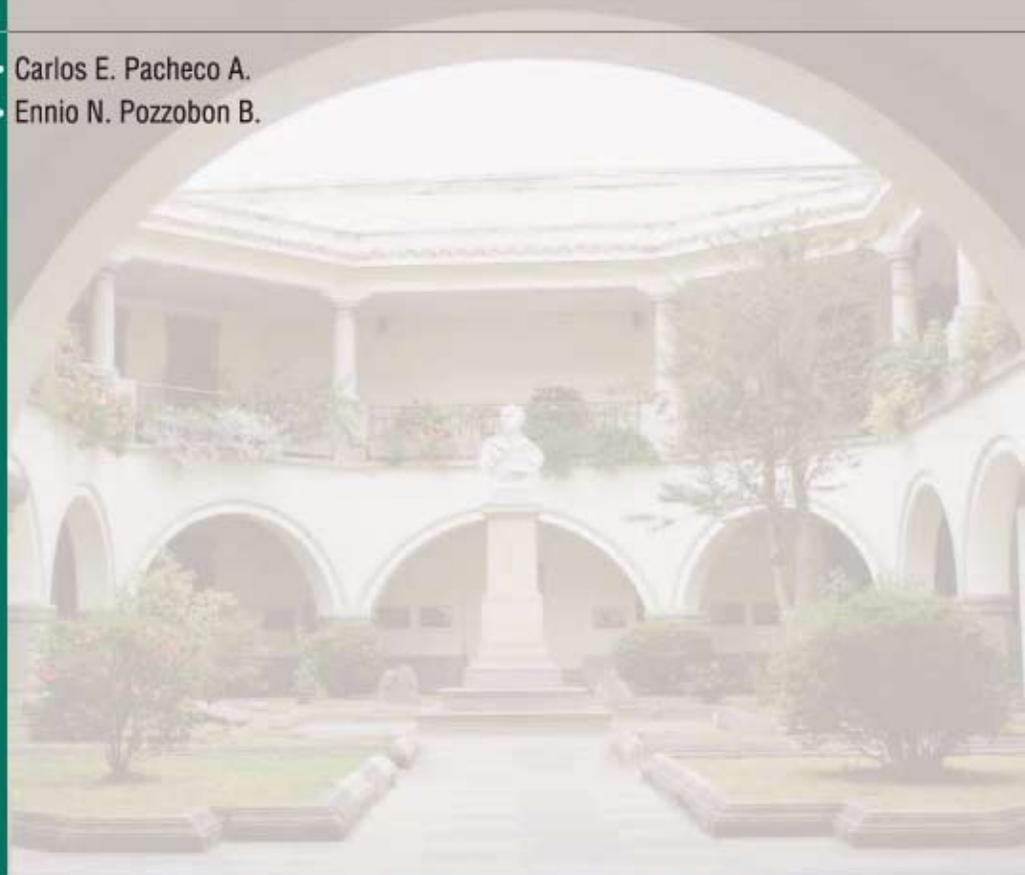


Manual de ejercicios de laboratorio

Fotogrametría y fotointerpretación

- Carlos E. Pacheco A.
- Ennio N. Pozzobon B.



PUBLICACIONES
VICERECTORADO ACADÉMICO
C O D E P R E

Manual de ejercicios de laboratorio

Fotogrametría y fotointerpretación

Colección Textos Universitarios

Manual de ejercicios de laboratorio

Fotogrametría y fotointerpretación

- Carlos E. Pacheco A.
- Ennio N. Pozzobon B.



PUBLICACIONES
VICERRECTORADO ACADÉMICO
C O D E P R E

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
Autoridades universitarias

- *Rector*
Léster Rodríguez Herrera
- *Vicerrector Académico*
Humberto Ruiz Calderón
- *Vicerrector Administrativo*
Mario Bonucci Rossini
- *Secretaria*
Nancy Rivas de Prado

PUBLICACIONES
VICERRECTORADO
ACADÉMICO

- *Director*
Humberto Ruiz Calderón
- *Coordinación editorial*
Luis Ricardo Dávila
- *Asistencia editorial*
Yelliza A. García A.
- *Consejo editorial*
Tomás Bandes
Asdrúbal Baptista
Rafael Cartay
Mariano Nava
Stella Serrano
Gregory Zambrano

COLECCIÓN

Textos Universitarios

Comité editorial
María del Carmen Araque
Raquel Flores
Bernardo Fontal
Osman Gómez
Hebert Lobo
Josefina Peña
Marlene Peñaloza
Iris Perdomo
Stella Serrano
José Villalobos

COLECCIÓN

Textos Universitarios

Publicaciones
Vicerrectorado
Académico

Manual de ejercicios de laboratorio. Fotogrametría y fotointerpretación

Primera edición, 2006

©Universidad de Los Andes
Vicerrectorado Académico,
CODEPRE

©Carlos E. Pacheco A.
Ennio N. Pozzobon B.

- *Concepto de colección y diseño de portada*
Kataliñ Alava
- *Corrector*
Freddy Parra Jahn
- *Montaje digital*
Reinaldo Sánchez Guillén
- *Impresión*
Taller de Publicaciones de la
Facultad de Ciencias Forestales
y Ambientales

HECHO EL DEPÓSITO DE LEY
Depósito Legal LF23720056343495
ISBN 980-11-0913-0

Prohibida la reproducción
total o parcial de esta obra
sin la autorización escrita
de los autores y editores

Universidad de Los Andes
Av. 3 Independencia
Edificio Central del Rectorado
Mérída, Venezuela

- Los trabajos publicados en la
Colección Textos Universitarios
han sido rigurosamente
seleccionados y arbitrados
por especialistas en las
diferentes disciplinas

Impreso en Venezuela
Printed in Venezuela

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
Autoridades Universitarias

- *Rector*
Mario Bonucci Rossini
- *Vicerrectora Académica*
Patricia Rosenzweig
- *Vicerrector Administrativo*
Manuel Aranguren Rincón
- *Secretario*
José María Andérez

PUBLICACIONES
VICERRECTORADO
ACADÉMICO

- *Dirección editorial*
Patricia Rosenzweig
- *Coordinación editorial*
Víctor García
- *Coordinación del Consejo editorial*
Roberto Donoso
- *Consejo editorial*
Rosa Amelia Asuaje
Pedro Rivas
Rosalba Linares
Carlos Baptista
Tomasz Suárez Litvin
Ricardo Rafael Contreras
- *Producción editorial*
Yelliza García A.
- *Producción libro electrónico*
Miguel Rodríguez

Primera edición digital 2011

Hecho el depósito de ley

Universidad de Los Andes
Av. 3 Independencia
Edificio Central del Rectorado
Mérida, Venezuela
publicacionesva@ula.ve
publicacionesva@gmail.com
www2.ula.ve/publicacionesacademico

Los trabajos publicados en esta Colección han sido rigurosamente seleccionados y arbitrados por especialistas en las diferentes disciplinas

ÍNDICE

Introducción	9
CAPITULO 1. Módulo de fotogrametría	
1.1 Test de visión estereoscópica	11
1.1.1 Determinación de la base instrumental del estereoscopio de espejos	14
1.2 Orientación de fotografías aéreas bajo un estereoscopio de espejos	17
1.2.1 Orientación de fotografías aéreas y/o estereogramas bajo el estereoscopio de bolsillo	22
1.3 Uso de la barra de paralaje o estereomicrómetro	25
1.4 Determinación de diferencias de altura sobre fotografías aéreas. Método del paralaje	30
1.4.1 Determinación de diferencias de altura sobre mapas topográficos	34
1.5 Determinación de pendientes sobre fotografías aéreas. Método de Stellingwerf	35
1.5.1 Determinación de pendientes sobre mapas topográficos	39
1.6 Medición de áreas sobre fotografías aéreas y mapas	40
1.6.1 Método de la plantilla de puntos	40
1.6.2 Método de la plantilla de líneas transversales	43
1.6.3 Método del planímetro polar	45

CAPÍTULO 2. Módulo de fotointerpretación	
2.1 Identificación de objetos sobre fotografías aéreas	49
2.2 Delineación de la red de drenaje y la divisoria de aguas sobre fotografías aéreas	54
2.2.1 Delineación de drenajes y divisorias de aguas sobre mapas topográficos	62
2.3 Análisis de tipos de fisiografía y vegetación	64
2.4 Delineación sobre fotografías aéreas de los usos de la tierra utilizando la Leyenda de la Unión Geográfica Internacional (UGI)	68
2.4.1 Leyenda de Unión Geográfica Internacional (UGI)	69
2.5 Interpretación en el campo de los diversos usos de la tierra y tipos de vegetación, a través de mapa topográfico, fotografías aéreas, brújulas, altímetro y GPS	71
2.6 Uso de instrumentos restituidores, el Sketchmaster (restituidor de tercer orden). Inicio al proceso de restitución	73
Bibliografía	77
Índice de figuras	79

INTRODUCCIÓN

En los últimos cincuenta años el desarrollo de la fotogrametría ha proporcionado una nueva herramienta a los métodos de medición. La aerofotogrametría y la fotogrametría constituyen, por sus cotidianos avances tecnológicos, los aliados naturales y casi indispensables para el usuario de imágenes espaciales (fotográficas) y para el equipo interdisciplinario que participe en la planificación y evaluación de los recursos naturales y ambientales de un área o región.

Las técnicas fotogramétricas permiten alcanzar, con rapidez, amplitud, detalle y a un costo moderado la ubicación de cualquier variable impresa sobre una fotografía.

La imagen fotográfica capta pormenorizadamente todos los elementos naturales y culturales del sector fotografiado.

La producción, recolección, manejo y tratamiento de información en el caso ambiental y forestal, se han convertido en un asunto de trascendencia vital para los países en desarrollo. La enorme cantidad de variables espaciales a manipular, hace necesario que cualquier profesional usuario de fotografías aéreas conozca los principios básicos que rigen la formación de las fotografías aéreas verticales, así como también su interpretación (extracción de información temática), los distintos tipos de mediciones (alturas, pendientes, áreas, etc.) que pueden obtenerse de ellas y su empleo en la producción de mapas básicos y temáticos.

Según la Sociedad Internacional de Fotogrametría y Sensores Remotos (ISPRS), Fotogrametría es la ciencia de realizar mediciones e interpretaciones confiables por medio de las fotografías, para de esta manera obtener características métricas y geométricas (dimensión, forma y posición) del objeto fotografiado.

Mientras que la Fotointerpretación está definida en el Manual de Interpretación Fotográfica como el acto de examinar imágenes fotográficas con el objetivo de identificar objetos y determinar su significado. La fotointerpretación implica una serie de etapas consecutivas. Durante este proceso, las variables deben ser primeramente detectadas, luego identificadas y, finalmente, analizadas para determinar su significado.

La fotointerpretación es solamente una etapa dentro de todo el proceso de preparación de mapas temáticos.

El uso de este manual le facilitará al usuario desarrollar conocimientos y técnicas que permitan realizar mediciones confiables sobre fotografías aéreas y mapas topográficos, de igual manera iniciarse en las labores de extracción de información (interpretación) de las mismas.

Módulo de fotogrametría

1.1. Test de visión estereoscópica

La prueba de visión estereoscópica determina la capacidad visual del estudiante para captar las alturas y profundidades de los objetos impresos en la prueba.

Material necesario

Tabla de prueba Zeiss (Figura 1) de figuras estereoscópicas, estereoscopio de bolsillo y formulario de “Control de visión estereoscópica” (Figura 5).

Procedimiento

1. Coloque la Tabla Zeiss en posición normal de lectura bajo el estereoscopio de bolsillo.
2. Observe a través de los lentes del estereoscopio y obtendrá una perspectiva tridimensional de las figuras (Figura 2). Las figuras las apreciarán a diferentes alturas o planos de profundidad. Las figuras son círculos de diferente tamaño en cuyo interior están dibujados una serie de elementos pictóricos colocados a diferentes alturas.

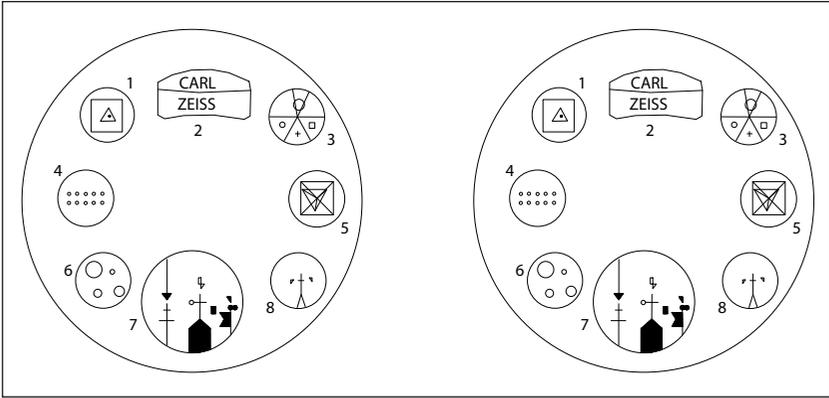


Figura 1. Tabla de prueba Zeiss.

3. En primer lugar precise la profundidad relativa (altura), de cada una de las figuras (círculos) y determine su secuencia (Figura 3). Cada círculo es representado por una letra o número en el formulario. Posteriormente en el círculo 1, determine la secuencia, en altura, de sus elementos pictóricos y anótela (Figura 4), repita la operación para cada uno de los círculos.

Cada círculo es analizando independientemente de los demás.

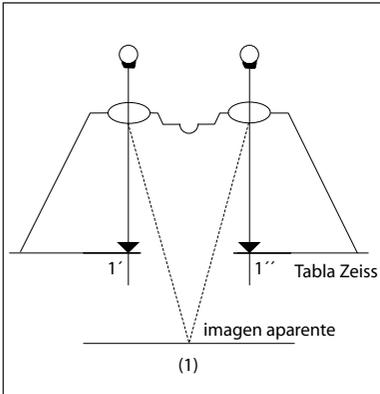


Figura 2. Estereoscopio de bolsillo utilizado para realizar la prueba de visión estereoscópica (adaptado de Hernández, 1981).

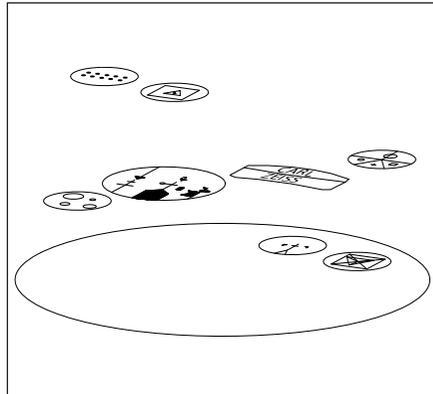


Figura 3. Ejemplo de la profundidad relativa de cada uno de los círculos.

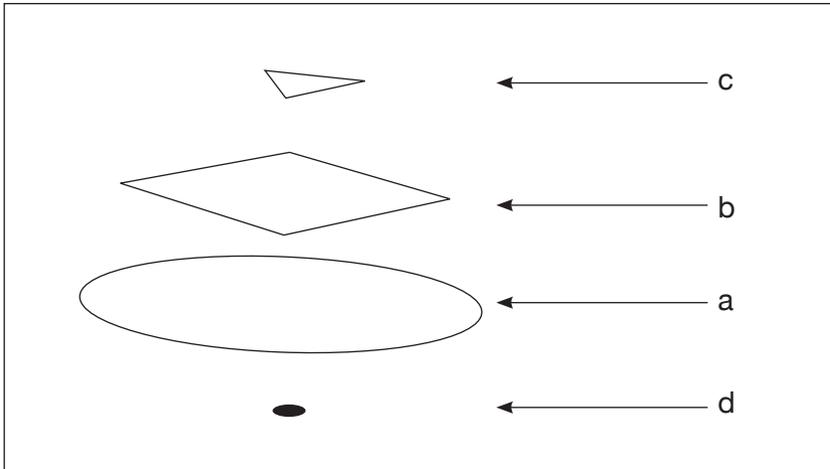


Figura 4. Ejemplo de la secuencia de altura de los elementos pictóricos del círculo 1.

Anote sus apreciaciones en el formulario de “Control de visión estereoscópica” (Figura 5).

LOS CÍRCULOS	CÍRCULO 1	CÍRCULO 3	CÍRCULO 4	CÍRCULO 5	CÍRCULO 6	CÍRCULO 7	CÍRCULO 8
CÍRCULO							
1							
2							
3							
4			1 2 3 4 5 				
5							
6			6 7 8 9 10 				
7							
8							
CERCA (ALTO)	CERCA (ALTO)	CERCA (ALTO)	CERCA (ALTO)	CERCA (ALTO)	CERCA (ALTO)	CERCA (ALTO)	CERCA (ALTO)
LEJOS (BAJO)	LEJOS (BAJO)	LEJOS (BAJO)	LEJOS (BAJO)	LEJOS (BAJO)	LEJOS (BAJO)	LEJOS (BAJO)	LEJOS (BAJO)

Figura 5. Formulario Zeiss para el control de la prueba de visión estereoscópica. Adaptado por: Pozzobon E. y Pacheco C.

1.1.1. Determinación de la base instrumental del estereoscopio de espejos

La base instrumental (del estereoscopio de espejos) es la distancia correcta a la cual deben colocarse dos puntos homólogos (el punto central de la fotografía izquierda y su homólogo transferido a la fotografía derecha) para lograr una perfecta visión estereoscópica.

Material necesario

Estereoscopio de espejo, cartulina blanca (aproximadamente 20 cm x 50 cm), lápiz, cinta adhesiva y regla graduada.

Procedimiento

1. Coloque la cartulina paralela a la mesa de trabajo y dibuje sobre ella una recta de 40 cm. aproximadamente.
2. Marque un punto m' en la parte izquierda de la recta.
3. Coloque el estereoscopio sobre la mesa en posición de trabajo.
4. Enfoque los binoculares independientemente para cada ojo y ajústelos a su distancia interpupilar.
5. Observe solamente por el binocular izquierdo (ojo izquierdo) del estereoscopio de espejo, el punto m' debe apreciarse en el centro del campo de visión del binocular junto con la recta trazada en la cartulina (Figura 6).
6. Ahora observe con ambos ojos, debe apreciarse una sola recta, en caso de que se observen dos rectas paralelas, gire el estereoscopio alrededor del punto m' , hasta lograr que las dos imágenes coincidan sobre una misma recta (si las dos rectas las observa ligeramente convergentes se debe a un desajuste en el estereoscopio).
7. Vea ahora solamente por el binocular derecho (ojo derecho), marque un punto m'' sobre la recta en el centro del campo de visión.
8. Observe con ambos ojos y los dos puntos m' y m'' deben coincidir en uno solo en el centro del campo de visión (Figura 7), la observación se está haciendo con los ejes de los ojos paralelos.

9. La distancia $m'm''$ es la medida de la “base instrumental” del estereoscopio de espejo empleado, generalmente oscila entre 25 y 26 cm. Dependiendo de la marca del aparato (Figura 8).

Para acostumbrarse a la visión de ejes paralelos puede seguir el siguiente procedimiento (Figura 9):

1. Coloque un lápiz en la posición “A” y otro en la posición “B”.
2. Si al observar estereoscópicamente ve las dos imágenes separadas, desplace el lápiz “2” hacia la izquierda hasta una posición “2a” en que observe las dos imágenes fusionadas.
3. Desplace el lápiz derecho lentamente hacia la posición “2”, tratando de mantener la observación de una sola imagen.

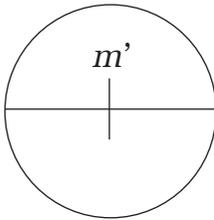


Figura 6. Campo de visión del binocular izquierdo del estereoscopio de espejos, en donde se observa el punto m' en el centro del mismo (adaptado de Pernía, 1989).

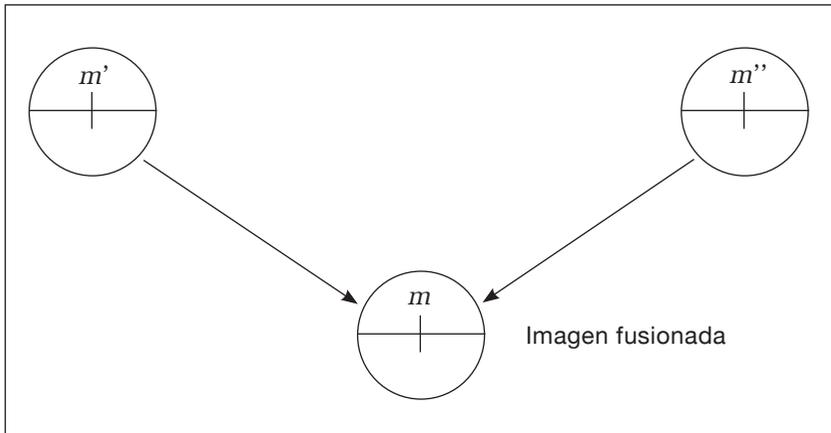


Figura 7. Imagen en donde se muestran los dos puntos fusionados como uno solo cuando observamos por los dos binoculares del estereoscopio de espejo (adaptado de Pernía, 1989).

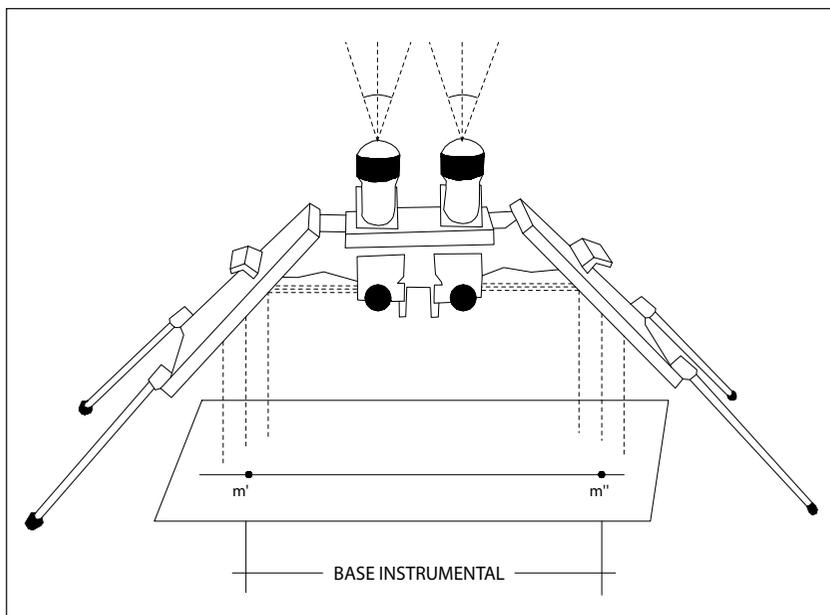


Figura 8. Corte esquemático de un estereoscopio de espejo en donde se muestra la base instrumental (distancia) del mismo.

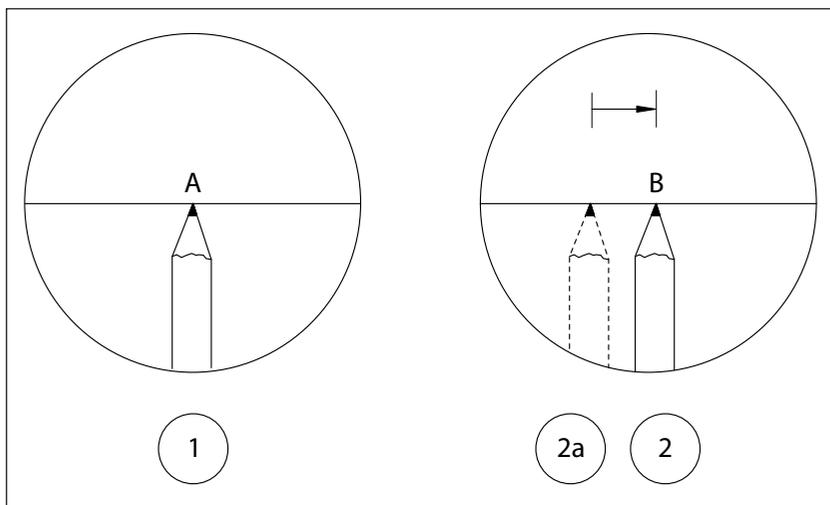


Figura 9. Ejercicio para acostumbrarse a la visión estereoscópica de ejes paralelos de manera artificial (adaptado de Pernía, 1989).

1.2. Orientación de fotografías aéreas bajo un estereoscopio de espejos

La correcta orientación de un par estéreo de fotografías aéreas bajo el estereoscopio de espejos, nos permite observar el modelo estereoscópico en las mismas condiciones en las cuales fue tomado, permitiendo de esta manera realizar cualquier tipo de medición sobre el mismo.

Materiales

Estereoscopio de espejos, par de fotografías aéreas, regla graduada, cinta adhesiva, láminas de acetato, marcadores para acetato, alcohol y algodón.

Procedimiento

La orientación de fotografías aéreas tiene una serie de pasos básicos:

1. Preparación de las fotografías. Consiste en colocar una lámina de acetato sobre cada una de las fotografías con la cinta adhesiva.
2. Determinación de los puntos centrales en cada fotografía (Figura 10).
 - Tome una fotografía, ubique dos marcas fiduciales opuestas y trace una pequeña línea en el centro de la fotografía, las marcas fiduciales están impresas en el punto medio de cada lado o en las esquinas de las fotografías aéreas.
 - Repita el mismo procedimiento con las otras dos marcas fiduciales; la intersección de las líneas trazadas desde las marcas fiduciales opuestas determinará el centro de la fotografía.
 - Repitiendo el procedimiento determine el centro de la otra fotografía.
3. Determinación del área común.
 - El área común fotografiada es la porción del terreno que aparece en dos fotografías aéreas que fueron tomadas consecutivamente, esto se debe al recubrimiento longitudinal ó solape obtenido durante el vuelo (Figura 11).

- Para determinar el área común se coloca una fotografía sobre la otra haciendo coincidir aproximadamente la zona común de recubrimiento, modelo estéreo (Figura 12).
4. Orientación de las sombras (Figura 13). Las sombras de los objetos fotografiados deben quedar siempre hacia el observador o hacia su derecha, de lo contrario, se observará el efecto seudoscópico.
 5. Transferencia de los puntos centrales de fotografía a fotografía (puntos homólogos) (Figura 14).

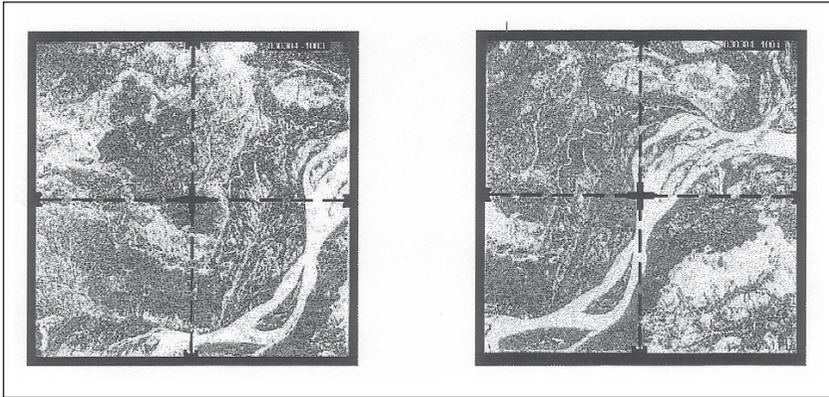


Figura 10. Determinación del centro de cada fotografía mediante la intersección de las líneas fiduciales.

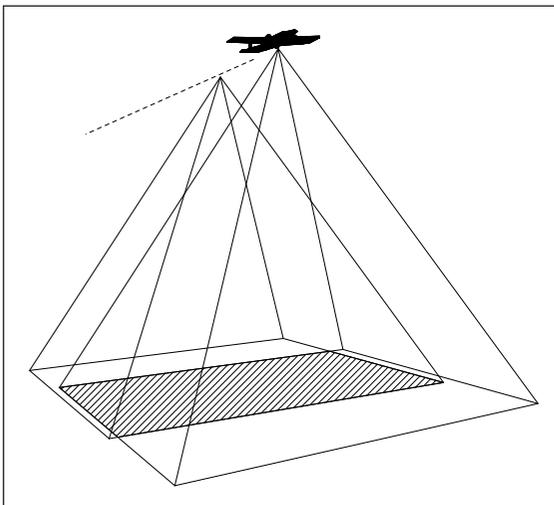


Figura 11. Recubrimiento longitudinal o solape (adaptado de Roa, 1976)

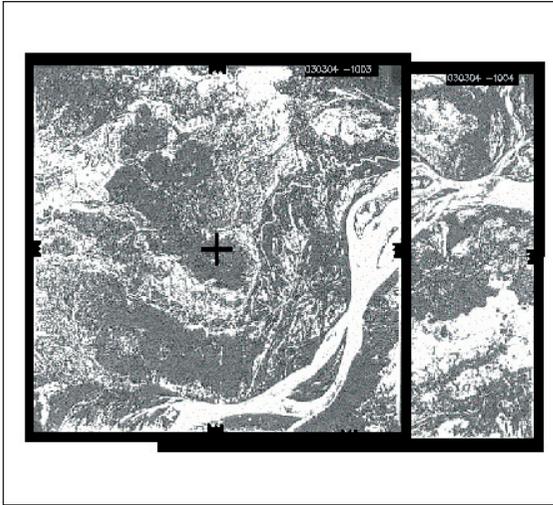


Figura 12. Determinación del área común de ambas fotografías

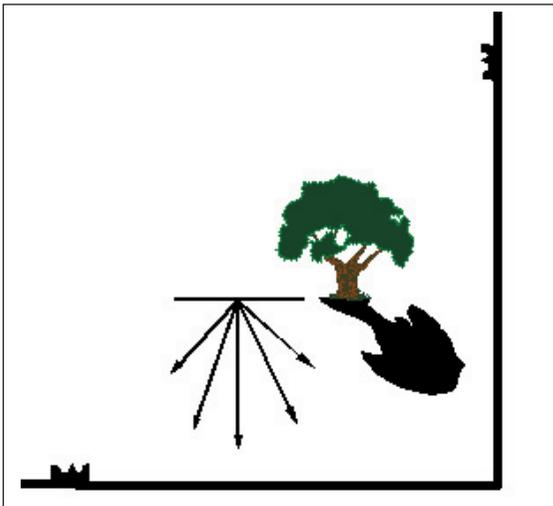


Figura 13. Orientación correcta de las sombras proyectadas por los objetos fotografiados

Enfoque y ajuste los binoculares de acuerdo a su distancia interpupilar, observe el punto principal de la fotografía izquierda manteniendo el ojo derecho cerrado, posteriormente visualice el sector homólogo en la derecha cerrando el ojo izquierdo, luego observe simultáneamente con los dos ojos y si la imagen está girada gire cualquiera de las dos fotografías hasta observar una sola imagen de manera tridimensional, después marque en la fotografía derecha el

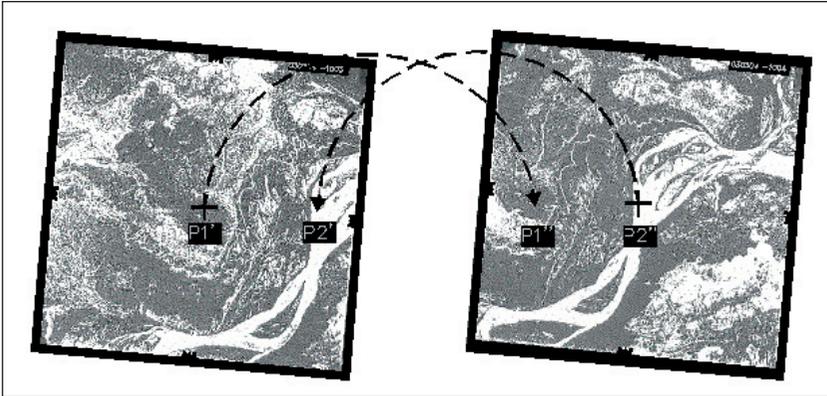


Figura 14. Transferencia de los centros de fotografía (P1' y P2'') de foto a foto

centro del punto principal de la fotografía izquierda. Repita el mismo procedimiento anterior para transferir el punto principal de la fotografía derecha.

6. Ubicación de la línea de vuelo en ambas fotografías (Figura 15). En cada fotografía dibuje una recta uniendo el punto central y el punto central transferido (homólogo) y obtendrá la dirección correcta de las líneas de vuelo.
7. Ubicar las líneas de vuelo sobre una misma recta y dos homólogos a una distancia igual a la base instrumental del aparato (Figura 16).
 - Tome la fotografía derecha y colóquela de manera tal que la dirección aproximada de la línea de vuelo se encuentre sobre

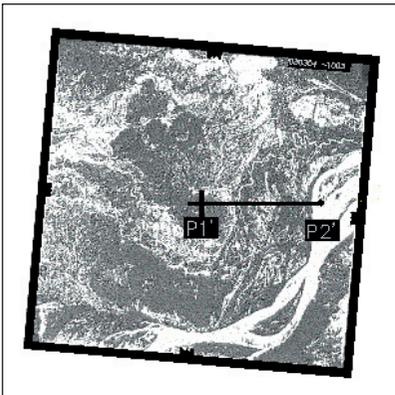


Figura 15. Determinación de la línea de vuelo para la fotografía izquierda

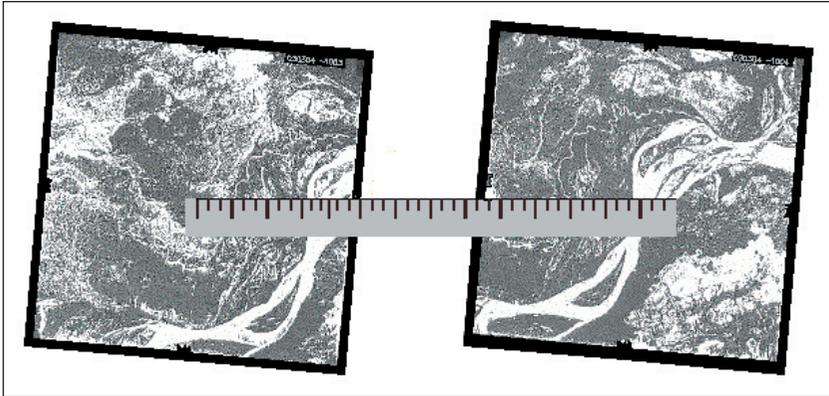


Figura 16. Alineación correcta de las líneas de vuelo de cada fotografía.

la prolongación de la correspondiente a la fotografía izquierda, es decir, sobre una misma recta.

- Desplace la fotografía derecha a lo largo de la línea de vuelo hasta que el punto central y su homólogo se encuentren a una distancia igual a la base instrumental. Compruebe que la dirección aproximada de las líneas de vuelo se mantenga sobre una misma recta.
- Coloque las fotografías aéreas para que la dirección del vuelo quede paralela al borde de la mesa de trabajo y fíjelas con cinta adhesiva a la mesa (Figura 17).
- Coloque el estereoscopio sobre las fotografías de manera que la base se encuentre paralela a la línea de vuelo.

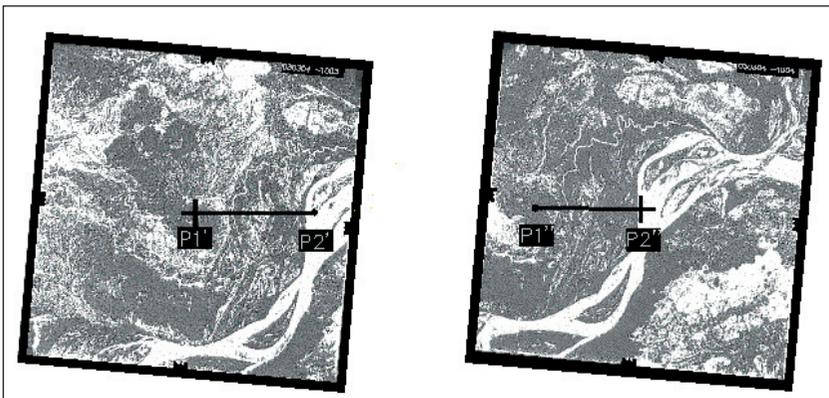


Figura 17. Fotografías aéreas fijadas correctamente sobre la mesa.

- Observe con ambos ojos y obtendrá una imagen tridimensional. Moviendo el estereoscopio a través de todo el modelo y manteniendo la base paralela a la línea de vuelo, se podrá examinar estereoscópicamente todo el modelo en condiciones normales (Figura 18).

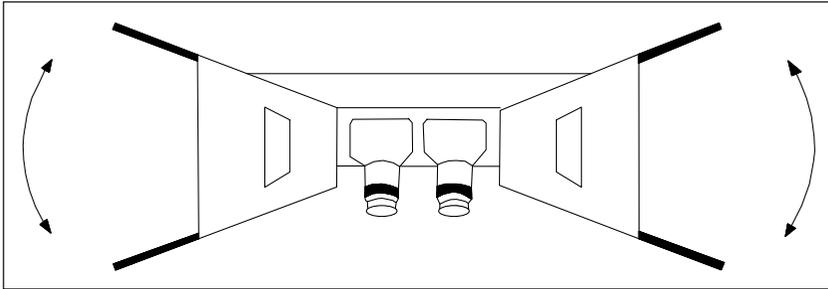


Figura 18. Giro del estereoscopio de espejo (adaptado de Pernía, 1989).

1.2.1. Orientación de fotografías aéreas y/o estereogramas bajo el estereoscopio de bolsillo

El estereoscopio de bolsillo (Figura 19) es un instrumento económico y sencillo que nos permite tener visión estérea tanto en estereogramas como en pares de fotografías aéreas. Debido a su pequeño tamaño es muy práctico para llevarlo al campo cuando se necesite visualizar las fotografías aéreas en el terreno o en labores de reconocimiento o chequeos de fotointerpretación.

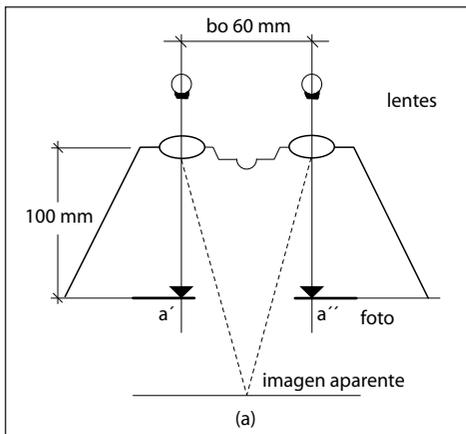


Figura 19. Diagrama de un estereoscopio de bolsillo con sus respectivas medidas (tomado de Hernández, 1981)

La distancia interpupilar de una persona promedio está por el orden de los 60 mm, por este motivo los estereoscopios de bolsillo permiten variar la separación de los lentes en un rango de 50 a 75 mm con la finalidad de que el observador la adapte a su distancia interpupilar.

Materiales

Estereoscopio de bolsillo, estereogramas, pares estéreos de fotografías aéreas y regla graduada.

Procedimiento

Observación de estereogramas

1. Coloque el estereoscopio de bolsillo sobre el estereograma de manera tal que pueda ser observado con facilidad.
2. Recorra todo el estereograma, observando con el estereoscopio de bolsillo sin perder la visión estérea, de esta manera obtendrá una visión global del área cubierta por el mismo.

Observación de fotografías aéreas

1. Debido a que la base instrumental del estereoscopio de bolsillo es pequeña (aprox. 6,5 cm), las fotografías aéreas (formato 23 x 23 cm) deben ser colocadas de manera tal que puedan ser vistas con él (Figura 20).

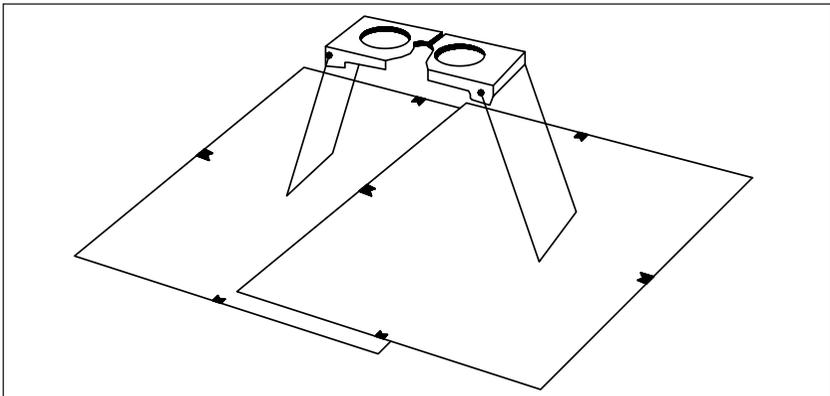


Figura 20. Manera de colocar las fotografías aéreas para ser observadas con el estereoscopio de bolsillo.

2. Para observar la parte derecha del modelo, el observador debe superponer la fotografía izquierda sobre la derecha (manteniendo la distancia de 6,5 cm entre puntos homólogos). Para observar la parte izquierda del modelo se invierten las fotografías. Es decir, el modelo debe ser observado por partes.

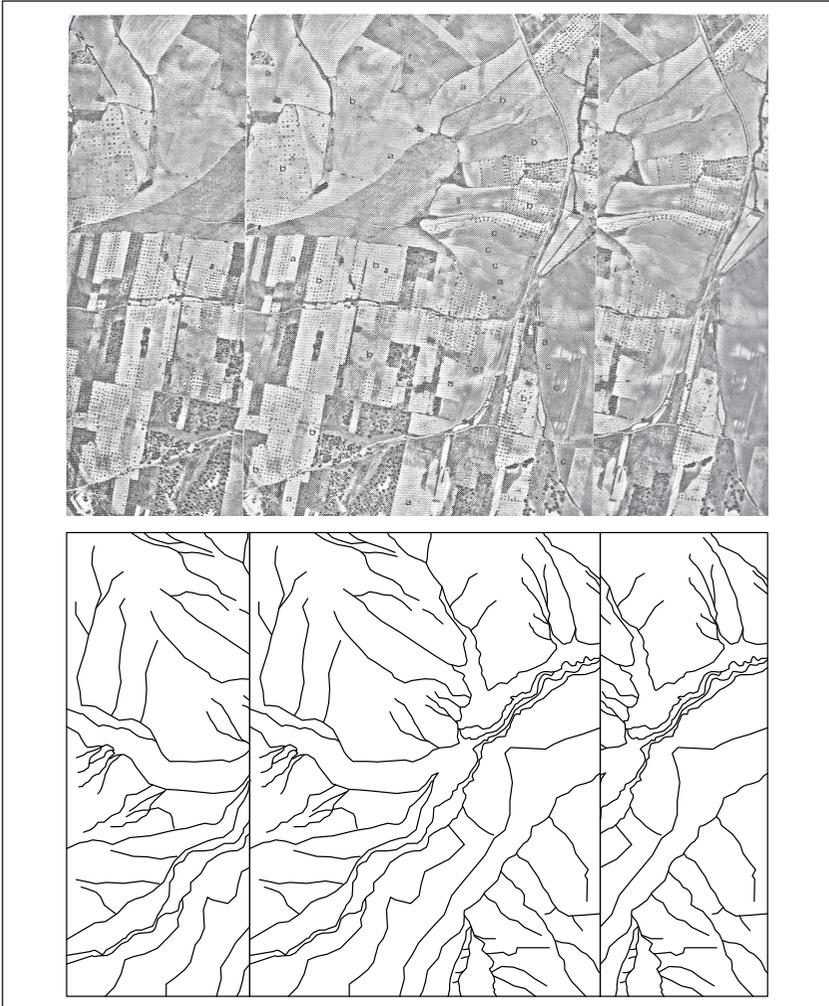


Figura 21. Ejemplo de estéreo tripleta (estereograma doble). La estéreo tripleta se refiere a un mosaico realizado con fotografías aéreas sucesivas de una misma línea de vuelo (área común), con la finalidad de poder ser observada con el estereoscopio de bolsillo.

1.3. Uso de la barra de paralaje o estereomicrómetro

La barra de paralaje es un instrumento fotogramétrico (Figura 22), que hace uso del principio de la marca flotante (Figura 23). Utilizada conjuntamente con el estereoscopio de espejos puede determinar el paralaje de puntos sobre pares de fotografías.

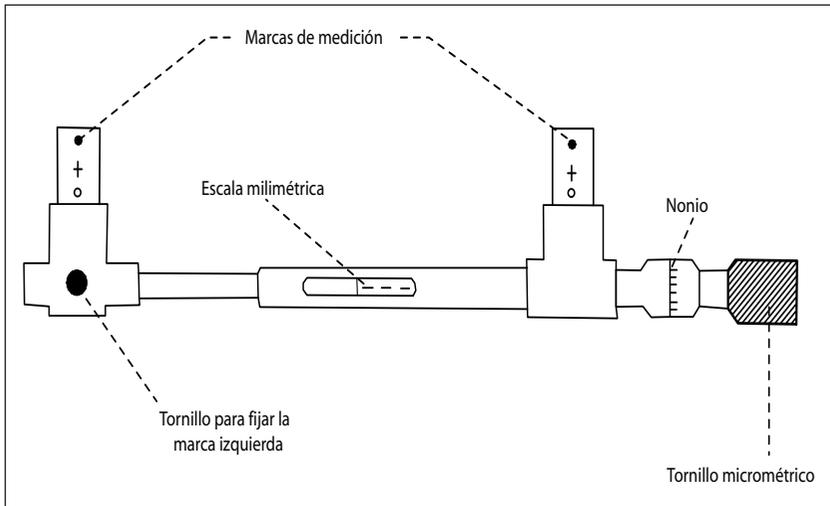


Figura 22. Parte de una barra de paralaje (adaptado de Deagustini, 1978).

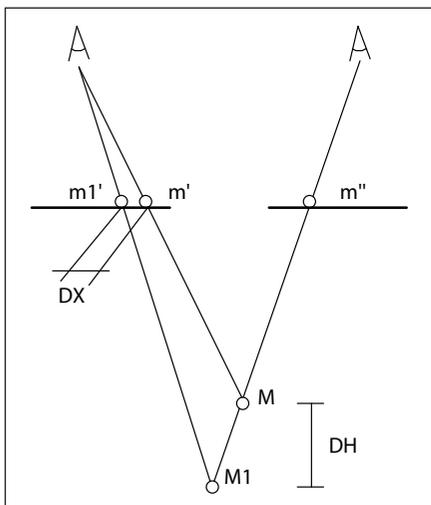


Figura 23. El principio de la marca flotante consiste en colocar dos marcas idénticas sobre puntos homólogos del par estéreo (m' y m'') y desplazarla artificialmente de manera paralela a la línea de vuelo (DX), de esta manera se desplaza espacialmente la marca de medición (DH) (tomado de Deagustini, 1978).

Materiales

Estereoscopio de espejos, barra de paralaje, par estereo de fotografías aéreas, marcadores de acetatos, cinta adhesiva y regla graduada.

Procedimiento

1. Oriente correctamente el par de fotografías aéreas.
2. Ajuste la longitud de la barra de paralaje a la base del estereoscopio.
3. En la fotografía izquierda elija seis puntos en diferente posición altimétrica, marque un círculo sobre cada uno y enumérelos del 1 al 6, posteriormente transfíralos a sus homólogos de la derecha.
3. Sitúe la barra de paralaje sobre el modelo estéreo y observando por los binoculares del estereoscopio, coloque cada una de las marcas de medida sobre el mismo punto dentro del primer círculo en ambas fotografías (puntos homólogos) (Figura 24).
4. Gire el tornillo micrométrico de la barra de paralaje hasta que las dos marcas de medida se fusionen en una sola.
 - Si las marcas están desalineadas desplace la barra hacia arriba o hacia abajo para alinearlas (Figura 25).

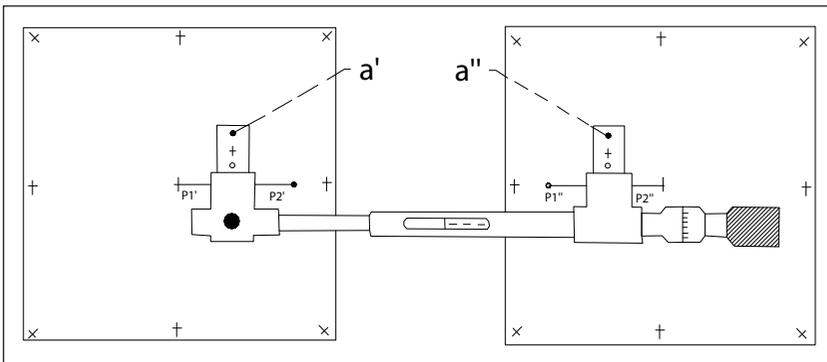


Figura 24. Diagrama de una barra de paralaje en donde se aprecian las marcas de medida sobre puntos homólogos (a' – a'') (tomado de Pozzobon et al., 1999).

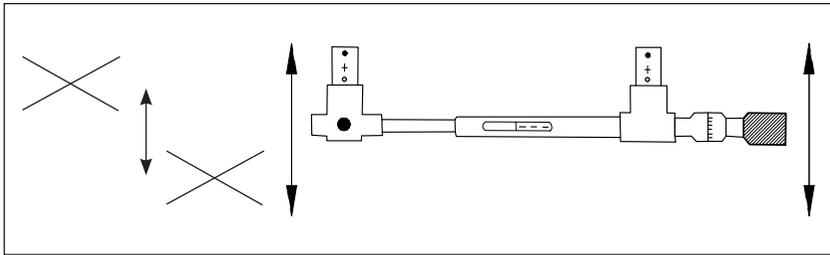


Figura 25. Marcas desalineadas y movimiento de la barra para alinearlas.

- Si las marcas están separadas, gire el tornillo micrométrico hacia fuera para que suba y hacia dentro para que baje, hasta que se observe una sola marca (Figura 26).
5. Con el mismo movimiento anterior del tornillo micrométrico se verá la marca desplazarse verticalmente sobre el modelo estéreo, hasta colocarla en el sitio de interés (edificio, árbol, terreno, etc.).

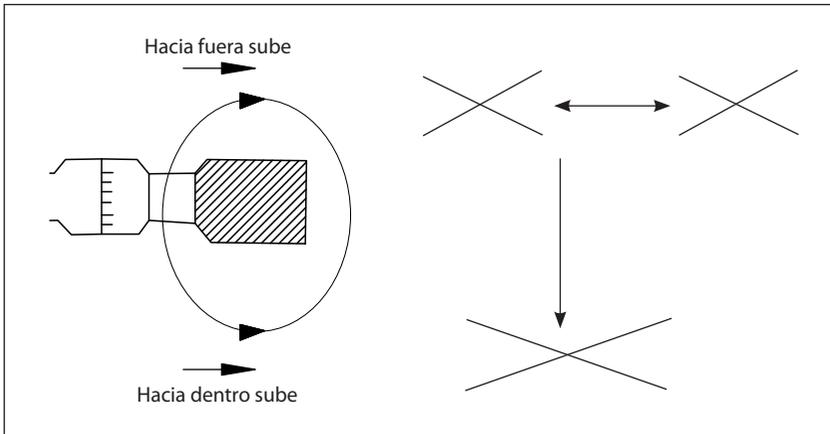


Figura 26. Marcas separadas, movimiento de la barra para unir las y marca unida.

- El círculo dibujado con el marcador de acetato y el modelo estéreo, nos permitirán ubicar espacialmente la marca de medición, encontrando situaciones en que esta última esté por encima de los dos anteriores, que esté en el medio o que esté por debajo; lo ideal será que dicha marca se encuentre exactamente sobre el objeto a medir (Figura 27).

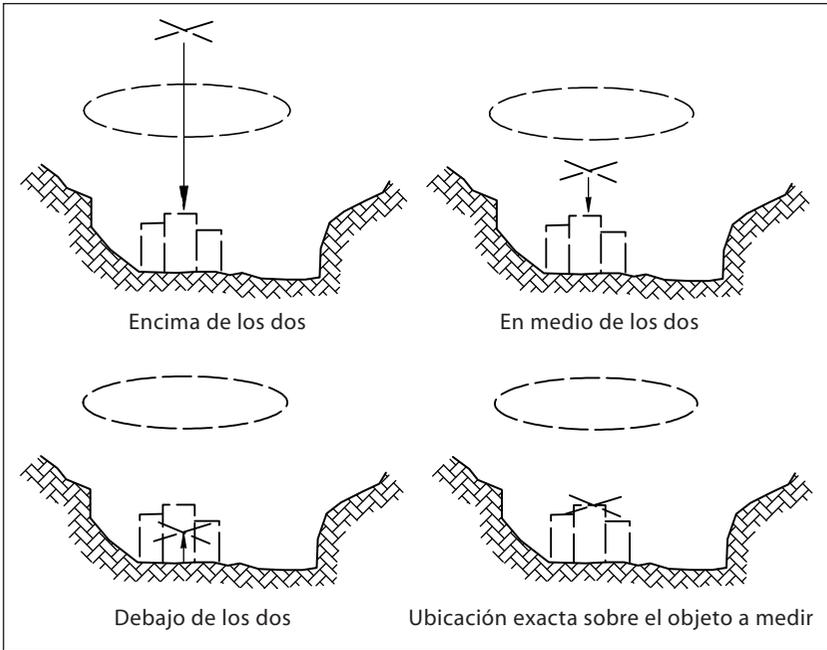


Figura 27. Situaciones posibles de la ubicación espacial de la marca de medición respecto al modelo estéreo y al círculo dibujado con el marcador de acetato.

6. Una vez que se coloque la marca sobre el objeto de interés se procede a realizar la medición: mediante la escala milimétrica se obtienen los números enteros y mediante el nonio los decimales (Figura 28).

La barra de paralaje es un instrumento con una precisión de centésimas de milímetro (0,01 mm).

7. Realice el mismo procedimiento anterior para los círculos restantes y anote las lecturas de la barra en la Tabla 1. Repita la operación varias veces hasta lograr una buena experiencia en el manejo de la barra.

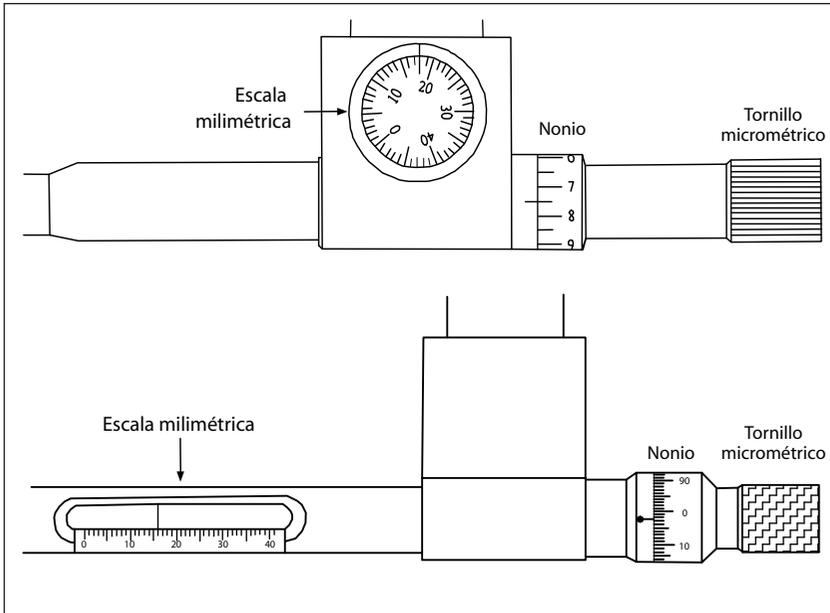


Figura 28. Escala milimétrica y nonio de la barra de paralaje “Sokkisha” (arriba) y la barra de paralaje “Wild” (abajo) (tomado de Pernía, 1989).

Tabla 1. Valores de las medidas realizadas por medio de la barra de paralaje.

Identificación del punto	Medida (mm)						
1							
2							
3							
4							
5							
6							

1.4. Determinación de diferencias de altura sobre fotografías aéreas. Método del paralaje

Determinar la diferencia de altura entre dos puntos cualesquiera del terreno (Figura 29) mediante fotografías aéreas y barra de paralaje; de igual manera se calcula sobre un mapa topográfico.

Material necesario

Estereoscopio de espejos, par estereoscópico de fotografías aéreas, barra de paralaje, láminas de acetato, marcadores para acetato, lápiz de grafito, borrador, regla graduada, cinta adhesiva y mapa con curvas a nivel del área cubierta por la fotografía aérea.

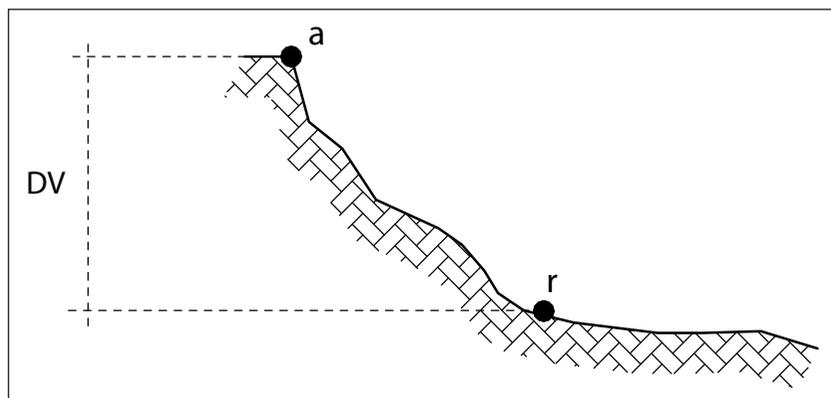


Figura 29. Diferencia de altura en el terreno (DV) de los puntos a y r.

Procedimiento

Cálculo de la diferencia de paralaje

1. Oriente correctamente el par estereoscópico de fotografías aéreas.
2. Identifique en las fotografías aéreas cada uno de los puntos a los cuales se les desea conocer la diferencia de altura. Identifique con la letra *a* el punto más alto y con la letra *r* el punto más bajo.
3. Realice tres (3) lecturas con la barra de paralaje en cada punto en forma alternada y determine el promedio para obtener los valores L_a y L_r (Tabla 2).

Tabla 2. Lecturas realizadas a los puntos *a* y *r*.

Lecturas	A	R
1		
2		
3		
Promedios		

4. Calcule el valor de la diferencia de paralajes entre los puntos *a* y *r*, mediante la siguiente ecuación:

$$D_{par} = L_a - L_r \tag{1}$$

en donde:

Dpar = diferencia de paralajes entre los puntos *a* y *r*.

La = lectura promedio de paralaje en el punto *a*.

Lr = lectura promedio de paralaje en el punto *r*.

Medición del paralaje estereoscópico o absoluto

El paralaje estereoscópico o absoluto es el cambio en posición de la imagen de un mismo punto en dos fotografías producido por el cambio en posición de la cámara (Figura 30); se puede calcular gráficamente como se muestra en la figura 31.

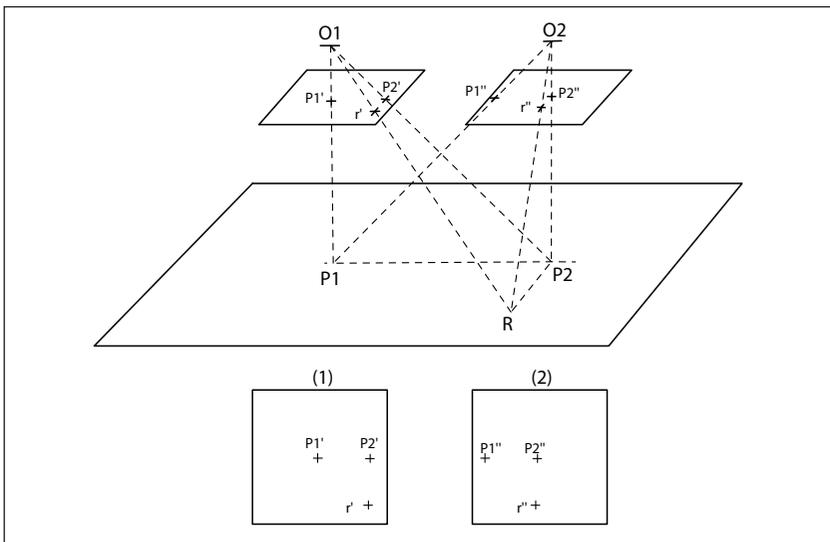


Figura 30. Paralaje estereoscópico o absoluto del punto *r* (tomado de Deagustini, 1978).

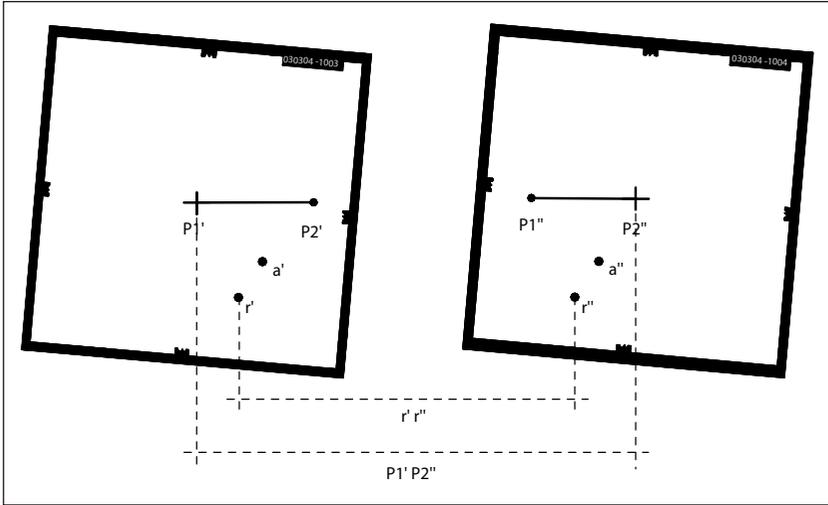


Figura 31. Medición gráfica utilizada para calcular el paralaje estereoscópico o absoluto del punto r (P_r) (adaptado de Pozzobon et al., 1999).

5. Con una regla graduada mida la distancia entre los puntos centrales de las dos fotografías (deben estar correctamente orientadas), se obtiene el valor de $P_1' P_2''$.
6. De igual forma mida la distancia entre los homólogos del punto más bajo r' y r'' . Se obtiene el valor $r' r''$.
7. Calcule el valor del paralaje estereoscópico para el punto r .

$$P_r = P_1' P_2'' - r' r'' \tag{2}$$

en donde:

P_r = paralaje estereoscópico del punto r .

$P_1' P_2''$ = distancia entre los puntos centrales de las fotografías.

$r' r''$ = distancia entre los puntos homólogos r' y r'' .

Cálculo de la diferencia de altura

8. Calcule el valor de la altura media de vuelo sobre el terreno mediante la siguiente ecuación:

$$Z_m = c * S_m \tag{3}$$

en donde:

Z_m = altura media de vuelo

1.4.1. Determinación de diferencias de altura sobre un mapa topográfico

Material necesario

Mapa con curvas a nivel del área cubierta por la fotografía aérea.

Procedimiento

1. Identifique los puntos **a** y **r** (los mismos puntos a los cuales se les determinó la diferencia de altura sobre fotografías aéreas) en el mapa topográfico. Lea sobre el mapa (Figura 33) la cota de cada uno de los puntos y anótela, en caso de que el punto no coincida sobre una curva de nivel debe interpolar su valor.
2. Determine la diferencia de altura entre los dos puntos mediante una simple diferencia de cotas:

$$D_{har} = \text{cota del punto } a - \text{cota del punto } r$$

D_{har} = diferencia de altura

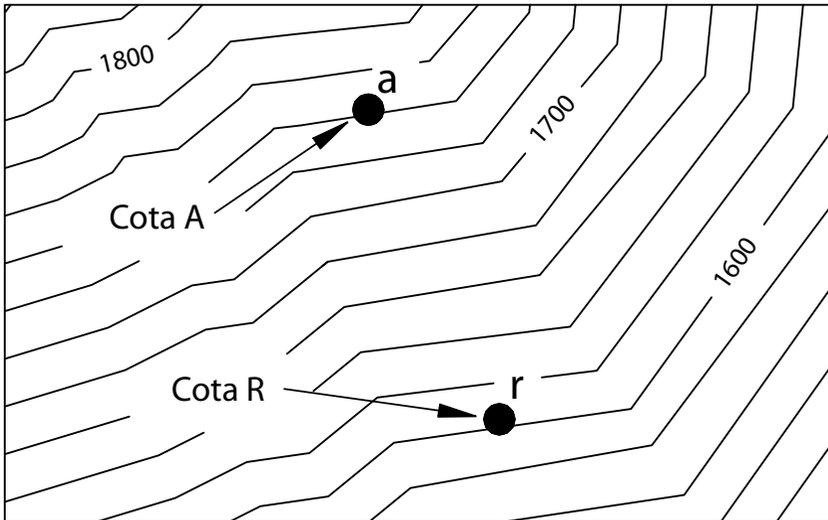


Figura 33. Parte de un mapa topográfico en donde se detallan los puntos **a** y **r**, y algunas curvas de nivel con su respectivo valor.

Se debe tratar de precisar correctamente sobre el mapa los dos mismos puntos identificados sobre las fotografías aéreas, ya que de esta manera se elimina la imprecisión entre los dos métodos. Anote las posibles fuentes de error que usted considere se incurrió en la aplicación de ambos métodos.

1.5. Determinación de pendientes sobre fotografías aéreas. Método de Stellingwerf

La pendiente es la relación existente entre una distancia horizontal (DH) y una distancia vertical (DV) en el terreno (Figura 34).

Material necesario

Estereoscopio de espejos, par estereoscópico de fotografías aéreas, barra de paralaje, regla de 50 cm de longitud, escuadra, láminas de acetato, marcadores para acetato, papel transparente de dibujo, cinta adhesiva.

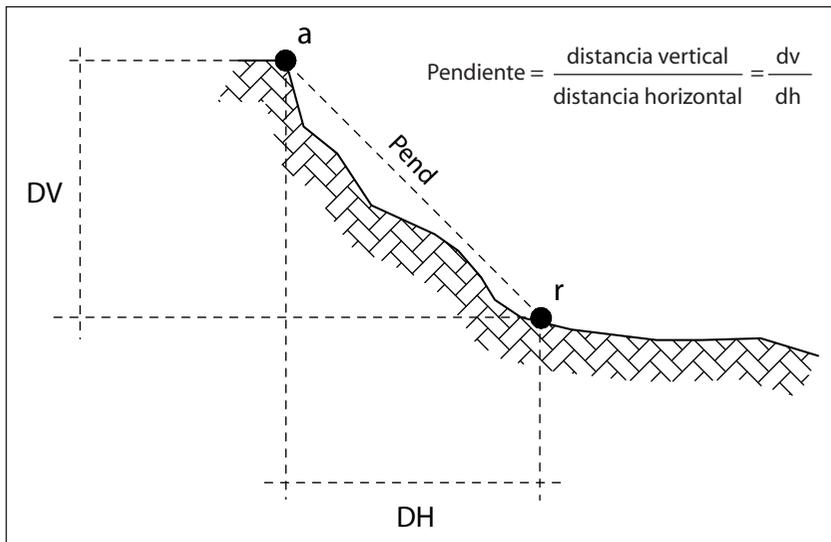


Figura 34. Pendiente entre el punto a y r en el terreno.

Procedimiento

Medición de la distancia entre dos puntos

1. Oriente correctamente el par estereoscópico de fotografías aéreas
2. Seleccione los puntos entre los cuales se medirá la pendiente, identifique con la letra **a** el punto más alto y con la letra **r** el punto más bajo.
3. Sobre el área estereoscópica de la fotografía izquierda coloque una hoja de papel transparente (fijela con cinta adhesiva) de tamaño igual al área común de las dos fotografías.
4. Sobre el papel transparente calque la línea de vuelo y trace unas rectas indeterminadas (radiales) hacia los puntos **a'** y **r'**. Dibuje una recta perpendicular a la línea de vuelo que pase por el punto **r'**.
5. Coloque la hoja de papel transparente sobre la fotografía derecha, haciendo coincidir la dirección de las líneas de vuelo y simultáneamente que el punto **r''** se encuentre sobre la línea perpendicular trazada sobre **r'**.
6. Marque el punto principal **P₂''** y desde allí dibuje las radiales hacia los puntos **a''** y **r''** (Figura 35). La intersección de las radiales (pares de radiales) dirigidas hacia el mismo punto, puntos homólogos, determinan la posición correcta de cada

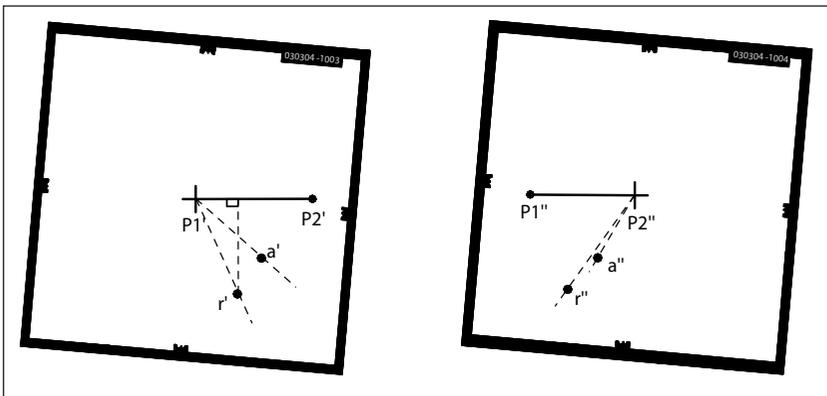


Figura 35. Ejemplo del trazado correcto de las radiales en cada fotografía (adaptado de Deagustini, 1978).

uno de ellos. Esta es la posición triangulada de los puntos **a** y **r** corrigiéndose el desplazamiento debido al relieve y el dibujo estará hecho a una escala igual a la correspondiente a un plano de referencia que pasa por el punto más bajo.

7. Mida la distancia **d** entre los puntos **a** y **r** triangulados (Figura 36).
8. Retire la hoja de dibujo.

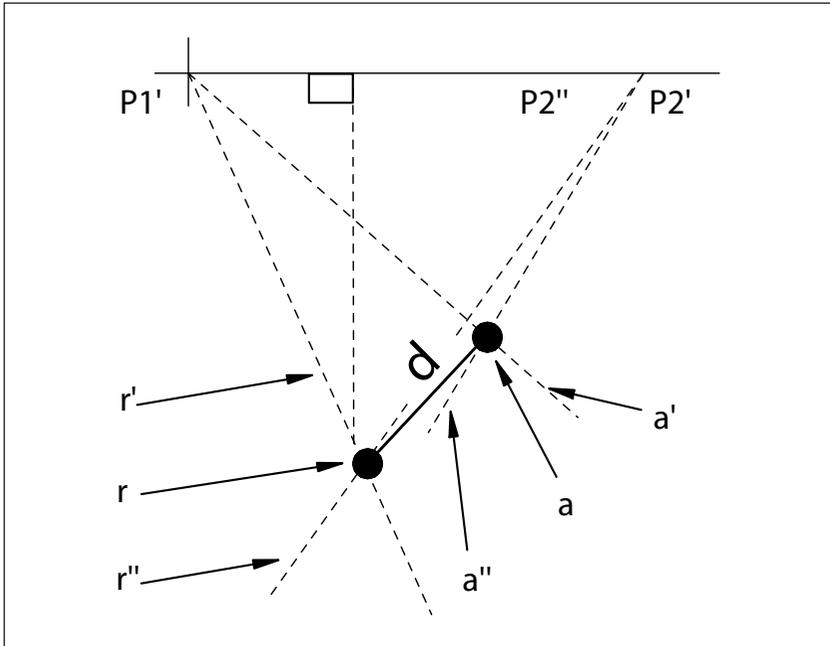


Figura 36. Posición triangulada de los puntos una vez realizado el procedimiento descrito (adaptado de Deagustini, 1978).

Medición del paralaje estereoscópico o absoluto

1. Mida el paralaje estereoscópico del punto más bajo **r** (Figura 30).

$$P_r = P_1' P_2'' - r' r'' \quad (1)$$

en donde:

P_r = paralaje estereoscópico del punto “R”

$P_1' P_2''$ = distancia entre los puntos principales de las dos fotografías

$r' r''$ = distancia entre los puntos homólogos r' y r''

Se puede tomar un valor aproximado de P_r midiendo la base estereoscópica en cualquiera de las dos fotografías: P_1 ‘ P_2 ’ o P_1 ‘ P_2 ’

Cálculo de la diferencia de paralajes

1. Realice tres lecturas con la barra de paralaje sobre cada punto y obtenga el promedio para cada punto que van a ser los valores de L_a y L_r (Tabla 3).

Tabla 3. Lecturas realizadas a los puntos a y r .

LECTURAS	A	R
1		
2		
3		
Promedios		

2. Calcule la diferencia de paralaje entre los puntos a y r

$$D_{par} = L_a - L_r \tag{2}$$

en donde:

DP_{ar} = diferencia de paralaje entre los puntos a y r

L_a = lectura promedio en el punto a

L_r = lectura promedio en el punto r

Cálculo de la pendiente

1. Calcule el valor de la pendiente en gradiente:

$$Pendiente = \frac{c}{d} * \frac{DP_{ar}}{P_r + DP_{ar}} \tag{3}$$

2. Calcule el valor de la pendiente en porcentaje (%).
Multiplique el valor obtenido en gradiente (3) por cien (100).
3. Calcule el valor angular de la pendiente

$$\alpha = arctg \frac{c}{d} * \frac{DP_{ar}}{P_r + DP_{ar}} \tag{4}$$

en donde:

c = distancia principal de la cámara

d = distancia triangulada entre los puntos

DP_{ar} = diferencia de paralaje (determinado en 2)

P_r = Paralaje absoluto del punto más bajo (determinado en 1)

1.5.1. Determinación de pendientes sobre mapas topográficos

De los mapas topográficos podemos obtener una visión general de la pendiente simplemente observando la cercanía o lejanía existente entre las curvas de nivel. Si las curvas de nivel se encuentran muy próximas significa una pendiente alta, y curvas separadas indican una pendiente suave.

Materiales

Mapa topográfico que recubra la misma área con la cual trabajó la práctica pasada.

Procedimiento

Cálculo del valor de la pendiente en el mapa topográfico (Figura 37)

1. Identifique en el mapa proporcionado (debe abarcar el área cubierta por el par estereoscópico) los dos puntos a los cuales se les calculó la pendiente mediante el método Stellingwerf.
2. Anote la cota de cada uno de ellos.
3. Determine la distancia horizontal (DH_{ar}) entre los dos puntos midiendo con una regla la distancia entre los dos puntos en el mapa y multiplicando esa distancia por el módulo escalar del mapa.

$$DH_{ar} = DH_m * S_m$$

en donde:

DH_{ar} = distancia horizontal

DH_m = distancia medida en el mapa entre los dos puntos

S_m = módulo escalar del mapa

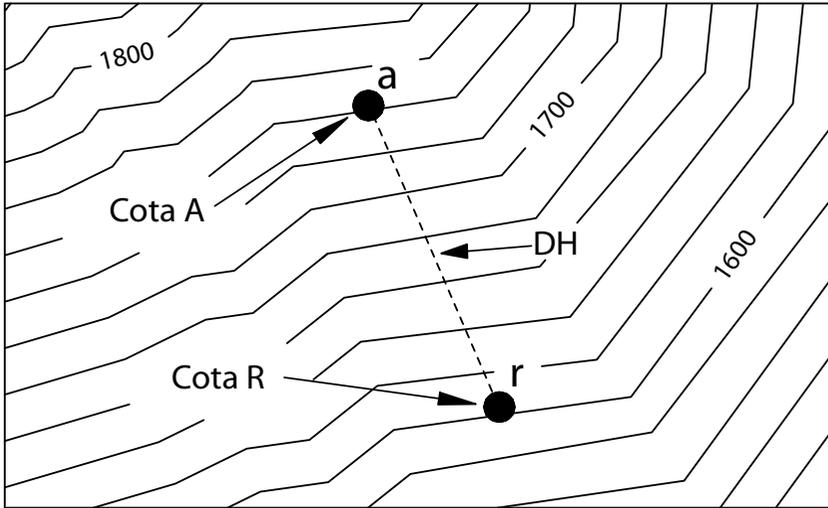


Figura 37. Cálculo de pendiente en el mapa topográfico.

- Determine la distancia vertical (DV_{ar}) entre los dos puntos por simple diferencia de cotas:

$$DV_{ar} = \text{cota del punto } a - \text{cota del punto } r$$

Compare el valor de la pendiente obtenido con el método Stellingwerf (fotografías aéreas) con el valor de la pendiente calculado sobre el mapa.

- ¿Qué fuentes de error afectan el método Stellingwerf?
- ¿Qué fuentes de error afectan la medición sobre el mapa?
- ¿Cómo se mediría la pendiente sobre el terreno?

1.6. Medición de áreas sobre fotografías aéreas y mapas

1.6.1. Método de la plantilla de puntos

Material

Plantilla o malla de puntos, documento cartográfico que contiene la superficie a calcular, lápiz, borrador.

Procedimiento

1. Identifique sobre la fotografía aérea o mapa la zona cuya área desea conocer y delimite su perímetro.
2. Coloque al azar la plantilla (Figura 38) sobre la fotografía o el mapa y cuente el número de puntos que caen dentro del perímetro del área a medir, (los puntos que caen exactamente sobre la línea del perímetro se contabilizan como $\frac{1}{2}$ punto).
3. Repita el paso 2 tres veces, cambiando la posición de la plantilla con respecto al área a medir, colocándola siempre al azar. Luego calcule el número promedio de puntos (N).

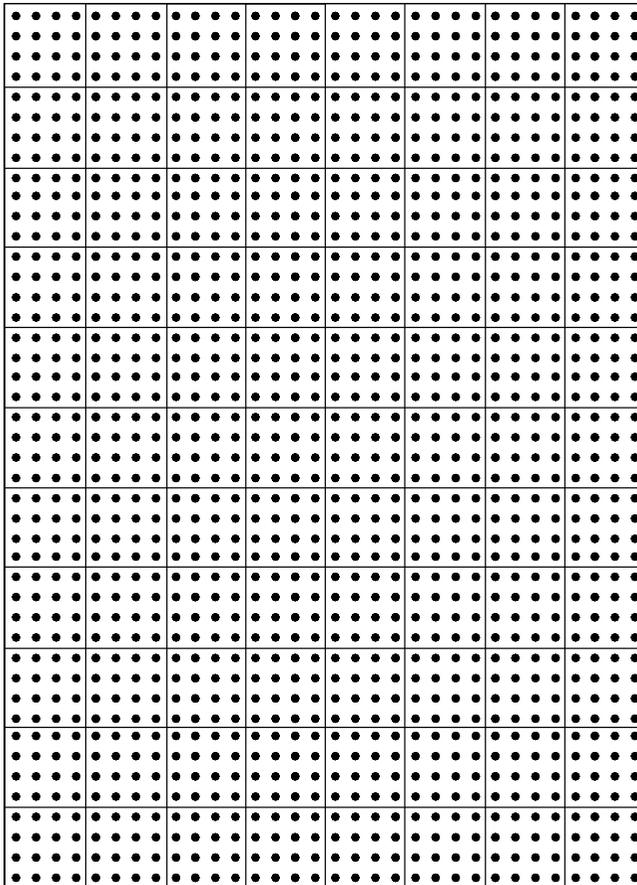


Figura 38. Ejemplo de una plantilla o malla de puntos.

$$N = \frac{N_1 + N_2 + N_3}{3} \tag{1}$$

En donde:

N_1 = número de puntos contabilizados la primera vez.

N_2 = número de puntos contabilizados la segunda vez.

N_3 = número de puntos contabilizados la tercera vez.

N = número promedio de puntos sobre el área a medir

- Calcule la densidad (puntos/cm²) de la plantilla (malla) de puntos de la siguiente manera:

$$\begin{array}{l} \text{Área malla ----- número total de puntos de la malla} \\ \text{En 1 cm}^2 \text{ ----- } X \end{array} \tag{2}$$

X = densidad de la malla. Expresada en puntos/cm².

Las plantillas pueden tener diversas densidades dependiendo del número de puntos por unidad de superficie. Mientras más densa sea la malla más precisa es.

- Calcule el área en el terreno mediante la ecuación:

$$AT = \frac{N}{d} * \frac{Sf^2}{10^4} \quad (\text{expresada en m}^2)$$

$$AT = \frac{N}{d} * \frac{Sf^2}{10^8} \quad (\text{expresada en ha})$$

En donde:

N = número de puntos promedio sobre el área, calculado en (1)

d = densidad de la plantilla, calculado en (2)

Sf = módulo escalar de la fotografía

(se supone que se está midiendo el área sobre una fotografía aérea).

1.6.2. Método de la plantilla de líneas transversales

Material

Plantilla o malla de líneas transversales, documento cartográfico que contiene la superficie a calcular, lápiz y borrador.

Procedimiento

1. Identifique sobre la fotografía aérea o mapa la zona cuya área desea conocer y delimite su perímetro.
2. Coloque al azar la plantilla (Figura 39) sobre la fotografía o mapa y mida la longitud de las líneas que caen dentro del perímetro del área a medir.
3. El paso 2 realícelo tres veces, cambiando la posición de la plantilla con respecto al área a medir, colocándola siempre al azar. Luego calcule el promedio de las longitudes medidas (Σl).

$$\Sigma l = \frac{L_1 + L_2 + L_3}{3} \quad (1)$$

En donde:

L_1 = sumatoria de las longitudes medidas la primera vez.

L_2 = sumatoria de las longitudes medidas la segunda vez.

L_3 = sumatoria de las longitudes medidas la tercera vez.

Σl = sumatoria promedio de las longitudes sobre el área a medir.

4. Calcule el área en el terreno mediante la ecuación:

$$\frac{a}{A} = \frac{\Sigma l}{\Sigma L} \quad (2)$$

En donde:

a = área a calcular.

A = área total de la plantilla a emplear.

Σl = sumatoria de las longitudes medidas sobre el área a calcular.

ΣL = sumatoria de las longitudes totales existentes en la plantilla a utilizar.

Introduciendo la variable escala del documento donde está el área a calcular, la ecuación para el cálculo del área será:

$$a = \frac{\Sigma l}{\Sigma L} * A * Sf^2$$

En donde:

Σl = sumatoria de las longitudes medidas sobre el área a calcular en (1).

ΣL = sumatoria de las longitudes totales existentes en la plantilla a utilizar.

Sf^2 = módulo escalar del documento cartográfico en donde está el área a calcular.

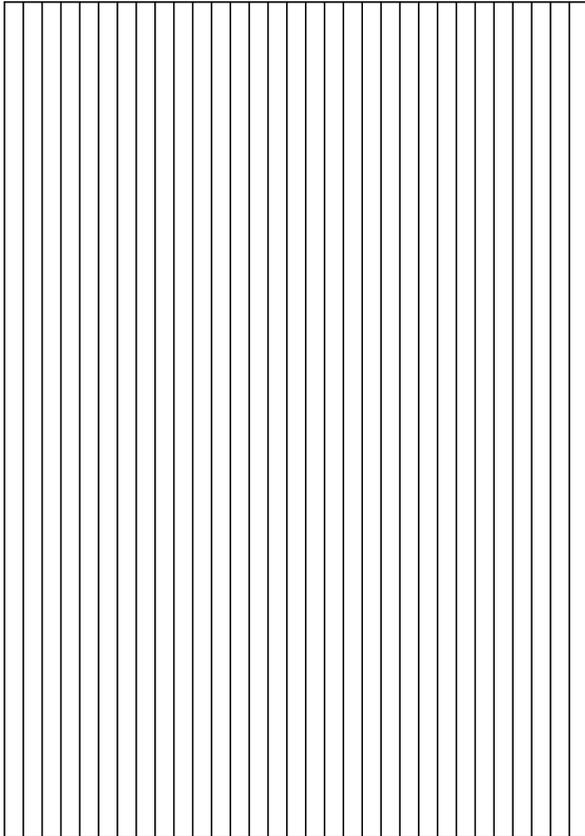


Figura 39. Ejemplo de una plantilla de líneas transversales.

A medida que las líneas transversales estén más unidas entre sí, mayor será la densidad de la plantilla y su precisión.

1.6.3. Método del planímetro polar

El planímetro polar consta básicamente de los siguientes elementos (Figura 40):

1. El polo **P** (punto que se fija sobre el papel).
2. Brazo polar **B** (varilla que gira alrededor del polo).
3. Brazo explorador (varilla que va articulada al brazo polar girando alrededor de esta articulación).
4. Lupa exploradora ubicada en el brazo explorador.
5. Rueda contadora **R** (rueda situada debajo del brazo explorador).
6. Disco contador **D** (disco conectado a la rueda contadora).

Materiales

Planímetro polar, documento cartográfico que contiene la superficie a calcular, lápiz y borrador.

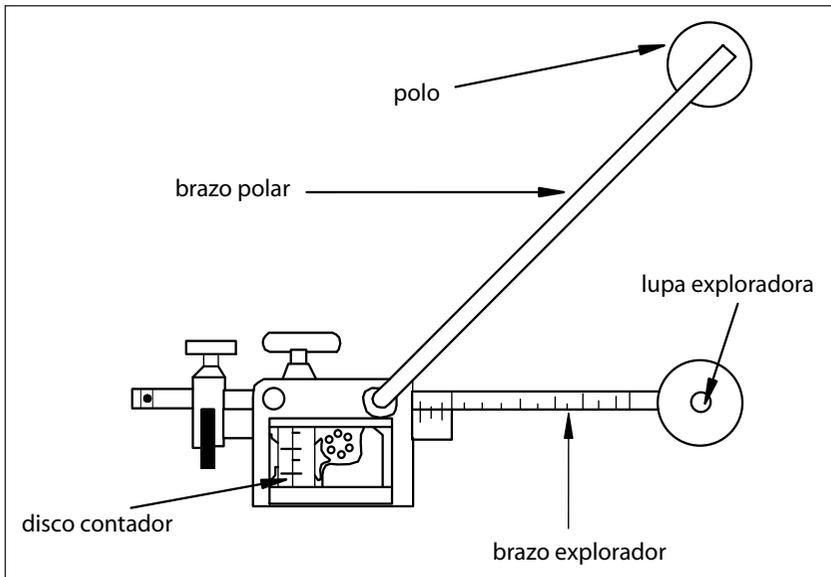


Figura 40. Partes del planímetro polar.

Procedimiento

1. Determine el sentido correcto en que se debe deslizar la lupa exploradora a lo largo del perímetro, partiendo de un punto determinado y regresando al mismo. La lectura final debe ser mayor que la inicial si el sentido empleado es correcto.
2. Coloque el planímetro de tal manera que la lupa exploradora se encuentre en el centro de la superficie a determinar; el ángulo que deben formar el brazo polar y el brazo explorador debe ser de aproximadamente 90 grados; la lupa exploradora debe recorrer el perímetro sin dificultad. Si el área a determinar fuese muy grande, convendría dividirla en varias partes y operar en cada una de ellas independientemente.
3. Marque un punto en el perímetro y ubique allí la lupa exploradora. Coloque la rueda contadora y el disco contador en una lectura igual o próxima a cero. Anote esta lectura (***Li***) inicial.
4. Con una lupa exploradora recorra el perímetro en el sentido correcto hasta llegar al punto de partida. Anote la lectura final (***Lf***).
5. Calcule la diferencia de lecturas en el planímetro

$$UL = Lf - Li \quad (1)$$

En donde:

UL = unidades de lectura

Lf = lectura final

Li = lectura inicial

6. Calcule el área en el terreno, empleando la ecuación:

$$AT = UL * Vr$$

En donde:

AT = área en el terreno

UL = unidades de lectura, calculado en (1)

Vr = valor relativo de cada unidad de lectura

$$Vr = Va * \left(\frac{Sg^2}{1000} \right) \quad (\text{expresado en m}^2)$$

En donde:

Va = longitud del brazo explorador.

Sg = módulo escalar del documento (fotografía o mapa).

Nota: El planímetro permite obtener hasta 10.000 unidades de lectura (cuatro cifras) (Figura 40).

Primera cifra se lee en el disco contador.

Segunda cifra se lee en la rueda contadora.

Tercera cifra se lee entre las unidades de la rueda contadora.

Cuarta cifra se lee mediante la coincidencia de las líneas correspondientes a la rueda contadora y la escala presente a la izquierda de ella.

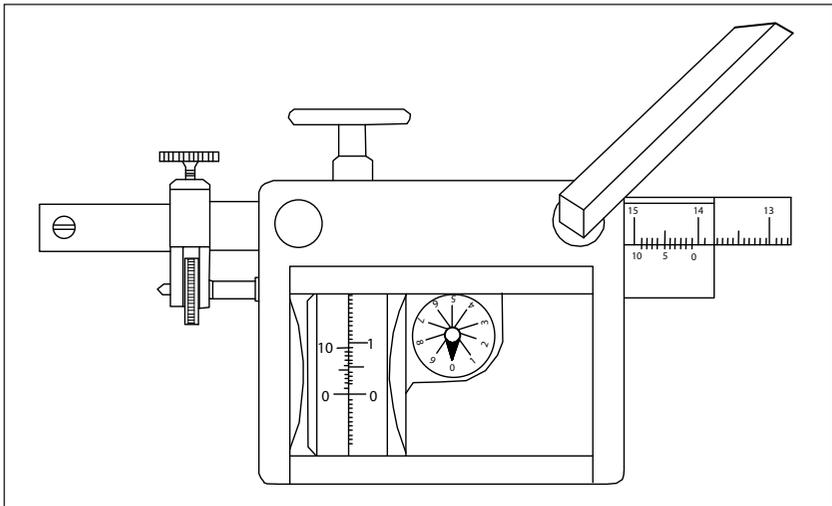


Figura 41. Medición sobre el planímetro polar.

Módulo de fotointerpretación

2.1. Identificación de objetos sobre fotografías aéreas

La identificación de objetos sobre fotografías aéreas depende de una serie de factores que pueden ser asociados en tres grupos: a) la capacidad del intérprete b) la calidad del material aerofotográfico y c) las características propias de los objetos fotografiados.

La *capacidad del intérprete* se refiere al conjunto de características intrínsecas que debe poseer cada persona, las cuales pueden resumirse en una buena habilidad visual y agudeza mental. La *calidad del material aerofotográfico*, éste debe contar con una serie de características que definen su calidad, tales como: edad y escala adecuada, nitidez de las imágenes, buen contraste del tono, nubosidad poca o nula, sombras cortas (de los objetos del terreno), ausencia de manchas de reflexión solar, solape y traslape suficientes, los puntos principales deben estar en terreno firme (fuera de cuerpos de agua) y no cubiertos por nubes, escaso desplazamiento y ausencia de distorsión en las imágenes. Las *características propias de los objetos fotografiados* o elementos pictóricos son: a) el tono y/o color, b) el tamaño, c) la forma, d) la sombra, e) la textura, f) el modelo o patrón, g) la localidad y h) la asociación.

Materiales

Fotografías aéreas, lámina de acetato o lámina transparente del mismo tamaño de la fotografía a interpretar, marcadores de punta fina, alcohol y algodón.

Procedimiento

1. Oriente correctamente el par de fotografías aéreas suministrado para la observación bajo el estereoscopio de espejo.
2. Identifique los objetos numerados del 1 al 30. En la identificación utilice los elementos pictóricos señalados en la parte introductoria, ejemplos de estos elementos pueden ser vistos en las siguientes figuras: 42, 43, 44, 45, 46, 47, y 48.
3. Describa cada objeto identificado en la tabla 4.

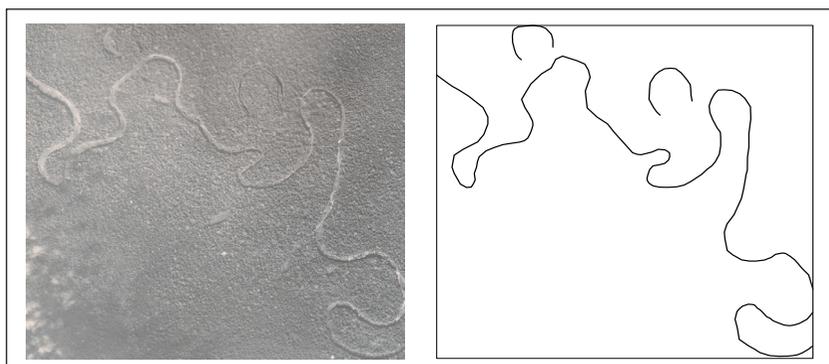


Figura 42. En la parte izquierda se observa una fotografía aérea de una planicie aluvial, zona de poca pendiente en donde se puede apreciar la forma curva típica de los meandros. Hacia la parte derecha la interpretación de la forma del drenaje, realizada sobre la fotografía.

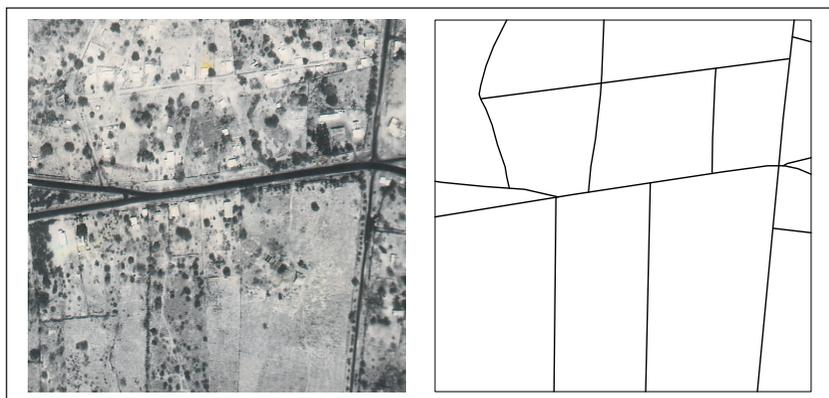


Figura 43. Hacia la izquierda notamos la fotografía aérea en donde se resalta la forma recta de las vías y en la derecha su delineación.

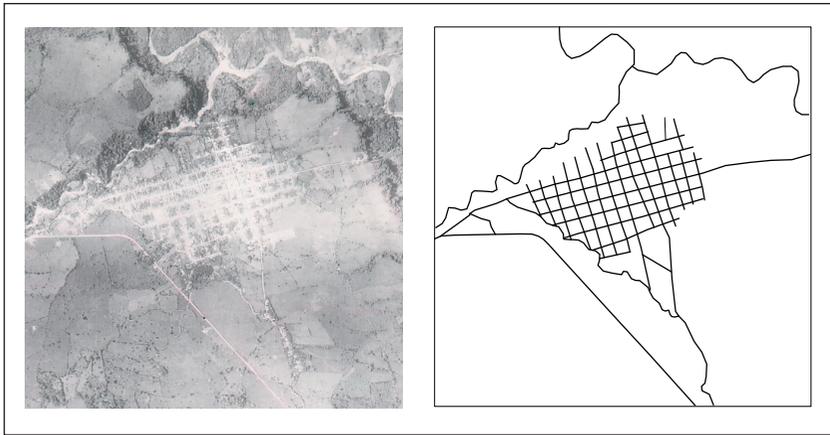


Figura 44. Podemos observar hacia el centro de la fotografía, de tonalidades claras, la forma o patrón típico de los asentamientos humanos. En la parte izquierda la fotografía aérea y hacia la derecha su delineación.

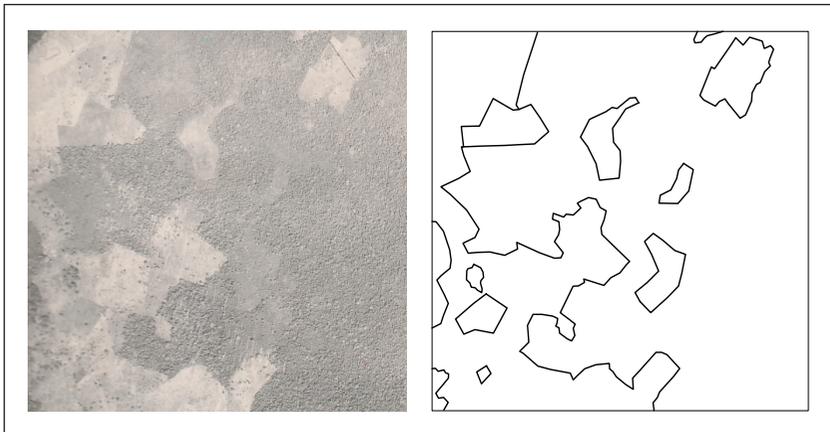


Figura 45. Podemos detallar el modelo o patrón característico de las intervenciones humanas sobre un área boscosa (formas de líneas rectas, angulares, y tonos claros, el bosque de tono más oscuro). Hacia la izquierda la fotografía aérea y en la parte derecha su delineación.

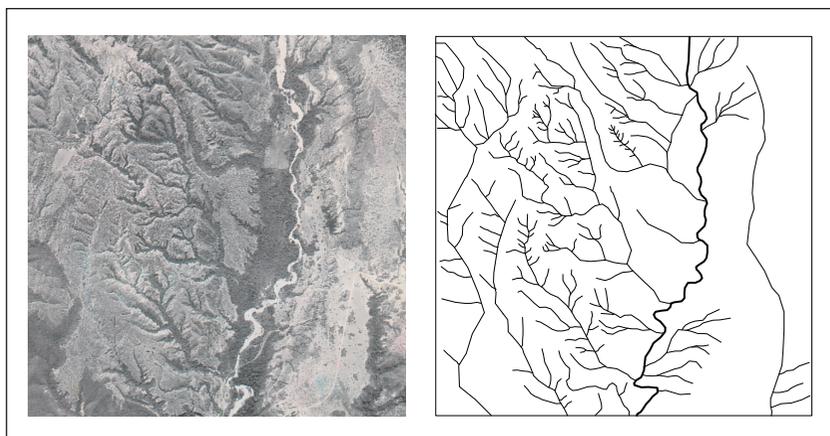


Figura 46. Se puede observar el patrón de drenaje, el cual presenta una textura fina a mediana (la textura está referida al número de canales por unidad de área) del cual se puede inferir, mediante el principio de asociación, la presencia de suelos arcillosos. Hacia la izquierda la fotografía aérea y en la parte derecha su delineación.



Figura 47. Observamos hacia la parte izquierda la fotografía aérea en donde se detecta el modelo o patrón urbanístico de una ciudad, desde una perspectiva aérea (perspectiva en planta), y en la derecha su delineación.

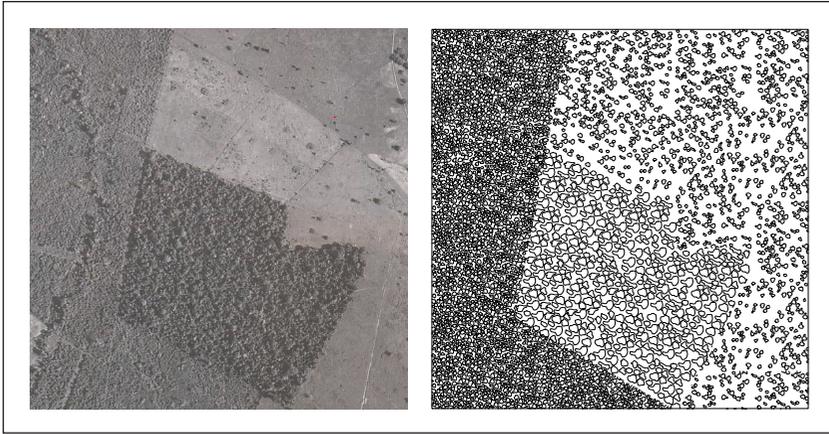


Figura 48. Hacia la parte céntrica-baja de la fotografía se observa una textura gruesa (impresión de aspereza), y en el borde izquierdo la textura media, en la esquina superior derecha la textura fina (impresión de suavidad, algo liso). Textura gruesa = bosque, textura media = matorral, textura fina = potreros arbolados.

Tabla 4. Objetos identificados.

Punto	Identificación	Punto	Identificación
1		16	
2		17	
3		18	
4		19	
5		20	
6		21	
7		22	
8		23	
9		24	
10		25	
11		26	
12		27	
13		28	
14		29	
15		30	

2.2. Delineación de la red de drenaje y la divisoria de aguas sobre fotografías aéreas

El drenaje superficial es la remoción del agua de la superficie terrestre hacia su nivel de base. Esta remoción se logra por diversos canales de desagüe, de todos los tamaños y formas, obteniendo diferentes nombres: ríos, cañadas, quebradas, torrentes, etc.

La divisoria de aguas delimita una cuenca hidrográfica (microcuenca, subcuenca, cuenca), la cual se puede definir como una unidad del territorio que capta la precipitación, transita el escurrimiento y la escorrentía hasta un punto de salida en el cauce principal.

El drenaje es una de las características básicas a delinear en las labores de fotointerpretación. Es de vital importancia en las labores de restitución. En fotografías aéreas podemos delinear el patrón de drenaje mediante algunos elementos, que nos permiten inferir su presencia como son: la topografía, el tono y la vegetación. Cuando el canal de drenaje es evidente, simplemente se delinea por la parte media de su trayectoria, en caso de escalas grandes, entonces se delinean ambos márgenes del canal.

La forma y la textura (cantidad de canales por unidad de superficie) del patrón de drenaje (Figura 49) la podemos asociar con la presencia o ausencia de ciertos elementos como son: el tipo de formación (material parental) y la textura del suelo respectivamente.

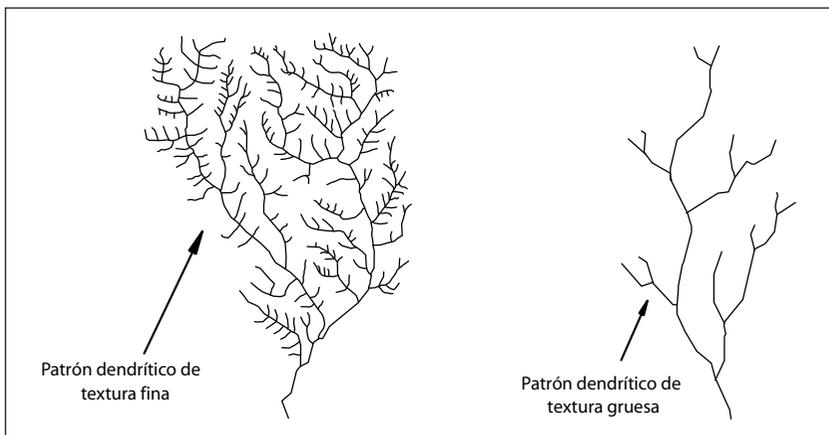


Figura 49. Ejemplos de la textura de un patrón de drenaje dendrítico.

Sobre fotografías aéreas la delineación se efectúa mediante diversos métodos, los cuales están en función del relieve o topografía captados en la imagen fotográfica.

Dependiendo del método aplicado se selecciona el área útil de delineación la cual se define como “aquella área de las fotografías en donde se delinea la información interpretada, sin duplicar la delineación y con la seguridad de que toda el área del terreno es considerada” (Pernía, 1989).

Existen dos métodos generales de determinar el área útil de delineación:

- a. **Delineación en el área efectiva de cada una de las fotografías** (Figura 50): el área efectiva se define como el área central de una fotografía, que incluye la mitad del área de recubrimiento de todas las fotografías adyacentes. Este procedimiento se recomienda para terrenos montañosos u ondulado fuerte (con diferencias de relieve mayores de 150 m), y aun para terrenos planos cuando se sospeche que las fotografías no son verticales (Pernía, 1989).

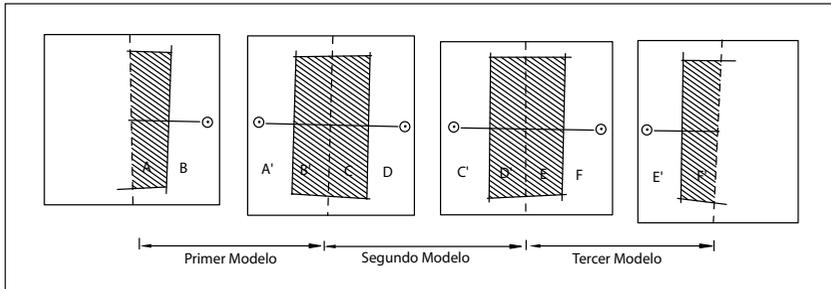


Figura 50. Delineación para terrenos montañosos (tomado de Pernía, 1989).

- b. **Delineación en fotografías alternas** (Figura 51): en este caso, no se delinearán todas las fotografías, sino una por medio, y en las fotografías donde se hace la delineación, el área útil comprende el doble del área útil que se tomaría si se utilizara el primer método. Este método es apropiado cuando las fotografías son verticales y cuando se trata de terreno plano u ondulado suave (menos de 150 m de diferencias en el relieve) (Pernía, 1989).

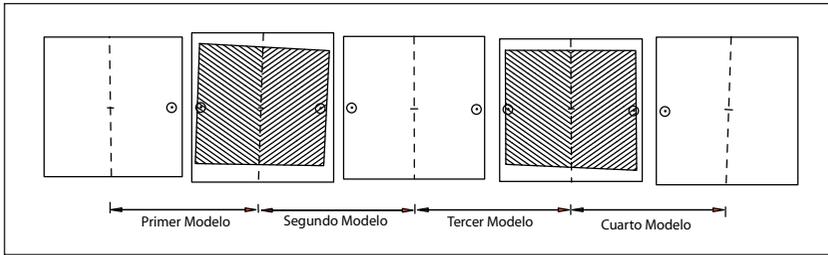


Figura 51. Delineación para terrenos planos (tomado de Pernía, 1989).

Materiales

Fotografías aéreas, lámina de acetato o lámina transparente del mismo tamaño de la fotografía a interpretar, marcadores de punta fina, alcohol y algodón.

Procedimiento

1. Oriente correctamente el par de fotografías entregado.
2. Determine el área útil de delineación, en este caso siguiendo el método recomendado para el terreno montañoso.
3. Delinee la red de drenaje en el área del modelo estereoscópico, delineando primero el(los) cauce(s) principal(es), luego los secundarios y los terciarios sucesivamente.
 - Los cauces secundarios y terciarios son continuos hasta descargarse en el cauce principal (Figura 52) u otro cuerpo de agua (lagunas, lagos y otros), no se deben dejar de manera aislada sin ninguna unión.
 - Los cauces secundarios y terciarios se van uniendo a medida que descienden (Figura 53a), un error que se comete cuando se inicia, es delinear de forma bifurcada, en su descenso, a un drenaje. (Figura 53b).
 - Los drenajes al delinarse no deben cortar las divisorias, de lo contrario se comete un grave error al no precisar hacia dónde fluye la escorrentía (Figura 54).
4. Una vez finalizada la delineación del drenaje, delimite las divisorias de las cuencas más resaltantes presentes en el modelo estereoscópico.

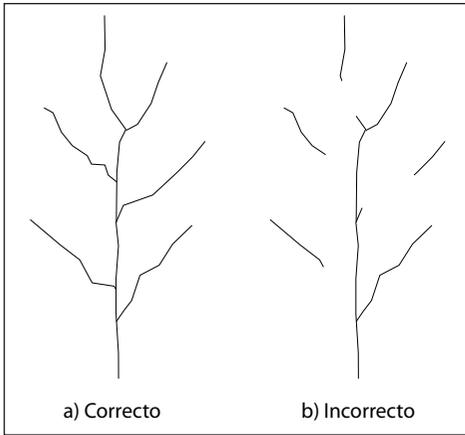


Figura 52. Error posible al no delinear de manera continua un drenaje.

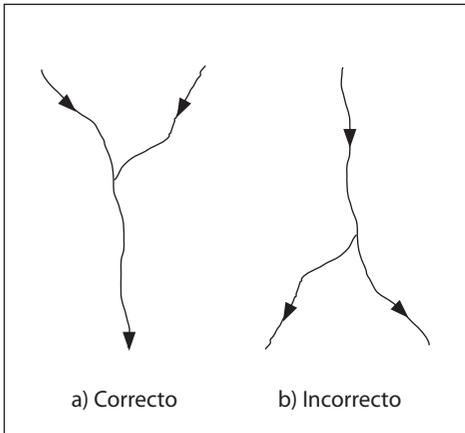


Figura 53. Error posible al delinear de manera descendente un drenaje (tomado de Pernía, 1989).

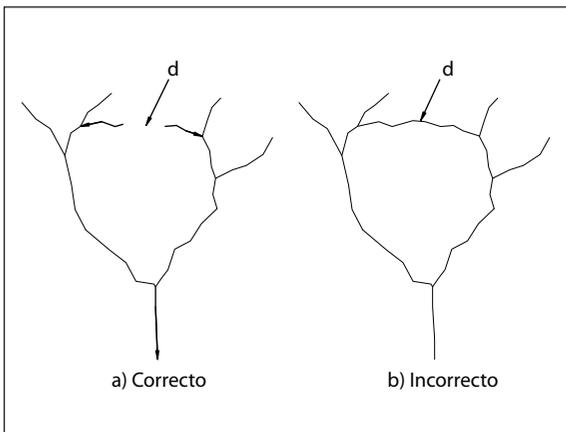


Figura 54. Error posible al delinear sin considerar la divisoria de aguas (tomado de Pernía, 1989).

- Un concepto importante es el de punto de cierre de una cuenca, el cual puede ser visualizado en la Figura 55.



Figura 55. Fotografía aérea en donde se aprecia la delineación realizada para delimitar una microcuenca (divisoria de aguas, líneas punteadas) y el punto de cierre de la misma.

Relación de los patrones de drenajes con las rocas y suelos sobre los cuales se desarrollan (adaptado de González, 1999)

Patrón dendrítico (Figura 56): este patrón se desarrolla en materiales y formaciones geológicas con las siguientes características: granulación fina, material homogéneo, baja permeabilidad, topografía horizontal o con pendientes muy suaves y material duro, uniformemente resistente a la erosión.

Patrón rastrillo (Figura 57): es un tipo patrón controlado por la estructura y estratificación de las rocas. Se desarrolla en rocas plegadas, inclinadas y con fallas paralelas. Ejemplos: areniscas, pizarras, calizas y rocas sedimentarias inclinadas.

Patrón radial (Figura 58): este patrón ocurre exclusivamente en aquellas zonas donde los fenómenos geológicos han formado elevaciones cónicas, tal es el caso de los volcanes o intrusiones ígneas.

La facilidad para su identificación depende de la magnitud del área cubierta por el par estereoscópico. Ejemplo: zonas formadas por elevaciones cónicas de origen volcánico.

Patrón paralelo (Figura 59): el patrón se desarrolla en formaciones con pendientes fuertes y uniformes, con sistemas de fallas paralelas, y también en terrenos uniformemente inclinados y constituidos por material de grano grueso. Ejemplos: rocas sedimentarias interestratificadas e inclinadas, valles de relleno y llanuras costeras bajas y en zonas de lava.

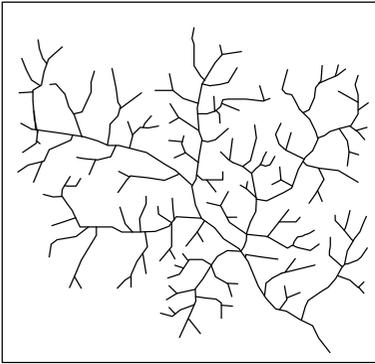


Figura 56. Patrón de drenaje dendrítico (los canales fluyen en todas las direcciones y sentidos).

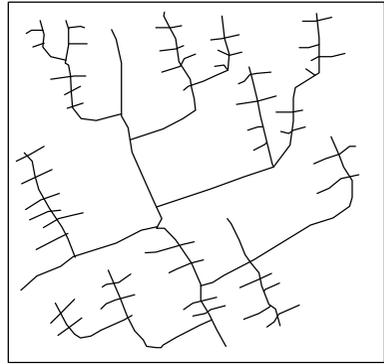


Figura 57. Patrón de drenaje rastrillo (presenta uniones en ángulos rectos entre los canales).

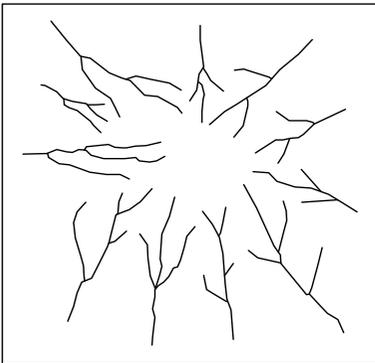


Figura 58. Patrón de drenaje radial.

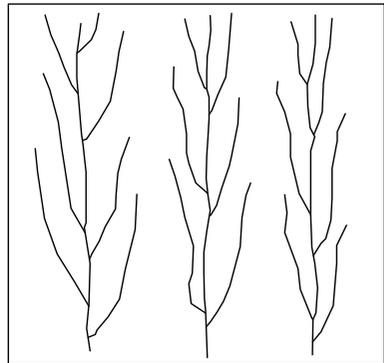


Figura 59. Patrón de drenaje paralelo (los canales siguen un cierto paralelismo en su trayectoria).

Patrón anular (Figura 60): se forma en estructuras anulares. Estas estructuras son producidas por intrusiones ígneas que causan levantamientos periféricos en formaciones sedimentarias, originalmente horizontales, las cuales se vuelven anticlinales. Esto hace que las aguas de escorrentía corran hacia fuera del núcleo ígneo que forma la parte central anticlinal. La estructura de las formaciones periféricas es responsable del desarrollo de este patrón.

Patrón rectangular (Figura 61): depende exclusivamente de la estructura de la formación rocosa sobre la cual fluyen las aguas de escorrentía. Los canales se desplazan por las fallas y fracturas que son zonas de menor resistencia. Se caracteriza por cambios bruscos en las direcciones, tanto de los cauces primarios como de los secundarios. El patrón no es específicamente indicativo del tipo de material, solamente de que se forma en material consolidado y fracturado o diaclasado, es parecido al patrón rastrillo.

Patrón pinado (Figura 62): es una modificación del patrón dendrítico; aquí los tributarios secundarios son paralelos, lo cual indica una pendiente uniforme del terreno. Los cauces primarios interceptan a los secundarios en ángulos agudos pero muy cercanos a los ángulos rectos. Ejemplo: depósitos glaciales, lutitas en clima árido, etc.

Patrón desordenado (Figura 63): este sistema se caracteriza por las formas como las aguas de escorrentía convergen hacia pequeños lagos o pantanos sin rumbo fijo. No presentan una red hidrográfica definida. Ejemplo: depósitos glaciales denominados drift.

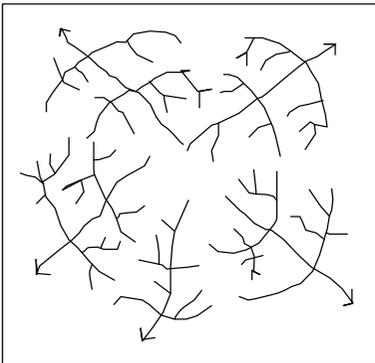


Figura 60. Patrón de drenaje anular.

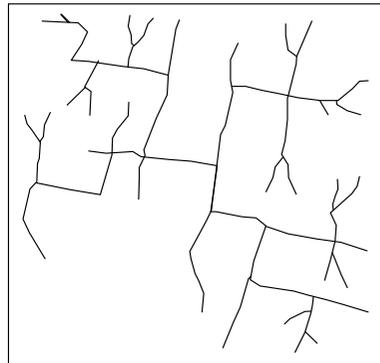


Figura 61. Patrón de drenaje rectangular.

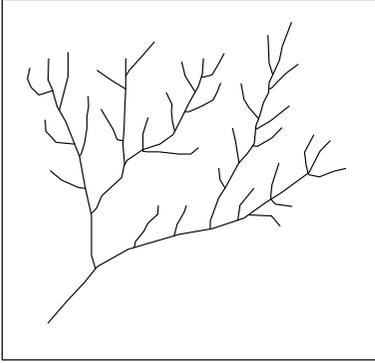


Figura 62. Patrón de drenaje pinado.

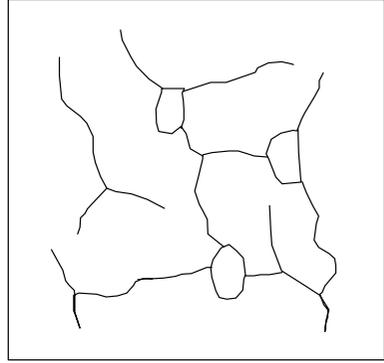


Figura 63. Patrón de drenaje desordenado.

Patrón subparalelo (Figura 64): los tributarios primarios son parcialmente paralelos a los tributarios secundarios. Por la orientación se considera una modificación del patrón paralelo pero sin la regularidad de este último. Presenta mucha similitud con el patrón paralelo del cual, por tanto, es difícil diferenciarlo. El patrón subparalelo es indicativo de una topografía de pendientes uniformes y rocas con fallas y fracturas aproximadamente paralelas. Ejemplo: areniscas inclinadas, valles de relleno.

Patrón anastomasado (Figura 65): es un patrón característico de lechos de creciente en proceso de estabilización. Los meandros del cauce principal han ejecutado en el valle cauces abandonados,

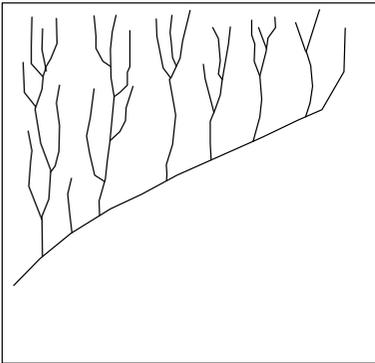


Figura 64. Patrón de drenaje subparalelo.

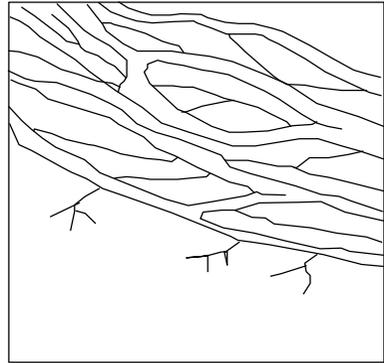


Figura 65. Patrón de drenaje anastomático.

bateas, pequeñas lagunas, etc. Ejemplo: valles planos o de pendientes suaves de formación reciente donde existe un río meándrico el cual deposita material a lo largo de su cauce y crea el patrón de drenaje.

Patrón dicotómico (Figura 66): se caracteriza por las ramificaciones de un cauce en varios tributarios, los cuales a su vez se subdividen. Es característico de abanicos aluviales. Ejemplo: abanicos aluviales.

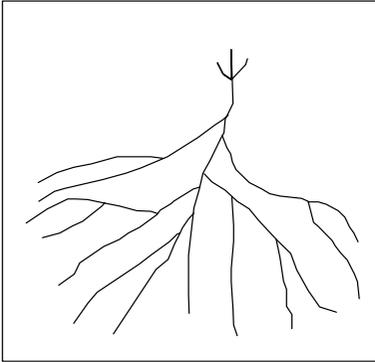


Figura 66. Patrón de drenaje dicotómico.

2.2.1. Delineación de drenajes y divisorias de aguas sobre mapas topográficos

La delineación de los patrones de drenaje y las divisorias de agua sobre los mapas topográficos es uno de los métodos existentes de interpretación más precisos debido a que se trabaja directamente sobre las curvas de nivel, las cuales son la representación más precisa de la topografía de los terrenos.

Material necesario

Mapa con curvas a nivel del área cubierta por la fotografía aérea.

Procedimiento

1. Delinee los drenajes presentes sobre el mapa topográfico, emplee las curvas de nivel con su concavidad hacia arriba para identificar y delinear los drenajes.

- Delimite la divisoria de aguas, partiendo de un punto sobre el caudal y siguiendo las crestas de las montañas (concauidad de las curvas hacia abajo).

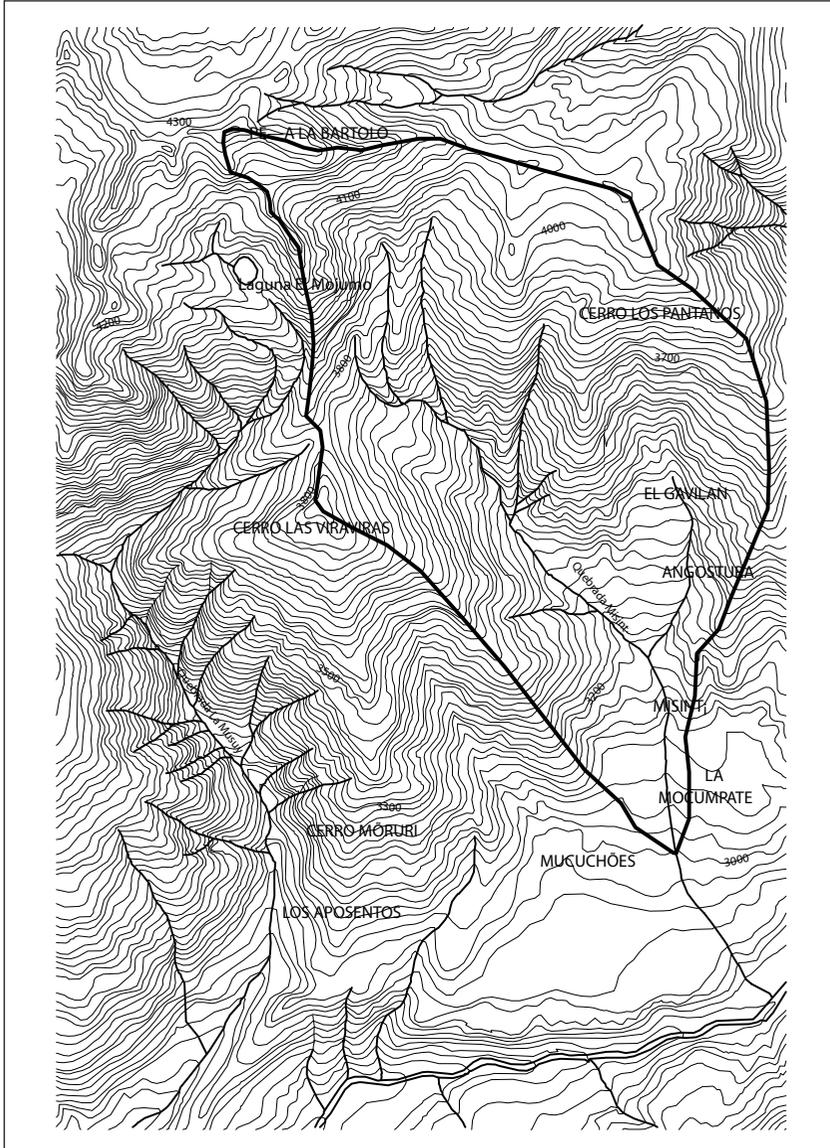


Figura 67. Ejemplos de delineación de drenajes y divisorias de aguas sobre un mapa topográfico (1:25.000).

2.3. Análisis de tipos de fisiografía y vegetación

El análisis fisiográfico y de vegetación en cualquier área es importante porque nos permite clasificar las diferentes formas de la tierra y su cobertura vegetal, elementos fundamentales para la evaluación de riesgos ambientales. Dicho análisis se realiza atendiendo al Sistema de Clasificación de Fisiografía de Zinck (1981) y al Sistema de Clasificación del MARN (1982), mediante el estereoscopio de bolsillo y con la ayuda de estereogramas y estereotripletas.

Sistema de Zinck: describe un sistema jerárquico de clasificación del paisaje con cinco niveles categóricos: 1) la provincia fisiográfica; 2) la región fisiográfica; 3) el paisaje; 4) el tipo de relieve; y 5) la forma del terreno.

Para la Provincia y la Región Fisiográfica (Figura 68) Zinck adopta las categorías de región y subregión respectivamente de la clasificación de Cárdenas (1965).

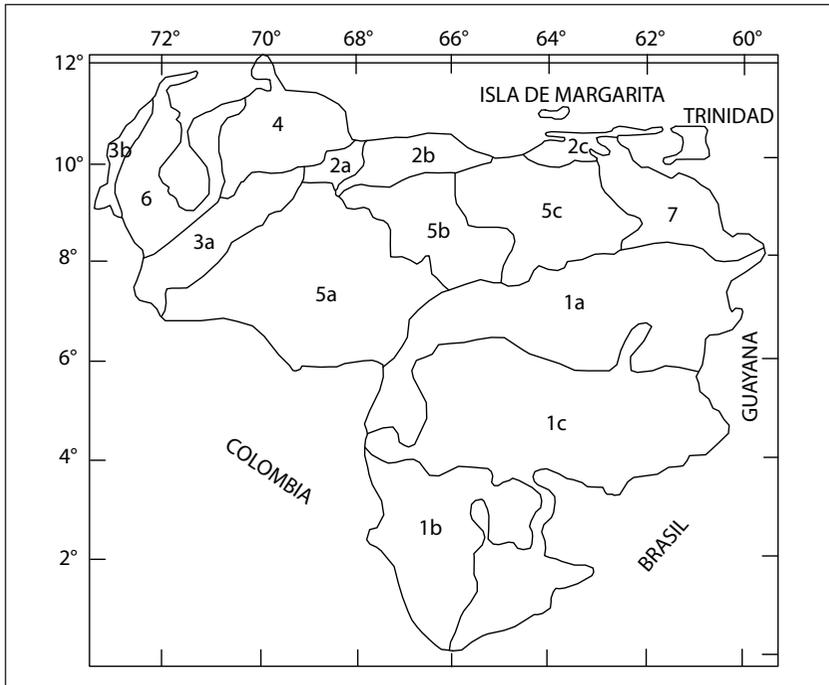


Figura 68. Clasificación de la Fisiografía, según Zinck (1981).

Provincias fisiográficas	Región fisiográfica
1.- Escudo guayanés	1a.- Penillanura del Norte
	1b.- Penillanura del Casiquiare
	1c.- Tepuis y la Gran Sabana
2.- Sistema de la Costa	2a.- Tramo occidental
	2b.- Tramo central
	2c.- Tramo oriental
3.- Sistema de los Andes	3a.- Cordillera de Mérida
	3b.- Cordillera de Perijá
4.- Sistema coriano y sus márgenes	
5.- Llanos	5a.- Llanos occidentales
	5b.- Llanos centrales
	5c.- Llanos orientales
6.- Depresión del lago de Maracaibo	
7.- Delta del Orinoco	

El paisaje: es una porción del espacio que se mide en decenas de Kms. y que está constituido por una repetición de tipos de relieve idénticos o por una asociación de tipos de relieves diferentes: 1. el Valle; 2. la Planicie; 3. la Altiplanicie; 4. el Piedemonte; y 5. la Montaña.

El relieve: una unidad fisiográfica que corresponde a la vez a un elemento de paisaje y a una asociación de formas elementales: 1. Vega; 2. Llanura de desborde; 3. Terraza; 4. Mesa; 5. Loma; 6. Colina; 7. Cresta; y 8. Viga.

La forma del terreno: es la unidad básica, el nivel categórico más bajo en el sistema de clasificación taxonómica de las unidades geomorfológicas. Las dimensiones horizontales se miden en decenas o centenas de metros. Esta puede ser definida desde tres puntos de vistas diferentes: morfológicos o fisiográficos, morfo genético y morfo cronológico.

Sistema MARN: es un sistema de clasificación que fue diseñado por el MARN para la elaboración del *Mapa de la vegetación actual de Venezuela* (1982), a escala 250.000:

Formación vegetal

ARBÓREA	Bosques Bosques de Galería Manglar
ARBUSTIVA	Cardonal Espinar Matorral
HERBÁCEAS	Herbazal Páramo Sabana abierta Vegetación especial
MIXTA	Sabana con chaparros Sabana arbolada – matas Sabana arbolada – palma Sabana arbolada – galerías
OTRAS	Plantaciones forestales Vegetación secundaria Descubierto

Piso altitudinal

TROPICAL	0 – 50 MSNM
PREMONTANO	500 – 1.500 msnm
MONTANO BAJO	1.500 – 2.500 msnm
MONTANO	2.500 – 3.300 msnm
SUBANDINO	3.300 – 3.800 msnm
ANDINO	3.800 – 4.000 msnm
NIVAL	4.000 y más msnm

Caducifolia de la formación

- Siempre-verde: la mayoría de los individuos del dosel son perennifolios, es decir, mantiene la mayor parte del follaje todo el año.
- Semi-decídúo: aproximadamente la mitad de los individuos del dosel pierden el follaje en determinada época del año, cuando se presentan las condiciones naturales desfavorables.

Altura del dosel

- Alto: la altura del dosel superior supera los 25 metros.
- Medio: altura comprendida entre 15 y los 25 metros.
- Bajo: altura comprendida entre 5 y 15 metros.

Densidad de cobertura

- Denso: la cobertura de las copas del dosel superior es mayor al 75%.
- Medianamente denso: la cobertura de las copas en referencia es del 50% a 75%.
- Ralo: la cobertura de las copas en referencia es de 25% a 50%.

Actividades agropecuarias

- Cultivo agrícola
- Uso pecuario

Fisiografía

Se empleó la división explicada anteriormente.

Intervención a la formación vegetal

- Leve: menos del 10% del área de la formación está afectada.
- Moderada: entre 10% y 30% del área de la formación está afectada.
- Fuerte: más del 30% del área de la formación está afectada.

Duración de inundación

- Estacional: el período de inundación puede durar hasta 8-9 meses consecutivos.
- Permanente: se extiende hasta la estación de sequía.

Material necesario

Estereoscopio de bolsillo, estereogramas y estereotripleta.

Procedimiento

1. Oriente el estereograma o estereotripleta.
2. Siga la descripción realizada por el profesor y realice las anotaciones respectivas.

2.4. Delineación sobre fotografías aéreas de los usos de la tierra utilizando la Leyenda de la Unión Geográfica Internacional (UGI)

El uso de la tierra es el conjunto de arreglos, disposiciones, actividades y decisiones que adopta o desarrolla una población para producir, mantener o cambiar un determinado tipo de cobertura de la tierra. (Delgado, 2002). Está estrechamente relacionado con el clima, las pendientes, las formaciones edáficas y, ciertamente, con la actividad humana.

El uso actual permite comprender la organización del espacio geográfico, facilitando valiosa información para las labores de clasificación y evaluación de tierras. El uso de la tierra aporta un conjunto de datos e información que permiten visualizar eventuales conflictos y conformidades, a partir de los cuales es posible inferir las limitantes y potencialidades que presenta un área. Finalmente, el uso permite la identificación de la cobertura de la superficie terrestre y facilita destacar las funciones o actividades que se cumplen en cada una de las unidades de uso.

El estudio del uso de la tierra comprende el análisis bajo el enfoque formal y bajo el enfoque funcional. Bajo **el enfoque formal** o de cobertura, se basa fundamentalmente en la apariencia externa del uso de la tierra, su distribución espacial y temporal, sin considerar las interrelaciones que se puedan dar entre el hombre y su entorno, este enfoque identifica el uso para el momento en que se realiza la interpretación, ya que este constituye la apariencia y su distribución espacial en un área determinada (Flores, 1981). El **enfoque funcional**, conduce a la consideración del uso como un sistema de producción, en el cual actúan de manera estrecha, desde condiciones agroecológicas hasta condiciones sociales. Este enfoque lleva a la tipificación del uso en función de un conjunto de factores internos y externos, que permiten su diferenciación en tipos de utilización de tierras (TUT), con base en un conjunto de criterios diagnósticos (FAO, 1976).

Esta práctica consiste en emplear el uso de la tierra bajo el enfoque formal, mediante la delineación de fotografías aéreas y asumiendo para ello la leyenda de la Unión Geográfica Internacional:

2.4.1. Leyenda de la Unión Geográfica Internacional

1. **Uso urbano:** se consideran las áreas urbanas, zonas residenciales, zonas industriales y comerciales.
2. **Horticultura:** se refiere a aquellas áreas destinadas a cultivos de ciclo corto y ciclo largo con un uso intensivo y una alta rentabilidad.
3. **Cultivos permanentes y semi permanentes:** esta categoría considera la presencia de cultivos frutícolas.
4. **Cultivos anuales:** se agruparon aquellos cultivos de ciclo más largo que los hortícolas, y en secano.
5. **Pastos cultivados y mejorados:** comprende los pastos sembrados y manejados por el hombre.
6. **Pastos naturales y no mejorados:** se consideran los pastizales formados a través de procesos de sucesión vegetal.
7. **Vegetación natural o plantada:** en ésta se consideran las diferentes formaciones vegetales naturales (arbórea, arbustiva, herbazal, entre otras) y formaciones vegetales plantadas (plantaciones forestales).
8. **Cuerpos de aguas naturales/artificiales:** incluyen aquellos cuerpos de agua natural, lagunas y construcción de tanques para uso de riego.
9. **Tierras económicamente no productivas para agricultura:** se consideran tierras no aptas para uso agrícola y pecuario debido a áreas que pueden presentar afloramientos rocosos y problemas de drenaje.

Para delinear o interpretar coberturas sobre fotografías aéreas, se debe considerar el **Área Útil de Delineación** explicada en la práctica 8 y un límite o umbral que define la superficie que debe tener una unidad para que pueda ser delineada, a ese umbral se le denomina **Área Mínima de Delineación (AMD)** (Figura 69).

Según Pernía (1999), el **AMD** se fija generalmente para el tipo de imagen con la cual se está realizando el levantamiento, aunque hay que considerar la escala final resultante de la interpretación. Un valor práctico muy usado a nivel internacional es 1 cm^2 (como referencia a un cuadro de 1 cm de lado). Otro valor bastante usado en la práctica es $1/4 \text{ cm}^2$ (un cuadrado de 0,5 cm de lado. El valor más pe-

queño del AMD que puede ser manejado con sentido práctico es de $1/16 \text{ cm}^2$ (un cuadrado de 0,25 cm de lado), el cual puede ser usado en trabajos muy detallados.

En la figura 69 determine cuáles unidades deberían ser delimitadas y cuáles no, al compararlas con Áreas Mínimas de Delineación de diferente tamaño: 1 cm^2 , $1/4 \text{ cm}^2$ y $1/16 \text{ cm}^2$.

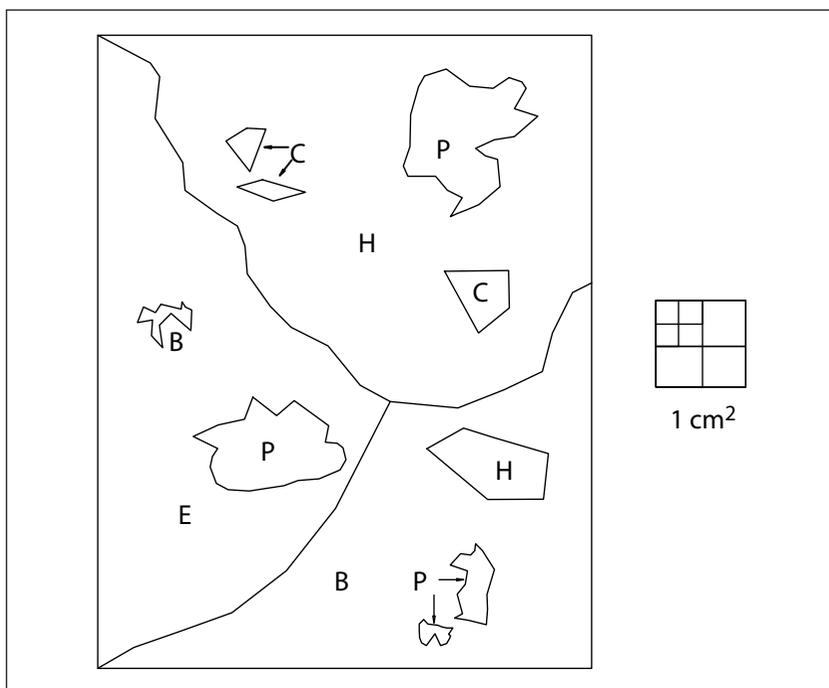


Figura 69. Explicación del concepto de Área Mínima de Delineación (Adaptado de Pernía, 1999).

El AMD va a depender de la escala a utilizar obteniéndose el siguiente valor de 1 cm^2 para diferentes escalas:

ESCALA	1 cm^2	1 cm
1:100.000	100 ha	1.000 m
1:50.000	25 ha	500 m
1:25.000	6.25 ha	250 m
1:10.000	1 ha	100 m

Material necesario

Fotografías aéreas, lámina de acetato o lámina transparente del mismo tamaño de la fotografía a interpretar, marcadores de punta fina, alcohol y algodón.

Procedimiento

1. Oriente correctamente el par de fotografías aéreas suministrado para la observación bajo el estereoscopio de espejo.
2. Determine el área útil de delineación, siguiendo el método apropiado de acuerdo con el tipo de terreno.
3. Usando los binoculares del estereoscopio de espejo, delinee las diferentes unidades de tierras identificadas, utilizando un AMD de $1/4 \text{ cm}^2$.

2.5. Interpretación en el campo de los diversos usos de la tierra y tipos de vegetación, a través de mapas topográficos, fotografías aéreas, brújulas, altímetro y GPS

Una de las etapas más importantes en la elaboración de mapas de uso de la tierra y cobertura vegetal, es la verificación, en campo, de la interpretación realizada sobre las fotografías aéreas. En el campo es indispensable el manejo de la brújula, altímetro, GPS y lectura de mapas topográficos. Un buen chequeo de campo nos permite corroborar de manera eficiente la correspondencia entre la realidad del terreno y lo delineado sobre las fotografías aéreas.

En atención a lo anteriormente expuesto se pretende realizar una práctica cuyo objetivo principal es el manejo de la brújula, altímetro, GPS en el campo por parte del estudiante, así como la observación y/o el levantamiento en el terreno de diversos tipos de uso de la tierra y cobertura vegetal y su similitud sobre mapas temáticos y fotografías aéreas de la misma área.

Material necesario

Mapa topográfico, fotografías aéreas, brújula, altímetro, Sistema de Geoposicionamiento Global (GPS) y lápiz.

Procedimiento

1. Ubicarse con una buena perspectiva en el campo, de tal manera que se puedan visualizar con precisión los diferentes usos de la tierra y cobertura vegetal existentes (Figura 70).



Figura 70. Visualización en el campo de las diferentes coberturas vegetales.

2. Anote los Azimut con la brújula, hacia los diferentes usos de la tierra que usted puede localizar tanto en el campo como en la fotografía aérea. Luego indique dicha dirección en el mapa topográfico y mediante la topografía del terreno y curvas de nivel, delinee los tipos de coberturas sobre el mapa topográfico, de igual manera realice la interpretación en la fotografía aérea.

3. Describa las coberturas identificadas e interpretadas, utilizando para ello la Leyenda de la UGI (Práctica 10) para Uso de la Tierra y la del MANRN (Práctica 9) para los diferentes tipos de vegetación, y asígnele las categorías que más se adapten al caso.
4. En el mismo punto lea en el GPS las coordenadas rectangulares UTM y colóquelas dentro del mapa topográfico, para de esta manera ubicarse en el terreno y poder describir el uso de la tierra o cobertura vegetal presente en ese sitio. Por otro lado anote con el alfiler la cota del sitio donde está ubicado y de igual manera localícela en el mapa topográfico.
5. Posteriormente diríjase hacia otro punto en donde pueda visualizar con precisión el punto donde realizó la descripción anterior y ejecute la interpretación del mapa y la fotografía realizada en los pasos 2, 3 y 4.
6. Realice los mismos procedimientos anteriores pero con diferentes visuales de tal manera que pueda realizar la interpretación completa de la fotografía aérea asignada.

2.6. Uso de instrumentos restituidores, el Sketchmaster (restituidor de tercer orden). Inicio al proceso de restitución

El Sketchmaster (restituidor de tercer orden) es empleado en el traslado de la información temática delineada sobre las fotografías aéreas hacia el mapa base (mapa preliminar). Mediante este instrumento se elimina el desplazamiento producido por la inclinación del eje de la cámara, permitiendo además la transformación de la proyección central (fotografía aérea) a una proyección ortogonal (mapa).

Material necesario

Fotografías aéreas, mapa base o topográfico de la misma zona y lápiz.

Procedimiento

1. Adquiera el mapa base para realizar la triangulación fotogramétrica.
2. Anote las partes del aparato restituidor indicadas por el profesor (Figura 71).
3. Coloque la fotografía en el portafoto del aparato sosteniéndola con los imanes.
4. Realice el proceso de escalado, calculando el factor V, (factor de escala) mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Factor de escala} = \frac{\text{Escala de la fotografía}}{\text{Escala del mapa}} = \frac{\text{módulo escalar del mapa (Sm)}}{\text{módulo escalar de la fotografía (Sf)}}$$

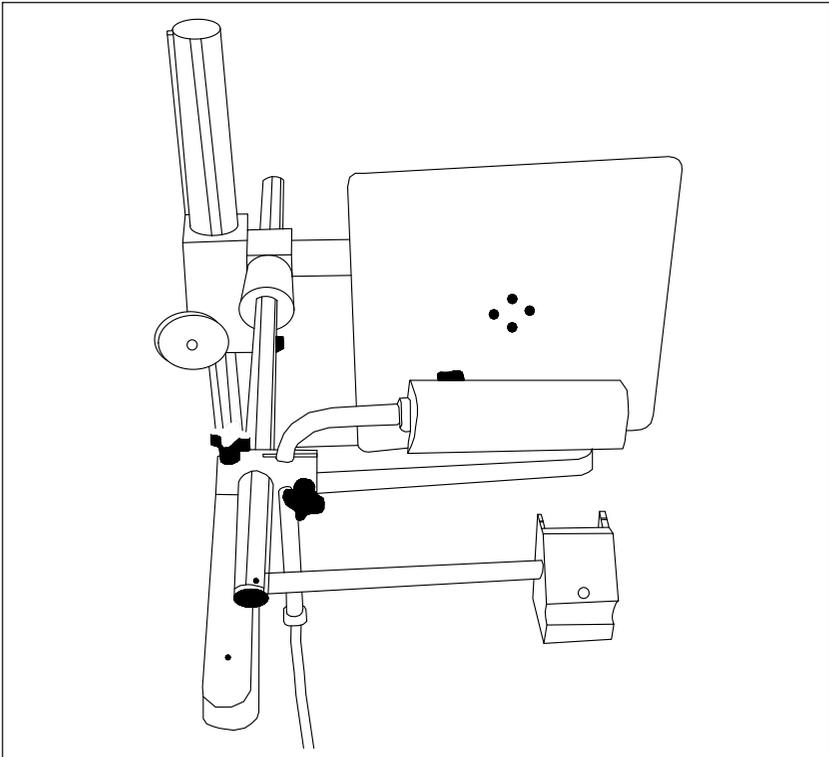


Figura 71. El Sketchmaster, restituidor aproximado o de tercer orden.

Ubique el resultado obtenido de escala en la tabla del aparato y anote los valores a colocar en:

- El eje horizontal (Figura 72).
 - El eje vertical (Figura 73).
 - El valor de la dioptría con vista hacia el mapa.
 - El valor de la dioptría con vista hacia la fotografía.
5. Nivele la fotografía con movimientos circulares del portafoto para eliminar el desplazamiento producido por la inclinación del eje de la cámara.
 6. El escalado se realiza colocando los valores obtenidos en la tabla 4 (4.1 y 4.2), tanto en el eje horizontal como en el vertical.
 7. El nivelado se logra colocando los lentes de dioptría determinados en la tabla 4 (4.3 y 4.4), en las vistas correspondientes y con los movimientos realizados en el paso 5.
 8. Una vez finalizado el escalado y el nivelado traslade (vacíe) la información de la fotografía hacia el mapa base, observando monocularmente por el prisma.

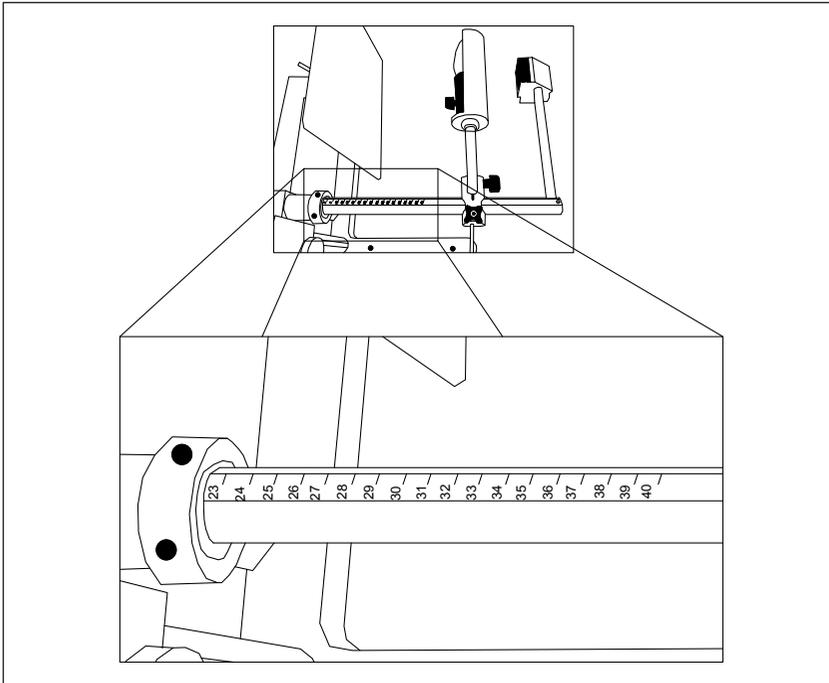


Figura 72. Eje horizontal del Sketchmaster.

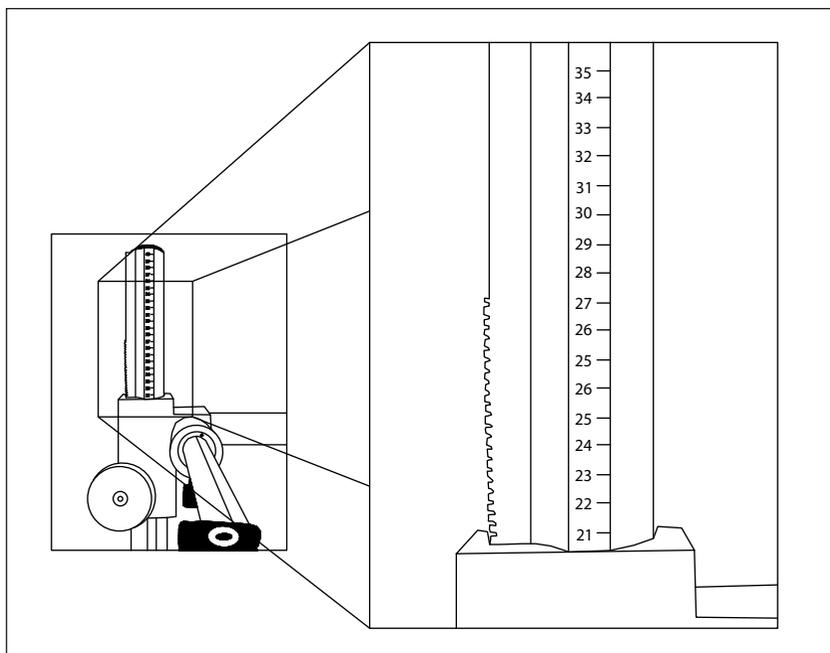


Figura 73. Eje vertical del Sketchmaster.

BIBLIOGRAFÍA

- BRACHO, B. (1981). *Instrumentos fotogramétricos aproximados*. Universidad de Los Andes. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Mérida-Venezuela.
- CÁRDENAS, A. (1965). *Geografía de Venezuela*, 2ª. ed. Universidad de Los Andes, Talleres Gráficos Universitarios, Mérida. Venezuela.
- DEAGUSTINI, D. (1978). *Introducción a la fotogrametría*. Centro de Fotointerpretación CIAF. Bogotá-Colombia.
- DELGADO, F. (2002). *La planificación del uso de la tierra*. CIDIAT. Universidad de los Andes. Mérida-Venezuela.
- ESPINOZA, J. (1992). *Restitución digital de información temática de fotografías aéreas a mapa base*. Universidad de Los Andes. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Mérida-Venezuela.
- FAO. (1976). Esquema para la evaluación de tierras. *Boletín de suelo* N° 32.
- FLORES, E. (1981). *Sistemas paramétricos y no paramétricos para la clasificación y evaluación de tierras*. IGCRN. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Universidad de Los Andes. Mérida-Venezuela.
- GARCÍA, G. (1994). *Cartografía forestal*. Universidad de Los Andes. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Mérida-Venezuela.
- GASCON, S. (1982). *El mapa, su contenido y su lectura*. Universidad de Los Andes. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Mérida-Venezuela.

- GONZÁLEZ, A. (1999). *Fundamentos de fotointerpretación*. Santa Fe de Bogotá-Colombia: Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería.
- HERNÁNDEZ, A. (1981). *La fotogrametría. Texto para su estudio actual*. Volumen I y II. Universidad de Los Andes. Facultad de ingeniería. Instituto de Fotogrametría. Mérida-Venezuela.
- JÁUREGUI, L. (2001). *Fotogrametría básica*. Universidad de Los Andes. Facultad de Ingeniería. Instituto de Fotogrametría. Mérida-Venezuela.
- LILLESAND, M. y Keifer, W. (1979). *Remote Sensing and Imagen Interpretation*. New York: Jhon W Ley and Sons.
- MARN. (1982). *Sistemas ambientales venezolanos*. Proyecto Ven/79/001. Mapa de vegetación actual de Venezuela.
- PERNÍA, E. (1989). *Guía práctica de fotointerpretación*. Universidad de Los Andes. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Mérida-Venezuela.
- PERNÍA, E. (1999). *Sensores remotos. Manual de ejercicios de laboratorio*. Universidad de Los Andes. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Laboratorio de Fotogrametría y Sensores Remotos. Mérida-Venezuela.
- POZZOBON, E. et al. (1999). *Ejercicios prácticos de fotogrametría*. Universidad de Los Andes. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Laboratorio de Fotogrametría y Sensores Remotos. Mérida-Venezuela.
- POZZOBON, E. (2002). *Manual de ejercicios de laboratorio. Manejo de información espacial*. Curso anualidad. Tercer año. Universidad de Los Andes. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Laboratorio de Fotogrametría y Sensores Remotos. Mérida-Venezuela.
- ROA, J. (1976). *Principios de fotogrametría*. Centro de Fotointerpretación CIAF. Bogotá-Colombia.
- STRANDBERG, C. (1975). *Manual de fotogrametría aérea*. Casanova, 220. Barcelona-España: Edición Omega S.A..
- VARGAS, G. (1979). *Fotointerpretación a rango de cuencas hidrográficas*. Centro de Fotointerpretación CIAF. Bogotá-Colombia.
- WOLF, P. (1974). *Elements of Photogrammetry*. USA: Mc Graw, Inc.
- WOLF, P. y Rusell, B. (1989). *Elementary Surveing* 8va Edición, New York: Collins Publishers.
- ZINCK, A. (1970). *Definición del ambiente geomorfológico con fines de descripción de suelos*. Centro Interamericano de Desarrollo Integral de Aguas y Tierras. Mérida, Venezuela.

ÍNDICE DE FIGURAS

Nº	Figura	Pág.
1	Tabla de prueba Zeiss.	12
2	Estereoscopio de bolsillo utilizado para realizar la prueba de visión estereoscópica.	12
3	Ejemplo de la profundidad relativa de cada uno de los círculos.	12
4	Ejemplo de la secuencia de altura de los elementos pictóricos del círculo 1.	13
5	Formulario para el control de la prueba de visión estereoscópica	13
6	Campo de visión del binocular izquierdo del estereoscopio de espejos, en donde se observa el punto m' en el centro del mismo.	15
7	Imagen en donde se muestran los dos puntos fusionados como uno solo, cuando observamos por los dos binoculares del estereoscopio de espejo.	15
8	Corte esquemático de un estereoscopio de espejo en donde se muestra la base instrumental (distancia) del mismo.	16
9	Ejercicio para acostumbrarse a la visión estereoscópica de ejes paralelos de manera artificial.	16
10	Determinación del centro de cada fotografía mediante la intersección de las líneas fiduciales.	18
11	Recubrimiento longitudinal o solape.	18
12	Determinación del área común de ambas fotografías.	19
13	Orientación correcta de las sombras proyectadas por los objetos fotografiados.	19
14	Transferencia de los centros de fotografía (P1' y P2'') de foto a foto.	20
15	Determinación de la línea de vuelo para la fotografía izquierda.	20

16	Alineación correcta de las líneas de vuelo de cada fotografía.	21
17	Fotografías aéreas fijadas correctamente sobre la mesa.	21
18	Giro del estereoscopio de espejo.	22
19	Diagrama de un estereoscopio de bolsillo con sus respectivas medidas.	22
20	Manera de colocar las fotografías aéreas para ser observadas con el estereoscopio de bolsillo.	23
21	Ejemplo de estéreo tripleta (estereograma doble). La estéreo tripleta se refiere a un mosaico realizado con fotografías aéreas sucesivas de una misma línea de vuelo (área común), con la finalidad de poder ser observada con el estereoscopio de bolsillo.	24
22	Parte de una barra de paralaje.	25
23	El principio de la marca flotante consiste en colocar dos marcas idénticas, sobre puntos homólogos del par estereo (m' y m'') y desplazarla artificialmente de manera paralela a la línea de vuelo (DX), de esta manera se desplaza espacialmente la marca de medición (DH).	25
24	Diagrama de una barra de paralaje en donde se aprecian las marcas de medida sobre puntos homólogos ($a' - a''$).	26
25	Marcas desalineadas y movimiento de la barra para alinearlas.	27
26	Marcas separadas, movimiento de la barra para unir las y marca unida.	27
27	Situaciones posibles de la ubicación espacial de la marca de medición respecto al modelo estéreo y al círculo dibujado con el marcador de acetato.	28
28	Escala milimétrica y nonio de la barra de paralaje "Sokkisha" (arriba) y la barra de paralaje "Wild" (abajo).	29
29	Diferencia de altura en el terreno (DV) de los puntos a y r .	30
30	Paralaje estereoscopio o absoluto del punto r .	31
31	Medición gráfica utilizada para calcular el paralaje estereoscopio o absoluto del punto r (Pr).	32
32	En donde se muestran las fotografías aéreas, en posición positiva, en la determinación de alturas mediante el método de paralaje.	33
33	Parte de un mapa topográfico en donde se detallan los puntos a y r y algunas curvas de nivel con su respectivo valor.	34
34	Pendiente entre el punto a y r en el terreno.	35
35	Ejemplo del trazado correcto de las radiales en cada fotografía.	36

36	Posición triangulada de los puntos una vez realizado el procedimiento descrito.	37
37	Cálculo de pendiente en el mapa topográfico.	40
38	Ejemplo de una plantilla o malla de puntos.	41
39	Ejemplo de una plantilla de líneas transversales.	44
40	Partes del planímetro polar.	45
41	Partes del planímetro polar.	47
42	En la parte izquierda se tiene una fotografía aérea de una planicie aluvial, zona de poca pendiente en donde se puede apreciar la forma curva de los meandros. Hacia la parte derecha, la interpretación realizada sobre la fotografía de la forma del drenaje.	50
43	Hacia la izquierda notamos la fotografía aérea en donde se resalta la forma recta de las vías y en la derecha su delineación.	50
44	Podemos observar la forma o patrón típico de los asentamientos humanos. En la parte izquierda la fotografía aérea y hacia la derecha su delineación.	51
45	En esta figura podemos detallar el modelo o patrón característico de las intervenciones humanas sobre un área boscosa (formas de líneas rectas y tonos claros, el bosque de tono más oscuro). Hacia la izquierda la fotografía aérea y en la parte derecha su delineación.	51
46	Se puede observar el patrón de drenaje, el cual presenta una textura fina (número de canales por unidad de área) del cual podemos inferir, mediante el principio de Asociación, la presencia de suelos arcillosos. Hacia la izquierda la fotografía aérea y en la parte derecha su delineación.	52
47	Se aprecia el modelo o patrón urbanístico de una ciudad. Parte izquierda la fotografía aérea y en la derecha su delineación.	52
48	Observamos una textura gruesa (impresión de aspereza) hacia la parte céntrica-baja de la fotografía, en el borde izquierdo de la fotografía la textura media y hacia la esquina superior derecha la textura fina (impresión de suavidad, algo liso).	53
49	Ejemplos de la textura de un patrón de drenaje dendrítico	54
50	Delineación para terrenos montañosos.	55
51	Delineación para terrenos planos.	56
52	Error posible al no delinear de manera continua un drenaje.	57
53	Error posible al delinear de manera descendente un drenaje.	57

54	Error posible al delinear sin considerar la divisoria de aguas.	57
55	Fotografía aérea en donde se aprecia la delineación realizada para delimitar una microcuenca (divisoria de aguas, líneas punteadas) y el punto de cierre de la misma.	58
56	Sistema de drenaje dendrítico.	59
57	Sistema de drenaje rastrillo.	59
58	Sistema de drenaje radial.	59
59	Sistema de drenaje paralelo.	59
60	Sistema de drenaje anular.	60
61	Sistema de drenaje rectangular.	60
62	Sistema de drenaje pinado.	61
63	Sistema de drenaje desordenado.	61
64	Sistema de drenaje subparalelo	61
65	Sistema de drenaje anastomático.	61
66	Sistema de drenaje dicotómico.	62
67	Ejemplos de delineación de drenajes y divisorias de aguas sobre un mapa topográfico (1:25.000).	63
68	Clasificación de la Fisiografía, según Zinck (1981).	64
69	Explicación del concepto de Área Mínima de Delineación.	70
70	Visualización en el campo de las diferentes coberturas vegetales.	72
71	El Sketchmaster, restituidor aproximado o de tercer orden.	74
72	Eje horizontal del Sketchmaster.	75
73	Eje vertical del Sketchmaster.	76

Formulario Zeiss para el control de la prueba de visión estereoscópica. Adaptado por: Pozzobon E. y Pacheco C.

	CÍRCULO 1	CÍRCULO 3	CÍRCULO 4	CÍRCULO 5	CÍRCULO 6	CÍRCULO 7	CÍRCULO 8
CÍRCULO 1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
CERCA (ALTO)	CERCA (ALTO)	CERCA (ALTO)	CERCA (ALTO)	CERCA (ALTO)	CERCA (ALTO)	CERCA (ALTO)	CERCA (ALTO)
LEJOS (BAJO)	LEJOS (BAJO)	LEJOS (BAJO)	LEJOS (BAJO)	LEJOS (BAJO)	LEJOS (BAJO)	LEJOS (BAJO)	LEJOS (BAJO)

Este libro se terminó de imprimir en el Taller de Publicaciones
de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, ULA.
Octubre 2006. 500 ejemplares