento topográfico coincide con el layer de calles tanto en forma como en medida o bien el levantamiento topográfico es solo de un terreno o parcela y se ajusta a la calle en caso de que el vector de la calle no coincida o no exista entonces pasa a nivel L1.

Darles nivel es para identificar en una base de datos la cantidad de vectores que se deben trazar nuevos y de esta manera saber las nuevas calles en comparación de la base de datos anterior. Es importante señalar que se pueden formar clúster (unión de dos o mas levantamientos topográficos en una misma zona) de levantamientos topográficos lo cual hace compleja la edición y se pueden llegar a notar errores en localización.

En el plano siguiente se observa un cuadro en la parte superior derecha que contiene todos los datos de los vectores que conforman el fraccionamiento del levantamiento topográfico y es a partir de está tabla que se puede construir el COGO.



Mapa 6.- Primera parte del levantamiento topográfico que presenta detalle.



Mapa 7.- Segunda parte del levantamiento topográfico que presenta detalle.

4.7 SOFTWARE PARA DIGITALIZAR EL PROYECTO

Para este proyecto se usará el Arc Gis en su versión 9.0, este software es producido por ESRI una compañía holandesa que va a la vanguardia en tecnología SIG. La plataforma del Arc Gis 9.0 es mucho más amigable que las versiones anteriores de Arc como Arc View 3.1. En esta versión ESRI ha incorporado nuevas y mayores capacidades para el geoprocesamiento con ArcView. Junto con mapeo y manejo de datos, el geoprocesamiento es una de las capacidades fundamentales del software de GIS.

Debo señalar que un proyecto de estas características se puede realizar en otros software como Mapinfo ó Microstation por citar algunos, sin embargo, Arc Gis es un software que por lo menos en México una cantidad considerable de empresas y organizaciones gubernamentales lo utilizan en sus proyectos, tal es el caso de Elektra, SICSA, Michael Baker de México, la Secretaria de Hacienda y Crédito Público, el Instituto de Geografía de la UNAM, entre otras.

Otra de las ventajas que se presentan con este software es la facilidad con que se puede exportar archivos con extensión .dwg que pertenecen a Auto Cad y vienen las capas de información unidas en una sola, con Arc Gis estas capas se seccionan por elementos y se pueden manipular entonces como layers independientes aunque ocasionalmente existen pérdidas de datos.

Una herramienta que es interesante mencionar es la de exportar imágenes en un punto deseado con coordenadas predefinidas y se exportan de la página Globe Explorer, de este modo se simplifica el trabajo de localización de fotografías aéreas pues el software por si solo georeferencia al vuelo la imagen.

El precio del software es una desventaja, pues el costo elevado de este, solo es posible solventarlo cuando los proyectos son rentables ó bien la institución presenta un presupuesto adecuado para la obtención de la misma, cabe señalar que las licencias de Arc Info deberán actualizarse anualmente, el costo de la licencia puede incluir un curso de manejo.

EL geoprocesamiento le permite realizar análisis espacial avanzado y automatizar tareas frecuentemente realizadas como el análisis de conveniencia de sitio y unión de data sets. ArcView mantiene una rica colección de herramientas para el geoprocesamiento, entre ellas manejo de distintas fuentes de datos, conversión, y tareas de análisis. Las extensiones de ArcGIS, como ArcGIS 3D Analyst y ArcGIS Spatial Analyst, proporcionan capacidades adicionales de geoprocesamiento particulares a cada extensión.

Las herramientas de geoprocesamiento pueden usarse con ventanas de diálogos, líneas de comandos, escrituras, y modelos (ModelBuilder). ModelBuilder mantiene un ambiente gráfico, mediante diagramas de flujo de trabajo realiza geoprocesamiento, y tiene ayudas para diseñar e implementar modelos complejos. Se pueden arrastrar las herramientas y los datos hacia un modelo y los puede conectar mediante una secuencia de pasos. ModelBuilder le ayuda a documentar sus metodologías GIS y procedimientos para que ellos puedan compartirse con cualquiera.

Arc Gis 9 incluye perfeccionamientos significantes de almacenamiento raster, manejo, consulta, y visualización. Una nueva interfaz de usuario se introduce para manejar, explorar, y crear datos raster. ArcView 9 o Arc GIS 9 permite agregar atributos raster, consultas y selecciones espaciales. Estas mejoras serán especialmente notables a los usuarios con las colecciones muy grandes de datos del raster (de los centenares de megabytes a terabytes).

Arc Info es una extensión de Arc GIS 9 con la que el usuario puede construir modelos de geoprocésamiento con los que es posible descubrir relaciones o analizar e integrar datos, automatizar complejos flujos de trabajo y modelos de análisis. Realizar análisis vectoriales como solapamientos, proximidad y análisis estadísticos. Utilizar herramientas tanto para trabajar con shapefiles como con coberturas. Generar eventos a lo largo de entidades lineales así como solapar eventos con otras entidades. Automatizar la conversión de datos. Producir mapas personalizados, precisos y con calidad para ser publicados.

4.8 DIGITALIZACIÓN DEL PROYECTO

Utilizando el programa Arc Gis 9 se realiza un proyecto con cualidades y características especiales que permitirán la correcta digitalización del proyecto, es en este punto en dónde se hace uso del conocimiento sobre las proyecciones, los datums, elipsoides etc. Estos software traen precargadas las características de muchos de los elipsoides y de las proyecciones antes mencionadas con la finalidad de realizar el trabajo mas rápidamente no así de mejor calidad puesto que esta calidad depende de los datos que nosotros introduzcamos y de cómo digitalicemos.

Para poder llevar a cabo el análisis de los datos se necesita contar con una base de datos alfanuméricos y con una base de datos vectoriales que en conjunto darán al usuario una visión completa de las necesidades en cada una de las áreas de California.

Este proyecto se digitaliza en 3 facetas, sin embargo hay una verificación anterior a las fases de digitalización la cual consiste en determinar la proyección y el datum de la capa de información a tratar.

En Arc Gis 9 y versiones más recientes, por lo menos hasta la 9.2, al cargar los datos en Arc Map el display despliega la capa de información que en ocasiones se presentaba sin propiedades, es decir, sin datos de origen para la capa por lo cual se carga en el programa sin valores.

Esto es importante puesto que a partir de aquí vamos a definir esos datos para que los datos subsecuentes tengan ya un sistema definido de coordenadas, proyecciones etc.

El display en la parte posterior derecha (ver figura siguiente) muestra unos números que pueden ser:

Cientos, cientos = Proyección Geográfica

Millares, millares = Proyección Cónica Conforme de Lambert

Miles, millares = UTM

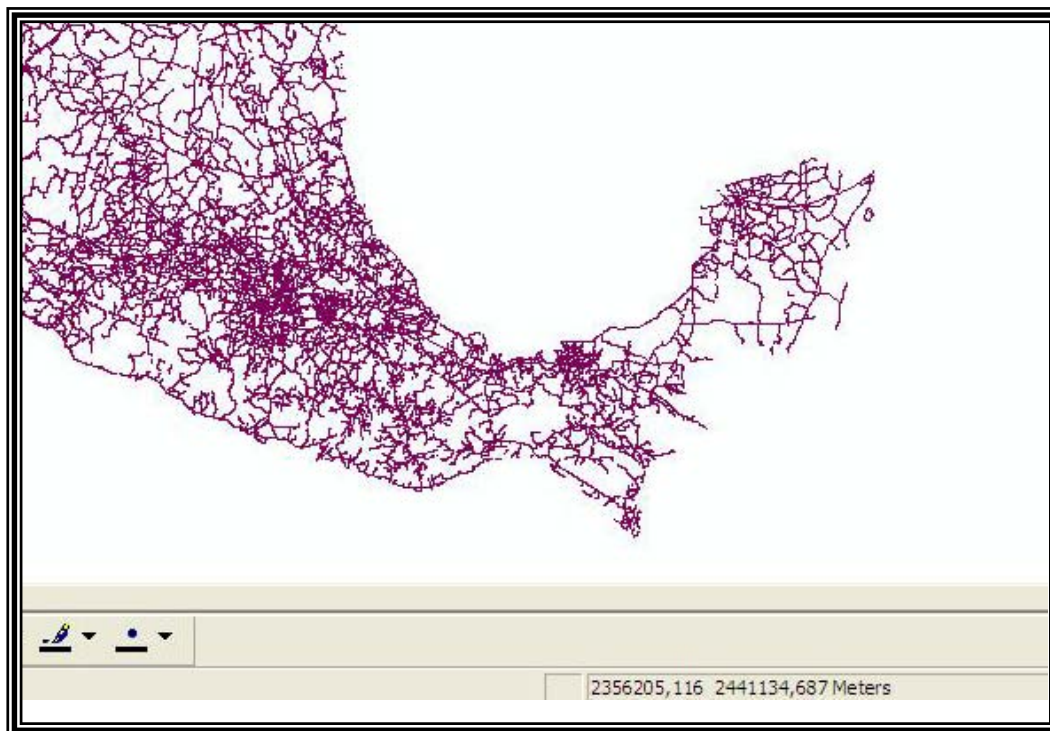


Figura 24.- Par de números correspondientes a una proyección CCL (Cónica Conforme de Lambert).

Una vez analizado el tipo de proyección en el que se encuentra el proyecto se procede a la digitalización del mismo.

La primera es la localización de los levantamientos topográficos ya que estos levantamientos cuentan con una localización que deberá ser empalmada en un ortomosaico por lo que en ocasiones puede sufrir desplazamientos, rotaciones o deformaciones de acuerdo a las fotografías aéreas. Debo mencionar que se cuenta con una base de datos vectorial de calles trazada en su momento sobre fotografías aéreas de los años 90`s por lo que posiblemente esas calles no existen o bien fueron trazadas en otro lugar.

La localización de los levantamientos topográficos se hace de la manera siguiente

Tomando los datos que vienen en el levantamiento topográfico como son; wirecenter, condado, calles aledañas y el croquis que en algunos casos se incluye, se georeferencia dicho levantamiento y se rectifica, es decir, se pone a escala, se ubica en el espacio del proyecto utilizando layers vectoriales de calles. En ocasiones estos vectores de calles han sido trazados sobre fotografías aéreas de baja resolución, o bien, en zonas que anteriormente eran bosques, terracerías, campos de cultivo, etc. por lo que los vectores pueden estar completamente mal trazados, este problema se suscita con frecuencia en las bases de datos vectoriales de calles.

Para saber si estos vectores fueron trazados correctamente se recomienda tener a la mano fotografías aéreas actualizadas o bien imágenes satelitales de la zona en cuestión y corroborar que efectivamente existan las calles trazadas. Es en este punto en dónde se puede tener confusión o generar errores puesto que los vectores fueron trazados sobre una imagen rectificadas y con datos de cierta proyección y cierto datum por lo que si al cargar una nueva imagen no coincide con los vectores pudiera existir una diferencia en proyección o datum según sea la diferencia.

Si esta diferencia es de aproximadamente 250 metros el problema es de datum pero si la diferencia de superposición es por encima de los 1000 metros la diferencia de datos es en la proyección y habrá que reproyectar alguno de los dos layers.

Pasos para digitalizar un levantamiento topográfico

Dentro de este proyecto existen cuatro niveles de digitalización en función de la cantidad de vectores a trazar y en función de la complejidad de la zona a digitalizar.

El nivel LIII es el que se mencionara en este estudio por ser el más completo de todos los del proyecto ya que requiere de los mapas rectificadas para poder digitalizar tanto los CL (centerlines o centros de calle) como los Surfaces (anchos de calle).

Para poder realizar un auxiliar COGO (los software SIG comerciales están dotados de módulos que facilitan el tratamiento de la información proveniente de levantamientos topográficos para su inclusión directa en la base de datos, en concreto se han desarrollado procedimientos denominados COGO (Coordinate Geometry) para facilitar la operación esta definición fue dada por Aronoff, en 1989 y debe existir un punto de inicio en el mapa escaneado o levantamiento topográfico escaneado, con los datos suficientes que son: rumbo y distancia en el caso de las rectas y radio, delta, longitud de la curva y punto de pivote en el caso de las curvas. Una vez localizado este punto en el mapa escaneado se deberá encontrar -de preferencia- la ruta o trazo más corto para rectificar el mapa escaneado tratando -preferentemente- de evitar las curvas en especial las “no tangentes” pues requieren un tratamiento especial de datos y en ocasiones no se cuenta con la información necesaria para trazarlas adecuadamente.

Realizando lo anterior el auxiliar COGO deberá comenzar en un punto referido en el espacio, que puede o no conectar con los archivos de calles y anchos de calle siendo la única diferencia que en el primer caso se clasificará como conectado y en el segundo como flotante. Hay que tener en cuenta que un flotante puede estar perfectamente bien localizado con respecto a una orthofoto o al parcel quest (archivo de datos de parcelas o terrenos del estado de California), etc. pero si no se conecta con alguno de los archivos o layers (capas de información) ya mencionados será flotante.

Para haber clasificado un Job (unidad de trabajo correspondiente a un levantamiento topográfico) como LIII deberá presentar como mínimo las características siguientes:

- Que el Job presente más de 5 calles. Esto se debe que al tener tantas calles se deben introducir muchos datos para rectificar una foto o para trazar las calles lo cual consume más tiempo, por lo que es más conveniente buscar un trazo que tenga cuando menos tres puntos y en los ejes “x” y “y” para poder rectificar la foto y posteriormente calcar las calles y generar sus respectivos surfaces.
- Que los anchos de calle no sean paralelos al centro de calle. Cuando se presenta una variación en el ancho de la calle – el mejor ejemplo es el Cul de Sac (glorieta al final de una calle) – no se puede generar una línea paralela a las parcelas ya que el centro de calle no es paralelo a estas, por este motivo se deben rectificar los mapas escaneados digitalizados.

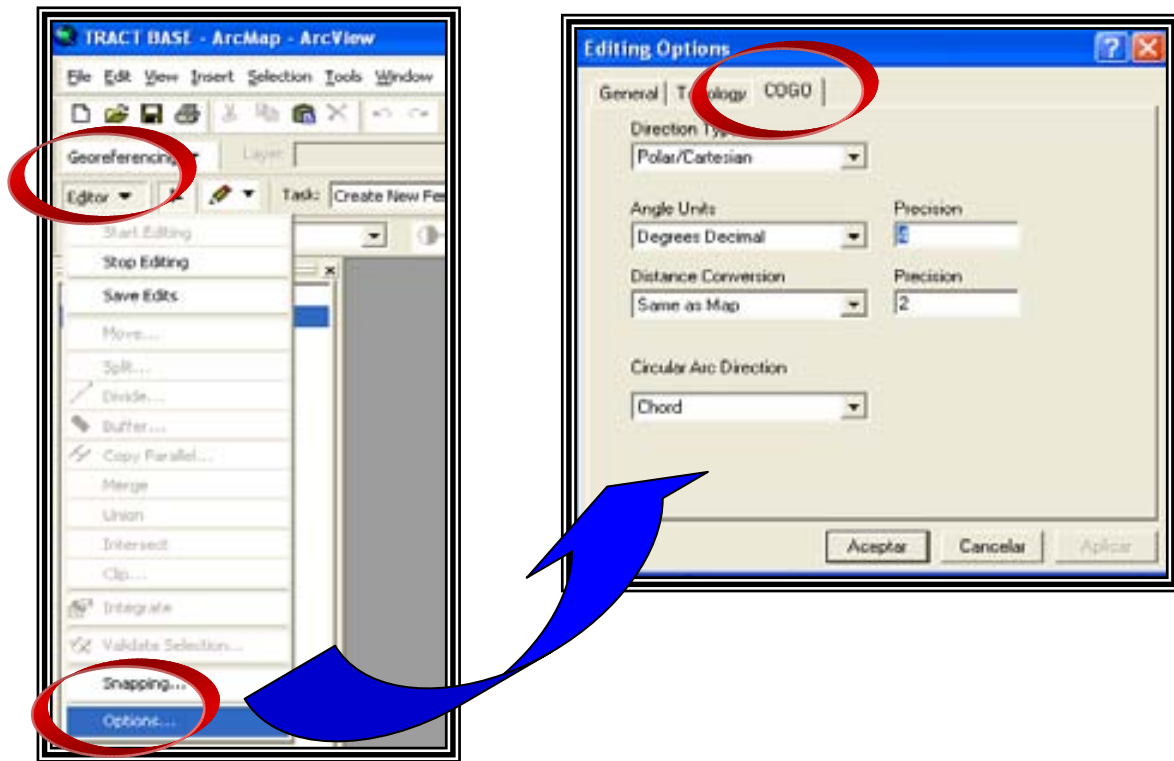
- Cuando existan menos de 5 calles pero que alguno o todos los segmentos presenten muchos datos. En algunas ocasiones aparecen en los levantamientos topográficos escaneados pocas calles pero que por su configuración deben de introducirse muchos datos lo cual puede demorar la rectificación y un auxiliar cogo será más conveniente.
- Cuando un levantamiento topográfico presente un Cul de Sac (glorieta al final de una calle) se aplica la regla 2.

Es importante tomar en cuenta que un auxiliar cogo puede o no utilizar los datos de los centros de calle, esto dependerá de la configuración y complejidad de cada Job así como de la habilidad de cada editor, o bien, de lo señalado por el localizador.

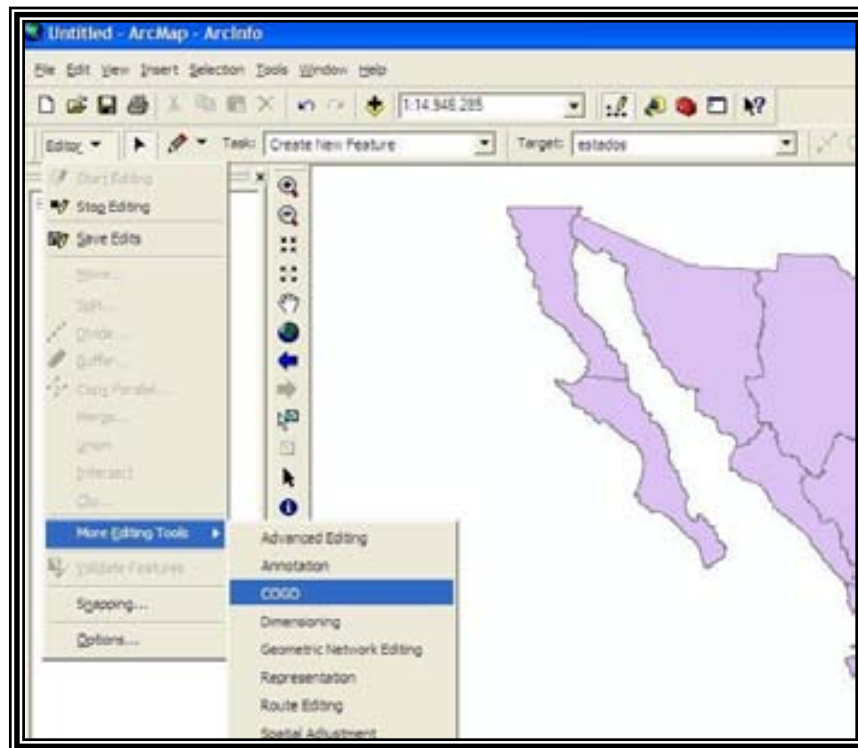
Elaboración del auxiliar cogo (Trazo Auxiliar)

Se verifica que si la herramienta de COGO está instalada ya que algunas versiones básicas del software la mantiene deshabilitada por cuestiones de licencia hecho que genera un incremento en el costo del proyecto o bien si no se puede acceder a esta herramienta se descargan versiones o herramientas de la red lo cual implica un retraso en el proceso.

Para esto, se revisa que en el proyecto propio de cada editor en Arc Map (extensión de Arc Gis 9) dicha función este dada de alta. El COGO estará dado de alta cuando al oprimir sobre la barra de herramientas el botón de editor y seguidamente sobre el submenú “options” aparezca una pantalla de funciones con la pestaña COGO.



Figuras 25 y 26.- Herramienta COGO de Arc Map en versión 9 (arriba) y 9,2 (abajo)



Si esta función no aparece habrá que instalarla y para esto se accede a la consulta de instalación de herramientas el mismo programa, aunque en versiones mas recientes de Arc Gis 9.2 con modulo Arc Info viene instalada por default. Ahora habrá que configurar los valores de la herramienta COGO, acción que se deberá realizar cada que se abra Arc Map ya que los valores de esta herramienta no se guardan con el proyecto.

Los valores de configuración son los siguientes:

Quadrant Bearing

Grados Decimales.

(normalmente debería ser
Grados, minutos y segundos)

U.S. Survey Feet (por ser un
proyecto de EUA)

Radial

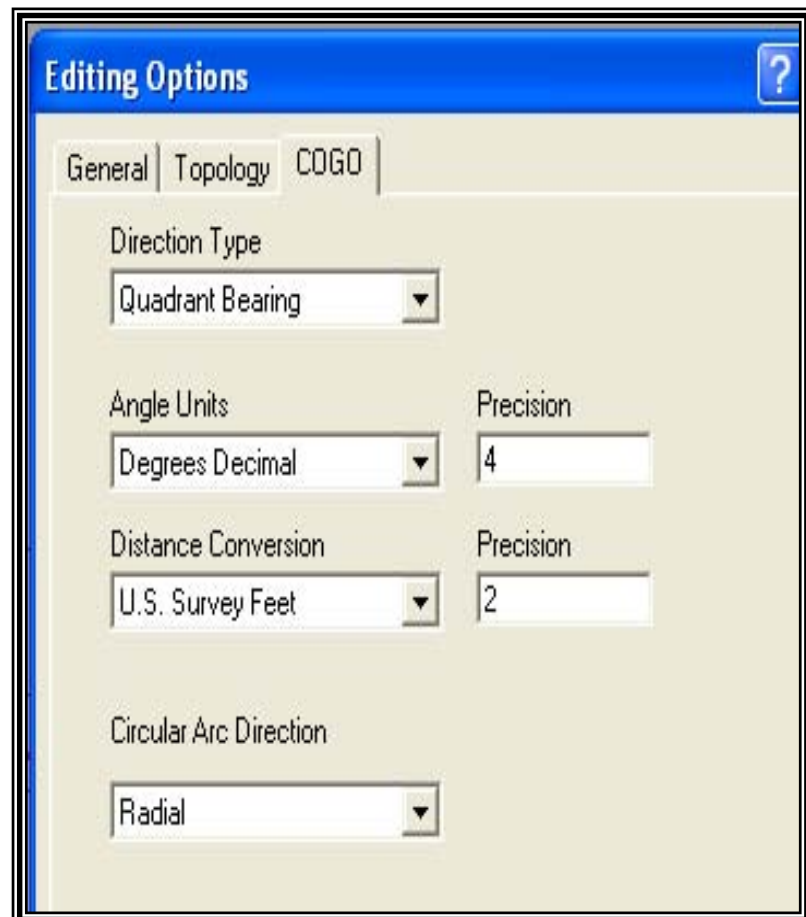


Figura 27.- Valores de la herramienta COGO

Una vez que estas medidas son ajustadas se verifican las unidades de medida del proyecto que deben ser metros y pies. Estas unidades se verifican oprimiendo en la barra de menús generales la pestaña “View” y de esta aparecerán submenús y se selecciona la opción “Data Frame Properties”. Aquí se selecciona la pestaña “General” y se configura en metros-pies (meters-feet).

Estos software conforme los van actualizando las opciones de menú van cambiando, en ocasiones el trabajo queda simplificado pero en otras el trabajo se vuelve más complejo puesto que los datos que solicita el software son más y nuestros levantamientos topográfico no los tienen aún.

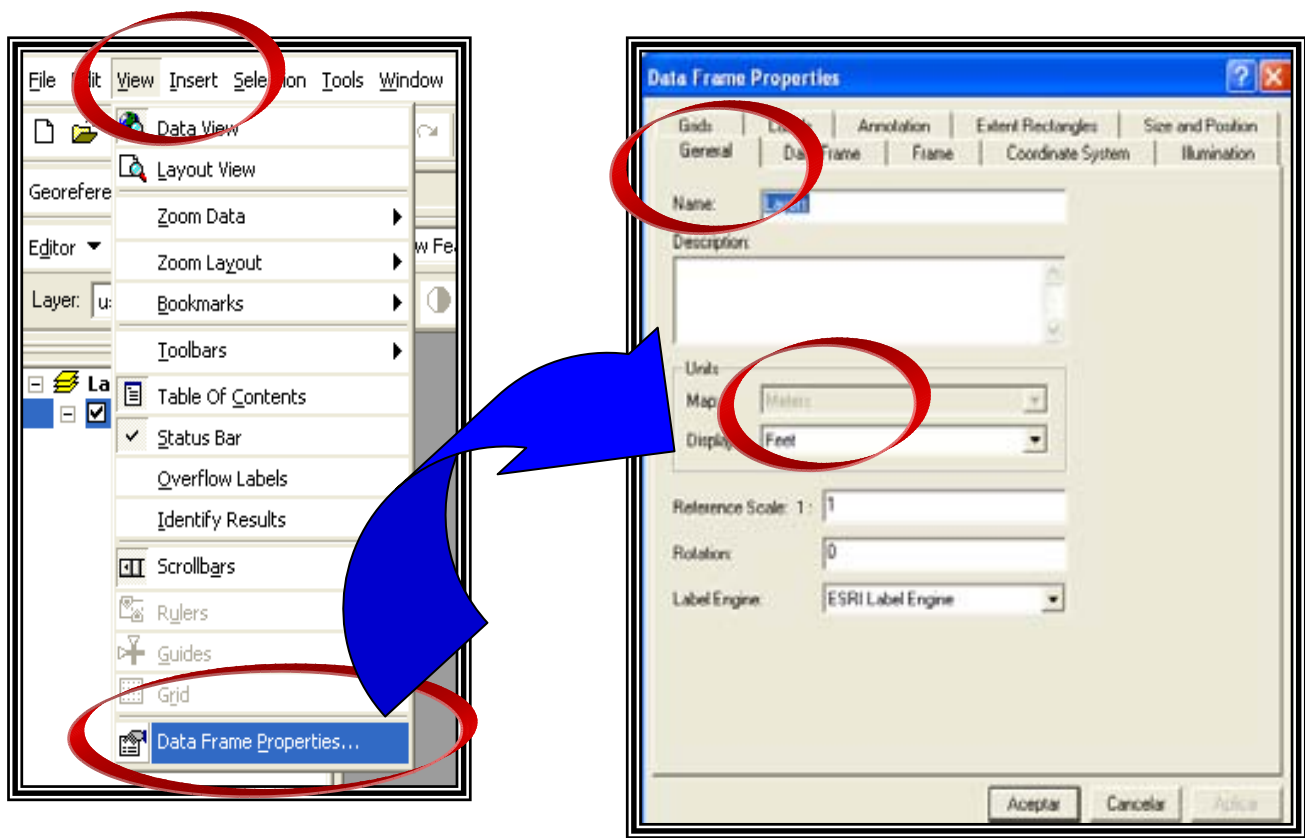


Figura 28.- Valores del proyecto

El proyecto en el que se trabajará cualquier tipo de edición debe presentar los temas generales cargados así como los temas de cada condado. Los temas generales que estarán cargados por default en el proyecto de cada editor son:

- **Ca_Quads_UTM_zona10 (Esta zona es para el estado de California)**
- **Wirecentersboundary**
- **Zipcode**
- **Jobpoint**
- **Exchange**

Los temas que se cargan por cada condado son:

- **Street del county**
- **Surface del county**
- **Archivo de parcelas que en ocasiones se llaman; “Parcelas Ok”, y otras veces aparecen como “fares 000” (No todos los condados presentan este layer).**
- **Plls**

Estas capas de información que se mencionan son bases de datos vectoriales que ya existen para el estado de California pero que bien es cierto se pueden realizar para cualquier ciudad.

Posteriormente se carga el PGDB (personal geodatabase, las Personal Geodatabases están basadas en el formato MDB de Microsoft Access y se crean y explotan a través del motor Jet de Microsoft. Esto da una gran facilidad a los desarrolladores para crear y utilizar bases de datos de forma muy sencilla a través del motor Jet, pero tiene el inconveniente de que no es un formato muy bueno para trabajar con grandes volúmenes de datos, como suele ser frecuente en temas de SIG. ESRI inició ArcGIS con la capacidad de leer y escribir (entre otros formatos) Personal Geodatabases, pero una vez que las versiones de ArcGIS han ido evolucionando ha pasado a tratar de resolver muchos de los problemas del formato MDB. Así, la imposibilidad de exceder 2 Gb. de tamaño y la lentitud en muchas búsquedas espaciales complejas, disminuía el rendimiento de ArcGIS. Por ello pasaron a desarrollar un formato totalmente propio, basado (sólo un poco) en la experiencia tan buena que tuvieron muchos años atrás con el formato Coverage de Arc/Info Workstation. El resultado son las File Geodatabases, un formato propio basado en múltiples ficheros binarios empaquetados dentro de una carpeta que otorga muchas ventajas. Es mucho más rápido cuando se manejan grandes volúmenes de datos. Quizá en una comparativa con pocos datos no se nota diferencia con respecto a la Personal Geodatabase, pero creedme que con grandes volúmenes las tareas de análisis son mucho más rápidas. La limitación de los 2 Gb. de la Personal Geodatabase se supera ampliamente, pues la File Geodatabase tiene un límite de entorno a 1 Tb. Otra ventaja importante es que la File Geodatabase es un formato que está más orientado al trabajo en grupo. No soporta versionamiento (para esto ESRI tiene otros productos), ni tampoco está pensado para gran número de usuarios concurrentes, pero funciona muy bien con grupos pequeños. Eso sí, sólo puede editar uno a la vez. También puedes incorporar rasters dentro de la File Geodatabase, lo cual en la Personal Geodatabase no puedes más que hacer una especie de "enlace" a datos externos. Otra pequeña ventaja es la de poder servir datos en modo de sólo lectura, sin poder editar. Por citar algunas desventajas yo mencionaría la incompatibilidad con versiones anteriores de ArcGIS, que no pueden leer File Geodatabases. También la pérdida de la capacidad de acceder a los

datos en un momento dado que te haga falta con Access, que a veces es útil, o si estás desarrollando con código y el motor Jet de Microsoft. Muchas veces esta capacidad de acceder a las bases de datos sin Arc Gis es muy útil para el mantenimiento sobre todo de atributos (tablas asociadas, consultas complejas).

El acceso vía Access es sin duda una ventaja y con la File Geodatabase se pierde esta capacidad. Por último el pequeño inconveniente de tener que copiar toda una carpeta en vez de un solo fichero, que es una solución como más compacta. ESRI recomienda el uso a partir de ahora de la File Geodatabase). del Job el cuál se encuentra en la carpeta de edición y se utiliza el “JIE” cargando todos los archivos que se muestran: Atributos, Auxiliar, Locate, Surface, Street, Deletes, Comments.

Estos layers aparecen en el display del lado izquierdo. Deberán ponerse en edición dando clic en editor y posteriormente en editing. Al seleccionar esta opción aparece una pantalla en donde se debe seleccionar el PGDB que se requiere editar.

Teniendo todo lo anterior cargado y configurado se procede a realizar el trazo auxiliar. En primer lugar se localiza el punto de inicio de dicho trazo lo cuál se lleva a cabo seleccionando el layer locate en el display izquierdo dando clic derecho sobre este y seleccionando la opción “zoom to layer”.

Con esta función el software lleva al usuario al punto seleccionando, en este caso el locate, pero se puede realizar esta acción con cada layer y con cualquier dato de la tabla. En ocasiones esta opción no funciona del modo deseado por lo que se procederá a buscar el

Jobpoint del Job que se este editando. Hay que recordar que los software son probados bajo condiciones operativas óptimas, en ciertas plataforma operativas (Sistemas Operativos en diferentes versiones) y frecuentemente existen ciertas deficiencias de los software en algunas plataformas, actualmente una instalación de Arc Gis 9.2 en Windows Vista podría generar errores si no se cuenta con el parche adecuado (actualización de la plataforma para corregir inconsistencias del software en la plataforma deseada).

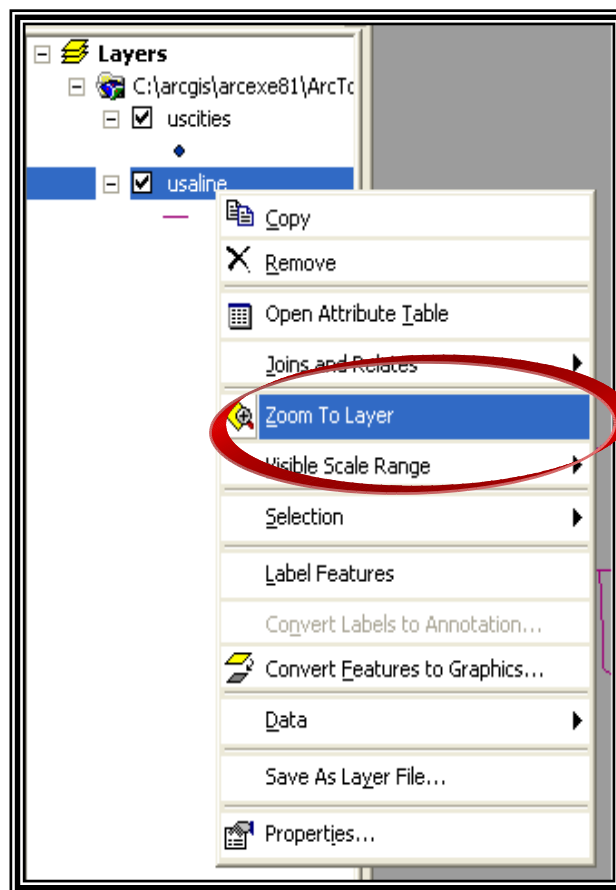


Figura 29.- Herramienta para visualizar parte del proyecto o alguna zona en específico tomado por capa de información

Para realizar la búsqueda del Jobpoint o cualquier otro dato alfanumérico que este contenido dentro de la base de datos del layer, se procede pulsando el icono “find”, a continuación se teclea el número del job en el recuadro que aparece en la pantalla de find. Después el job se muestra en la parte inferior de la pantalla de find, se selecciona con el botón derecho y se acepta la opción “zoom to feature(s)”.

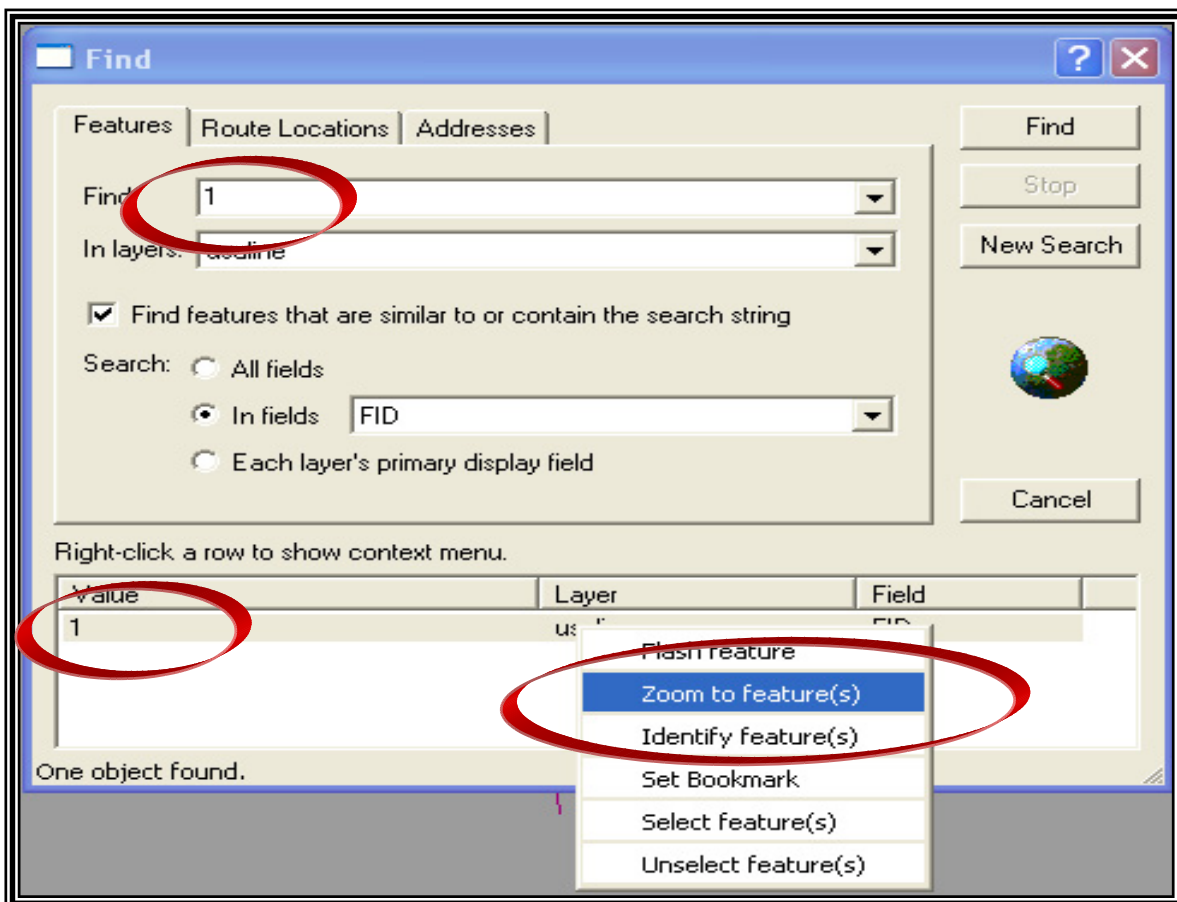


Figura 30.- Zoom to Feature

Una vez que ya se ha localizado el Jobpoint o el Locate entonces se verifican las instrucciones del punto Locate, esto para saber en cuál de los puntos que aparezcan – si existen varios- hay que comenzar a trazar.

Ya ubicado el punto de dónde iniciara el trazo auxiliar entonces en la ventana del “target” se selecciona el layer “auxiliar”. En la ventana de “task” deberá aparecer la opción “create new feature”.

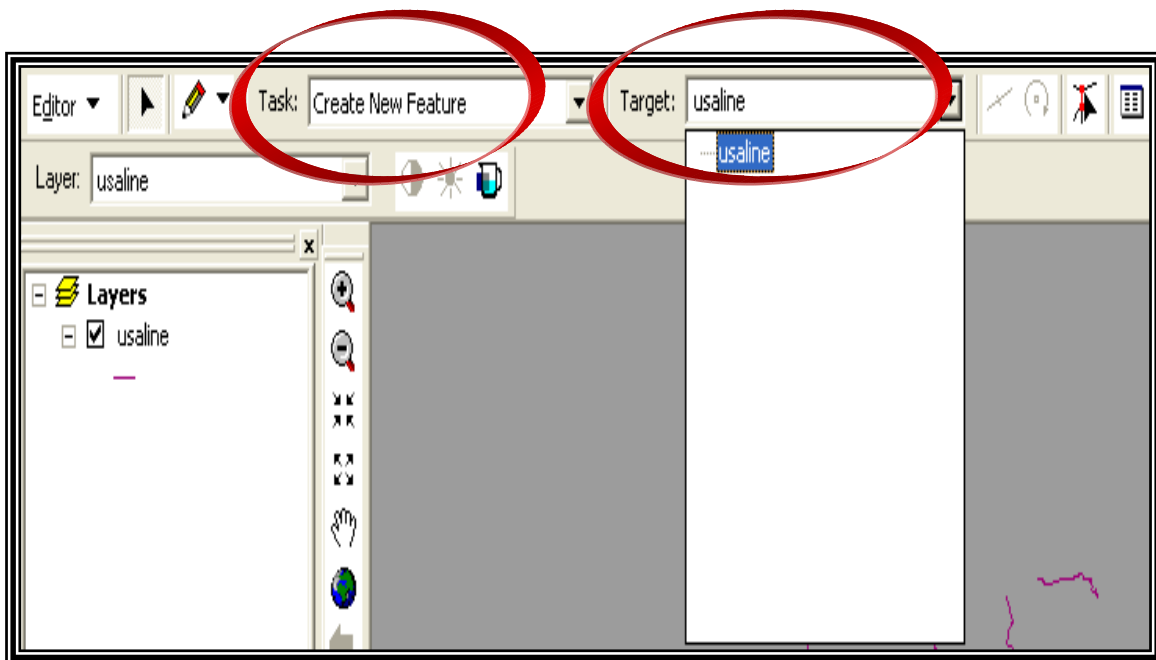


Figura 31.- Herramienta para crear una nueva capa de información

Ahora habrá que seleccionar la herramienta para dibujar el auxiliar cogo. Esta herramienta permite el trazo de rectas y curvas. Una vez que se tiene posicionado el lápiz de trazo se de clic sobre el punto Locate para que haga snap (diámetro que se usa para unir dos líneas en algún punto generalmente el principio o fin de cada línea) y quede perfectamente bien unido el trazo al punto de inicio. Para obtener el snap se abre el menú “Editor” y se selecciona la función snapping.

La herramienta snap da la ventaja al usuario de que los vértices queden unidos correctamente entre diferentes vectores en cualquier nodo del vector, solo habrá que definirlo en la herramienta. Con ello se ayuda a cerrar los polígonos generados durante la edición y poder hacer mediciones correctas de áreas como por ejemplo en los catastros, volumétricas para el caso de presas, para obtener áreas de cultivo por cotas topográficas, sedimentación de fondos lacustres en cotas batimétricas, poblaciones vegetales, densidades de población, entre otros tantos cálculos que se logran por medio de polígonos.

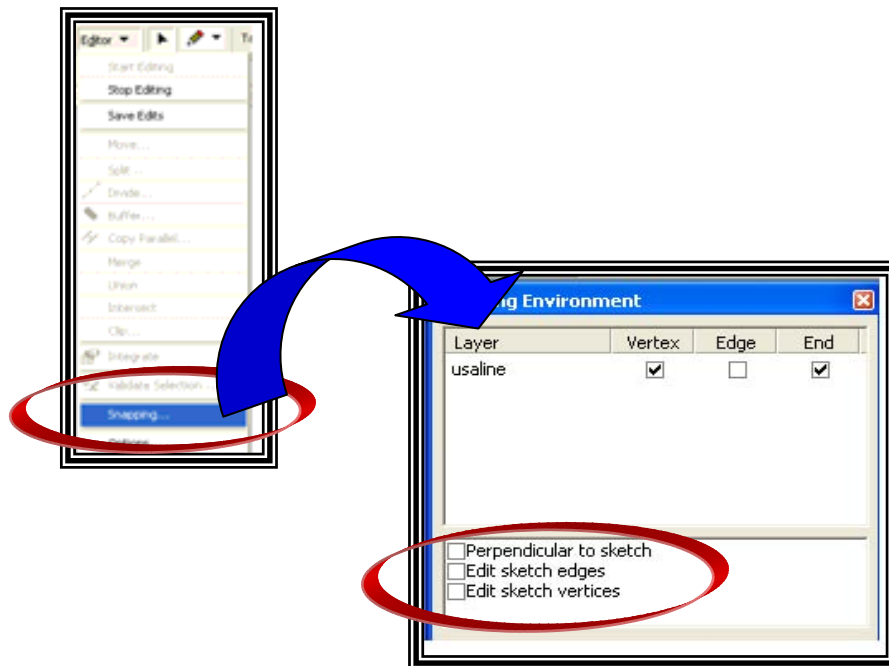


Figura 32.- Herramienta Snap

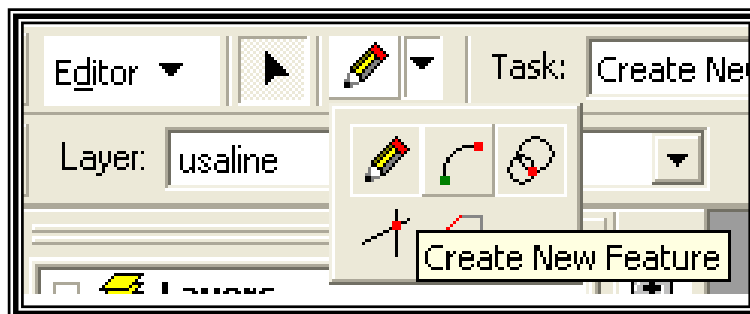


Figura 33.- Herramienta para poner en modo de edición una capa de información.

Al seleccionar esta opción aparecerá un cuadro en dónde se marcaran los inicios y finales de los layers que se desea hagan snap. El snap es una herramienta sumamente valiosa en la edición de vectores pues con ella unimos cada uno de los trazos ya sea al principio, al final o en medio de un vector según se desee, con esto se pueden cerrar polígonos y se les dará un área, para verificar que esto se lleve a cabo correctamente y no queden nodos colgantes o flotantes se corre una herramienta denominada topología con la que se detectan estas anomalías.

Una vez que se han corrido las topologías (herramienta que sirve para la localización de inconsistencias en los layers) y se han corregido los errores, la unidad de trabajo o Job a quedado concluida en cuanto a digitalización se refiere, posteriormente se verifican los datos que se han introducido en la base de datos de cada layer corroborando que la ortografía sea correcta, las medidas, ubicación y cualquier otro dato que se haya agregado.

Debo aclarar que el potencial de este software es inimaginable puesto que tiene una amplia gama de herramientas que se pueden utilizar en un sinnúmero de proyectos, sólo basta con llevar a la práctica los conocimientos adquiridos a un SIG que nos permita digitalizar los datos y expresarlos de manera gráfica para que el interesado en general sea cuál fuere su especialidad comprenda de una mejor manera lo que se requiere expresar.



Figura 34.- Levantamiento topográfico digitalizado.

4.9 CONSIDERACIONES DE LOS DATOS A CARGAR EN EL PROYECTO

Como en cualquier estudio hay parámetros fijos y parámetros variables que se cargan dentro de un proyecto en Arc Gis, dichos parámetros son a consideración del usuario o de la necesidad del proyecto. Como se ha venido haciendo mención a lo largo del estudio se debe tener en cuenta que en la mayoría de los proyectos se realiza una síntesis de datos vectoriales, de datos cartográficos, edge match de bases de datos y en cada caso se deberá tener cuidado en la unión de estos datos especialmente en lo referente a los cartográficos por que de ellos se desprenden las bases de datos.

Los parámetros que se utilizaron para este proyecto son los siguientes:

- **DATUM: NAD27 con migración a WGS84**
- **PROYECCIÓN: UTM**
- **ELIPSOIDE: CLRKE 1866**
- **ZONA: 10 y 11**

Los parámetros del NAD27 (Datum Norteamericano de 1927) está definido por siete parámetros en su forma “clásica” y estos son principalmente geométricos, dichos parámetros que se muestran a continuación están designados según el artículo 1.6 de las Normas Técnicas para Levantamientos Geodésicos publicados en el Diario Oficial de la Federación del 1ro de Abril de 1985.

- Elipsoide Clarke de 1866, este elipsoide toma como radio ecuatorial el valor de 6,378,397.00 con un aplamamiento de 1/294.98 para América del Norte.
- Semieje mayor 6, 378,206.4 m.
- Semieje menor 6, 356,538.8 m.
- Vértice de origen Meade's Ranch; Kansas, USA
- Latitud origen 39 13' 26.686" N
- Longitud origen 98 32' 30.506" W
- Desviación de la vertical en el meridiano -1.06"
- En el primer vertical -1.79"
- Altura Geoidal en el origen 0.00 m
- Azimut del origen de la estación Waldo (desde el sur) 75 28' 09.64"

Para el WGS84 los valores son los siguientes:

- 6.378.137 metros (semieje mayor)
- 1/298,257223563 (achatamiento)
- $3.986.005 * 10^8$ m/s² (cte gravitacional)
- $7.292.115 * 10^{-11}$ rad/s (velocidad de rotación)

Estos datos hay que verificarlos al cargar un raster ó layer en el proyecto para que queden registrados en el software y posteriores layer sin datos se ajuste a los que ya hemos puesto.

4.10 VENTAJAS DE LA GEOGRAFÍA SOBRE OTRAS DISCIPLINAS

En las empresas privadas e instituciones gubernamentales, existe un crisol de profesionistas, por lo que los proyectos generalmente deberían ser interdisciplinarios aunque desafortunadamente en la práctica dejan de serlo. Es en este punto en dónde se tiene una ventaja comparativa significativa y es el hecho de tener una visión más holística que muchos profesionistas de otras carreras.

Este proyecto en algún momento fue guiado en la práctica por una arquitecta y una politóloga, claro está, que no es una ignorancia culpable el que desconocieran una infinidad de datos, conceptos, escalas, transformaciones, software, etc. y no se menosprecia el trabajo realizado por estas compañeras, puesto que se aprendió mucho de ellas, sin embargo, la calidad de los datos era enteramente visible entre los compañeros geógrafos y ellas.

Por citar alguna experiencia mencionare lo siguiente: el hecho de que los vectores correspondientes a las centros de calles literalmente cayeran 200 metros al interior del océano no era una cuestión de ajuste a mano, era un error de datum, como se ha visto a lo largo de este trabajo, es aquí en dónde el conocimiento del geógrafo tiene que destacar y hacer mención en el momento que se requiera que existen errores de proyección ó datum o bien que los valores y parámetros introducidos a cierta proyección están correctos ó incorrectos.

Es verdad que los ingenieros, los economistas, médicos, abogados etc., poseen un conocimiento profundo sobre los diversos temas que atañen a cada uno de ellos sin embargo la falta de trabajo interdisciplinario como en el caso de los geógrafos hacen la diferencia, pues no solo se debe planear una presa en función de la cuenca geológica o hidrológica, si no en función del impacto ambiental en la zona, las modificaciones en el hábitat de las poblaciones aledañas.

Los médicos por su parte son especialistas en curar enfermedades, en mejorar la salud de las personas, sin embargo carecen del conocimiento para llegar a saber los factores externos de las enfermedades, conocer la distribución de plagas y epidemias, las variaciones espaciotemporales de las enfermedades, lugares claves para la polución de ciertas bacterias, entre otras cosas.

Pero también es un hecho que no se debe dejar pasar por alto que los geógrafos tenemos la obligación de prepararnos en las diversas áreas de trabajo para ser más competitivos y no dejar pasar oportunidades claras de mejoras laborales por desconocimiento de normas, leyes, metodologías, etc.

La Geografía sin lugar a dudas es una disciplina holística, no hace falta filosofar sobre si es ó no física, social, económica, etc. es desde mi punto de vista Geografía, quitarnos estigmas que arrastramos desde hace muchos años y que es aquí en dónde otras disciplinas han sobresalido por una simple razón, saben lo que hacen y para que lo hacen, esta es una

desventaja de nuestra carrera, pues no sabemos para que lo hacemos, no hemos logrado pasar la barrera de la imaginación, debemos pues salir al campo laboral con las herramientas que tenemos como geógrafos con un mapa, conocimiento holístico, sentido común, aceptación de otras formas de pensar y la actitud de trabajar en equipos interdisciplinarios, para de este modo formar elites ó bufetes geográficos.

5 CONCLUSIONES

Las necesidades actuales de las empresas, el acelerado ritmo de vida y el desarrollo de nuevas tecnologías, el crecimiento demográfico, las problemáticas ambientales actuales, la carencia o deficiencia de planeación urbana de algunos países como México, las nuevas políticas instrumentadas por los gobiernos en cuanto a migración, exportaciones, intercambios culturales etc., la globalización en su expresión mas holística traen como consecuencia la generación de nuevas necesidades y es aquí en dónde los geógrafos podemos aportar nuestro grano de arena aplicando el conocimiento cartográfico, de análisis y síntesis territorial y nuestra imaginación para poder llegar a dar soluciones a problemas reales y no sólo imaginarios, utópicos, de ficción o de laboratorio.

La tecnología avanza y cada área del conocimiento debería de crecer de manera paralela para poder satisfacer las demandas de la sociedad ya que un conocimiento no pragmático se convierte por ende en inútil y entonces toda la energía, el tiempo, el dinero será desperdiciado. Es por ello que con este proyecto se pretende dar al lector un horizonte más amplio de posibilidades dejando a la imaginación la cantidad de usos a los que puede ser sometido el conocimiento y el deber geográfico.

Se ha demostrado que aplicando el conocimiento de Cartografía y Fotogrametría en conjunción con la tecnología de vanguardia se pueden desarrollar proyectos que generen ingresos onerosos e incursionar en diversos campos como es el caso presentado en este

documento. El uso adecuado de las proyecciones cartográficas, el conocimiento del Datum así como el conocimiento de los elipsoides dan al usuario de los Sistemas de Información Geográfica más armas para realizar trabajos de mejor calidad.

Es un hecho palpable que el conocimiento de todo el proceso en un proyecto permite tomar decisiones acertadas para optimizar los recursos humanos y económicos y sacar el mayor provecho con el menor costo. Si una persona solo conoce parte del proceso no comprende la importancia de su trabajo en la línea de producción y por tanto puede no poner lo mejor de sí. Así pues los egresados de la carrera de geografía se encuentran con diversas interrogantes al final de la carrera: ¿para qué sirve lo que estudie?, ¿en dónde me pueden contratar?, ¿qué trabajos puedo realizar?, ¿cuánto puedo cobrar?, estas entre otras más con las mas que con mayor frecuencia enfrenta cada alumno egresado.

Con este trabajo se pretende dar al lector en general y en particular a los geógrafos un panorama de la cantidad de trabajos que se pueden realizar sin importar el área del conocimiento a que se dediquen, es decir, sin importar si son geomorfólogos, geógrafos económicos, sociales, físicos, interesados en lo vegetal, no importa en que área se especialicen, lo importante es saber que nuestro conocimiento puede ser aplicado de manera práctica, con base en un mismo método geográfico aplicado a una gran diversidad de procesos y problemas territoriales.

GLOSARIO

6 GLOSARIO

Aberración: La distancia focal de una lente depende del índice de refracción de la sustancia que la forma. Puesto que el índice de refracción de todas las sustancias ópticas varía con la longitud de onda, la distancia focal de una lente es distinta para los diferentes colores. En consecuencia, una lente única no forma simplemente una imagen de un objeto, sino una serie de imágenes a distancias distintas de la lente, una para cada color presente en la luz incidente. Además, como el aumento depende de la distancia focal, éstas imágenes tienen tamaños diferentes. La variación de la distancia imagen con el índice de refracción se denomina aberración cromática longitudinal y la variación de tamaño de la imagen es la aberración cromática lateral.

La luz de longitud de onda más corta (azul) es curvada más que la luz de longitud de onda más larga (rojo), de forma que la luz azul llega a un foco más cercano de la lente que la luz roja. El efecto puede reducirse colocando dos lentes juntas. Los espejos no sufren aberración cromática.

En la parte superior hay detalle en las esquinas por ser una fotografía tomada con un lente de alta calidad. En la parte inferior hay una fotografía similar tomada con un lente de ángulo amplio mostrando una evidente aberración cromática.

En la parte superior hay detalle en las esquinas por ser una fotografía tomada con un lente de alta calidad. En la parte inferior hay una fotografía similar tomada con un lente de ángulo amplio mostrando una evidente aberración cromática.

En la práctica la aberración cromática longitudinal se entiende como el efecto que se produce de los bordes coloreados alrededor de un objeto visto a través de una lente, causado porque la lente no desvía todos los colores al mismo foco.

La aberración cromática lateral (SMC, sistema multicapa) genera una mayor proporción de blanco en la imagen. Sucede generalmente al no utilizar parasol.

Apostilla, apostillada, apostillamiento: Una apostilla es un sello especial que estampa una autoridad para certificar que un documento es una copia verdadera de un original. Las apostillas están disponibles en los países que firmaron el Convenio de la Haya sobre la Eliminación del Requisito de la Legalización de Documentos Públicos Extranjeros, popularmente conocido como el Convenio de La Haya. Este convenio, creado en 1961, sustituye al largo proceso de certificación en cadena utilizado hasta entonces, en el que había que acudir a cuatro autoridades distintas para certificar un documento.

Par estereoscópico: Un par estereoscópico consta de dos fotografías aéreas en que una parte del área total proyectada allí es común. Una investigación de tales pares con un estereoscopio da una vista tridimensional exagerada del terreno. Las vistas estereoscópicas limitadas se pueden lograr al traslapar las fotografías oblicuas y panorámicas; sin embargo, la mejor visión estereoscópica se logra por medio de las fotografías verticales y de tipo

verticales-divididas. Un tipo de un par estereoscópico es el vetógrafo que es dos fotografías aéreas que se traslapan, impresas especialmente. Estas dan la ilusión de tercera dimensión cuando se miran con lentes estereoscópicas.

Resolución: La resolución de imagen indica cuánto detalle puede observarse en una imagen. El término es comúnmente utilizado en relación a imágenes de fotografía digital, pero también se utiliza para describir cuán nítida (como antónimo de granular) es una imagen de fotografía convencional (o fotografía química). Tener mayor resolución se traduce en obtener una imagen con más detalle o calidad visual. Para las imágenes digitales almacenadas como mapa de bits, la convención es describir la resolución de la imagen con dos números enteros, donde el primero es la cantidad de columnas de píxeles (cuántos píxeles tiene la imagen a lo ancho) y el segundo es la cantidad de filas de píxeles (cuántos píxeles tiene la imagen a lo alto). La convención que le sigue en popularidad es describir el número total de píxeles en la imagen (usualmente expresado como la cantidad de megapíxeles), que puede ser calculado multiplicando la cantidad de columnas de píxeles por la cantidad de filas de píxeles. Otras convenciones incluyen describir la resolución en una unidad de superficie (por ejemplo píxeles por pulgada). A continuación se presenta una ilustración sobre cómo se vería la misma imagen en diferentes resoluciones.

Para saber cuál es la resolución de una cámara digital debemos conocer los píxeles de ancho x alto a los que es capaz de obtener una imagen. Así una cámara capaz de obtener una imagen de 1600 x 1200 píxeles tiene una resolución de $1600 \times 1200 = 1.920.000$ píxeles, es decir 1,92 megapíxeles.

Además, hay que considerar la resolución de impresión, es decir, los puntos por pulgada (ppp) a los que se puede imprimir una imagen digital de calidad. A partir de 200 ppp podemos decir que la resolución de impresión es buena, y si queremos asegurarnos debemos alcanzar los 300 ppp porque muchas veces la óptica de la cámara, la limpieza de la lente o el procesador de imágenes de la cámara digital disminuyen la calidad.

Para saber cuál es la resolución de impresión máxima que permite una imagen digital hay que dividir el ancho de esa imagen (por ejemplo, 1600 entre la resolución de impresión 200, $1600/200 = 8$ pulgadas). Esto significa que la máxima longitud de foto que se puede obtener en papel para una foto digital de 1600 píxeles de largo es de 8 pulgadas de largo en calidad 200 ppp ($1600/300=5.33$ pulgadas en el caso de una resolución de 300 ppp). Una pulgada equivale a 2,54 centímetros.

Respaldo CFV: El respaldo digital Hasselblad CFV ha sido especialmente desarrollado para adaptarse al diseño y la funcionalidad de las cámaras del sistema V de Hasselblad. El respaldo CFV lleva un sensor de 16 megapíxeles, lo que es un 50% más grande que el de las DSLR de 35mm, y dispone de todas las innovaciones necesarias para la integración de los modelos clásicos de cámaras y objetivos de la serie V y hará de la cámara un moderno todoterreno digital. (tomado de www.hasselblad.es)

Proceso Negativo-Positivo:

Ortofotografía: La ortofotografía (del griego Orthós: correcto, exacto) es una presentación fotográfica de una zona de la superficie terrestre, en el que todos los elementos presentan la misma escala, libre de errores y deformaciones, con la misma validez de un plano cartográfico.

LISTA DE SIGLAS

CETENAL: Comisión de Estudios del Territorio Nacional

COGO: Coordenadas Geométricas

S.A.F.: Sistema de Administración y Finanzas

SICSA: Soluciones en Información y Calidad

SINFA: Sistema Nacional de Fotografía Área

SINREA: Sistema Nacional de Registro Aerofotográfico

SIGS: Sistemas de Información Geográfica

GPS: Sistema de Posicionamiento Global

INEGI: Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Información

ISO fotográfico: La escala de sensibilidad fotográfica, físicamente se define la sensibilidad como la inversa de la entrada necesaria para obtener una respuesta predeterminada en un sistema.

En fotografía la entrada es la exposición y la salida es la densidad obtenida. La sensibilidad fotográfica por tanto puede definirse como la inversa de la exposición necesaria para obtener una densidad predeterminada. En el negativo blanco y negro este nivel de densidad está fijado en 0,1 unidades de densidad sobre la densidad mínima. Esta referencia es la base del sistema DIN, el antiguo ASA (hoy ANSI) el BS y el ISO. No obstante pueden definirse sensibilidades en base a otros parámetros. El valor concreto de sensibilidad depende de como se interprete la exposición. Normalmente hay dos interpretaciones, emplear la exposición tal cual (iluminancia multiplicada por tiempo de obturación) que es lo que hace la norma ANSI (antigua ASA) norteamericana o emplear el logaritmo de la exposición, valor más práctico dado que es el que aparece en las curvas HD características de una emulsión fotográfica. Este procedimiento es el empleado en la norma DIN alemana.

Las distintas escalas de sensibilidad fotográfica están clasificadas en función del tipo de emulsión fotográfica presente en la película. La sensibilidad de una película fotográfica es

la velocidad con la que su emulsión fotosensible reacciona a la luz. Algunas marcas fotográficas hablan de E.I., esto es Exposure Index o Índice de Exposición. El índice de exposición o sensibilidad de una película se indica mediante las escalas ASA, DIN, ISO, GOST (escala soviética actualmente en desuso).

ISO de calidad: Organización Internacional para la Estandarización (en inglés, International Organization for Standardization). Es el organismo encargado de promover el desarrollo de normas internacionales de fabricación, comercio y comunicación para todas las ramas industriales a excepción de la eléctrica y la electrónica. Su función principal es la de buscar la estandarización de normas de productos y seguridad para las empresas u organizaciones a nivel internacional.

La ISO es una red de los institutos de normas nacionales de 157 países, sobre la base de un miembro por país, con una Secretaría Central en Ginebra, Suiza, que coordina el sistema.

ÍNDICE DE FIGURAS, TABLAS Y MAPAS

Figura 1 Relación distancia focal sobre distancia en el terreno	31
Figura 2 Cámara aérea K20	34
Figura 3 Cámara Linhof Aerotrónica 69	36
Figura 4 Cámara Hasselblad modelo 503CWD	38
Figura 5 Cámara Rolleiflex 6008 Profesional	44
Figura 6 Cámara Zeiss modulo RMX montada	47
Figura 7 Cámara Wild RC-10	49
Figura 8 Cámara Leyca RC-30	50
Figura 9 Aviones que vuelan por encima de los 300 metros	54
Figura 10 Helicópteros de la compañía española Helivisión	55
Figura 11 Avión Cessna 310 usado por el INEGI	60
Figura 12 Obtención de escala en función de la altura de vuelo	72
Figura 13 Fotografía aérea con los 8 puntos esenciales	78
Figura 14 Fotografía aérea cargada en Arc Gis 9	80
Figura 15 Zoom al pixel de una fotografía aérea en Arc Gis 9	81
Figura 16 Organización de la información en módulos de datos Raster	88
Figura 17 Desarrollo de las proyecciones cartográficas	97
Figura 18 Cilindro tangente y secante vertical al globo terráqueo con paralelos y meridianos	100
Figura 19 Proyección de Mercator	104
Figura 20 Representación de una línea loxodrómica y una ortodrómica	109
Figura 21 Proyección UTM	113
Figura 22 Punto Datum de cualquier lugar de la superficie terrestre	136

Figura 23 Formato para un plan de vuelo en Argentina	156
Figura 24 Números correspondientes a la proyección CCL	168
Figura 25 Herramienta COGO de Arc Gis 9	173
Figura 26 Herramienta COGO en Arc Gis 9.2	173
Figura 27 Valores de la herramienta COGO	174
Figura 28 Valores del proyecto	175
Figura 29 Herramienta “Zoom to layer”	179
Figura 30 Herramienta “Zoom to feature”	180
Figura 31 Creación de una nueva capa de información	181
Figura 32 Herramienta “snap” en Arc Gis	182
Figura 33 Herramienta de “edición” en Arc Gis	182
Figura 34 Levantamiento topográfico digitalizado	184

TABLAS

Tabla 1 Tipos de filtro	29
Tabla 2 Modelos de cámaras utilizadas según su campo angular	41
Tabla 3 Clasificación de las cámaras según su tipo	45
Tabla 4 Uso de los SIGS en catastros	126
Tabla 5 Coordenadas correspondientes a los aeropuertos del condado de Los Ángeles	147-148
Tabla 6 Cálculo para plan de vuelo (Parte 1)	153
Tabla 6 Cálculo para plan de vuelo (Parte 2)	153
Tabla 6 Cálculo para plan de vuelo (Parte 3)	154

MAPAS

Mapa 1 Condado de Los Ángeles y su frontera con Kern	68
Mapa 2 Mapa de las ondulaciones geoidales o discrepancias en metros entre el Geoide y el elipsoide WGS84	137
Mapa 3 Localización del área de estudio	145
Mapa 4 Imagen satelital de Global Earth Pro con las coordenadas máximas de la zona de estudio	146
Mapa 5 Plano base de un levantamiento topográfico	160
Mapa 6 Plano topográfico a detalle (Primera parte)	162
Mapa 7 Plano topográfico a detalle (Segunda parte)	163

BIBLIOGRAFÍA

7 BIBLIOGRAFÍA

ACADEMIA DE NICE (2000) Francia.

BERRY (1987).

BLUM, Winfried, KRESSE, Klaus, MEIER, Willie (1979). “**Landsat imagery for the assessment of soil erosion in large mountain watersheds**”. Applied Sciences and Development. Institute for Scientific Co-Operation. República Federal Alemana. pp. 46-56.

BUZAI, Gustavo (1994). **Bibliografía sobre Sistemas de Información Geográfica**. Producción en América Latina 1987-1993. Edición de Análisis Geográfico. Buenos Aires

BUZAI, Gustavo, BAXENDALE, C. (1998). **Perspectivas para la enseñanza de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) en la educación polimodal**. Condusec. Pp 833:42, 834:42, 835:40.

BUZAI, Gustavo, DURÁN, Diana (1994). “**La Geografía en el Laboratorio de Informática**” Novedades educativas. num. 48 pp. 44-46. Buenos Aires.

----- (1994). “**La Geografía en el Laboratorio de Informática**” Novedades educativas. num. 49 pp. 44-46. Buenos Aires.

BUTTNER, A. (1974). **Values in Geography**. Association of America Geographers. Comission of College Geography. Washington

BURROUGH (1998).

BONHAM, C., et. al. (1991). **Integration of geoscientific data using GIS, Geographical Information Systems, Principles and applications**. Longman scientific and technical. pp. 171-182.

BOSQUE SENDRA, J. (1997). **Sistemas de Información Geográfica**. Rialp. 451 p.

CABRERA ACEVEDO, Gustavo (1996). **El poblamiento de México. Una visión Histórico-demográfica**. Tom. IV. CONAPO, México

CAIRE LOMELÍ, Jorge (2003). **Fotogrametría Aérea**. Editorial Rodríguez. México. 353 p.

CAIRE LOMELÍ, Jorge (2004). **Cartografía Terrestre**. Facultad de Filosofía y Letras. UNAM. México

CHORLEY, R, HAGGET, P. (1967). **Models in Geography**. Methuen, London.

COE, B. (1976). **The Birth of Photography**. Ash & Grant Ltd. Londres.

COLEGIO UNIVERSITARIO DE LONDRES (1999). Inglaterra.

COMMONS, Áurea (2000). **El Estado de Oaxaca. Sus cambios territoriales**. Instituto de Geografía, UNAM. México. 40 p.

COX, A (1979). **Óptica Fotográfica**. Barcelona: OMEGA

CRACKNELL, A.P., HAYES, L. (1991). **Intoduction to remote Sensing**. Taylor and Francis. London.

CROSTA, A.P. (1992). **Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto**. IG-UNICAMP. Campinas.

DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN (1985).

Enciclopedia de México (1977).

ERDAS (1990). **Erdas Field Guide**. Earth Resources Data System (Erdas). 120 p.

ERDAS (2008). **Proyecciones Cartográficas**. Earth Resources Data System (Erdas). 576 p.

ESRI (1991). **“Cell-based modeling with grid”**. **Arc/Info users guide**. Environmental System Research Institute (ESRI Inc.). pp. 99-103.

ESRI (1999). **Getting to Know Arc View GIS, the geographic information system (GIS) for everyone**. ESRI Inc.

ESRI (2001). **Using ArcGis geostatistical analyst**. ESRI Inc. 300 p.

ESTRUCH SIERRA, Miguel (1996). **Cartografía Minera**. Universidad Politécnica de Cataluña.

FERNANDEZ-COPPEL, Ignacio (2008). **Localizaciones Geográficas. La Proyección UTM. (Universal Transversa Mercator)**. Universidad de Valladolid. Área de Ingeniería Cartográfica, Geodesia y Fotogrametría. 52 p.

FIGUEROA, Fernando (1977). **Apuntes de cartografía aplicadas a la navegación aérea**. Gráficas Virgen de Loreto. Madrid p. 64

FREITAG, Ulrich (1979). **“Land Use Mapping in Southeast Asia”**. Applied Sciences and Development. Institute for Scientific Co-Operation. República Federal Alemana. pp. 118-130.

FORESMAN, T.W. et. al. (1998). **The History of GIS: Perspectives from the Pioners.**

Taylor and Francis. London.

GODIN, Lisa (2001). **GIS in Telecommunications.** ESRI Press, Redlands California. 108

p.

GRAHAM, Roy, READ, Roger (1990). **Manual de fotografía aérea.** OMEGA. Barcelona.

359 p.

HOEHN Philip, LYNETTE LARSGAARD Mary, CREASER John. (2007). **Dictionary of**

abbreviations and acronyms in geographic information system, cartography and

remote sensing. University of California and Earth Sciences.

INEGI (1996). **División territorial de los Estados Unidos Mexicanos de 1810 a 1995.**

INEGI. México. 8 p.

INEGI (2000). **La nueva red geodésica nacional, una visión hacia el futuro.** Segunda

Edición, febrero del 2000. Ed. INEGI

INEGI (2000). **Información Geográfica hacia el Tercer Milenio.** INEGI. 171 p.

INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL DE GUATEMALA (2004). **Fotogrametría.**

KEMP, Davis (1998). **The Enviromental Dictionary**. Routledge. New York. 464 p.

KRAUS, L. (1992-1997). **Photogrammetry Vol.1: Fundamental and Estándar Processes**. Alemania: Dümmler.

LABASTIDA, Jaime (1999). **Humboldt, ciudadano universal**. Siglo Veintiuno Editores, S.A. de C.V. México. 391 p.

LIRA, Jorge (1987). **La Percepción Remota: nuestros ojos desde el espacio**. La Ciencia Desde México num. 33. 150 p.

McMASTER, R.B., SHEA, K.S. (1992). **“Generalization in digital cartographic”**. Library of Congress Cataloging

MIKHAIL, E. M, BETHEL, J.S. (1995). **Introduction to modern photogrammetry**. USA: New York.

MONCADA MAYA, Omar, et. al. (1999). **Bibliografía Geográfica Mexicana**. La obra de los Ingenieros Geógrafos. Instituto de Geografía. UNAM. 259 p.

NATIONAL CENTER FOR GEOGRAPHIC INFORMATION AND ANALISIS (1990).

ORGANIZACIÓN GEOMATICS PENSANDO ESPACIALMENTE. (2001). Reino Unido.

OROZCO CHÁVEZ, Francisco, et. al. (1983). **“Levantamiento Cartográfico de Suelos en la Cuenca de México”**. Primer Congreso Interno del Instituto de Geografía de la Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Geografía de la UNAM. México. pp. 302-311.

Revista Vértices (1994). Revista cuatrimestral enero-abril 1994 Núm. 4. Ed. INEGI

SANTOS, Clemencia, PERALTA, Armando, et. al. (1997). **El Potencial del Instituto de Ingeniería en Percepción Remota (PR) y Sistema de Información Geográfica (SIG)**. Instituto de Ingeniería. UNAM. México. 29 p.

MIRANDA SALAS, Marcelo, (2006). **Geomática Aplicada a Recursos Naturales, Sistemas de Referencia UTM y Latitud Longitud. Departamento de Ciencias Forestales**. Pontificia Universidad Católica de Chile. 18 p.

TOMLIN, C.D. (1983). **Digital Cartographic Modelling for Enviromental Planning. PhD Dissertation**. Yale University.

TOMLIN, C.D. (1983). **Geographic Information Sistem and Cartographic Modelling**. Prentice Hall. New Jersey.

TOMLINSON (1967).

REY BALMACEDA, R.C. (1991). **“Teoría de la Geografía. Una Aproximación”** Serie Aportes al Pensamiento Geográfico. num. 5. Sociedad Argentina de Estudios Geográficos. Buenos Aires.

RUBIN, T. (1992). **“Ussing common database and spreadsheet/plotting program as inexpensive Geograpchic Information Systems”**. Geographic Information Systems (GIS) and Mapping – Practices and standards. ASTM. Philadelphia.

ROSSMEISSL, H., RUGG, R.D. (1992). **“An approach to date exchange: the spatial data transfer standard”**. Geographic Information Systems (GIS) and Mapping – Practices and standards. ASTM. Philadelphia.

SANJUAN HERNÁN-PÉREZ (1987). **Fotogrametría**. España : Canarias. 125 p.

SIGMA Consultores (2004).

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA (2007).

UNIVERSIDAD DE MELBOURNE, (2000). Australia.

UNIVERSITY OF NEW BRUNSWICK (2001). Canadá.

UNIVERSITY OF NEW BRUNSWICK (2004). Canadá.

UNIVERSIDAD ESTATAL DE CALIFORNIA (2001). Estados Unidos.

UNIVERSIDAD ESTATAL DE COLORADO (1997) Estados Unidos.

UNIVERSIDAD DE FLORIDA (2000). Estados Unidos.

UNIVERSITY OF CAPE TOWN (2004). Sudáfrica.

URIBE LUNA, Jesús (2002). **“Usos y aplicaciones de un sistema de información geográfica en geología”**. Boletín Técnico COREMI. Año IX, num. 50, sept-oct. pp. 11-21.

YANN, Arthus-Bertrand (2003). **“La Tierra vista desde el cielo”**. Foto-Zoom. Año 28, No. 331 de Abril. Digital Fotozoom. México.

Apuntes de Cartografía 2003

Apuntes de Fotogrametría 2003

INTERNET 1: <http://aerovia.com>

INTERNET 2: <http://www.ign.gob.gt/fotogrametria.htm>

INTERNET 3: <http://www.cartesia.org>

INTERNET 4: <http://www.lainfo.com.mx/sig/sig.php?adv=1>

INTERNET 5: <http://kartoweb.itc.nl/webcartography/webbook/ch03/ch03.htm>

INTERNET 6: <http://www.etsimo.uniovi.es/%7Efeli/CursoMDT/CursoMDT.html>

INTERNET 7: <http://nivel.euitto.upm.es/~jjarranz/apuntes/Cartografia%20catastral.pdf>

INTERNET 8: <http://comunidad.derecho.org/pantin/geografia.html>

- INTERNET 9: www.mappinginteractivo.htm
- INTERNET 10: www.fotohobby.com
- INTERNET 11: www.grafinta.com/frames/cam-6008.htm
- INTERNET 12: www.geomatics.org/reports/aerial.htm
- INTERNET 13: www.masquefotos.com/formacion/curso3.asp
- INTERNET 14: www.saf.cl/interior/acerca/acerca_del_saf_equipamiento.htm
- INTERNET 15: www.um.es/~geograf/sig/teledet/fotogeolo.html
- INTERNET 16: www.aerovia.com
- INTERNET 17: www.caribersa.com
- INTERNET 18: www.inegi.org
- INTERNET 19: www.sistemahelivision.htm
- INTERNET 20: <http://usuarios.lycos.es/geografia2/twodescphotos.html>
- INTERNET 21: www.clarklabs.org
- INTERNET 22: www.todo-aviones.com.ar/usa/cessna206/ficha_cessna206.htm
- INTERNET 23: http://www.heliceaviacion.com/index2/fotografiaaerea_precios.htm
- INTERNET 24: <http://www.geocities.com/igncr2/fotosaereaspacios.htm>
- INTERNET: <http://es.wikipedia.org>

ANEXO

ANEXO

**(TRANSCRIPCIÓN DE LAS NORMAS PARA VUELOS AEROFOTOGRAFÍCOS
PUBLICADAS EN EL DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN, 29 DE MARZO
DE 1985)**

Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos.-
Secretaría de Hacienda y Crédito Público.- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e
Informática.- Dirección General de Geografía.-

Normas técnicas para levantamientos aerofotográficos

Con fundamento en lo dispuesto en los artículos 31 fracción XIX de la Ley Orgánica de la
Administración Pública Federal; 11 párrafo segundo, 13, 16 fracción I, 17 fracción VII, 19
y 30 fracción I de la Ley de Información Estadística y Geográfica; 55 fracciones I y VII, 59
de su Reglamento; y 99, 100 fracción II, incisos a), b), c) y f), 101 fracción I y 102 fracción
I del Reglamento Interior de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público.

Considerando

Que la información geográfica constituye un insumo básico para el desenvolvimiento de las
actividades que se lleven a cabo en el proceso de planeación y, asimismo, apoya la
definición de las orientaciones y políticas de los programas nacionales, sectoriales,
regionales y especiales.

Que para este propósito, en la integración y funcionamiento del Sistema Nacional de Información Geográfica, se hace necesario homogeneizar las características de las fotografías aéreas, que se obtengan y que sirven de base en los trabajos de restitución fotogramétrica, cartográficos, de ordenamiento territorial, de planeación urbana, de fotointerpretación, así como para el levantamiento de inventarios de recursos naturales y de infraestructura; y en la formación y actualización del sistema de información geográfica.

Que el desarrollo tecnológico logrado entre la publicación de las primeras normas técnicas para levantamientos aerofotográficos publicadas en 1985 y esta fecha, ha dado lugar a avances que hacen posible que los levantamientos aerofotográficos se efectúen con mayor rapidez y calidad.

Que al dar uniformidad y comparabilidad a los levantamientos aerofotográficos que realizan las distintas unidades que integran el sistema mencionado, se contribuye a evitar la duplicidad de tareas y a racionalizar el gasto público, obteniendo, por otra parte, información geográfica confiable y oportuna que sea de utilidad general y que apoye la toma de decisiones en los distintos niveles de gobierno.

Que en virtud de que deben observarse normas mínimas, en todos los levantamientos aerofotográficos que realicen directamente o por terceros las dependencias y entidades de la administración pública federal, que integran el Sistema Nacional de Información Geográfica, a fin de obtener productos de calidad congruentes con los objetivos de este sistema, se expiden las siguientes:

Normas técnicas para levantamientos aerofotográficos

De acuerdo con la Ley de Información Estadística y Geográfica y su Reglamento, las presentes normas son obligatorias para las dependencias y entidades de la administración pública federal.

Especificaciones de vuelo.

Proyecto de vuelo.

De acuerdo con los objetivos de los levantamientos aerofotográficos, las dependencias y entidades interesadas, elaborarán un proyecto de vuelo que deberá expresarse sobre mapas del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) a la escala conveniente.

El Proyecto de Vuelo deberá mostrar

- Delimitación del área por fotografiar.
- Número de líneas que deberán volarse y dirección del vuelo.
- Número de fotos de cada línea,
- Escala de las fotografías.
- Alturas de vuelo sobre el nivel medio del terreno a fotografiar.
- El porcentaje de sobreposición longitudinal y lateral.
- Tipo de cámara, época del año más probable en que se tomarán las fotografías, tipo de película y filtros a utilizar.
- Tiempo estimado en horas y días para la realización del proyecto.

En caso de trabajos para la administración pública federal, y para escalas 1:75,000; 1:40,000. 1:37.500 y 1:20,000, la dirección del vuelo deberá ser norte-sur y la posición de cada línea deberá coincidir con la posición de las líneas de vuelo del Sistema Nacional de Fotografía Aérea (SINFA). Para escalas diferentes a las mencionadas, y cuando el proyecto así lo requiera, podrá seguirse otra dirección de vuelo según convenga al proyecto.

El Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática pondrá a disposición de los usuarios, que así lo soliciten, las coordenadas de los ejes de las líneas de vuelo para el SINFA en las escalas mencionadas.

I.2 Permisos

La dependencia, entidad o el tercero contratado por éstas, así como los particulares que ejecuten vuelos fotográficos, para cada proyecto, deberán tramitar los permisos oficiales de vuelo fotográfico que expide el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática y los que correspondan a otras instancias.

Aviones.

La operación y el mantenimiento de los aviones utilizados para la toma de fotografía aérea, deberán sujetarse a lo que establece la Ley de Vías Generales de Comunicación y sus Reglamentos.

Sistemas de navegación.

Para el levantamiento fotográfico, deberá seguirse, al menos, el procedimiento de navegación visual auxiliado por una mira de navegación que permita determinar la deriva e intervalo de disparo entre fotografías.

Para los vuelos que se realicen por encargo de la administración pública federal deberán usarse sistemas de navegación basados en el sistema de posicionamiento global (GPS) o sistemas que produzcan una precisión similar o mayor a éstos.

Cámaras.

Las cámaras que se utilicen en levantamientos aerofotográficos deberán cumplir con los siguientes requisitos:

- Tener la posibilidad de corrección manual de giros alrededor de los ejes de la cámara.
- Distorsión radial máxima de 10 micras.
- Poder de resolución de por lo menos 60 líneas por milímetro al centro de la lente.
- En los trabajos que se realicen para la administración pública federal, deberán utilizarse cámaras con compensación de movimiento de imagen, valores máximos de distorsión radial promedio del orden de tres micras y poder de resolución en el área de la fotografía de cuando menos 80 líneas por milímetro.

- Deben estar equipadas con reloj para marcar la hora de la toma de cada fotografía.
- Las cámaras aéreas se deberán calibrar por lo menos una vez cada dos años o cada 10,000 disparos.
- Los elementos mínimos que debe contener un certificado de calibración son:
 - Nombre de la institución donde se efectuó la calibración.
 - Fecha de calibración.
 - Nombre del fabricante y tipo de cámara.
 - Número de serie del cono de la cámara.
 - Distancia principal calibrada.
 - Coordenadas del punto de óptima simetría.
 - Coordenadas del punto principal de autocolimación.
 - Coordenadas del centro fiducial, siempre que éste no haya sido tomado como origen en la medida de coordenadas durante la calibración.
 - Coordenadas de cada una de las marcas fiduciales.
 - Datos de distorsión radial de la lente para cada semidiagonal, y/o datos promedio de distorsión radial.

Los certificados de calibración originales deben estar en poder de la entidad que realizó el vuelo y a su vez debe proporcionar copia del mismo al usuario que lo solicite.

Filtros.

El filtro se deberá montar enfrente del lente y debe considerarse como una parte del sistema óptico de la cámara. Una cámara deberá calibrarse con el filtro que se usará. Si se usa más de un filtro, deberán hacerse calibraciones por separado con cada filtro.

Película aérea.

La película deberá tener una base dimensionalmente estable, no haber llegado a la fecha de vencimiento al momento de la toma, manejarse y almacenarse de acuerdo con las recomendaciones del fabricante; deberá seleccionarse tomando en cuenta las características requeridas de imagen; su resolución no deberá ser menor que la resolución de la lente.

Especificaciones de toma.

II.1 Cubrimiento del área.

El vuelo fotográfico deberá extenderse lo suficiente, más allá del área del proyecto, a fin de garantizar un cubrimiento estereoscópico completo, en caso de utilizar navegadores basados en GPS, la primera y última foto de cada línea podrán ser tomadas en los límites del área, de forma tal que el centro de la fotografía sea el límite.

Las líneas de vuelo no deberán interrumpirse, en caso de que esto llegare a ocurrir, la continuación de la línea se llevará a cabo tomando como mínimo 5 fotos anteriores a la última foto donde se originó el corte, de modo que se asegure la continuidad de la línea. En caso de utilizar navegadores basados en GPS, deberán repetirse al menos dos fotografías

anteriores a la última foto donde se originó el corte. Cuando se requiera hacer un cubrimiento de huecos deberán tomarse al menos 2 fotografías antes y 2 fotografías después del hueco. Tanto en caso de huecos como en caso de continuidad de líneas de vuelo, las fotos complementarias deberán ser tomadas, en lo posible, con el mismo cono orientadas en la misma dirección, en condiciones de iluminación semejantes de la línea original y a la misma altura del vuelo del resto de la línea. Debe ser reservado, al principio o al final del rollo, un tramo de película (leader), de 10 fotografías para pruebas de procesamiento.

Estas fotografías deben ser representativas del terreno cubierto en el rollo expuesto. Las fotografías de prueba deben ser expuestas a una altitud, apertura de diafragma y exposición semejantes a las de la mayoría del rollo.

II.2 Nubosidad

El área total de una fotografía no debe estar cubierta en más de un 7% por nubes o sombras de nubes, y ninguna nube individual deberá cubrir más del 3% del área fotográfica.

Las nubes o sombras de nubes no deberán cubrir los puntos principales ni sus homólogos. Para el conjunto de una línea o bloque, la nubosidad y las sombras promedio no deberán exceder del 7% del área y deberá estar exenta de marcas estáticas, humo, bruma y nieve. En casos de áreas urbanas no deberán existir nubes o sombras de las mismas.

II.3 Posición de las líneas.

Las líneas de vuelo deberán estar dentro de ± 5 grados de la dirección especificada en el proyecto de vuelo y la dirección promedio entre líneas adyacentes deberá ser paralela de ± 5 grados.

II.4 Giro.

Durante el vuelo de cada línea se deberá compensar el giro alrededor del eje vertical para mantenerlo dentro de un máximo de 5 grados.

II.5 Verticalidad.

Se deberá mantener la verticalidad del eje de la cámara dentro de 4 grados.

La inclinación relativa entre dos fotografías sucesivas no deberá exceder de 6 grados.

II.6 Sobreposición longitudinal.

En lo general, la sobreposición longitudinal promedio entre fotografías sucesivas deberá ser suficiente para proporcionar un cubrimiento estereoscópico completo, deberá darse de acuerdo a las necesidades del proyecto, y con una sobreposición no menor al 55% en caso de fotografías para modelos estereoscópicos.

Cuando se trate de vuelos de los que se derivan ortofotos, debe calcularse la sobreposición necesaria para que cuando menos una fotografía tenga su punto principal en el centro del espacio que cubrirá la ortofoto correspondiente.

II.7 Sobreposición lateral.

La sobreposición lateral entre líneas de vuelo adyacentes deberá estar comprendida dentro de $30\% \pm 10$ (20-40%), solamente en caso de extremo relieve las sobreposiciones podrán ser más bajas, pero no menores de 10%.

II.8 Escala de las fotografías.

Las variaciones en la escala de las fotografías no deberán ser mayores de + 10% en promedio, con respecto a la escala nominal.

Especificaciones de procesamiento.

III.1 Procesamiento de negativos.

Los rollos de película deberán procesarse preferentemente en una máquina de procesamiento continuo en forma tal que asegure un revelado uniforme. En el caso de los trabajos para la administración pública federal, esta recomendación debe tomarse como norma.

Para asegurar los contrastes adecuados en todos los detalles, en ningún lugar del negativo la densidad deberá ser menor o igual a 0.3 por encima de la densidad de la base excepto en el caso de imágenes de puntos extremadamente brillantes, tales como los debidos a reflexiones especulares de sol. La máxima densidad no debe exceder de 1.6 por encima de la base.

En cada fotografía deberá anotarse claramente en el negativo:

- Zona de trabajo.
- Fecha de toma (día, mes y año).
- Número de línea.
- Número de fotografía.
- Escala media.
- Cuando menos al inicio y terminación de la línea, la distancia focal de la cámara.
- Identificación del proyecto (zona, estado o ciudad).
- Dependencia responsable del vuelo.
- Hora de toma.
- Marcas fiduciales.

III.2 Revisión preliminar.

Cada rollo de película aérea debe ser procesada tan pronto como sea posible después que ha sido expuesto, para verificar que las especificaciones de navegación de las líneas de vuelo y la calidad de la imagen cumplen con las presentes normas.

III.3 Calidad del negativo.

Los negativos deberán ser nítidos y con detalles bien definidos, de un rango de densidad como se menciona en el párrafo segundo del punto III.1 y tener el grado adecuado de contraste para todos los detalles, para permitir observar con claridad tanto las áreas sombreadas como las iluminadas.

Deberán cumplir con las presentes normas, referentes a procesamiento, nubes, sombras, y otro tipo de obstrucciones, rayas de revelado, nieve, marcas estáticas, roturas, raspones y otras manchas que pudieran interferir con el fin propuesto.

III.4 Estabilidad dimensional.

El procedimiento empleado para procesar la película no deberá tener un efecto dañino sobre las características dimensionales de la imagen fotográfica.

En ningún momento durante el revelado, fijado, lavado o secado, deberá la película estar sujeta a una tensión y/o temperatura que cause cambios dimensionales diferenciales superiores a $0.02\% \pm 15$ micrómetros.

III.5 Copias de contacto.

Las copias de contacto se harán en papel fotográfico y se someterán a las mismas especificaciones descritas para el procesamiento y calidad de negativos.

Todas las copias que sean objeto de transferencia de información entre dependencias y entidades deben incluir la imagen legible de los instrumentos auxiliares de toma.

III.6 Índice de vuelo.

El levantamiento fotográfico deberá registrarse sobre un mapa topográfico del INEGI a escala conveniente, donde se mostrará la localización de todas y cada una de las fotografías tomadas, la escala promedio de cada una de las líneas, el número de rollo donde se

encuentran, la fecha de vuelo, las características de la película utilizada y la entidad que efectuó el levantamiento; este índice deberá estar a disposición de quien lo solicite. En caso de que el vuelo sea para una dependencia o entidad federal, deberá entregar, además, un archivo digital donde se expresen la identificación de cada toma y las coordenadas del centro de cada una de las fotografías obtenidas.

Registro de vuelos aerofotográficos.

La información aerofotográfica del territorio nacional, se considera de utilidad pública, por lo que todos los levantamientos aerofotográficos deberán ser registrados en el INEGI. El responsable del vuelo, deberá avisar, de acuerdo al procedimiento de permisos y registros, al término de los trabajos los siguientes datos:

- Lugar del vuelo fotográfico (localidades y/o área que cubre).
- Fecha de vuelo.
- Cámara utilizada (número y distancia focal).
- Escala de fotografías.
- Entidad que realizó el vuelo.
- Entidad que posee los negativos.
- Tipo de película utilizada.

La información anterior deberá acompañarse de un índice de vuelo de acuerdo al punto III.6 de estas normas. El registro de vuelos aerofotográficos estará a disposición del público que lo solicite y podrá ser publicado periódicamente si así se considera conveniente.

Transitorios

Primero.- El presente Acuerdo entrará en vigor al día siguiente de su publicación en el Diario Oficial de la Federación.

Segundo.- Se abrogan las Normas Técnicas para levantamientos Aerofotográficos, publicadas en el Diario Oficial de la Federación el 29 de marzo de 1985, y se derogan todas las disposiciones que se opongan al presente ordenamiento.

Tercero.- Las disposiciones reglamentarias en uso a la fecha de entrar en vigor del presente Acuerdo, seguirán teniendo aplicación en lo que no se le opongan.

Atentamente

Sufragio Efectivo. No Reelección.