

2 ejempl

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE INGENIERIA



SENSORES REMOTOS Y PLATAFORMAS

TESIS PROFESIONAL

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO TOPOGRAFO Y GEODESTA
P R E S E N T A**

ANTONIO HERNANDEZ NAVARRO

1 9 8 1



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central

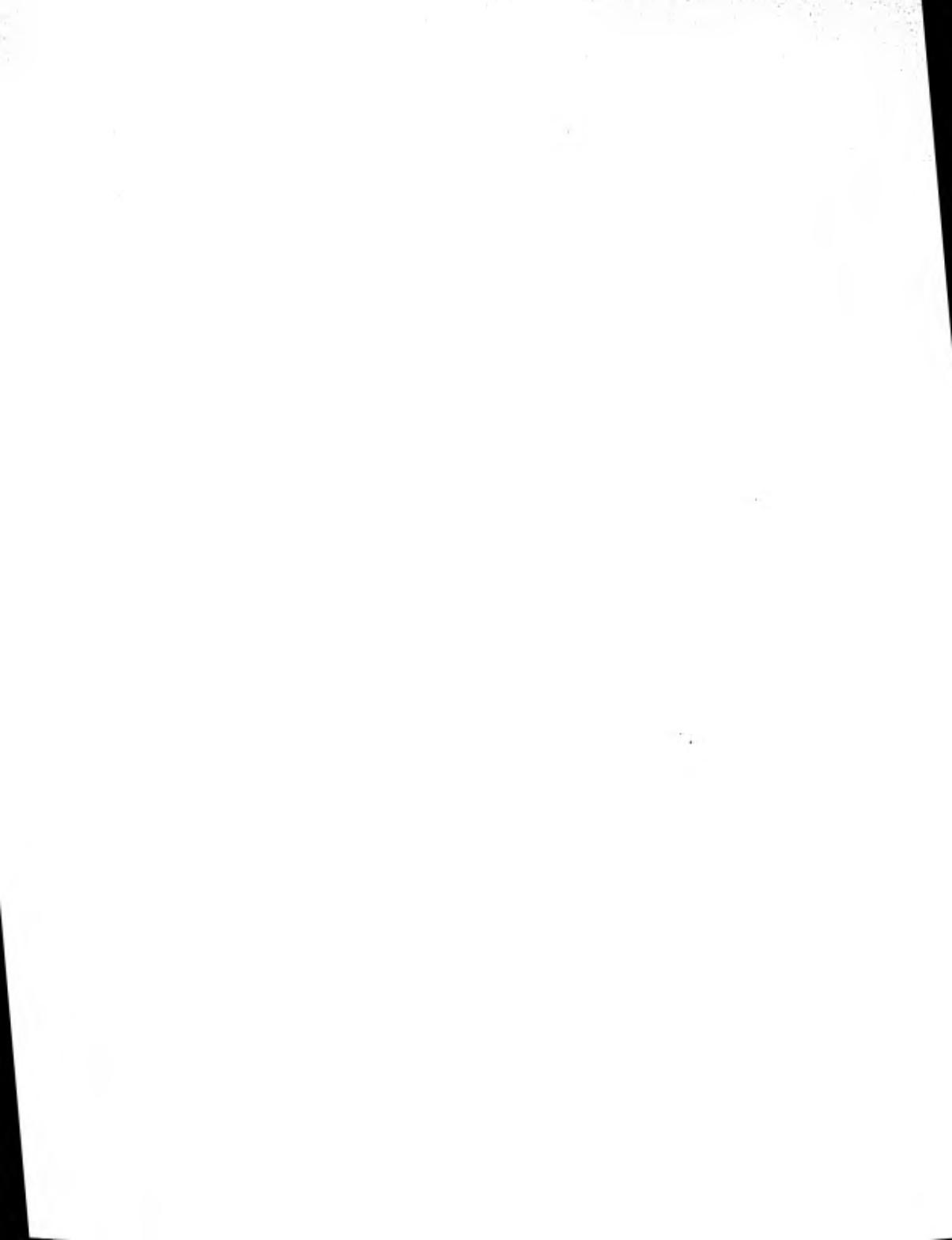


UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

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.



CONTENIDO

Lista de tablas	11
Lista de figuras	111
I INTRODUCCION	1
I.1 Antecedentes Históricos	3
I.2 Espectro Electromagnético	16
II SENSORES	21
II.1 Sensores Pasivos	22
II.1.1 Fotográfico	23
II.1.2 Barredor	33
II.2 Sensores Activos	35
II.2.1 Radar	36
II.2.2 Sonar	42
III PLATAFORMAS	43
III.1 Aéreas	44
III.1.1 Avión	45
III.1.2 Helicóptero	50
III.2 Espaciales	51
III.2.1 Satélites	52
III.3 Submarinas	55
III.3.1 Submarino	56
IV VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS DIFERENTES SENSORES Y PLATAFORMAS	57
V EJEMPLO DE APLICACION	58
BIBLIOGRAFIA	73

Lista de tablas

Películas fotográficas	26
Filtros fotográficos	28
Objetivos fotográficos	31
Cámaras fotográficas	32
Parámetros del Barredor	33
Diferentes frecuencias usadas en Radar	36
Parámetros del Radar	38
Parámetros del FOTO HELICOPTERO MKI	50

Lista de figuras

Diagrama de digitalización	2
Transbordador espacial Columbia	15
Espectro luminoso	17
Perdida de luz	18
Gráfica de ennegrecimiento	24
Diagrama de un objetivo fotográfico	30
Diagrama del Barredos	33
Elementos geométricos del Barredor	34
Curvas de frecuencia	37
Elementos geométricos del Radar	39
Diagrama del error planimétrico	40
Diagrama del efecto de pendiente	40
Diagrama del efecto de pendiente	41
Diagrama de distribución del equipo fotográfico en el GESMA de DGGTN	46
Diagrama de distribución del equipo fotográfico en el LEAD JEAT 25D de DGGTN	47
Elementos geométricos de una fotografía aérea	48
Satélite francés SPOT	52
Satélite LANDSAT	53
Elementos orbitales	54
Esquema del "Pescado de Hannover"	57
Error por deriva	62
Error por aleo	63
Error de cabeceo	64

Error de giro	64
Error de altura	65
Orbita del satélite ERTS 1	66

I INTRODUCCION

Percepción remota o teledetección.

Es la recolección de información de objetos distantes, sin entrar en contacto directo con ellos. Esta información puede ser obtenida por diferentes sensores, como pueden ser: por los barredores, por los fotográficos, por los radares, por los sonares, etc..

También es importante para la teledetección el tipo de plataforma que se emplee; para sostener, en algunos casos contener y transportar a un sensor.

El sensor remoto que más conocemos y al que estamos más acostumbrados es el ojo humano. Con él podemos ver a grandes distancias, relativamente, objetos sin entrar en contacto directo con ellos, con él podemos distinguir tamaños, texturas, colores, etc..

Digitalización.

La digitalización también conocida como numerización, es el procedimiento de que se valen los sensores remotos - en particular los satélites - para poder transmitir a la Tierra la información que han obtenido.

Las imágenes transmitidas están compuestas de infinidad de puntos, llamados unidad de registro mínima, y también conocidos como PIXEL. Cada uno de estos PIXEL se les asigna un valor dependiendo del tono que tengan en una escala comparativa del blanco al negro. Estos PIXEL tendrán tres valores, dos de ellos correspondientes a la posición en la -

"fotografía" y el tercero a la intensidad de tono. Los valores son grabados en cintas magnéticas, para que más tarde sean enviados a la Tierra, esta información, se convierte en energía luminosa, por medio de un microdensitómetro, que nos ofrece la posibilidad de obtener una "fotografía" de la imagen.

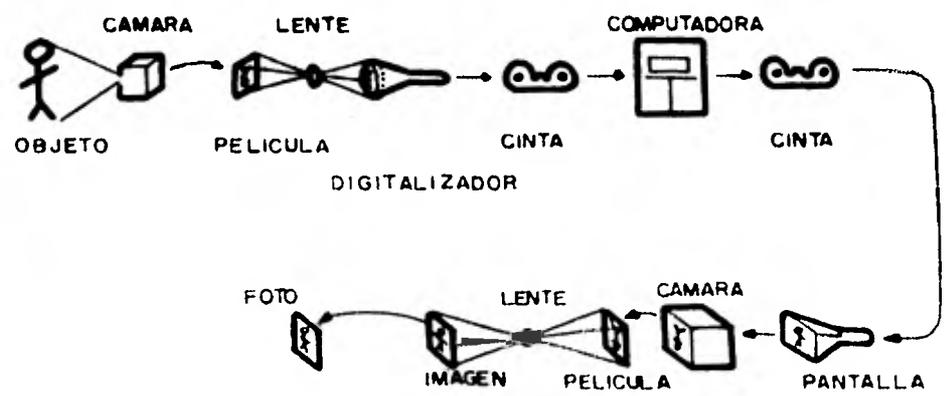


Fig. 1.1 DIAGRAMA DE DIGITALIZACION

1.1 Antecedentes Históricos

Uno de los grandes anhelos del ser humano, fue durante mucho tiempo surcar los aires y dejar la tierra por un período largo. El hombre había soñado con volar desde que observó y envidió por primera vez a las aves, que giraban y se remontaban con una libertad negada a los terrestres. Desde la antigüedad los más audaces trataron de convertir el sueño en realidad. La historia de Icaro, por ejemplo, quien con las alas de plumas pegadas con cera voló tan alto que al acercarse al Sol la cera se derritió; esta fue una de tantas leyendas que se transmitieron de generación en generación, símbolo de los valientes que se arrojaban de altas torres con artefactos sujetos a la espalda, pero sin poder volar. Paralelamente a estos audaces, existieron pensadores como Roger Bacon y Leonardo da Vinci que, con mayor o menor éxito, estudiaron a las aves, pensando a resolver los principios del vuelo, e idearon proyectos para traducir a la práctica dichos principios.

Fueron los hermanos Montgolfier, Joseph Michel y Jacques Etienne, los que intrigados por la idea del "aire inflamable", que mas tarde se llamaría hidrógeno, idearon un medio con el cual lograron su propósito. Fue el 21 de noviembre de 1783, en los jardines del castillo de la Muette en el bosque de Bolonia, donde los hermanos Montgolfier y dos acompañantes se metieron en la redonda canastilla de la aeronave de 50 pies de circunferencia y de 85 pies de alto. Faltando unos minutos para las dos de la tarde soltaron las amarras del globo, y éste, lleno de aire caliente que salía de una parrilla en la que se quemaba una mezcla de lana y paja, se elevó por el cielo de París con los primeros aeronau -

tas del mundo.

A lo largo de los siguientes cien años se popularizaron los viajes en globo en los Estados Unidos y en Inglaterra. Para que las aeronaves alcanzaran la fuerza ascensional se utilizó primero hidrógeno y luego - gas de alumbrado, que se podía controlar mejor que el fuego. El primer paso ya estaba dado y era solo cuestión de tiempo para que todo evolucionara.

Durante los últimos años del siglo XIX, los Lilienthal fueron los protagonistas principales para la solución de los problemas del vuelo - estable. De niños, al estudiar a la cigüeña, los hermanos Lilienthal - aprendieron una de sus primeras lecciones de vuelo. Años después, Gustav anotaría: "Nos dimos cuenta de que era más factible elevarse contra el viento, que en su misma dirección". Por mucho tiempo hicieron intentos para elevarse, pero éstos fueron fallidos. Hasta la década de 1870 construyeron su auténtica nave voladora; esta primera e infructuosa etapa estuvo interrumpida por la guerra francoprusiana. La segunda etapa, que incluyó la construcción de artefactos con alas batientes, no tuvo - mejor éxito que la primera. Los Lilienthal habían descubierto que, aun cuando el hombre no pudiera producir suficiente sustentación batiendo - las alas con su propio esfuerzo, sí podía saltar o correr contra el - viento, y crear así la suficiente energía, en un par de alas fijas, para elevarse del suelo. Una vez en el aire, podría mantenerse de frente al viento y lograr cada vez mayor altura; perderla al ir a favor de él y recuperarla al volver a enfrentarlo. En la década de 1890, lograron planear más de 1000 pies; con esto, los Lilienthal lograron hacer "volar" una máquina más pesada que el aire.

Mientras tanto, en los Estados Unidos, Octave Chanute estaba experimentando en la aviación. Pronto se dió cuenta que con el movimiento del cuerpo no era la mejor manera de alterar las características aerodinámicas de una máquina voladora; en lugar de ello, propuso alabar las alas, cambiando la combadura de las alas tirando de cuerdas o alambres.

También en los Estados Unidos, los hermanos Wright se interesaron en la aviación. Después de asesorarlos la Oficina Meteorológica de los Estados Unidos, eligieron un sitio cerca de la costa llamado Kitty Hawk, los hermanos Wright llevaron su planeador y obtuvieron resultados satisfactorios, aunque no espectaculares. En 1901, Wilbur Wright predijo que el hombre volaría en un futuro no muy lejano, pero que a ellos no les tocaría presenciarlo. Los Wright llegaron nuevamente a Kitty Hawk a finales de septiembre de 1903, con su planeador que habían usado el año anterior, pero acondicionado con un motor de combustión interna. Aproximadamente a las 10:30, Orville soltó el alambre de detención del "Flyer", como la bautizaron, y se lanzó a lo largo de la pista de madera. La aeronave había recorrido unos 40 pies cuando se fue despegando del riel y lentamente se elevó a una altura aproximada de 10 pies. Orville la mantuvo en dirección, conduciendola hacia el viento a una velocidad de aproximadamente 10 millas por hora. De esta forma el primer vuelo motorizado, sostenido y controlado, duró apenas 12 segundos y cubrió 120 pies.

Las repercusiones de Kitty Hawk habrían de ser mundiales, aunque no fueron inmediatas. En 1906, cinco meses después que se concedió a los Wright su patente, Alberto Santos-Dumont, el brasileño adinerado

que vivía en París, hizo el primer vuelo motorizado en Europa.

Sin embargo, al estallar la Guerra Mundial en el verano de 1914, - se alteró de modo decisivo el ritmo del progreso en la aviación; todos luchaban desesperadamente por la conquista del aire, ya que, como podía entreverse, sin ella, las victorias en tierra y en mar, sólo serían temporales. En principio, los aviones sólo se usaban con fines de reconocimiento, al igual que los globos en el sitio de París de 1870. Esto requería que el vuelo, aunque lento, fuera relativamente estable para que el observador tuviera tiempo de advertir y registrar lo que veía en la tierra. La urgencia de estabilidad aumentó a medida que se generalizó el reconocimiento fotográfico, ya que los fotógrafos necesitaban una plataforma más firme.

La lucha por la conquista del aire durante la Primera Guerra Mundial, aceleró de modo extraordinario el desarrollo de la aviación. En 1914, las velocidades máximas alcanzadas eran de aproximadamente 80 - millas por hora; para cuando la guerra terminó, esta velocidad se había casi duplicado. La altura máxima alcanzada por una aeronave se elevó de 7000 pies a casi 30000 pies; el peso de los motores se disminuyó a la cuarta parte y la carga por unidad de sustentación, casi se había duplicado; la carga por unidad de sustentación, es el peso que puede sostener la aeronave en relación con el área de las alas.

Las principales repercusiones de los adelantos de la aviación, estimulados por la guerra, habrían de hacerse sentir en el vuelo civil - en las dos décadas siguientes.

Durante la Segunda Guerra Mundial, la aviación nuevamente fue de-

cisiva y los adelantos que se introdujeron resultaron notables. Uno de los sucesos más importantes fue el advenimiento del radar, introducido como un invento que permitía detectar a tiempo el acercamiento de los bombarderos. El segundo suceso fue el descubrimiento del jet, o avión de retroimpulso, una nueva forma de propulsión que ha transformado por completo la aeronáutica, y no fué sino hacia finales de la guerra cuando la aviación empezó a utilizar este invento.

Gracias al motor de reacción, los aviones finalmente traspasaron la "barrera del sonido", que se puede definir como una concentración de aire que se forma delante del aeroplano y lo frena, a medida que este se acerca a dicha velocidad.

El ingenio humano venció una vez más sobre la naturaleza, un paso más se había dado, el hombre era dueño de los cielos, pero su ambición no quedó ahí; ahora quería conquistar el espacio exterior.

Con la ayuda que proporcionó el descubrimiento de los motores a chorro fue posible alcanzar la velocidad de liberación (39320 km/h), que es precisamente la que permite a los vehículos espaciales escapar de las fuerzas de atracción de la Tierra y desplazarse hasta el espacio.

El salto fuera de la atracción terrestre, en busca de otros mundos, también ha sido uno de los sueños que los hombres siempre acariciaron. Son incontables las obras de ficción que reflejan este deseo, desde la Historia verdadera de Luciano de Samosata, que ya en el siglo II imagina un viaje espacial a la Luna, hasta los libros de Julio Verne, en particular De la Tierra a la Luna.

En cuanto a la literatura científica sobre la cuestión, tiene sus inicios en Copérnico, Galileo y Kepler, que ya en el siglo XVII dieron fundamentos, Tsiolkovsky trató científicamente los viajes planetarios y la propulsión a reacción desde 1898 y alcanzaron consistencia en las primeras décadas del siglo XX con el norteamericano Goddard, quien escribe A Method of Reaching Extreme Altitudes (Metodo para alcanzar altitudes extremas), en el año de 1919; el alemán Oberth llamado en 1923 "padre de la astronautica", con Die Rakete zu den Planetenraumen, (El Cohete al Espacio Planetario); y también el francés Esnault-Pelterie, que publicó L'Astronautique (La Astronáutica), en 1930.

Un cambio trascendental en la problemática espacial fue la fabricación del primer cohete balístico operativo, las bombas volantes V-2, por los alemanes en el año de 1944. Al ser derrotada Alemania en la Segunda Guerra Mundial, los científicos y técnicos germanos prosiguieron sus investigaciones sobre el método para dominar el espacio al servicio de la Unión Soviética y de los Estados Unidos, los principales vencedores de la contienda. Con ello la investigación espacial tomó nuevos y brillantes rumbos; en los años que van de 1946 a 1956, se suceden los primeros logros considerables, tanto de los soviéticos como de los americanos, en la fabricación de cohetes, cada vez más perfectos y potentes. Pero en realidad, la era espacial de la humanidad comenzó prácticamente, en el año de 1957, con el primer satélite de la serie Sputnik lanzado por la Unión Soviética. Luego, el progreso espacial se iría desarrollando al ritmo marcado por los respectivos proyectos norteamericanos: Mercury, Gemini y Apollo; y los soviéticos Vostok, Vozjod y Soyuz.

La participación de otros países en la llamada carrera del espa-

cio es muy reducida. Entre estas pocas naciones se encuentra la Gran Bretaña, que ha lanzado algunos satélites en cooperación con la NASA norteamericana, Francia, que desde un principio ha seguido una política espacial independiente y que desde 1965 puso su primer cohete en órbita alrededor de la Tierra. A nivel europeo, funciona la ESA (Agencia Europea del Espacio), fundada en 1962 y a la que pertenecen Alemania, Bélgica, España, Francia, Gran Bretaña, Holanda, Italia, Suecia y Suiza. - quienes realizan investigaciones relacionadas con el espacio y de laboratorio, lanzamiento de cohetes sonda y también construyen satélites artificiales. Italia, que empezó sus investigaciones en 1959, ha lanzado dos satélites llamados Sant Marco.

Debido al alto costo que implica el lanzamiento de un transporte - fuera de la atmósfera, esto hace que la empresa sólo quede en manos de los Estados Unidos y de la Unión Soviética. La investigación norteamericana cae bajo el dominio de la NASA (National Aeronautics and Space Administration).

CRONOLOGIA DE LOS PRINCIPALES VUELOS ESPACIALES

4 de octubre de 1957, Sputnik I. Primer satélite artificial lanzado por la URSS.

3 de noviembre de 1957, Sputnik II. Lanzado con la perra Laika a bordo y equipo para medir sus reacciones.

31 de enero de 1958, Explorer I. Primer satélite artificial lanzado por los Estados Unidos.

17 de marzo de 1958, Vanguard I. Satélite equipado con celdas solares, para la producción de energía eléctrica.

11 de octubre de 1958, Pioneer I. Primera exploración lunar.

12 de septiembre de 1959, Luna II. Primer artefacto humano en alcanzar otro mundo, cohete ruso.

4 de octubre de 1959, Luna III. Primer vuelo circunlunar. Envío las primeras fotografías del lado oculto de la luna.

12 de abril de 1961, Vostok I. Primer vuelo orbital tripulado. A bordo, Yuri Gagarin.

6-7 de agosto de 1961, Vostok II. El soviético Titov describió 17.5 órbitas.

20 de febrero de 1962, Friendship 7. Primer vuelo orbital tripulado de los Estados Unidos, John Glenn describió 3 orbitas.

16 de marzo de 1962, Kosmos I. El primero de una larga serie de satélites soviéticos con fines científicos y militares.

23 de abril de 1962, Ranger IV. Primer artefacto norteamericano en llegar a la Luna.

24 de mayo de 1962, Aurora 7. El americano M. Scott hace un vuelo muy similar al de Glenn.

10 de julio de 1962, Telstar. Satélite de telecomunicaciones norteamericano.

27 de agosto de 1962, Mariner II. Pasó a 35 mil kilómetros de Venus.

15-16 de mayo de 1963, Faith 7. El norteamericano Gorgan Cooper describió 22 órbitas alrededor de la Tierra.

14-19 de junio de 1963, Vostok IV.

16-19 de junio de 1963, Vostok VI. La primera y hasta la fecha la única mujer en el espacio, Valentina Tereshkova.

28 de julio de 1964, Voskhod I. Primera cápsula con más de un tripulante soviético.

28 de noviembre de 1964, Mariner IV. Pasó a 9 mil kilómetros de Marte y tomó 22 fotografías del planeta.

18-19 de marzo de 1965 Voskhod II. El soviético Leonov fue el primer hombre que abandonó su nave y "camino" en el espacio.

23 de marzo de 1965, Géminis III. Primera cápsula norteamericana tripulada por dos astronautas.

18 de julio de 1965, Zond III. Exploración lunar soviética. Tomó fotografías de casi 8 millones de kilómetros cuadrados de la superficie de la Luna.

21-29 de agosto de 1965. Géminis VII. Lanzamiento.

31 de enero de 1966, Luna IX. Este vehículo soviético realizó el primer alunizaje (el 3 de febrero) y televisó unas 30 fotos del paisaje lunar.

16 de marzo de 1966, Géminis VIII. Lanzamiento.

30 de mayo de 1966, Surveyor I. Primer alunizaje norteamericano, transmitió más de 10 mil fotografías.

10 de agosto de 1966, Lunar Orbiter I. Primer artefacto norteamericano colocado en órbita alrededor de la Luna.

17 de agosto de 1966, Pioneer VII. Lanzamiento.

24 de agosto de 1966, Luna XI. Lanzamiento.

22 de octubre de 1966, Luna XII. Lanzamiento.

11-15 de noviembre de 1966, Géminis XVI. Último vuelo del programa.

17 de abril 1967, Surveyor II. Alunizó en el mar de las Tormentas, lado oculto de la Luna, realizó análisis del suelo lunar.

24-25 de abril de 1967, Soyuz I. Lanzamiento.

4 de mayo de 1967, Venera IV. Este satélite soviético entró en la atmósfera de Venus y transmitió datos acerca de su composición y su temper-

ratura.

- 8 de septiembre de 1967, Surveyor V. Alunizó cerca del ecuador lunar, analizó muestras del suelo lunar.
- 29 de octubre de 1967, Kosmos 188. Esta nave soviética no tripulada realizó el primer acoplamiento en el espacio, con el Kosmos 186.
- 14 de septiembre de 1968, Zond V. Primer vuelo de ida y vuelta a la Luna con animales a bordo.
- 11-22 de octubre de 1968, Apolo VII. Primer vuelo de la serie.
- 26-30 de octubre de 1968, Soyuz III. Lanzamiento.
- 8 de noviembre de 1968, Pioneer IX. Colocadó en órbita solar para estudiar las radiaciones del Sol y los campos magnéticos de los planetas.
- 21-27 de diciembre de 1968, Apolo VIII. Los astronautas Frank Borman William Anders y James Lovell realizaron el primer vuelo tripulado alrededor de la Luna.
- 5 de enero de 1969, Venera V. Descendió sobre la superficie de Venus.
- 14-18 de enero de 1969, Soyuz IV y V.
- 24 de febrero de 1969, Mariner VI. El 31 de julio, este cohete americano pasó a 3 mil kilómetros de la superficie de Marte. Trasmitió imágenes televisadas y datos de la composición de la atmósfera marciana.
- 16-24 de julio de 1969, Apolo XI. Primera exploración humana en la Luna. Armstrong y Aldrin primeros hombres en la faz de la luna.
- 11-18 de octubre, Soyuz VI, VII y VIII. Record de naves tripuladas en el espacio.
- 14-22 de noviembre de 1969, Apolo XII. Segunda exploración humana en la Luna.
- 11-17 de abril de 1970, Apolo XIII. Intento fallido de exploración lunar.
- 1-19 de junio de 1970, Soyuz IX. Lanzamiento.

12 de septiembre de 1970, Luna XVI. Esta nave no tripulada recogió muestras del suelo lunar y regresó a la Tierra.

17 de noviembre de 1970, Luna XVII. Lanzamiento.

31 de enero a 9 de febrero de 1971, Apolo XIV. Lanzamiento.

19 de mayo de 1971, Mars 2. Nave soviética que descendió sobre la superficie de Marte.

30 de mayo de 1971, Soyuz XI. Lanzamiento.

26 de julio a 7 de agosto de 1971, Apolo XV. Lanzamiento.

3 de marzo de 1972, Pioneer X. Disparado hacia Júpiter.

16-27 de abril de 1972, Apolo XVI. Lanzamiento.

23 de julio de 1972, LANDEAT 1. Satélite norteamericano destinado a la percepción remota.

6-19 de diciembre de 1972, Apolo XVII. Último lanzamiento del programa.

16 de enero de 1973, Luna XXI. Lanzamiento.

14 de mayo de 1973, Skylab I. Los Estados Unidos colocaron en órbita este laboratorio espacial de 85 toneladas.

28 de julio de 1973, Skylab III. Segunda misión tripulada del programa.

4 de agosto de 1973, Mars VI. Lanzamiento.

16 de noviembre de 1973, Skylab IV. Lanzamiento.

29 de mayo de 1974, Luna XXII. Lanzamiento.

3-19 de julio de 1974, Soyuz XIV. Lanzamiento.

2 de diciembre de 1974, Soyuz XVI. Lanzamiento.

26 de diciembre de 1974, Salyut IV. Estación espacial tripulada por soviéticos.

13 de enero de 1975, LANDEAT 2. Lanzamiento.

28 de febrero de 1975, La Unión Soviética lanzó un cohete que colocó 8 satélites simultáneamente.

19 de abril de 1975. La India coloca su primer satélite valiéndose de un cohete soviético.

24 de mayo de 1975, Soyuz XVIII. Lanzamiento.

15-24 de julio de 1975, Apolo-Soyuz. Tuvo lugar la primera misión conjunta soviético-norteamericana.

20 de agosto de 1975, Viking I. Satélite no tripulado lanzado hacia Marte.

9 de septiembre de 1975, Viking II. Misión similar a la del Viking I

22-25 de octubre de 1975, Venera IX y X. Las cápsulas espaciales descendieron sobre la superficie de Venus y transmitieron fotografías del terreno.

20-31 de Julio de 1976, Viking I. Descendió sobre la superficie marciana y comenzó a transmitir fotografías del planeta rojo.

30 de agosto de 1976. China puso en órbita su sexto y mayor satélite, de dos toneladas de peso.

3 de septiembre de 1976, Viking II. Descendió sobre Marte, envió gran cantidad de fotografías.

1978, LANDSAT 3. Lanzamiento.

1978, SEASAT I. Satélite norteamericano para la percepción remota aplicada a mares y costas.

1980, Soyuz. Cuba lanzó al astronauta Armando Tamayo.

1981, Lanzamiento del Transbordador espacial por los Estados Unidos. Primera nave espacial reutilizable.

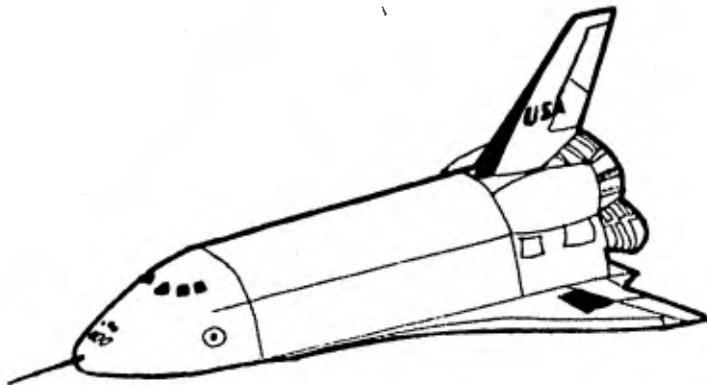


Fig. 1.2 Transbordador Espacial Columbia.

L.2 Espectro Electromagnetico.

En todo objeto físico el movimiento molecular y el movimiento atómico de la materia emite radiación electromagnética, en forma de paquetes de energía llamados fotones.

En esencia, todas las radiaciones electromagnéticas son iguales y las diferencias físicas, entre una onda de radio y la luz visible, radica en la longitud de onda y, como se puede suponer, en su frecuencia.

Los sensores remotos más frecuentemente usados, tanto de tipo activo como pasivos, los fotográficos como los no fotográficos, miden y utilizan la energía electromagnética. Según la frecuencia, y por lo tanto la longitud de onda de la energía detectada, se utilizan diferentes tipos de sensores.

La luz que comúnmente conocemos, es decir, la que nos proporciona el Sol, un foco incandescente, una vela, etc., puede descomponerse mediante un prisma. De esta forma, podemos considerar que la luz blanca es el resultado de la mezcla de las diferentes longitudes de onda del espectro electromagnético.

La radiación visible - la luz que el hombre percibe - se encuentra comprendida en longitudes de onda que varían, aproximadamente, de 400 nanómetros a 700 nanómetros. Un nanómetro es igual a la mil millonésima parte de un metro.

Una fuente luminosa puede emitir un haz de rayos de una o varias longitudes de onda. Si el haz de energía corresponde a varias longitudes de onda, éstas pueden estar distribuidas en el espectro electromagnético en forma continua o discreta. Parte de la luz que entra en la at

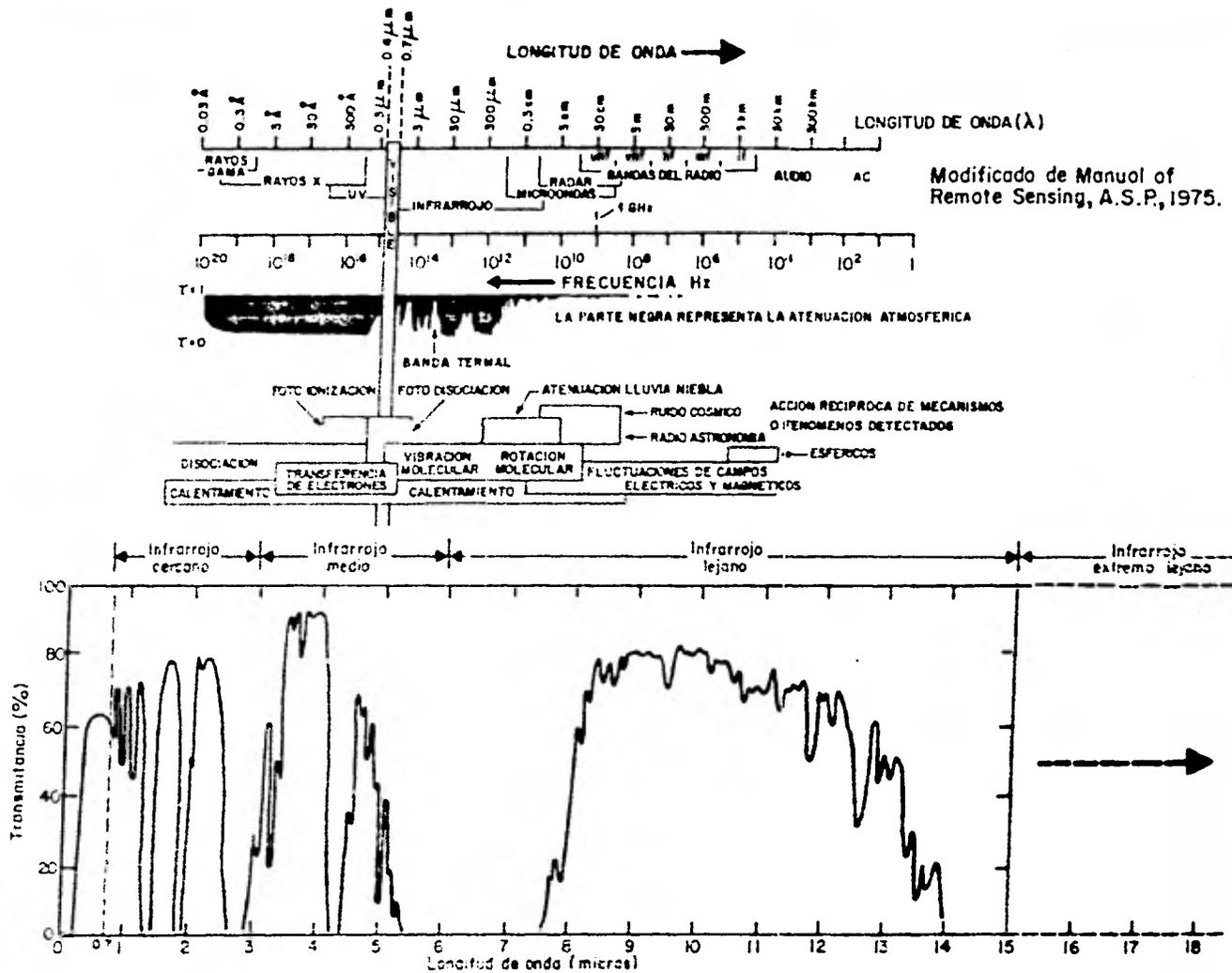


Fig. 1.3 Espectro luminoso

atmósfera se dispersa, otra parte es absorbida por la misma atmósfera.

Estas dos causas producen una pérdida de luz, por reflexión, absorción y transmisión.

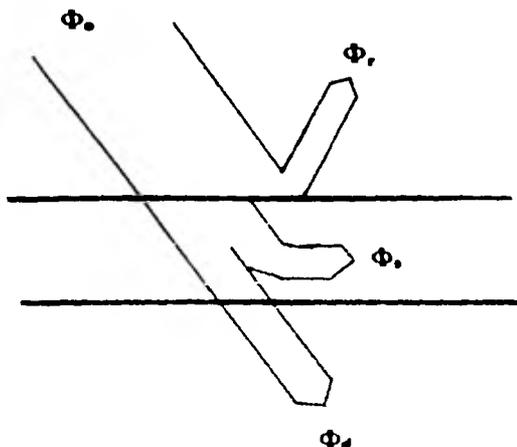


Fig. 1.3 Pérdida de luz

Estos tres fenómenos son proporcionales a la cantidad de luz emitida, y la suma de las tres es igual a la unidad.

$$\rho + \alpha + \tau = 1$$

Reflexión.

$$\rho(\lambda) = \frac{\Phi_r}{\Phi_0}$$

Absorción.

$$\alpha(\lambda) = \frac{\Phi_a}{\Phi_0}$$

Transmisión.

$$r(\lambda) = \frac{\Phi_e}{\Phi_i}$$

Entre las leyes más importantes de la radiación tenemos la de Kirchoff, la de Stefan-Boltzmann, la del desplazamiento de Wien y la de Plank.

La ley de Kirchoff nos dice que la cantidad de energía emitida, - emisividad, es la relación existente entre su excitancia radiante M y - la excitancia radiante M_1 a la misma temperatura, por un radiador completo. La emisividad de un cuerpo para distintas ~~gamas~~ longitudes - de onda, es siempre igual a la absorción. Un radiador completo, que ~~ab~~ absorbe en su totalidad la radiación incidente en él, tiene la máxima emisividad, o sea, la unidad.

a=e

En la ley de Stefan-Boltzmann encontramos que la excitancia radiante de un radiador completo es proporcional a la cuarta potencia de la - temperatura absoluta por una constante. La excitancia es la facilidad de un cuerpo para emitir descargas luminosas.

$$I_e = \sigma e T^4$$

Wien, en su ley de desplazamiento, nos indica que la longitud de - de onda de la radiación máxima de un radiador completo es inversamente - proporcional a su temperatura absoluta.

$$\rho_f(\lambda) = \frac{f(\lambda T)}{\lambda^5}$$

La fórmula de Plank indica la radiación espectral en función de -
la temperatura de un radiador completo y de la longitud de onda.

$$e = nh\nu \quad n = 1, 2, 3, \dots$$

La reflexión es el fenómeno consistente en la cantidad de energía
luminosa que es rebotada de un cuerpo.

La absorción es la cantidad de energía luminosa que un cuerpo es
capaz de absorber.

La transmisión es la cantidad de luz, que después de incidir sobre
un cuerpo, logra atravesarlo.

II SENSORES

Los sensores se pueden clasificar en:

- i) Fotográficos.
- ii) No fotográficos.

Otra clasificación de los sensores podría ser:

- i) Pasivos.
- ii) Activos.

La clasificación de los sensores, como nos podemos dar cuenta, es-
tara en función de sus cualidades.

Los sensores, son todos aquellos artefactos que nos sirven para per-
cibir y registrar información.

Para efecto de esta tesis seleccione la clasificación Pasivos-Acti-
vos, por ser la mas común en la bibliografía consultada.

II.1 Sensor Pasivo.

Es aquel sensor que necesita forzosamente de un foco de energía ajeno a él, para poder percibir las imágenes. Tal es el caso del ojo - y la fotografía, por citar algunos ejemplos.

II.1.1 Sensor Fotográfico.

La emulsión fotográfica consiste en pequeños granos de bromuro de plata, embebidos en gelatina. Por medio de su iluminación se obtiene una imagen "latente". En las partes iluminadas y por efecto químico del revelador, queda una mezcla de bromo y plata separados, procedentes del bromuro de plata. En la parte de la emulsión que no percibió luz, queda invariablemente bromuro de plata, que en la operación de lavado, el siguiente paso al fijado, se quita inmediatamente después del lavado. Se obtiene un negativo que hace visibles las diferencias de claridad del objeto fotografiado, con distintos ennegrecimientos en la capa fotográfica.

Por su naturaleza, las emulsiones fotográficas son sensibles al color azul principalmente. Pero hay procedimientos para que lo sean también a otros colores, emulsiones a las que se les da el nombre de sensibilizadas. Las emulsiones que son sensibles, además de al azul, al verde y amarillo, se llaman ortocromáticas; si además son sensibles al rojo, reciben el nombre de pancromáticas.

La relación entre el grado de iluminación con que se registran los detalles del objeto y el ennegrecimiento de la emulsión, nos da la curva de ennegrecimiento (Fig. 2.1). Se obtiene esta estableciendo gráficamente dicho ennegrecimiento en relación con el logaritmo de la iluminación.

Los valores logarítmicos de la iluminación se pueden tomar como proporcionales a la percepción de la distinción de detalles por los

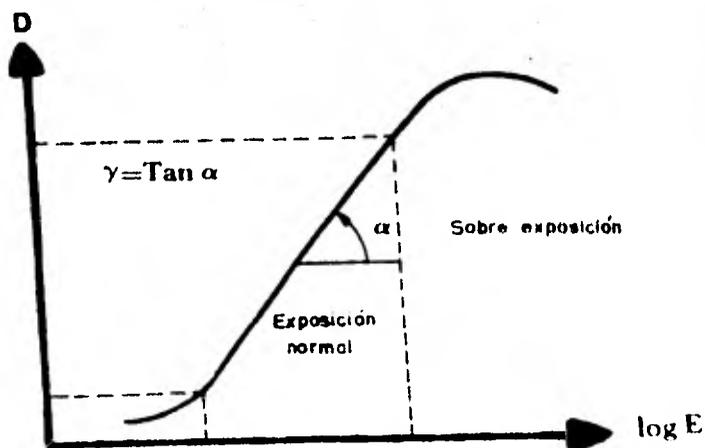


Fig. 2.1 Grafica de ennegrecimiento.

ojos. La parte central de la curva de ennegrecimiento tiene la forma aproximada de una línea recta. El valor de la tangente trigonométrica de ese trozo de curva es la llamada gradación γ , o ganancia de la emulsión, o rango de la emulsión.

Mientras que las diferencias de iluminación en fotografías terrestres tienen valores de 30 : 1 y mayores, en fotografías aéreas son, para luz proveniente de la superficie del terreno, menores y bajan, además, al aumentar la altura de vuelo. Y como en las fotografías es necesario observar la total distinción de los tonos, se debe aspirar a obtener una gradación o contraste, tanto más marcado cuanto mayor sea la altura de vuelo. De acuerdo con todo esto habrá que elegir la emulsión, el revelador y el tiempo de revelado.

La pequeña iluminación de estas fotografías es debida principalmente a la luz aérea, que se superpone a la luz procedente del terreno, esta es debida a la reflexión difusa de la luz del Sol en el polvo y partículas de agua que existen en la capa de aire que se encuentra entre el terreno y el sensor fotográfico.

La emulsión fotográfica necesita un gran poder de separación para distinguir claramente los puntos que en la fotografía, estén muy juntos. El poder de separación es tanto mas grande cuanto más fino es el grano de la emulsión. Por otro lado, al hacerse el grano más fino, cae la sensibilidad general de la capa emulsionada. Para fotografías aéreas por lo tanto, el tiempo de exposición es muy corto, y habrá el compromiso de aumentar la finura y la sensibilidad general.

Los soportes para las emulsiones han de ser métricamente invariables, para no falsear la imagen, generalmente libre de distorsiones, - obtenidas con la cámara fotográficas. Las distorsiones son mayores - cuando se emplean películas inestables.

También en la cámara fotográfica se emplean filtros, los cuales interrumen el paso de ciertas longitudes de onda del espectro luminoso. Los filtros son de gran utilidad y su empleo adecuado ayuda para la correcta interpretación de la fotografías.

Entre los diferentes tipos de películas tenemos los siguientes:

TABLA DE PELICULAS FOTOGRAFICAS

FABRICANTE	DESIGNACION	TIPO	SENSIBILIDAD			RESOLUCION TOC(4)		USO
			DIN(1)	ASA(2)	AFS(3)	1000:1	1.6:1	
Agfa-Gevaert	Aviophot Pan 30 PE	P	20	80		133		T
Agfa-Gevaert	Aviophot Pan 33 PE	P	24	200		95		T
Agfa-Gevaert	Aviophot Pan 36 PE	P	27	400		85		T
Agfa-Gevaert	Aviophot Color Neg.	C N	17	40		85		Po
GAF	Anscopan Aerial Film	P	20	80		110		H
GAF	Ansochrome D/200 Aerial							
	Color Film	C Po	24	200		125	40	Po
Ilford	Fp3 Aerial Film	P	24	200		100	75	T
Ilford	Hp3 Aerial Film	P	27	400		78	52	T
Kodak	Plus-X-Aerographic 2402	P			250	100	50	T
Kodak	Tri-X-Aerographic 2403	P			640	85	25	T
Kodak	Double-X-Aerographic 2405	P			320	100	50	T
Kodak	Panatomic-X Aerial 3400	P			64	200	80	H A
Kodak	Plus-X Aerial 3401	P			200	125	40	A
Kodak	High Definition Aerial							
	3414/1414	P			8	630	250	H A

TABLA DE PELICULAS FOTOGRAFICAS (continuación)

FABRICANTE	DESIGNACION	TIPO	SENSIBILIDAD			RESOLUCION TOC(4)		UEO
			DIN(1)	ASA(2)	AFS(3)	1000:1	1.6:1	
Kodak	Infrared Aerographic 2424	IR			200	80	40	Po
Kodak	Aerocolor Aesgative 2445	C N			100	80	40	T
Kodak	Ektachrome-EF Aerographic							
	SO-397	G Po			64	80	40	A
Kodak	Ektachrome-MS Aerographic							
	2448 ^o)	C Po			32	80	40	A
Kodak	Aerial Color SO-242/SO-255	C Po			6	200	100	H A
Kodak	Aerochrome Infraroi 2443/3443	F C			40	63	32	Po
Kodak	Water Penetration Color Film							
	SO-224	C Po			40	125	50	

(1) DIN, normas industriales alemanas

(2) ASA, asociación americana de normas

(3) AFS, norma americana para la determinación de la sensibilidad de película aérea

(4) TOC, alcance de contraste del objeto

P, pancromática

C, color

N, negativo

Po, positivo

IR, infrarrojo

F, falso

T, para restitución topográfica

H, para grandes alturas de vuelo

A, para reconocimiento aéreo

Fo, para fotointerpretación

Al igual que las películas existen diferentes tipos de filtros, dependiendo de las necesidades de cada vuelo. Entre los filtros más empleados tenemos:

FABRICANTE	DESIGNACION	TIPO*
Agfa-Gevaert	Cto 1	UV
Agfa-Gevaert	L 453	Y1
Agfa-Gevaert	L 477	Y2
Agfa-Gevaert	L 510	Y3
Agfa-Gevaert	L 599	R
Agfa-Gevaert	L 731	I R
Ilford	No. 104	Y1
Ilford	No. 109	Y2
Ilford	No. 110	Y3
Ilford	No. 202	O
Ilford	No. 204	R
Kodak	HP-3	UV
Kodak	No. 3	Y1
Kodak	No. 8	Y2
Kodak	No.12	Y3
Kodak	No.15	Y3
Kodak	No.25	R
Kodak	No.89 B	IR
Wild	Sandw. Color	UV
Wild	Hazelitter	UV
Wild	Dark Yellow	Y3
Wild	Light red	O

(continuacion)

FABRICANTE	DESIGNACION	TIPO
Wild	Infrared	IR
Zeiss	B	Y2
Zeiss	D	Y3
Zeiss	E	O
Zeiss	F	O
Zeiss	I	IR
Zeiss	K	IR

*

Y1, filtro amarillo para bruma ligera
Y2, filtro amarillo para bruma mediana
Y3, filtro amarillo para bruma densa
O, filtro naranja para bruma densa
R, filtro rojo para bruma densa
IR, filtro infrarojo
UV, filtro ultravioleta

Desde el punto de vista del ángulo que presenta cada objetivo, -
estos se clasifican en:

- i) objetivo normal (2ª alrededor de 60°)
- ii) objetivo gran angular (2ª alrededor de 90°)
- iii) objetivo super gran angular (2ª alrededor de 120°)

(2ª representa lo que se llama el "ángulo de apertura del objetivo".)

A todos los objetivos fotogramétricos se les exigen las siguientes condiciones:

- i) Gran nitidez y alto grado de resolución.
- ii) Pequeña caída de luz en los bordes de las imágenes.
- iii) Pequeña distorsión.

Como nitidez de un objetivo se entiende su capacidad para dar, - en el plano de la imagen, contornos bien definidos de los objetos situados en el espacio.

El poder de resolución da el límite hasta el cual dos detalles = contiguos se pueden distinguir, uno de otro, sin confundirse. Ambas cualidades, nitidez y resolución, no sólo dependen de una buena óptica, sino además, del revelador, tiempo de revelado, etc..

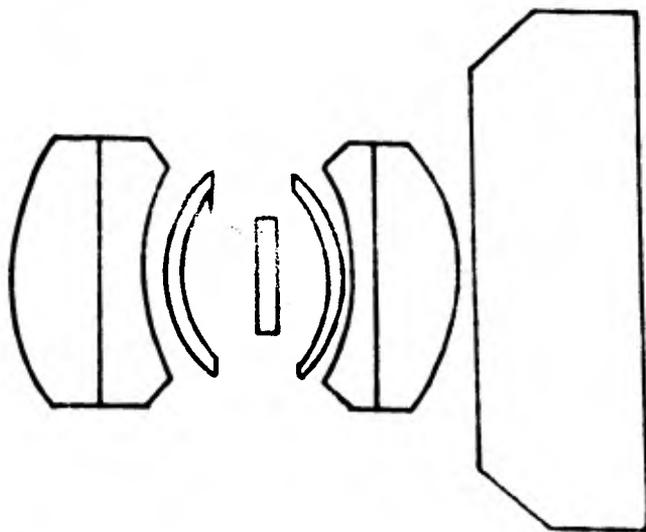


Fig.2.2 Diagrama de un objetivo fotográfico.

La caída de luz en los objetos en los que el diafragma se ha colocado delante del objetivo, la intensidad de iluminación cae en los bordes de la imagen. En los objetivos más modernos, con diafragma interior, se ha ideado de tal manera su construcción, que la caída de los rayos debida a su inclinación con respecto al rayo principal se compensa, en lo posible, en el interior del objetivo. Con ello la caída de luz teórica queda considerablemente disminuida.

La distorsión producida por las lentes se debe principalmente a la técnica del tallado de las componentes.

Se han desarrollado los objetivos, llamados de alto rendimiento, que cumplen con los requisitos mencionados y entre ellos tenemos:

FIRMA	NOMBRE	ANGULO 2 α	DIST. FOCAL (cm)	RELACION DE ABERTURAS
Zeiss	Telikon	30°	61	1:6.3
Zeiss	Topar	57°	30.5	1:5.6
Zeiss	Topar	62°	21	1:4
Zeiss	Pleogon	93°	11.5; 15.3	1:5 , 6
Zeiss	S--Pleogon	125°	8.3	1:4
Wild	Aviotar	60°	17.21	1:4
Wild	Aviogon	90°	1a; N.S; 15.3	1:5.6
Wild	Super Aviogon	120°	8.8	1:5.6

(La relación de abertura es el cociente del diámetro de la pupila de entrada con respecto a la distancia focal. La relación de abertura debe ser grande porque, dada la gran velocidad de los aparatos de vuelo, habrá que emplear cortas exposiciones).

La cámara fotográfica la podemos considerar como una caja her-
 mética que sólo por un punto permite el paso de la luz, regulando la
 cantidad de energía luminosa por medio del diafragma y el obturador
 y nos proporcionan una proyección cónica. En el plano de la imagen,
 dado por el correspondiente marco, se forma la imagen fotográfica. El
 marco lleva 4 marcas fiduciales, que unidas dos a dos, mediante líneas
 rectas, se cortan en ángulo recto, el punto en el que se cortan las -
 dos rectas es el punto central de la imagen; debe, si es posible, coin-
 cidir con el punto principal de la fotografía.

El diafragma está formado por una serie de placas que, al girar,
 se cierra y se abre, permitiendo que pase una mayor o menor cantidad -
 de luz. Esta quedará también determinada por el obturador que unido a
 un mecanismo de tiempo dejará abierto el orificio por el cual pasará -
 la luz.

FIRMA	NOMBRE	DEFORMACION
Zeiss	RMK A 8.5/23	7 μ m
Zeiss	RMK A 15/ 23	5 μ m
Zeiss	RMK AR15/23	5 μ m
Zeiss	RMK A 21/23	4 μ m
Zeiss	RMK A 30/23	3 μ m
Zeiss	HMK AR 30/23	3 μ m
Zeiss	RMK A 60/23	50 μ m

NOTA: De la fábrica de Oberkochen.

La diferencia principal entre las cámaras es que usan distintas -
 lentes.

II.1.2 Barredor.

En el sistema de barredor, se toman fotografías que cubren franjas de terreno, de un horizonte a otro, estas franjas son perpendiculares a la línea de vuelo. Para lograr estas fotografías, el lente de la cámara es giratorio, o es un prisma el que gira, como se ilustra en el siguiente esquema:

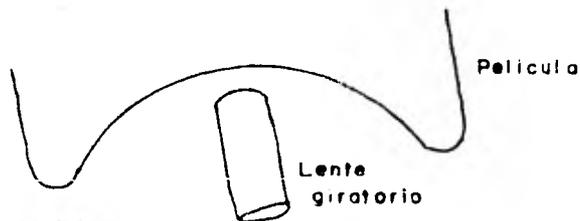


Fig. 2.3 Diagrama del Barredor.

La geometría involucrada en estas fotografías panorámicas es demasiado compleja y por esta razón, el principal uso de éste sistema, está encaminado a trabajos de fotointerpretación.

Parámetros Importantes.

Altura de vuelo sobre el terreno:

hg

Angulo de la apertura de la óptica:

η

Angulo total de abertura:

Ω

Velocidad de vuelo:

v

Extensión de la superficie de exposición transversal a la dirección de vuelo:

$$a = \frac{\eta hg}{\cos^2 \alpha}$$

Extensión de la superficie de exposición en la dirección del vuelo:

$$b = \frac{\eta hg}{\cos \alpha}$$

Longitud de la línea:

$$s = 2 hg \tan \frac{\Omega}{2}$$

Frecuencia de exposición:

f

Lagunas de exposición

$$\frac{v}{hg} = \omega f$$

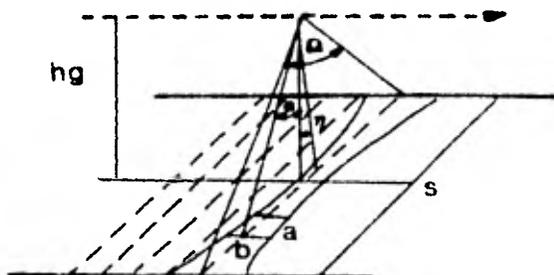


Fig. 2.4 Elementos Geométricos del Barredor

II.2 Sensor Activo

Es aquel sensor en el que se encuentra el foco de energía en él, o sea, emite su propia energía para lograr percibir las imágenes. Como ejemplo podemos citar el radar y el sonar.

II.2.1 Radar

La palabra radar proviene de las siglas de "Radio Detection And-Ranging" y es un dispositivo que permite detectar la posición y características de objetos situados fuera del alcance visual, por medio de impulsos radioeléctricos de frecuencias muy elevadas. El principio - de su funcionamiento consiste en un radio emisor que, por medio de una antena direccional, emite impulsos o trenes de onda de muy corta duración y en un estrecho haz; estos impulsos se reflejan sobre los obstáculos que encuentran, son rebotados siendo detectados, a su regreso, - por un receptor anexo donde se materializan sobre la pantalla de un tubo de rayos catódicos, las imágenes. El barrido de la pantalla está sincronizado por el emisor.

La duración del trayecto del haz de ida y vuelta, valora la distancia a la que se encuentra el objeto, puede determinarse teniendo en cuenta las variaciones de frecuencia de las ondas reflejadas según el efecto Doppler-Fizeau; las características del objeto vienen definidas por la potencia de las ondas reflejadas.

Los métodos convencionales de radar aprovechan frecuencias entre 230 y 400 000 MHz. Para designar las distintas bandas de frecuencias - se emplea un código de letras arbitrarias, originalmente satisfaciendo las exigencias militares.

Diferentes frecuencias usadas en radar.

	Longitud de onda λ [cm]	Gama de frecuencia f [MHz]
P	136 - 77	230 - 390
UMF	100 - 30	300 - 1 000
L	30 - 15	1 000 - 2 000
S	15 - 7.5	2 000 - 4 000
C	7.5 - 3.75	4 000 - 8 000
X	3.75 - 2.40	8 000 - 12 500
Ku	2.40 - 1.67	12 500 - 18 000
K	1.67 - 1.18	18 000 - 26 500
Ka	1.18 - 0.75	26 500 - 40 000

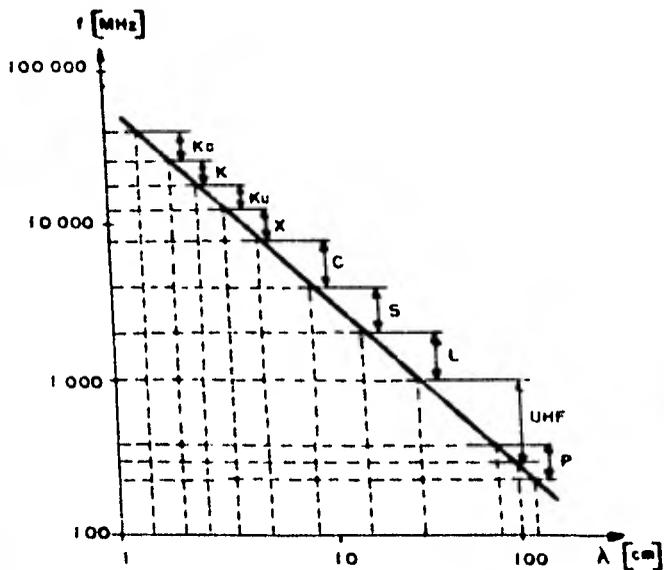


Fig. 2.5 Gamas de frecuencia.

En las reproducciones de las imágenes del radar, los elementos van registrándose en un tubo de rayos catódicos, como diferencias de tiempos

de recorrido, proporcionales a las distancias.

Parámetros importantes.

Altura de vuelo sobre el terreno:

hg

Distancia oblicua:

s

Distancia horizontal:

$$y ; \quad y = \sqrt{s^2 - hg^2}$$

Angulo de depresión:

$$\beta ; \quad \frac{y}{s} = \text{Cos } \beta$$

Velocidad de la luz:

c

Longitud de onda:

λ

Longitud efectiva de la antena:

l

Longitud de impulso:

Δt

Resolución en la distancia oblicua:

$$e \approx \frac{c \Delta t}{2}$$

Resolución transversal a la dirección de vuelo:

$$a \approx \frac{c \Delta t}{2 \text{Cos } \beta}$$

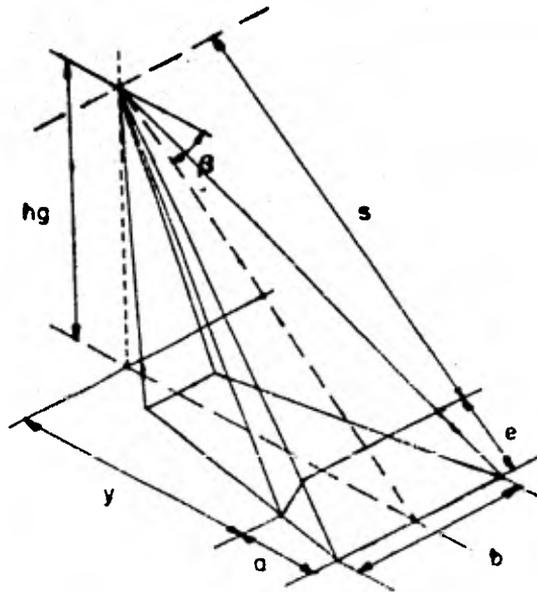


Fig. 2.6 Elementos Geométricos del Radar.

Resolución azimutal:

$$b \approx \frac{s\lambda}{l} \approx \frac{hg\lambda}{l \text{ Sen } \beta}$$

Error planimétrico de un punto del terreno de altura h

Rango oblicuo:

$$\Delta s = s - \sqrt{y^2 + (hg - \Delta h)^2}$$

$$\Delta s \approx \frac{hg}{s} \Delta h$$

Rango horizontal:

$$\Delta y = y - \sqrt{y^2 - 2\Delta h \cdot hg + \Delta h^2}$$

$$\Delta y \approx \frac{hg}{y} \Delta h$$

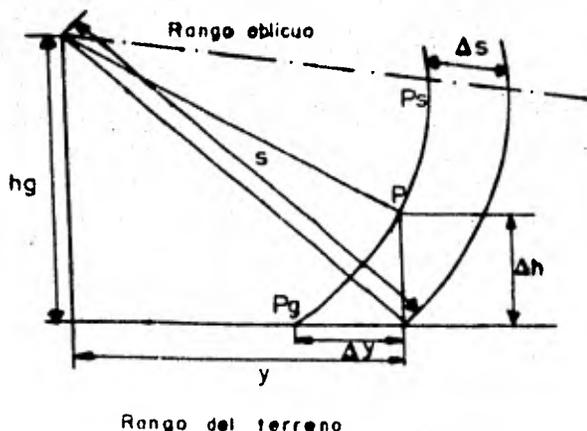


Fig. 2.7 Diagrama del Error Planimétrico.

Efectos de la pendiente del terreno

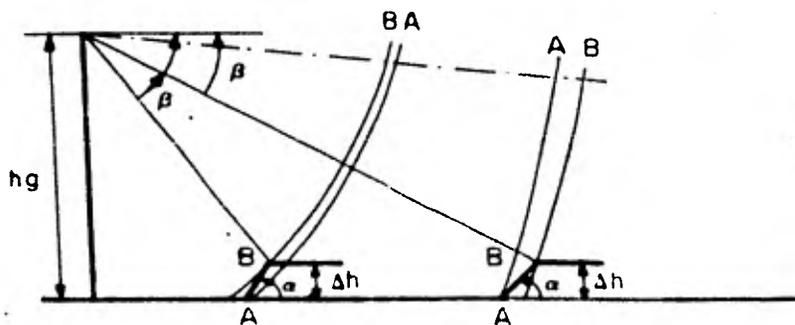


Fig. 2.8 Diagrama del Efecto de Pendiente.

Abatimiento del haz.

$$\alpha > 90^\circ - \beta$$

Sin abatimiento.

$$\alpha < 90^\circ - \beta$$

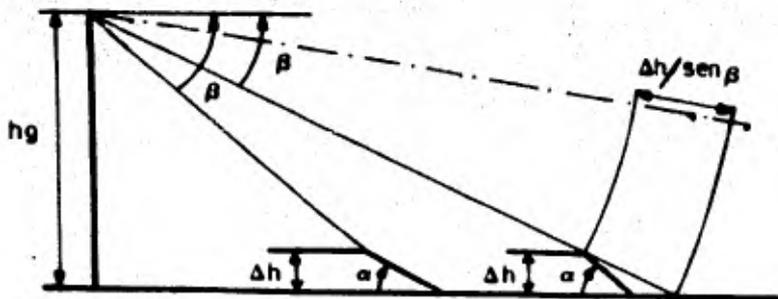


Fig 2.9 Diagrama del Efecto de Pendiente.

Sin sombra.

$$\alpha < \beta$$

Con sombra.

$$\alpha > \beta$$

11.2.2 Sonar.

El sonar funciona de una manera muy similar a la del radar y las siglas de este término provienen de "SOund Navigation Ranging". El sonar por medio del sondeo, permite la investigación del lecho marino.

El sondeo o batimetría, consiste en la determinación de profundidad y posición simultáneamente. Es probablemente la parte más importante de los levantamientos hidrográficos.

Las mediciones precisas en el sondeo se efectúan por medio del sonar, también conocido como eco sonda, lo más importante es que no se miden profundidades, lo que se mide es el tiempo, intervalo, en que un impulso tarda en ir del transmisor al lecho marino y regresar. El impulso de energía emitido dentro del agua por un eco sonda es en la frecuencia del sonido. Así, este intervalo de tiempo t es transformado en profundidad al ser multiplicado por la velocidad del sonido en el agua v , de esta forma:

$$\text{profundidad} = \frac{vt}{2}$$

Este impulso puede variar en la frecuencia, la duración o en la forma, y es transmitido igualmente hacia todas direcciones del punto de transmisión.

III PLATAFORMAS

Las plataformas son los mecanismos que sostienen a los sensores, y en ocasiones los transportan y los contienen, éstas las podemos clasificar en tres grandes grupos:

- i) Aéreas.
- ii) Espaciales.
- iii) Submarinas.

III.1 Aéreas.

Las plataformas aéreas están destinadas, o más bien limitadas, a trabajar dentro de la atmósfera terrestre; como ejemplo podemos citar a los aviones y los helicópteros.

III.1.1 Avión

Al avión lo podemos considerar como la plataforma más común para contener, transportar y sostener a un sensor remoto. Cuando el avión sirve de plataforma a un sensor fotográfico, podemos obtener diferentes tipos de imagen, en función de las características geométricas de estas:

- i) Verticales.
- ii) Inclinadas.
- iii) Oblicuas bajas.
- iv) Oblicuas altas.

Una fotografía vertical es aquella que es tomada estando el eje óptico perfectamente vertical, o sea que el plano del negativo se encuentre paralelo al plano de referencia; dicho de otra forma, el punto central coincide con el punto nadiral. En condiciones normales es casi imposible obtener fotografías verticales, por los inevitables movimientos que sufren estos vehículos aéreos.

Cuando la desviación del eje óptico de la cámara con respecto a la vertical no es intencional y es menor que tres grados, entonces las fotografías obtenidas se clasificaran como inclinadas, las fotografías inclinadas son tratadas generalmente como verticales.

Las fotografías que se toman habiendo desviado intencionalmente el eje óptico, se denominan oblicuas. Si en la fotografía oblicua aparece la línea del horizonte, se clasifican como oblicuas altas y en el caso de que no aparezca, reciben el nombre de oblicuas bajas.

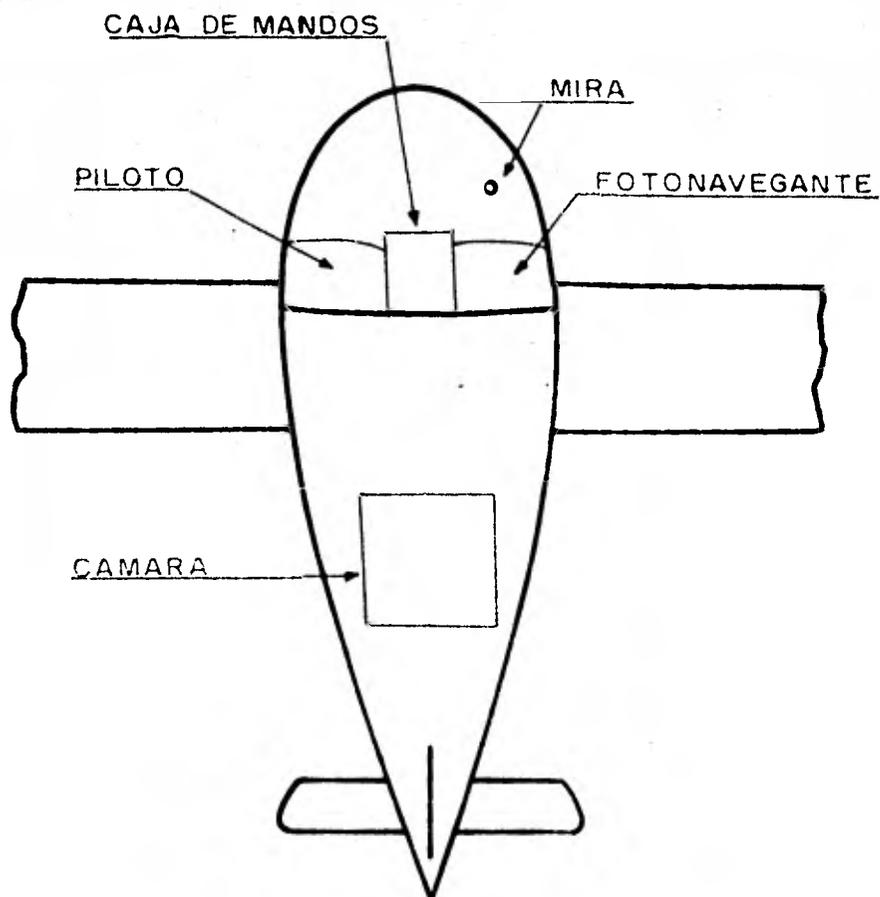


Fig. 3.1 Diagrama de Distribución del Equipo Fotográfico en el CESNA de DGGTN.

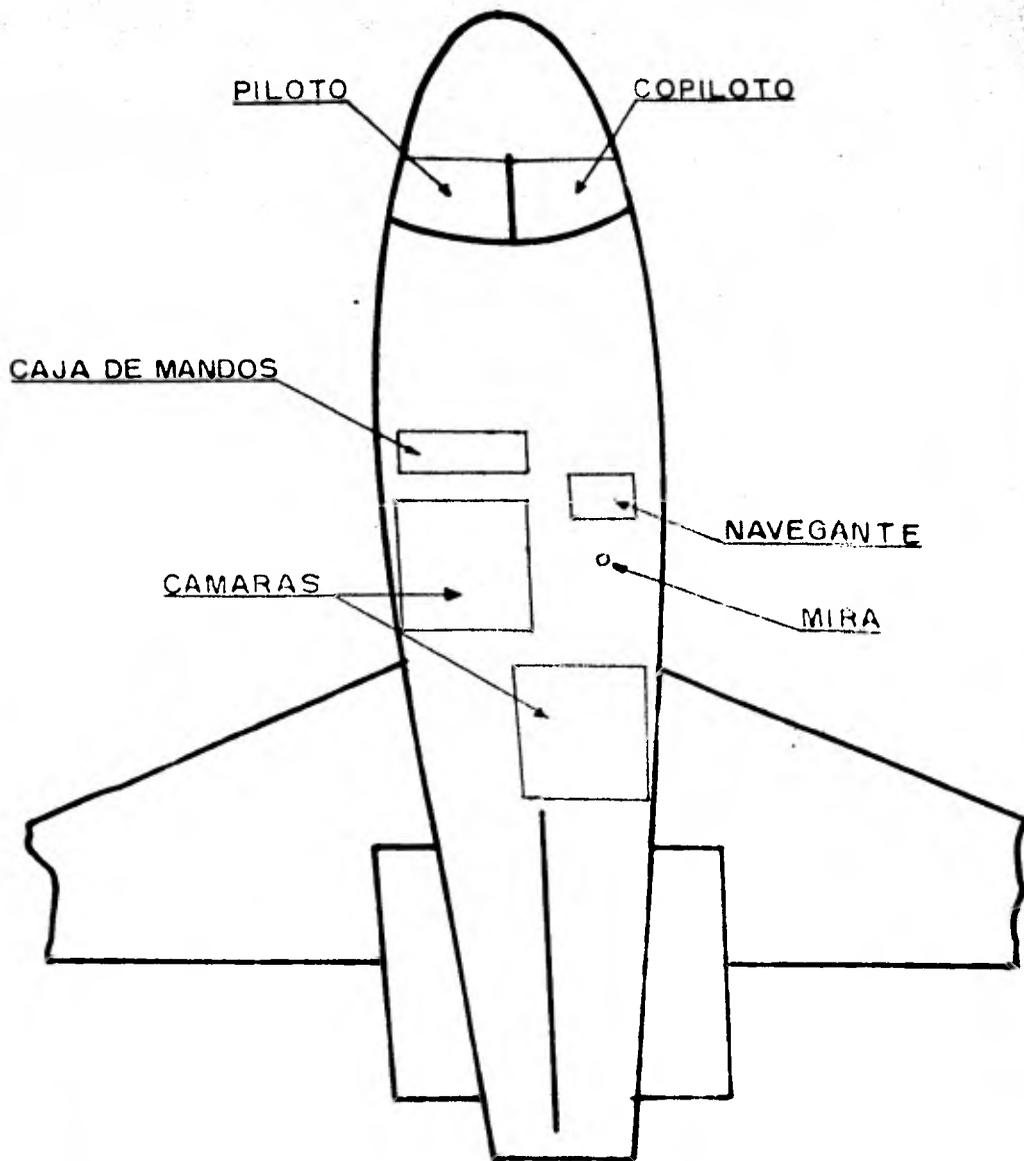


Fig. 3.2 Diagrama de Distribución del Equipo Fotográfico en el LEAD
JET 250 de DGGM.

El área del modelo que se registra en un negativo de la cámara aérea, depende de:

- i) Distancia focal.
- ii) Tipo de lente.
- iii) Formato del marco del negativo.
- iv) Altura de vuelo.

La fotografía es una proyección cónica y por lo tanto las imágenes sufren deformaciones, como se puede contemplar en la sección IV de esta tesis. La geometría que produce la toma desde esta plataforma es muy sencilla e intervienen pocos elementos:

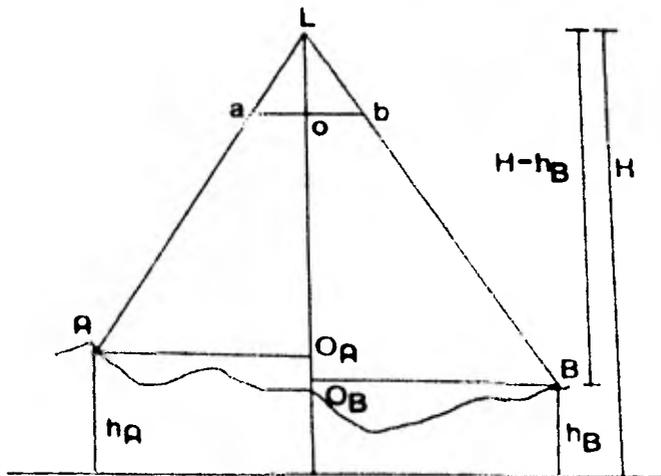


Fig. 3.3 Elementos Geométricos de una Fotografía aérea.

El avión puede servir también como plataforma al sistema por barrido teniendo las características mencionadas en la sección II.1.2.

Además de servir como plataforma a los sensores pasivos, lo es para los activos, tal es el caso del radar, siendo de gran utilidad como se puede apreciar de la sección IV.

III.1.2 Helicóptero

El helicóptero es otra plataforma aérea, la cual es un poco menos común; aquí hablaré un poco del FOTO HELICOPTERO MKI, el cual a sido - el resultado de más de doce años de experiencia en la fabricación de - 20 000 modelos de helicóptero, por la compañía Schluster, siendo esta la más importante y antigua en este campo.

Las principales características de este helicóptero, es que consta de un diseño lo más elemental posible, gran durabilidad, mantenimiento simple y el empleo de un sistema de radio control.

Parámetros importantes.

Peso del helicóptero	5 kg
Peso total	11 kg
Motor	1 cilindro (combustión interna)
Potencia	2.2 HP
Duración del vuelo	20 minutos
Altura de vuelo	2 600 metros
Diametro del rotor	1 450 mm
Largo	1 230 mm
Ancho	550 mm
Alto	560 mm (variable según la cámara)

III.2 Espaciales

Las plataformas espaciales, se han diseñado para desempeñar su -
trabajo fuera de la atmósfera de nuestro planeta, tal es el caso de -
los satélites, los cuales pueden ser tripulados o no tripulados.

III.2.1 Satélites

Los satélites no tripulados generalmente tienen órbitas estacionarias, o sea que cumplen con la siguiente relación:

$$f_c = g$$

lo que quiere decir, que la fuerza centrífuga (f_c) es igual a la fuerza de gravedad (g), en otras palabras se mueve sobre una superficie equipotencial, sin que se acerque ni se aleje notoriamente del centro de masa del cuerpo sobre el que gira, tal es el caso de los satélites de la serie LANDSAT de los Estados Unidos; o los de la serie LUNA, que giran alrededor de nuestro satélite natural que es la Luna.

También existen satélites no tripulados que no tienen orbitas estacionarias tal es el caso de los satélites de la serie MARINER o VIKING, lanzados por los Estados Unidos hacia otros planetas.

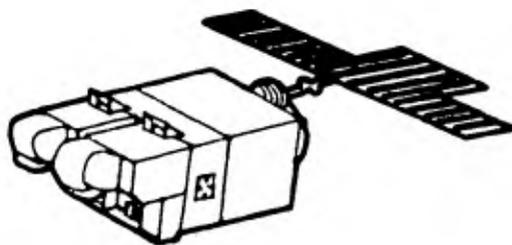


Fig. 3.4 Satélite Francés SPOT

Los satélites no tripulados emplean la técnica de digitalización para enviar las imágenes (explicada en el inciso I de esta tesis) a la Tierra.

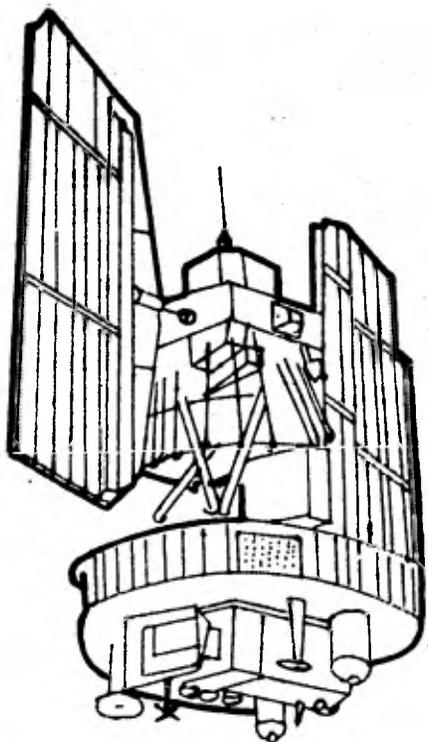


Fig. 3.5 Satélite LANDSAT.

Si clasificamos a los satélites en función al uso al que están destinados, tendremos los siguientes tipos:

- i) Meteorológicos.
- ii) Telecomunicaciones.
- iii) Navegación.
- iv) Militares.
- v) Geofísicos.
- vi) Percepción remota.

y dependiendo de los fines que tengan tendrán diferentes tipos de órbita

tas, quedando definidas estas, por los siguientes elementos:

a, e^2 semieje mayor y excentricidad de la órbita.

Ω, i elementos de orientación de la órbita

ω, v_t posición del satélite en la órbita

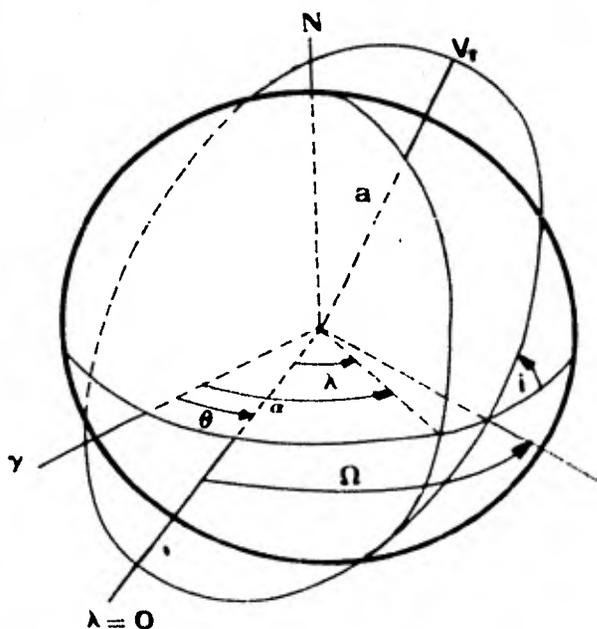


Fig. 3.6 Elementos Orbitales.

Los satélites tripulados tienen diferentes tipos de órbitas y generalmente la información la traen consigo, al reingreso a la Tierra en película fotográfica, tal será el caso del transbordador espacial.

III.3 Submarinas

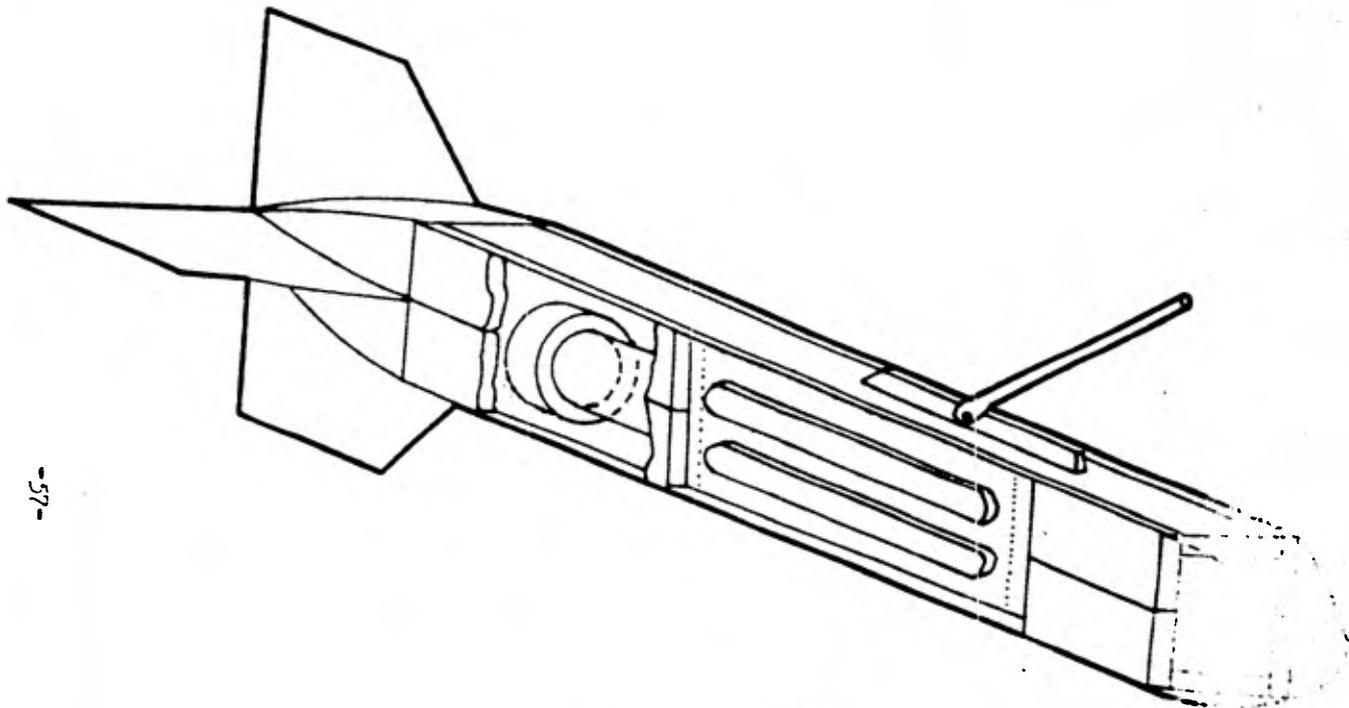
Las plataformas submarinas, han sido diseñadas, como su nombre lo indica, para usarse bajo el mar.

III.3.1 Submarino

El submarino es usado en las exploraciones del lecho marino, como podría ser el estudio de la configuración del lecho de una zona portuaria, para el estudio batimétrico de una zona, etc..

Los submarinos, son pequeños cilindros remolcados por lanchas ó - embarcaciones mayores, unidos por un cable al que se le puede llamar "cordon umbilical" ya que por el circula la información que recibe el sonar, al enviar y recibir la senal rebotada, y recibe la energía que requiere el sonar para su funcionamiento.

Las plataformas submarinas se encuentran en proceso de investigación, como el caso del "Pescado de Hannover" del Instituto de la Universidad de Hannover, Alemania Federal.



-57-

Fig. 3.7 Esquema del "Pescado de Hannover".

IV VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS SENSORES REMOTOS

Sólo hablare' de los ennumerados en los capítulos II y III.

No podemos decir que un sensor o una plataforma sea mejor o peor que otra, sino que unas, al estar diseñadas para ciertas funciones, - tendrán ventajas sobre otras, que no fueron ideadas para esos fines específicos.

La ventaja más importante que se puede encontrar de las cualidades de los sensores que utilizan película fotográfica, es que existe una técnica madura, bien desarrollada y conocida a nivel mundial, sobre la toma y revelado de las imágenes obtenidas por este medio.

Dentro de los sensores fotográficos se tiene una geometría sencilla (vease Fig. 3.3) y de muy buena calidad en la toma de las imágenes unitarias y existe la posibilidad de obtener una imagen estereoscópica si se tiene otra fotografía con el traslape adecuado, lo cual es de gran ayuda para la fotointerpretación. También encontramos que el depósito de la información obtenida por este medio, fotografías, es simple y barato, ya que requiere de un mantenimiento sencillo y las imágenes no ocupan gran espacio.

Revisando el otro lado de la moneda encontramos que las imágenes se encuentran en bandas espectrales demasiado largas, lo que hace más difícil la interpretación del producto.

Como se puede observar al tratarse de un sensor pasivo, es forzosa la presencia del Sol para poder lograr obtener imágenes. Así también, dependerá de las condiciones atmosféricas para obtenerlas; como la presencia de nubes, que cubran alguna porción de interés; o en el caso de haber lluvia, en la cual es casi imposible intentar trabajar.

Analizando el otro sensor pasivo del cual ya he hablado, el sistema por barrido, encontramos que tiene algunas ventajas similares a la fotografía aérea, como la técnica madura en la toma y revelado de las imágenes, almacenaje barato y sencillo de la información.

Si se trabaja con un barredor multispectral, el problema que se tenía con las bandas espectrales largas, se elimina, obteniéndose la información solamente en los pedazos del espectro que sean de interés. También encontramos que existen barredores que digitalizan la información, con lo que se puede transmitir teleméricamente la información.

Como en todo lo bueno siempre hay algo malo, y en este caso tenemos que las imágenes sufren deformaciones en sus extremos y éstas se incrementan al aumentarse el ángulo de barrido, como se puede apreciar en la figura 2.4.

Generalmente no se puede hacer una evaluación estereoscópica de estas imágenes por la misma distorsión. Se puede lograr estereoscopia solamente en la parte central, ya que las distorsiones son menores. Si las imágenes son digitalizadas, esta distorsión se puede tratar matemáticamente y puede ser corregida.

Para el radar y el sonar algunos de los problemas a los que se enfrentan los sensores pasivos no son de importancia y pueden ser disminuidos. Una ventaja y probablemente la mayor radica en la misma clasificación; los sensores activos como ya se ha dicho anteriormente, tienen su propia fuente de energía, por lo que en ningún momento dependen de la existencia de una fuente de energía ajena a ellos, como es el caso de la presencia del Sol para el sensor fotográfico.

Hablando exclusivamente del sensor activo, estos no dependen de las condiciones atmosféricas como la presencia de nubes, lluvia, etc., ya que el haz de ondas emitidas por estos sensores es capaz de penetrar por estos fenómenos climatológicos, si la longitud de onda y la frecuencia son las adecuadas.

En las zonas cubiertas de exuberante vegetación, como Chiapas; el Tapón de Darien en Panamá; la Guyana; etc., el uso del radar para la obtención de la configuración topográfica, oculta por la vegetación, es de gran ayuda, proporcionando con veracidad la forma del terreno.

Las desventajas son probablemente de mayor peso que en los sensores pasivos, ya que la geometría de las imágenes depende en gran parte de la orientación de la plataforma y de la topografía propia del terreno, pues estos producen "sombras" en las imágenes (vease Figs. 2.6, 2.7 y 2.8).

Un problema grave y de gran importancia con estos sensores, es que nunca se podrá tener una evaluación estereoscópica de las imágenes. Así como también las condiciones y cualidades de la reflexión de los diferentes objetos no se encuentra lo suficientemente estudiado, para poder modelar matemáticamente los errores que este efecto puede ocasionar.

Pasando ahora a las plataformas, se observa que el avión tendrá entre sus ventajas que el costo de una misión fotográfica es relativamente bajo, con facilidad se puede contar con una de estas plataformas, y el mantenimiento y cuidado que se les debe dar puede proporcionarseles en cualquier sitio.

Otra ventaja, que al mismo tiempo puede resultar lo contrario, es

la escala, ya que los techos de trabajo dependeran exclusivamente del tipo de avión con la que se cuenta.

Las condiciones atmosféricas para realizar las misiones son muy rigurosas, ya que en condiciones inestables se producen los siguientes errores:

- i) Deriva
- ii) Aleo
- iii) Cabeceo
- iv) Giro
- v) Altura

El error por deriva consiste en una corriente de aire que saca al avión de su curso, sobre el mismo plano.

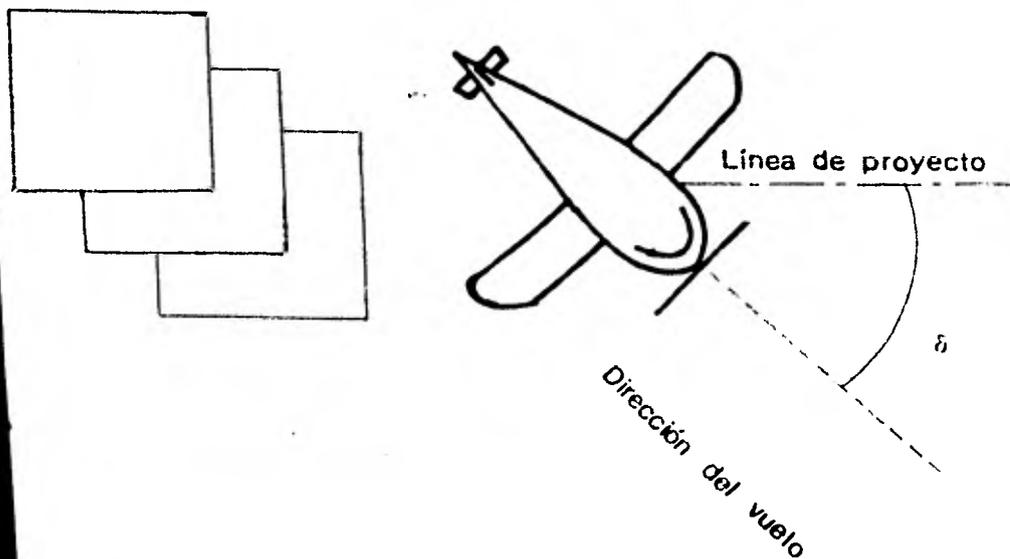
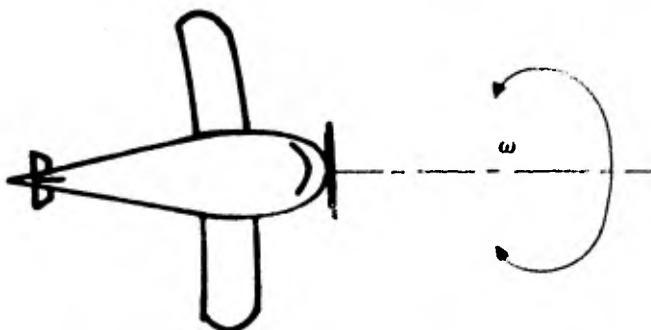
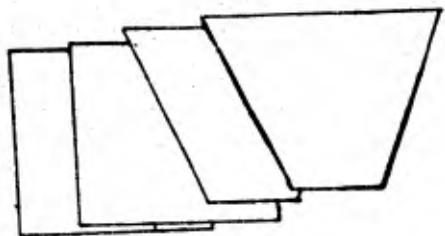


Fig. 4.1 Error por Deriva.

En el error de alce, también producido por cambios atmosféricos, el avión levanta un ala, produciéndose un giro en el eje de la dirección del vuelo.



Dirección del vuelo

Fig. 4.2 Error de Alce.

Cuando el avión va en una posición no paralela a la superficie - promedio del terreno, pero sin cambiar su altura se le conoce como error de cabeceo.

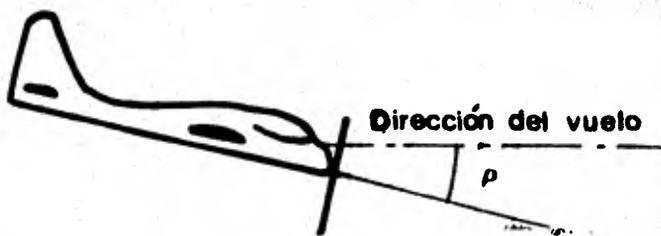
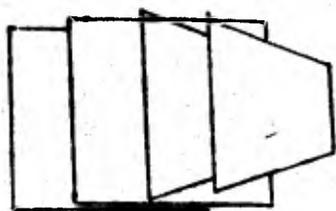


Fig. 4.3 Error de Cabeceo.

Si el avión rota sobre su eje zenital, se le dá el nombre de error de giro.

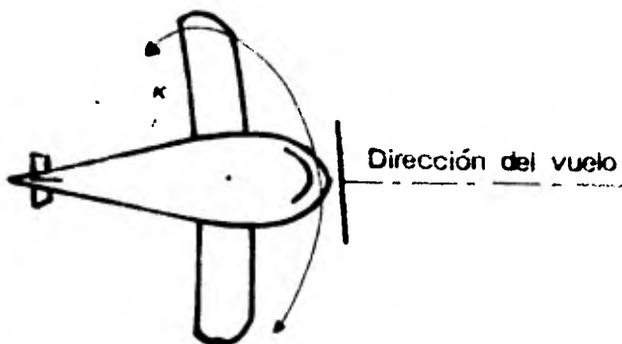
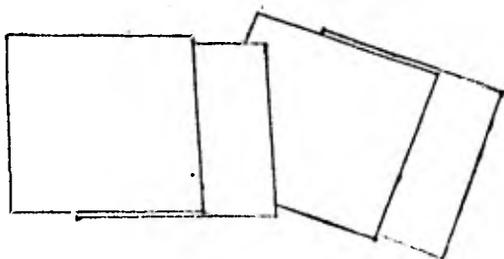


Fig. 4.4 Error de Giro.

El error producido por variación en el sentido vertical se le conoce con el nombre de altura.



Fig. 4.5 Error de Altura.

En el caso del helicóptero, se tiene entre sus ventajas que el costo es muy bajo. También el precio de una misión es bajo. Se puede transportar a cualquier sitio.

Entre las desventajas se observa que la escala a la cual se pueden obtener las imágenes es muy grande. La duración de un vuelo es corta, lo que limita esta plataforma a trabajos pequeños.

En el caso del FOTO HELICOPTERO MK 1 se tiene que la duración del vuelo es de 20 minutos; además siempre debe existir contacto visual del operador en tierra, con el helicóptero -alrededor de 100 m-.

Los satélites, ya sean tripulados o no, tienen la gran ventaja de que al trabajar a grandes alturas se trabaja a pequeña escala, con lo cual se cubren grandes áreas de terreno, con lo que el número de imágenes necesarias para cubrir una superficie determinada se reduce. Como las imágenes se toman en condiciones de iluminación constante, las imágenes son uniformes. Al no haber atmósfera, la pérdida de luz se reduce considerablemente.

Las desventajas de esta plataforma son muy grandes, ya que el con

to de fabricación y lanzamiento de un satélite, cualquiera que sea su tipo, es muy alto; por otro lado no se puede hacer una evaluación estereoscópica de toda la imagen, sólo en pequeñas áreas en las cuales existe el traslape. En las zonas que no existe sobreposición de las imágenes se puede lograr pseudostereoscopia, tomando imágenes tomadas en distintas fechas.



Fig. 4.5 Orbita del Satélite ERST 1

Las plataformas submarinas tienen la gran ventaja de proporcionar elementos para conocer el lecho marino, pero sus desventajas son enormes, ya que depende de las condiciones atmosféricas. De por sí en condiciones normales y favorables, este tipo de plataforma sufre de gran inestabilidad. Al estar las condiciones variantes, la inestabilidad será mayor. Esta inestabilidad produce distorsiones en las imágenes - las cuales no han podido ser modeladas matemáticamente, para ser eliminadas.

V EJEMPLO DE APLICACION

Las imágenes obtenidas mediante percepción remota vía satélite - han demostrado ser herramientas útiles para las industrias del petróleo y de la extracción de minerales. Estas imágenes han permitido la evaluación de depósitos minerales, así como la elaboración de mapas - estructurales y la determinación de detalles litológicos. Del análisis de las imágenes se han obtenido resultados que han llegado a facilitar la planeación de exploración geológicas, exploraciones geofísicas y programas de perforación. Una gran parte de la metodología empleada para la exploración mineral se aplican también en la exploración de recursos geotérmicos.

La característica fundamental y la ventaja principal de estas imágenes es que son capaces de cubrir grandes áreas. Esta vista panorámica, que se obtiene en condiciones de iluminación uniforme, sacrifica parte de la resolución del terreno; empero, este procedimiento - permite localizar grandes regiones tectónicas estructurales, de tal manera que con una sola imagen se pueden evaluar recursos geotérmicos potenciales. Además, este procedimiento permite identificar áreas con rasgos semejantes y distinguir contrastes en el color o texturas de las fotografías.

Una segunda característica de las imágenes obtenidas por medio de un satélite es que la captación de la información se realiza a una gran altura y de aquí, algunos interpretes de las imágenes han coincidido en que dicha altitud presenta la ventaja de eliminar detalles colaterales que en un momento dado pueden llegar a confundir u oscurecer la imagen geológica y acentuar las anomalías sutiles de la superficie que pueden ser importantes en la localización de recursos geotérmicos.

Las áreas geotérmicas conocidas están relacionadas directamente con zonas volcánicas activas, fallas recientes y anomalías geoquímicas y geofísicas. Estudios cuidadosos de las imágenes espaciales revelan que muchas de las características geológicas aparecen distintamente en las imágenes de áreas anómalas, asociadas probablemente con, o causadas directamente por, cambios geoquímicos y geofísicos cercanos a un sistema geotérmico. Por ejemplo, anomalías curvas que pueden representar un patrón enterrado de intrusión o representar soluciones hidrotérmicas asociadas. Otro hecho similar menos obvio, como anomalías de color y cambios en la reflectividad de tierras y rocas - frecuentemente indican productos de roca alterados por aguas térmicas.

El volcanismo ácido y la actividad hidrotérmica presentan blancos importantes para su exploración, debido a que los depósitos geotérmicos económicamente productivos son generalmente los asociados a las emanaciones ácidas caracterizadas por temperaturas relativamente altas. Este paso significativo puede llevarse a cabo gracias a las imágenes vía satélite obtenidas que muestran detalles estructurales y que proporcionan la información para mapas de terrenos. Para muchas áreas, se conocen relativamente bien la distribución de rocas volcánicas, pero aún quedan regiones que sólo se han cartografiado a nivel de reconocimiento. Del estudio de las imágenes se pueden llegar a distinguir rocas volcánicas de muchos tipos, así como también productos ácidos tanto concentrados, como diseminados.

El análisis de la imagen puede suministrar evidencia indirecta o sea, que aunque no existan manifestaciones superficiales como ma-

nantiales o fumarolas, si pueden sugerir áreas con una alta probabilidad de potencial geotérmico. Los patrones de fractura relacionadas con cuerpos de intrusión, pueden ser de mayor importancia y son visibles en zonas rocosas o pueden manifestarse como zonas de vegetación anómalas, como en el caso de filtración de agua en zonas de fallas, creando de esta manera zonas de vegetación restringida.

Los estudios de las imágenes indican, además, patrones de fractura de rocas no superficiales. Estos patrones se obtienen de la configuración resultante de rocas y sedimentos que se encuentran sobre la superficie, o sea sobreyaciendo a las fracturas. Estas fracturas en las rocas pueden propiciar condiciones hidrológicas favorables para depósitos geotérmicos, en particular cuando se encuentran zonas de actividad volcánica.

En la determinación del flujo de calor en áreas geotérmicas se utiliza otro tipo de métodos indirectos, como la fusión de la nieve. En este caso, la imagen no muestra directamente la zona geotérmica, sino que más bien la formación retardada de hielo en un lago adyacente. La causa del retraso en la formación retardada de hielo, se debe al flujo del calor proveniente de un campo geotérmico. Caidas de nieve ligeras, realzan sensiblemente estructuras geológicas, así como también áreas cubiertas con una baja concentración de nieve, indican un flujo de calor alto. La respuesta del crecimiento de las plantas al flujo de calor anómalo, no se encuentra bien definida, pero es claro que la vegetación resulta ser un buen indicador. La detección de patrones de vegetación puede obtenerse de composiciones infrarrojas de falso color obtenidas con un barredor multiespectral; también es posible hacer un análisis más detallado, usando cámaras de mayor evolución.

La ocurrencia de sistemas geotérmicos en varios tipos de rocas, -
ejemplifican la necesidad de contar con una diversidad de datos; Los -
Geysers se localizan en grauwaca y limilita; Lardarello en rocas cali -
zas; Wairakai en rocas volcánicas, el Valle Imperial y Cerro Prieto en
sedimentos deltaicos y aluviales. Esta variedad de ocurrencias lito -
lógicas requiere de una amplia aplicación de las técnicas de explora -
ción de las imágenes y el tratamiento de nuevas localidades como aso -
ciaciones únicas, con diferentes características manifestadas.

Todo tipo de imagen obtenida por medio de un satélite resulta de
utilidad en el análisis con respecto a la exploración de fuentes de -
energía geotérmica. Diferentes formatos de datos, proveen diferentes
ventajas, dependiendo de que aspecto el sistema geotérmico se este es -
tudiando. Cuando las interpretaciones que se hacen se obtienen de di -
ferentes datos, puede suceder que la información refuerza los hechos -
observados que ocurren respectivamente, o bien se eliminan.

Se han encontrado particularmente útiles los sistemas de barrido -
multiespectral, sobre todo en las etapas iniciales de exploración in -
cluyendo la distinción de diferentes tipos de rocas, interpretaciones
térmicas y en estudio de ocurrencias de vegetación y relaciones estruc -
turales.

Haciendo una síntesis de datos observados de diferentes imágenes
en varios formatos, es posible seleccionar sitios que ofrezcan el máxi -
mo potencial al desarrollo geotérmico a partir de consideraciones de -
accesibilidad, factibilidad, coincidencia de fallas y fracturas y ocu -
rrencia de tipos litológicos favorables, permeabilidad de rocas, con -
diciones de drenaje regional y local, áreas térmicas altas, zonas de -

alteración y otras anomalías de calor y características estructurales.

El análisis de imágenes obtenidas por sensores remotos de diferentes tipos por personas capacitadas y con experiencia en la exploración de un área dada, sino también en la elaboración de mapas y su interpretación y extensión de sitios geotérmicos conocidos a otras áreas con perspectivas y con la delineación de áreas potencialmente productivas. El análisis de las imágenes puede aplicarse a un amplio sector de disciplinas interrelacionadas en formas comprensibles y económicas, confiabilidad de manejo de una gran cantidad de datos, que no podría lograrse de ninguna otra forma.

Las técnicas de sensores remotos y su uso para la exploración geotérmica y otros recursos están siendo desarrolladas y utilizadas a diferentes niveles y continuarán ofreciendo muchas posibilidades de aplicación en todas sus fases de investigación, exploración y desarrollo.

BIBLIOGRAFIA

- AVERY, T.E. Introduction of Aerial Photographs. Ed. Borgers Publishing.
- CASTEDMAN, K.R. Digital Image Processing. Ed. Prentice Hall.
- CIARK, DONAL Avances Cientificas de Nuestro Tiempo. El impacto de la invención moderna. Ed. CONACYT.
- EISEBERG, R.M. Fundamentos de Física Moderna. Ed. LINUSA.
- HARPER, DOROTHY Eye in the Sky: Introduction to remote sensing. Ed. Multiscience Publication,
- LEIMAN Fotogrametría. Ed. ETA
- LUTHE GARCIA, GUALTERIO Fundamentos de Fotogrametría. Facultad de Ingeniería. UNAM.
- LUTHE GARCIA, GUALTERIO Fotogrametría Analógica. Facultad de Ingeniería. UNAM.
- Manual de Hidrografía. Secretaría de Marina.
- Manual of Remote Sensing. American Society of Photogrametry.
- Percepción Remota. División de Educación Continua. Facultad de Ingeniería. UNAM
- PRATT, W.K. Digital Image Processing. Ed. John Wiley and Sons.
- RUD, R.D. Remote Sensing, a better view. Ed. Duxburg Press.
- SABINS, F. Remote Sensing, principles and interpretation. Ed. W.H. Freeman and Company.
- SWAIN & DANIS Remote Sensing, the quantitative approach. Ed. McGraw-Hill

Terminología en Percepción Remota. Instituto Panamericano de Geografía
e Historia. Comisión Nacional del Espacio Exterior.

VER TAPPEN, H. Remote Sensing in Geomorphology. Ed. Elsevier.

VON BRAUN AND ORWAY History of Rocketry and Space Travel. Ed. Crowell.

WATSON, D.S. Terrain Analysis. Ed. McGraw-Hill.

Los Cohetes Cósicos Sovieticos. Oficina de prensa de la Embajada Sovie-
tica.

Comunidad CONACYT. Julio 1978.

Información Científica y Tecnológica. Vol. II No. 3.

Boletín IIE. Instituto de Investigaciones Eléctricas.

TESIS HERRERA
UNO DE LOS SISTEMAS EN EL PAIS
COMPUTADORA
PARA LAS FACULTADES
No. 20-C
548-22-25 548-22-17
CIUDAD GUAYMAS