

01084 4  
24

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**Facultad de Filosofía y Letras**

División de Estudios de Posgrado  
Departamento de Geografía

**“APORTE DE LA FOTOGRAMETRIA TERRESTRE A  
LA SOLUCION DE PROBLEMAS GEOGRAFICOS”**



T E S I S

Que para obtener el Grado de  
DOCTOR EN GEOGRAFIA

p r e s e n t a

Güido García García

Director de tesis: Dr. Jorge López Blanco

México, D.F., 1998

266564

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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



“El paisaje es sobre cierta porción del espacio, el resultado de la combinación dinámica y por lo tanto inestable, de hechos y fenómenos físicos, biológicos y humanos en una interacción dialéctica, haciendo del paisaje un conjunto único e indisoluble en perpetua evolución.

G. Bertrand, 1968.

“El espacio del desierto es relativamente un espejismo o sea nada”..... Tuareg.

## RESUMEN

Se plantea un modelo geométrico simple que emana de la aplicación de la fotogrametría terrestre, con el empleo particular de cámaras simples SLR, en el entendimiento de que los puntos epipolares cambian con el avance de la misma erosión y de esta forma al cambiar a un intervalo de tiempo determinado, se puede aplicar para medir el retroceso de la cabecera de las cárcavas y otros trabajos micromorfométricos así como otros fenómenos biogeográficos. El modelo propuesto se aplicó a suelos volcánicos endurecidos (Tepetates), y se detectaron resultados promedio de volúmen de  $10 \text{ cm}^3$  de erosión, a un intervalo de 5 años. Resalta de manera particular, el bajo costo y la accesibilidad de la metodología para cualquier persona.

## ABSTRACT

The work refer a simple geometric model, to belong to terrestrial photogrammetric applications with particular use of SLR-single lens reflex (commercial cameras), understanding that epipolar points of three dimensional virtual viewing, can change from response of soil erosion in some stage of time, and in this order it can apply to measure the setback of head of gullies and another micromorphometric works as to biogeographic phenomena. The geometric model was applied to hard volcanic soils (hardpan), and the results obtained was from  $10 \text{ cm}^3$  of volume in erosion over 5 years of monitoring. It's important to be evident the low cost and the access of the methodology for any person.

## AGRADECIMIENTOS:

En primer lugar se agradece al amigo y director de este trabajo: Dr. Jorge López Blanco, por la atención y la oportuna crítica así como su motivación primero como compañero en los estudios de posgrado y mas tarde para poder concluir esta obra.

Se agradece al comité de sinodales, Doctores: Marta Cervantes, Mario Arturo Ortíz Pérez, Valentino Sorani-Dal Bon, Jorge Caire Lomelí, Genaro Correa Pérez, y Juan Carlos Gómez Rojas, por su participación y oportuna asesoría en los resultados parciales de dicho trabajo.

Igualmente he de reconocer el interés y colaboración del Ing. Tito Bargagli, gerente de la empresa SOFIA (SISTEMAS ORTOFOTOGRAMETRICOS E INGENIERIA APLICADA), de Cuernavaca Morelos, así como el trabajo y la atención del M.C. Alessandro Bargagli, director técnico de geomática en dicha empresa.

La presente investigación es el resultado de recopilación bibliográfica, así como exhaustivo trabajo de campo, destacando de manera particular la asesoría y apoyo en los análisis de muestras de tepetates realizados por el Dr. Héctor Arias al igual que el Dr. Zebrowski, así como el M.C. David Peña y el Fis. César Merino, del Colegio de posgraduados de Chapingo, en Montecillo- Texcoco Edo. de México.

Se agradece también la ayuda del Ing. Armando Corza Martínez, el Ing. Ramiro Pelayo, y de manera especial al Ing. Aurelio Díaz, todos de la C.N.A. (gerencia estatal en Cuernavaca), así como a la Lic. Valencia Vargas del S.M.N., y al Ing. Benítez Oropeza y la biblioteca del I.M.T.A. Agradezco en la misma forma al M.C. Alfredo de los Santos del área de conservación de la SARH, Morelos; en esa misma institución se agradece la colaboración del jefe del CADER, Ing.Saúl Vázquez, así como al extensionista Sr. Gregario García Aguilúz y también al comisariado ejidal de Tetela del Monte, Sr. Fidencio Cortés Mercado, y el Sr. Bernardino Cortés Tórres, encargado de la loma Tzompantle, en el ejido de Tetela del Monte (lugar seleccionado para el trabajo de campo).

Finalmente se agradece la ayuda de los alumnos del 6o. semestre (Generación 93), así como a los del 8o. semestre, generación 1997, de la Facultad de Ingeniería (Esc. Ing. Topográfica) de la Universidad Autónoma de Puebla, en el trabajo de campo, tanto para las tomas estereoscópicas, así como por las restituciones a línea y la ortofotografía.

## PROLOGO

Los suelos volcánicos endurecidos han sido descritos en la mayoría de los países de América Latina con nombres vernáculos (propios de cada país). En México se les llama Tepetates; en Centroamérica (Nicaragua, en menor grado en El Salvador, en Honduras y probablemente en Costa Rica), toman el nombre de Talpetate. En Colombia han sido llamados Hardpan, Duripan, y Cangahua en el Sur de este país. Este último término se utiliza igualmente en Ecuador. En el Perú se les ha llamado según parece Hardpan, y finalmente en Chile encontramos los términos de Cancagua, Moromoro, Tosca y Ñadis (Claude Zebrowsky/ORSTOM- México, 1991).

La presente obra combina en un tratamiento cuantitativo, la erosión de estos Tepetates utilizando el apoyo fotogramétrico tradicional en sentido horizontal, con la oportuna inclusión de las cámaras profesionales SLR (no métricas), realizando modelos geométricos con posibilidades de aplicación al monitoreo constante y buena precisión, alcanzando parámetros importantes en diferentes disciplinas tanto para la geomorfología (micromorfometría), la vegetación (fenología), la antropometría, así como la geología estructural, etc.

## “APORTE DE LA FOTOGRAMETRIA TERRESTRE A LA SOLUCION DE PROBLEMAS GEOGRAFICOS”

### INTRODUCCION:

#### PLANTEAMIENTO Y FUNDAMENTACION DEL PROBLEMA

Como se sabe, las cárcavas y los badlands, son rasgos de erosión hídrica, que se presentan en forma natural o inducidos zonalmente por actividad antrópica; tanto los movimientos en masa, como el escurrimiento superficial, crean la sofusión y el tunelamiento en las laderas de poca inclinación, originando a su vez este tipo de erosión acelerada. Asimismo, la actividad antrópica, como la deforestación, el desarrollo de las minas, la construcción de caminos, el desaliento de la gente en cuanto al uso de la tierra, seguido de la migración hacia las grandes urbes, y por lo tanto el consiguiente abandono de las tierras, desencadenan una aceleración en los procesos de pérdida de suelos.

En México poco se hace en cuanto al monitoreo de cárcavas se refiere y no se cuenta con una metodología adecuada, que sea barata y accesible a cualquier persona. Para entender el desarrollo de los procesos de erosión acelerada y representar particularmente el retroceso de las cabeceras de cárcavas se conforma en la presente investigación, el empleo de la técnica estereofotogramétrica virtual terrestre, pero con el empleo de las cámaras fotográficas comunes (SLR), más con el apoyo topográfico necesario y las expresiones de modelos en tercera dimensión, en los cuales se puede medir la paralaje, y las coordenadas X, Y, Z, determinadas en el espacio.

#### OBJETIVOS

**GENERAL:** Definir la magnitud de cambio dimensional, del retroceso de las cárcavas, en la zona elegida para la investigación: Ejido de Tetela del Monte, ínsito en la parte noroeste de la ciudad de Cuernavaca, localizado en la parte media del Glacís de Buenavista, en el Estado de Morelos, mediante la técnica estereofotogramétrica terrestre, con el empleo de cámaras fotográficas profesionales simples.

**PARTICULAR:** Determinar las alineaciones de los puntos epipolares definidos en la maqueta virtual, de tal forma que se integren en su promedio de posición en un octante ( $X_n$ ,  $Y_n$ ,  $Z_n$ ) y que con la orientación exterior adecuada se pueda medir y reiterar la posición que determinen para una cierta fecha, pudiendo observar a través del programa SURFER, incluso la morfología de la cabecera de la cárcava.

#### ESTRUCTURACION DEL PROBLEMA:

A) Marco teórico de referencia: Para dar el tratamiento adecuado al problema de los diferentes movimientos que se presentan en la cabecera de las cárcavas, habrá que partir de las consideraciones sobre los tipos de cárcavas y su predicción, propuesta por Imeson et al., en 1980, así como algunas técnicas para mediciones precisas de terrenos, propuestas por Aguilar y Piest en 1949; también se deberá de incluir la metodología estereofotogramétrica, para la medición de microtopografía, considerando las cantidades de lluvia, trabajo realizado por Shiu Hung, en 1983. Otros trabajos importantes son los de Donker y Damen, en 1984, así como el de Kirkby y Morgan, en 1984, además del de Thompson en 1964 y Wischmeider en 1978.

Para la técnica de fotogrametría terrestre concurren por una parte la fotografía, en sí misma, con su técnica y su problemática en composición y toma, así como las metodologías del apoyo topográfico clásico, considerando el cálculo de las bases y la calibración de cámaras fotográficas, metodología propuesta por Schwidofsky, en 1968, y Caire, en 1970, con los avances propuestos por Wild, en 1956, y Zeiss en 1968, además de García en 1980, quien propone adaptación de las cámaras SLR, para trabajarlas como goniómetros horizontales y verticales, en trabajos de pseudorestitución o coordenadas fotoimagen terrestres con una cierta precisión.

B) Hipótesis: En los suelos volcánicos endurecidos se presentan erosiones diferenciales, que dependen de la constitución física química de estos, y los cambios que ocurren son mínimos y solo con un método adecuado se podrán detectar estos cambios dimensionales.

A través de la micromorfometría, se pueden definir los incrementos en magnitud de las cabeceras de cárcavas con una buena resolución.

La técnica de la fotogrametría terrestre que se propone tanto por su precisión así como por la representación fidedigna de los fenómenos propios de la micromorfometría, se puede aplicar a cualquier terreno, y esto puede redundar en ser la base para un monitoreo confiable y accesible, bajo las consideraciones siguientes:

1. Con la oportuna orientación exterior de las cámaras SLR, empleadas en esta metodología, así como el conocimiento previo de su calibración interior, se podrán reiterar las mediciones incluso al término de varios años, como respuesta en el incremento de las cabeceras de las cárcavas.

2. El costo del empleo de esta técnica, es relativamente barato y accesible a cualquier persona.

3. La rapidez en la elaboración de los planos verticales y sus escalas grandes de hasta 1 a 1, o 1: 0.5, es un factor importante.

### C) Técnicas de Comprobación:

Inicialmente se recurre al muestreo selectivo para dilucidar la zona de badlands y cárcavas sobre de las cuales se ha de operar, incluyendo los bancos de coordenadas de apoyo para el tratamiento topográfico y fotogramétrico posterior y que conforma de manera integral la orientación exterior.

En el caso de cárcavas paralelas o de ramificación dendrítica, se puede enlazar su cabecera, mediante una triangulateración local, o al menos una poligonal topográfica, que se realiza con un teodolito de aproximación directa de cuando menos 30".

La planimetría y la altimetría concurren a la determinación del centro de la cabecera (centroide de la cárcava), definiendo para la planimetría con la determinación arbitraria e independiente del octante de coordenadas (eje de la Y), orientado simplemente (magnéticamente); para la segunda (altimetría), se recurre a una nivelación diferencial. El equipo que se emplea para tal empresa es: Un teodolito mecánico rectificador de aproximación directa de los 20", una cinta de acero, una brújula, balizas y punterías de triángulo. Por su facilidad en el posicionamiento topográfico, se recurre a la intersección o resección con una circunferencia, que pasa por tres puntos, contenidos en la poligonal de apoyo.

Es necesario determinar la calibración interior de las cámaras SLR, que intervienen en la técnica estereofotogramétrica: formato (l), distancias focales en diferentes ampliaciones ( $f$ ,  $f'$ ,  $f''$ ), para diferentes aplicaciones que se emplean en la restitución. En esta metodología intervienen dos cámaras Yashica fx3 de 50 mm de distancia focal, así como dos cámaras Canon t60 de 50 mm de distancia focal, calibradas al infinito y montadas sobre un soporte horizontal del fototeodolito.

Se realizará el levantamiento estereofotogramétrico terrestre de las cabeceras de las cárcavas, o si conviene solo con las placas aisladas, que se intersecten para la determinación de los planos verticales, en los cuales se incluyen señales adecuadas en una previa orientación exterior, resultando las coordenadas en octantes locales e independientes. De esta forma el relieve de erosión de las cárcavas podrá detectarse, y por lo tanto se podrán medir incluso los hundimientos de los terrenos facetados por erosión diferencial.

Se presentan algunas restituciones a línea para poder correlacionar contra la representación GEOS-SURFER, en base a los modelos de tercera dimensión que arroja la técnica de fotogrametría terrestre planteada.

## ANTECEDENTES:

En cuanto a la técnica estereofotogramétrica terrestre destaca el trabajo de Thompson, 1966. Con un tipo de cámaras métricas , sobresalen los informes de la A.S.P. (American Society of Photogrammetry ) y en particular el de Karara, en 1972, sobre la calibración a rango corto de cámaras simples; de igual forma es importante la obra de Faig, en 1972, en cuanto a los alcances y calibración de las cámaras simples en la técnica estereofotogramétrica terrestre, es de hacer notar que ya Finsterwalder, desde 1931, utiliza las cámaras como goniómetros en el desierto de Libia y hace levantamientos de Oasis, en semejanza a la intersección y la resección que se puede hacer con una plancheta, y esta misma posibilidad de medir con cámaras los lugares espaciales, lo continúan Schwidewsky, et al. en 1960. Destaca en 1977 el trabajo de Caire. En México es hasta finales de los años setentas y principios de los ochentas, cuando el trabajo de fotogrametría terrestre lo aplican algunas instituciones tales como SEDUE, y algunas empresas privadas como GESA. Sin embargo en el área de aplicación fundamental el posicionamiento con cámaras SLR es practicado por García desde 1981.

En cuanto a la física de las partículas del suelo y su relación con la erosión hídrica y eólica, destaca la obra de Bagnold, 1954, además de las investigaciones de Kirkby y Morgan, en 1980 y 1984, así como el trabajo que se desarrolla en la actualidad por varios Institutos de la UNAM: Geología (Flores y Gama), Geografía (Palacio, López Blanco), Ecología (Bocco); el Colegio de Posgraduados de Chapingo (departamento de Tepetates) con Arias, Peña, Zebrowsky, Merino, et al.

CONTENIDO:

**“APORTE DE LA FOTOGRAMETRIA TERRESTRE A LA  
SOLUCION DE PROBLEMAS GEOGRAFICOS”**

título.....	i
dedicatoria.....	iii
resúmen.....	iv
agradecimientos.....	v
prólogo.....	vi
introducción.....	vii
planteamiento y fundamentación del problema.....	vii
objetivos.....	vii
hipótesis.....	ix
técnicas de comprobación.....	ix
aporte y originalidad.....	xi
antecedentes.....	xii
índice general.....	xiii
índice de figuras.....	xvi
índice de gráficas.....	xvii
índice de hoja de cálculo (tabla).....	xvii

**CAPITULO I-DESCRIPCION DEL METODO FOTOGRAMETRICO.**

I.1. Generalidades.....	1
I.2. Apoyo terrestre, orientación exterior de la toma.....	7
I.3. Ajuste y calibración de la cámaras.....	8
I.4. La cámara SLR como goniómetro.....	9
I.5. La precisión en fotogrametría terrestre.....	11
I.6. Interrelación entre foto-aérea y terrestre.....	13
I.7. Conclusiones Parciales.....	15

## CAPITULO III.OTRAS APLICACIONES GEOGRAFICAS

III.1.Estudio de caso núm.2.APLICACIONES ANTROPOGEOGRAFICAS.....	76
III.1.1.Consideraciones generales para las tomas antropológicas.....	76
III.1.2.Caracteres descriptivos, conmensurables y antropológicos.....	78
III.1.3.Fotogramas de prueba.....	82
III.1.4.Graficación en SURFER.....	85
III.1.5.Conclusiones parciales.....	88
III.2.Estudio de caso núm.3.APLICACION VULCANOLOGICA.....	91
III.2.1.Aplicación al posicionamiento de tefras y lavas.....	91
III.2.2.Consideraciones gráficas sobre el problema de los tres puntos.....	93
III.2.3.Consideraciones analíticas sobre el problema de los tres puntos.....	96
III.2.4.Conclusiones parciales.....	101
III.3.OTRAS POSIBILIDADES DE APLICACION DE LA METODOLOGIA....	102
III.3.1.Aplicación Bioedafológica.....	102
III.3.2.Aplicación de Geología y de Geomorfología Estructural.....	106
III.3.3.Aplicación en el posicionamiento de Dunas.....	109
III.3.4.Aplicación en el posicionamiento de Glaciares.....	113
III.3.5.Aplicación en el posicionamiento de Lahares.....	115
III.4.Conclusiones Parciales.....	118
CONCLUSIONES GENERALES.....	120
BIBLIOGRAFIA.....	125
GLOSARIO.....	201

**CAPITULO II. ESTUDIO DE CASO 1-“MODELO GEOMETRICO PARA EL  
MONITOREO MICROMORFOMETRICO- Retroceso de cabeceras de  
cárcavas, en la parte media del Glacís de Buenavista, Cuernavaca  
Morelos”.**

II.1.Introducción a los estudios de caso.....	18
II.1.1.Orientaciones.....	21
II.1.2.Elementos básicos para manejar esta técnica.....	22
II.1.3.Erosión en cárcavas.....	25
II.2.Estudio de caso 1-RETROCESO DE LA CABECERA DE LAS CARCAVAS EN LA PARTE MEDIA DEL GLACIS DE BUENA VISTA, EN CUERNAVACA MORELOS.	
II.2.Geografía Física.....	30
II.2.1.Localización.....	30
II.2.2.Escurrimientos.....	30
II.2.3.Fisiografía.....	33
II.2.4.Relieve.....	33
II.2.5.Característica climáticas y metereológicas.....	34
II.2.6.Geología.....	35
II.2.7.Geomorfología.....	38
II.2.8.Suelos.....	41
II.2.9.Vegetación.....	45
II.3.Aplicación de la metodología fotogramétrica terrestre.....	46
II.3.1.Medición de las tomas estereoscópicas.....	46
II.3.2.Descripción de la planilla de cálculo para las tomas.....	49
II.3.3.Integración de mallas y su representación en SURFER.....	55
II.3.4.Cálculo de los volúmenes en SURFER.....	68
II.3.5.Representación de los volúmenes en EXCEL.....	69
II.3.6.Conclusiones y discusiones parciales.....	71
II.3.7.Resultados de otras cárcavas medidas.....	72
II.3.8.Sugerencias y futuras modificaciones a la metodología planteada.....	74

Apéndice.A).Diamantes y apoyo de campo.....	133
Apéndice.B).Calibración de la cámara con estadal.....	136
Apéndice.C).Calibración de la cámara con trigonometría.....	141
Apéndice.D).Panoramización y medición angular.....	147
Apéndice.E).Restitución a línea AVIOLYT BC1, compañía SOFIA.....	150
Apéndice.F).Rectificación diferencial, compañía SOFIA.....	153
Apéndice.G).Estudios físico-químicos del suelo.....	161
Apéndice.H).Descripción del perfil edáfico.....	164
Apéndice.I).Apoyo de campo- cálculo de la poligonal topográfica.....	167
Apéndice.J). Programa para la medición de pendientes.....	177
Apéndice.K).Descripción de las tomas o shots fotográficos.....	179
Apéndice.L).Datos climáticos y meteorológicos de la zona de estudio.....	181
Apéndice.M).Fotogramas, gráficas y volúmenes de las cárcavas 1,6 y 13.....	183

#### INDICE DE FIGURAS:

Fig. núm.1.Estereofototeodolito.....	4
Fig. núm.2.Modelo tridimensional.....	5
Fig. núm.3.Plano de localización de la zona de estudio.....	31
Fig. núm.4.Topografía de la zona de estudio.....	32
Fig. núm.5.Estereotripleta.....	40
Fig. núm.6.Fotograma reducido, cárcava núm.11.....	48
Fig. núm.7.Fotogramas de las etnias Mixtecos y Totonacos.....	77
Fig. núm.8.Fotogramas de las etnias Náhuatl y Amúzgos.....	79
Fig. núm.9.Fotograma de prueba 1.....	82
Fig. núm.10.Fotograma de prueba 2.....	83
Fig. núm.11.Fotograma de prueba 3.....	84
Fig. núm.12.Fotograma de prueba 4.....	86
Fig. núm.13.Fotograma-toma monoscópica del volcán Paricutín.....	92
Fig. núm.14.Fotogramas del flanco izquierdo y derecho sobre colada de lava.....	99
Fig. núm.15.Pseudorestitución de fotogramas del volcán Paricutín.....	100
Fig. núm.16.Tomas estereoscópicas de ficus spp. con alteración y sin alteración.....	104
Fig. núm.17.Tomas estéreo y nivel de base en acarcavamientos aislados.....	105
Fig. núm.18.Triángulo isósceles de 1m, sobre falla y circo de erosión.....	108
Fig. núm.19.Toma monoscópica para la medición de duna y su pendiente.....	111
Fig. núm.20.Tomas monoscópicas sobre dunas, para medir su dinámica.....	112
Fig. núm.21.Fotogramas con cámara métrica, expedición Pamir, India.....	114
Fig. núm.22.Toma estereoscópica de material aluvial en Puebla.....	116

## INDICE DE GRAFICAS:

Gráfica núm.1.Métodos de tejido de la cárcava núm.11.stack.1107b.Surface.....	57
Gráfica núm.2. Isométrico-Kriging.....	58
Gráfica núm.3.Isométrico-Inverso de la distancia.....	59
Gráfica núm.4. Isométrico-Mínima curvatura.....	60
Gráfica núm.5. Isométrico-Regresión polinómica.....	61
Gráfica núm.6. Isométrico-Función base radial.....	62
Gráfica núm.7. Isométrico-Sheperd.....	63
Gráfica núm.8. Isométrico-Triangulación radial con interpolación lineal.....	64
Gráfica núm.9. Representación ortográfica modo stack-3d view-carc.11post.blm.....	65
Gráfica núm.10.Selección-Método Kriging.mod.CONTOUR-SURFACE.....	66
Gráfica núm.11.Graficación de la cárcava núm. 11 con SPLINE-SMOOTH.....	67
Gráfica núm.12.Graficación de los volúmenes del monitoreo -Excel.....	69
Gráfica núm.13.Gráfica circular para revisar movimientos diferenciales.....	70
Gráfica núm.14.Gráfica del rostro. archivo face.mod.stack.3Dv.c.....	87
Gráfica núm.15.Gráfica del rostro. archivo face.mod.stack.3Dv.s.....	88
Gráfica núm.16.Gráfica-Rostro archivo grd.Kriging.....	89
Gráfica núm.17.Problema de los tres puntos.....	93
Gráfica núm.18.Intersección de plano inclinado con horizontal.....	94
Gráfica núm.19.Medición de los paralajes en toma estéreo.....	94
Gráfica núm.20.Solución por medio de geometría descriptiva.....	95

## CAPITULO I

### DESCRIPCION DEL METODO DE FOTOGRAMETRIA TERRESTRE

**I.1. Generalidades.** La técnica de la fotogrametría terrestre es un tipo de medición a corta distancia que se integra por un emisor, un medio de propagación y un receptor; Se considera como emisor, a todo tipo de superficie terrestre, que emite radiación electromagnética, como consecuencia de su actividad molecular y atómica (temperaturas superiores a los  $-273^{\circ}\text{C}$ , para ser visibles: López Cuervo, 1980), debido a la energía y por lo tanto, luz que proviene del Sol; lo anterior origina reflectancia y transmisibilidad en la atmósfera, la cual es el medio de propagación y presenta variaciones para diferentes materiales, pues la longitud de onda emitida por la superficie, varía en función de la constitución físico-química del material y con algunas dispersiones por la presencia de moléculas de agua y otros elementos; finalmente los receptores se les puede considerar a las cámaras fotogramétricas y estereométricas, mismas que alcanzan expresiones gráficas, analógicas y analíticas (Luthe, 1976), quedando sus rangos de aplicación práctica entre 1 m y 50 m en la profundidad (Lehmann, 1975), con una buena definición epipolar, pero con la dificultad de la instalación de las bases (caso de las cámaras estereométricas, Wolf 1974, Wild 1980). Es de hacer notar que esta tecnología es tradicionalmente costosa (Zeiss, 1977) y requiere de instrumental adecuado tanto para la toma como para la restitución a línea.

Las cámaras utilizadas en fotogrametría terrestre requieren que su objetivo sea fijo (Thompson, 1969) y su eje debe ser perpendicular a la emulsión (Schwidefsky, 1960). Deben contar con un colimador y un obturador de velocidad en relación de aberturas, alta (f-stop de 1 a 3.5), dado el tamaño de las cámaras (film-platten de 5" \* 8"). La sensibilidad de su película debe

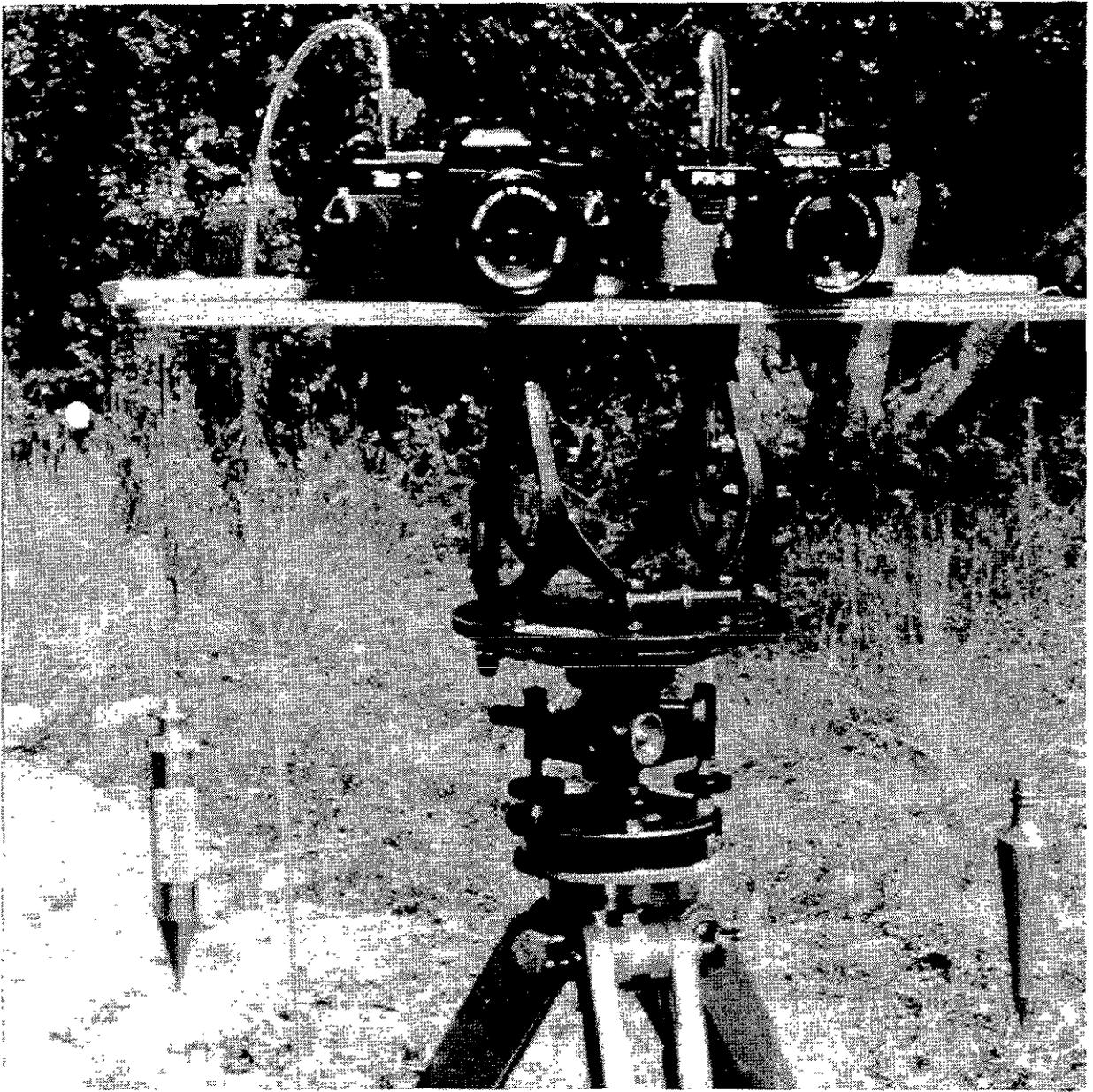
de variar entre los 25- 800 ASA/ASI (Veb Jena, 1980). Se debe conocer igualmente la orientación interna de las mismas ( $f$ -distancia focal,  $f'$ -distancia focal de amplificación,  $l$ -formato de amplificación del fotograma, además de las coordenadas de las marcas de colimación).

Se trabaja en esta técnica de fotogrametría con la película blanco y negro y a veces con la ortocromática (sensible al verde amarillo) y las pancromáticas (sensibles al rojo). Las películas deben ser de grano fino, utilizando frecuentemente la simplatten de Perutz, de 12 DIN hasta el 12 ASA, generalmente de placa de vidrio, capaz de permanecer plana al momento de la toma. En cuanto a la lente, los objetivos deberán de acercarse a la lente rápida rectilínea (Sears & Semanski, 1960), en vidrios Crown y Flint en modelos Cassar, Tessar, Sonnar y Nokton (Echávarri, 1980), que arrojan diferente distorsión radial, al variar de anastigmático y apocromático, con ciertas holguras, corrigiendo una gama de aberraciones curvilíneas y de color, con diferentes coberturas o conos en las lentes (tradicionalmente normal, gran angular y super gran angular), mismas que expresan mayor cubrimiento y diferente poder de resolución; Sin embargo, es de hacer notar que estas cámaras son costosas y de gran volumen, además de tener procesos no comerciales en el revelado de su film. Las cámaras que se utilizan en la presente obra con las técnicas de fotogrametría terrestre, son las profesionales simples (SLR)- Single Lens Reflex, comerciales, de objetivo fijo o de enfoque variable, que son fáciles de utilizar y tienen una gran versatilidad (García, 1987), (ver Fig.núm.1-estereofototeodolito) que por sus características de peso tamaño, presentan muchas ventajas y solo algunas desventajas para la medición acuciosa (Faig, 1975).

En cuanto a que el eje debe ser perpendicular a la emulsión, aunque el fabricante de las cámaras lo garantiza, se soluciona en fotogrametría con el problema de la pirámide propio de la

rectificación, lo que sienta las bases iniciales, para poder en forma posterior utilizar el paralelogramo de Zeiss en la restitución; esto se logra en los aparatos que se emplean en la fotogrametría aérea-terrestre, Terragrapho-Zeiss, y Aviolyt C de la Wild (Carbonell & Faig, 1979); pero lo fundamental y más importante es la intersección y o definición de los puntos epipolares que las tomas con SLR, cumplen con buena precisión (Ghost, 1968). Por lo que se refiere a un buen colimador sobre todo para la orientación exterior (Finsterwalder, en Jordan, 1980), en el presente trabajo se orienta hacia adelante con la adaptación que se propone (el montaje de las cámaras SLR, gemelas, en base de madera o aluminio sobre del eje de alturas del teodolito) (ver Fig. núm. 1).

Sensibilidad, relación de aberturas o luminosidad y velocidad, quedan evidentemente superadas en las cámaras SLR de manera amplia (A.P.B., 1980), mas no así la orientación interior que se realiza en este caso con la calibración oportuna y completa (Karara, 1972), que se debe realizar en las dos cámaras gemelas (ver el detalle sobre las calibraciones apéndices B, y C, y la Fig.núm. 2); la orientación exterior en cambio, sí se garantiza oportunamente, por la particularidad de empleo del cañon del teodolito trabajado normalmente, antes de la toma de las fotografías, lo cual alcanza expresiones de precisión que dependen tanto del método de posicionar topográficamente (Kissam, 1969), como del objetivo que se persiga (García,1987). Es de hacer notar que se aconseja que primero se realicen las orientaciones exteriores (apoyo de campo bajo un criterio seleccionado-Schmidt, 1978), y en forma posterior se hagan las tomas estéreos correspondientes (Zeiss, 1967).



**Fig.núm.1-Estereofototeodolito**



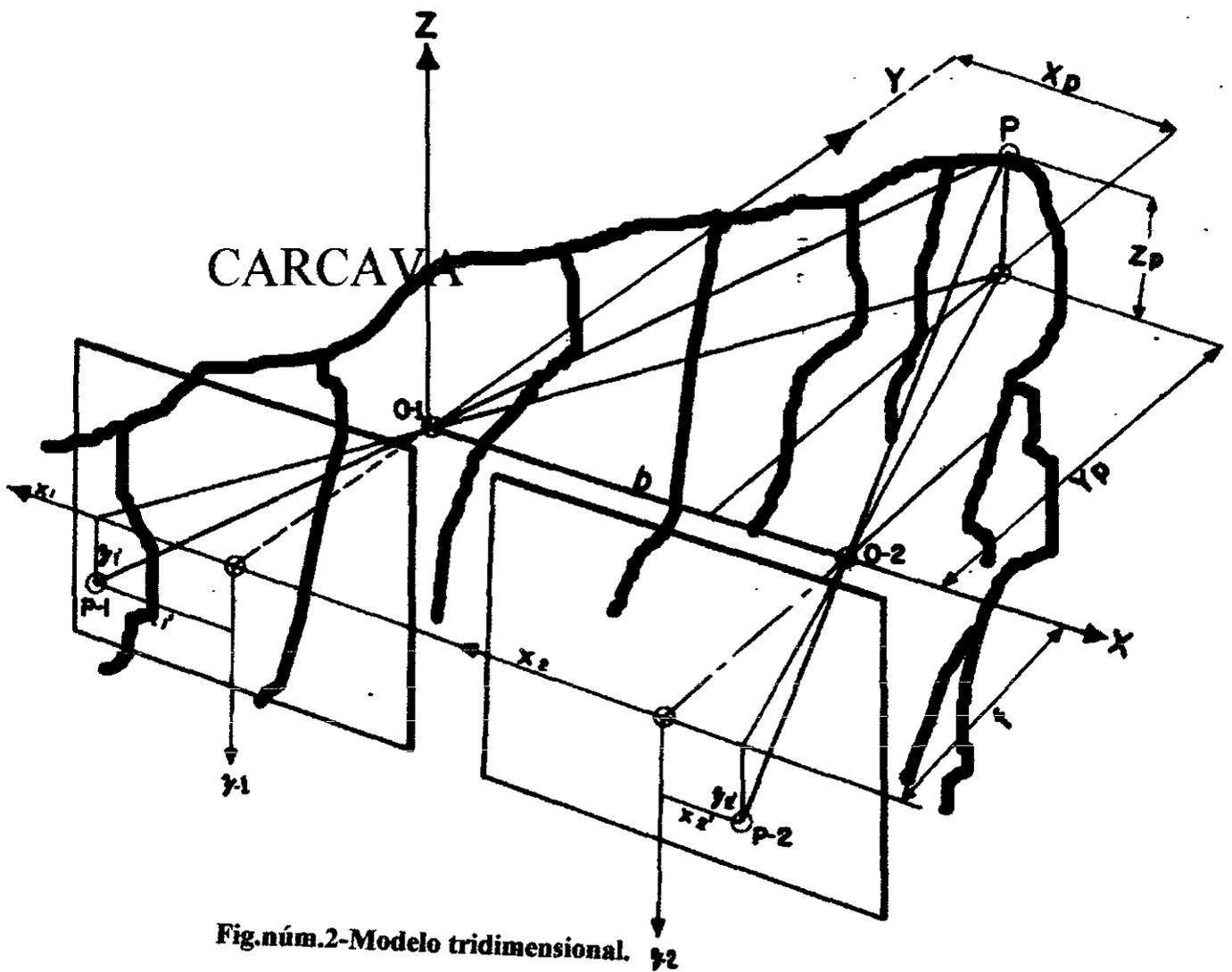


Fig.núm.2-Modelo tridimensional.

Explicación:

En la fig. se observan los tres ejes de coordenadas X, Y, Z.

Se observan los planos verticales de los fotogramas, izquierdo y derecho.

Se observa la simulación de la cárcava en tres dimensiones.

O-1, O-2, son los centros de proyección de las tomas.

O-1 Corresponde al origen de coordenadas  $X_0, Y_0, Z_0$ .

$b$  = base entre las dos cámaras.

$x'_1, x'_2$  son los componentes horizontales medidos sobre los fotogramas.

$y'_1, y'_2$  son los componentes verticales medidos sobre los fotogramas.

En cuanto a la película empleada, conviene la 25 ASA-Kodak, por ser la menos sensible (Langford, 1983) pero de grano más fino, en términos comerciales, aunque es mejor la Kodak ortho type 3 ASA 12, o al menos la Kodak Panatomic X ASA 32 (no comerciales), (ct. en Lheman, 1970), ya que todas ellas tienden a la ortocromática en grano fino; la lente que más conviene por su resolución y menor distorsión, es la normal de 50 mm, pero incluso se pueden emplear otras lentes más largas hasta los 150 mm (Deumlich, 1982). Es de hacer notar que aunque prácticamente se pueden emplear todo tipo de cámaras comerciales, siempre es deseable el que se disponga de un tipo de un objetivo en vidrio Crown-Flint, conjugado y/o con lentes en contacto en su sistema para eliminar lo más posible las aberraciones y tienda a ser como las métricas (l.r.r.-lente rápida rectilínea) (Kern, 1978), por lo tanto se descarta el empleo de las minicámaras de menos de 35 mm (las pocket), así como las de revelado instantáneo (tipo-Polaroid- Land). Son aconsejables en este rubro las de marca Nikon F2, y las Canon AV1, AE, T60, así como las Minoltas, de modelos STR 100 en adelante, así como las Yashicas fx2, fx3, e igualmente las Olympus OM10 (Fuji & Nikon ltd, 1988), sin embargo existen de mayor calidad tanto en su definición como en su formato (las de 70 mm, y 120 mm) de marca Hasselblad o Linhoff (comunmente llamadas profesionales), pero que son muy voluminosas y pesadas.

Es de hacer notar que en la presente investigación, se emplearon dos cámaras gemelas Yashica mod. fx2, dos cámaras gemelas Canon T-60, y dos cámaras Canon AE, y una cámara Canon AV1. Conviene señalar en forma importante que de ninguna manera es aconsejable el empleo de cámaras que tengan lente tipo zoom (objetivo de focal variable), por la incertidumbre de la calibración, en la distancia focal (García, 1980). Quizás valdría la pena investigar sobre la aplicación de las cámaras de lente fija, con la limitación de enfoque en cierto rango, además de

probar potencialmente las nuevas cámaras digitales que incluyen un ccd, para posteriormente editar las imágenes, con una calibración especificada en cuanto al rango de escala, ver Fig.núm 2.

### **I.2-Apoyo- terrestre- Orientación exterior de la toma:**

Inicialmente el apoyo terrestre requiere de una poligonal que pase por, o cerca, de las cabeceras de las cárcavas, para así determinar por medio de circunferencia, el centro o lugar de origen o partida de los ejes coordenados de las cárcavas a medir; esta poligonal de apoyo, se deberá de verificar y referir adecuadamente; se procedió a dar orígenes de cero a las cárcavas, para facilitar los cálculos posteriores.

La orientación de la toma mono-estereoscópica, llamada también orientación exterior, se dá por la determinación de la longitud y azimuth de la base estereoscópica, (Schwidefsky, 1960, ct. en Caire 1977), así como los ángulos de giro a partir de las estaciones de toma, incluyendo la altura respectiva de la estación y en el caso de correlaciones para el estudio del microrrelieve (micromorfometría), se pueden incluir las coordenadas de la estación o incluso partir de cero; si la fotografía es muy cercana no es necesaria la altura del aparato como inclusión para el modelo, sino más bien para dar el mismo lugar de apoyo en las sucesivas reiteraciones (monitoreo). Se deberá de incluir la distancia "Y", profundidad que determine el rango de precisión. También se deberá de instalar en la cárcava algún elemento de medida directa, con el cual se pueda escalar posteriormente (estadál, baliza, cartón de medida, o alambre nivelado con cartones anexos para la restitución-como es el caso de "diamantes" o señales de apoyo exterior), (ver apéndice A).

Es de hacer notar la importancia que se da a las referencias de la estación, pues en el monitoreo, no basta con la colocación de marcas -clavos sobre el terreno, sino que posteriormente se pueden perder por la erosión. Además al pretender utilizar las ecuaciones clásicas de la

fotogrametría terrestre,  $Y = b \cdot c / px$ ,  $x = b \cdot x / px$ ,  $z = b \cdot z / px$ , se deberá de garantizar por una parte a la intersección de los puntos epipolares para  $f$ , y los paralajes horizontales y verticales para  $x'$ ,  $z'$ , de tal manera que el modelo virtual que se genera exclusivamente para tratarlo con estereopsis, de forma cuantitativa y simétrica, siempre y cuando se minimizan los giros en los ejes  $x$ ,  $z$ , ( $\omega$ -omega y  $\kappa$ -kappa) respectivamente, es evidente que al no dar la altura de aparato inicial en las reiteraciones, se presente desplazamiento  $Dy$ - o  $Dz$ , según exista o no cambio en ejes, pero que al momento de operar la seudorestitución gráfica o analítica, se arregla de forma inmediata, igualando las alturas de los pares (Kreiling, 1978).

### **I.3-Ajuste y Calibración de Cámaras:**

Las cámaras SLR- no métricas, deberán de calibrarse para determinar las distancias focales correspondientes a diferentes ampliaciones ( $f$ ,  $f'$ ,  $f''$ ) , determinar los formatos de trabajo -horizontal y vertical ( $lh$ ,  $lv$ ), así como los radios medidos sobre los negativos ( $r$ ,  $r'$ ), determinar el punto principal (ppp), y las coordenadas A, B, C, y D, de las esquinas para revisar el corte, o como auxiliares para determinar las coordenadas por intersección trigonométricas (Luthe, en 1978); con esta calibración se podrán operar las fotografías como fotogramas. A este tipo de resoluciones específicas en las cámaras, se le denomina orientación interna y se lleva a cabo con dos métodos, (ver apéndices B y C).

### **I.4-La cámara SLR como goniómetro.**

Por la particularidad de poder medir directamente componentes, o desplazamientos tanto en abscisas como en ordenadas sobre el plano de la positiva de ampliación y por ser la fotografía una proyección central (cónica), se puede dilucidar la valoración angular con una función trigonométrica:  $\text{ang. sobre foto} = A = \text{tg}^{-1} ( x' / f )$ , en la que  $x'$  = dist. horizontal medida,

f = dist.focal calibrada; conociendo la orientación interior, lo cual substituye con gran ventaja a los teodolitos y tránsitos comunes, pues todo punto imagen se puede medir en forma directa, pero con el inconveniente de la distorsión de la lente, así como los errores presentes al operar y al correlacionar con la orientación externa (apoyo de campo).

El planteamiento anterior se comprueba con la llamada panoramización o medida de la panorámica en forma completa ( $360^{\circ} 00'00''$ ) (descrita en García, 1980), con cierta tolerancia (algunos segundos de error), atribuibles tanto a las ampliaciones, como al manejo y operación; esta precisión que se obtiene puede ser oportuna para aprovecharse, para detectar- medir y posicionar, con los métodos clásicos de la topografía (levantamientos directos - cámara y cinta, o con los procesos de intersección directa e inversa) (García, G.G. en 1980, ct. en Pérez C. G., en 1989- ambos inéditos) (ver apéndice D). Se presentan infinidad de aplicaciones del empleo de las cámaras SLR como goniómetro horizontal y vertical, tanto geográficamente, como geológica y geomórfologicamente, en expresiones que van desde las cualitativas, propias de la fotointerpretación (Guerra Peña, 1980), y las cuantitativas propias de la ingeniería, hasta las correlaciones con series infinitas (Fourier), para el estudio del microrrelieve, en fotogrametría estéreo o monoscópica (ver apéndice D).

Al respecto de la panoramización, o medida de la panorámica completa ( $360^{\circ}$ ), que fue descrita y propuesta por García en 1980, consiste en:

Se centra la cámara para medir la panorámica, sobre el punto previamente definida por un clavo, enterrado y/o referido, y se cierra en infinito la lente, generalmente en una parte alta y dominante del paisaje -pej. una torre, un edificio o en la parte superior de un cerro.

Se nivela y se orienta hacia cualquier punto del horizonte (entre las 9-11 hrs ).

Es de hacer notar que se puede trabajar tanto en formato horizontal, como en formato vertical; hay que considerar la cobertura de los formatos, o sea, que el cubrimiento del formato en forma horizontal, es para la lente normal de 50 mm, de unos  $62^\circ$  sexagesimales aproximadamente, por lo que para cubrir el horizonte a  $360^\circ$  se requieren cerca de 12 fotogramas (considerando el traslape de cuando menos 10 %).

Conviene señalar que los fotogramas se van traslapando con las propias figuras o paisaje que se presenten pej. la torre de una iglesia, o un cerro en particular, de tal manera que los traslapes no son constantes sino mas bien irregulares o cambiantes. Lo importante es que se cubra todo el horizonte, con fotogramas sobrepuestos, de tal manera que incluso con 7 fotografías, se puede cubrir todo el horizonte.

Una vez que se revelan las tomas, se extienden en una mesa, y se revisa que se cubra totalmente todo el horizonte, incluyendo la sobreposición del 10 %.

Con la distancia focal  $f'$  calculada previamente, se miden las componentes horizontales y se calculan los ángulos correspondientes, con la expresión de  $\text{ang} = \text{tg}^{-1} (x/f')$ , la suma deberá de ser  $360^\circ 00'00''$ , con algunos segundos de tolerancia (ver apéndice D).

### **I.5-La precisión en fotogrametría terrestre.**

Inicialmente se puede considerar a la toma (orientación exterior), como el punto de partida para la buena precisión, puesto que la base es directamente proporcional a la y - profundidad, o sea que:

$b=0.4 d Y/f$  ( según Caire en 1970), en la que:

$b$ = base de toma estereoscópica.

0.4= constante de operación, para garantizar el 60 % de sobreposición.

$d$ = formato horizontal (cerca a los 15 cm.).

$Y$ = distancia de profundidad a la mitad del objeto-para garantizar la partenairê.

$f$ = distancia focal calibrada y o  $f$ , o  $f'$  para el caso de ampliaciones.

Por otro lado de la ecuación fundamental de la fotogrametría terrestre (Ghost, 1979):

$y = (b/pa) * f$ , al diferenciarla (Jordan, 1980) en función de paralaje constante entonces:

$b = (y^2 / f) * dD/dY$ ...en la que para un valor constante de  $D_p = 0.01$ , luego:

$b = (1/100) * (y/f) * (y/dy)$ ..... entonces :

del error  $m_x$  de la paralaje horizontal..... $m_y = \pm (y^2/bc) * m_{px}$ , y para

$1/1000$ ..... $Y_{max} (m_y/y) = Y_{max} / 1000 * b * f \leq 1/1000$

entonces ..... $D/20 < b < d/4$ .....lo cual significa que para una

precisión de cuando menos de  $1/ 1000$ , la base debe de ser en correlación a la profundidad , se debe de mantener (Carbonell et al., 1979):

La mínima distancia de cuatro veces menor a la base estereoscópica de toma.

La máxima distancia de veinte veces mayor a la base estereoscópica de toma.

Expresada como varianza:  $Gy^2 = (y^2 / b^2 * f^2) * Gp^2 = ((y^2 / (b/y)^2) * (Gp^2))$

Expresada como error estándar:  $Gy = ((y / (b/y) * f) * Gp) \dots \dots \dots$  (Moffit, 1980).

Se puede decir que la fotogrametría terrestre, deriva en cuanto a su técnica y teoría fundamental, de la fotogrametría aérea; conllevan ambas técnicas en su proyección espacial de toma a conos y maquetas virtuales de conformación, enderezamientos de estos conos al eliminar los giros y desplazamientos de phi, kappa y omega, así como las diferenciales medidas sobre los ejes del octante en Dx, Dy, y Dz, además del módulo de escalamiento es similar, la forma de calcular las coordenadas o ecuaciones fundamentales también es similar, la manera de medir las profundidades son similares (utilizando la barra de paralajes o estereómetro, Schut, 1965), se les puede aplicar a las dos metodologías, la trisección inversa en el espacio, la manera de calcular las precisiones tanto en las ecuaciones fundamentales, como en el ajuste por mínimos cuadrados (SOFIA, 1996), en restitución tanto el paralelogramo de Zeiss, como el principio de Sheimplug son similares (sobre la partenairê ), y solo difieren como ya se dijo anteriormente, en cuanto al apoyo de campo (G.P.S. y estación total para la aérea), mientras que en la terrestre (la orientación astronómica, y la poligonación topográfica directa, la instalación de coordenadas -diamante para la orientación externa son similares.

Resalta en forma importante el hecho de recordar que mientras en la fotogrametría aérea las tomas son verticales en sentido nadiral, o ligeramente inclinadas, en la fotogrametría terrestre las tomas son horizontales, precisamente en dirección del horizonte en full shot o sea que el tipo de fenomenología, como es el estudio de caso1 (retroceso de las cabeceras de cárcavas ).

Schwidëfsky señala en 1960, al igual que Huggershoff en 1956, en sus planteamientos de aplicación tanto urbana como forestal, la posibilidad de interacción de ambas técnicas; sin

embargo las consideraciones geométricas elementales las utiliza Finsterwalder desde antes, en 1940, que al igual que Jordan en 1939, aplican la fotogrametría terrestre al levantamiento y la determinación de algunos Oasis en el desierto de Libia.

**I.6-Interrelaciones de fórmulas básicas en fotogrametría aérea y terrestre:** Los dos tipos de disciplinas, coinciden en su técnica, producción de mapas o cartas, planos, utilizando metodología parecida, tanto en los tipos de cámara, sus calibraciones, sus orientaciones (externa, relativa y absoluta), el apoyo de campo, las compensaciones de estos auxiliares, las formas de graficación, mediante aparatos de 1er, o 2do. orden, y con desarrollos digitales y de software, muy parecidos. En cuanto a la restitución: las fórmulas fundamentales de ambas técnicas quedan con el cambio de ejes como:

FOTOGRAMETRIA AEREA	FOTOGRAMETRIA TERRESTRE
$X = ( B/px ) x_n$	$X = ( b/px ) x_n$
$Y = ( B/px ) y_n$	$Y = ( b/px ) f$
$Z = ( B/ px ) f$	$Z = ( b/px ) z_n$
<i>en Z se calculan las alturas</i>	<i>en Y se calculan las profundidades</i>

Las fórmulas refieren respectivamente para la fotogrametría aérea:  $X_n$  (coordenada en X)= Base sobre la paralaje, que multiplica a  $x_n$  (componente en la foto), la coordenada Y= la Base sobre la paralaje que multiplica a la componente (y-horizontal), la coordenada Z= la Base sobre el paralaje que multiplica a la distancia focal. De igual forma para la fotogrametría terrestre: las fórmulas dan: coordenada X = base sobre paralaje que multiplica a x (componente horizontal), la coordenada Y = base sobre paralaje que multiplica a la dist. focal, y

la coordenada  $Z$ = base sobre paralaje que multiplica a la componente vertical ( $z$ ). Considerando este ordenamiento en los ejes, se pueden incluso correlacionar las dos técnicas de fotogrametría.

En la presente investigación para poder representar la tercera dimensión, se recurrió al empleo del software de GEOS y SURFER, propiedad de GOLDEN Software de California US, con lo que se substituye en forma práctica a la restitución tradicional a línea . En la presente obra, se realizó una restitución a línea (realizado en un aparato de restitución de primer orden (Mackarovic, 1977, ct, López Cuervo) (AVIOLYT BC 1, de la empresa SOFIA - Sistemas de Ortofotografía e Ingeniería, en Cuernavaca Morelos), (ver apéndice E y F), particularmente se restituyó la cárcava # 11. Se presenta el modelo de ajuste y rectificación para el caso de la restitución a línea. Es de hacer notar que se apoyó en el campo (poligonal orientada y correlacionada a los los diamantes-coordenadas de apoyo) (ver apéndices A, E y F).

La aplicación de la fotogrametría terrestre en el posicionamiento  $X_n, Y_n, Z_n$  (procesos de taquimetría), fue descrita por García, en 1980 ct. en Pérez 1989, en la cual se establecen los procesos de Englund, Cassinni & Bejerhammar y Photenot a través o con la utilización de estereofotogrametría a partir de bicámaras gemelas. Además que los parámetros a posicionar son coordenadas en un sistema de referencia dado, y la precisión dependen de la técnica de medición empleada así como de la extensión territorial que se quiera cubrir en sentido de la profundidad. Es de hacer notar que en el presente estudio, se utilizan fotogramas en los que se miden componentes horizontales a partir de los cuales, se determinan los ángulos, que las fotoimágenes puedan resolver, como en el caso de polígonos cerrados y abiertos; se pueden integrar con algunas medidas adicionales, sus correspondientes planillas de cálculo. Las coordenadas en el espacio para la topografía, llevarán corrimientos en proyecciones respectivos en los ejes  $X, Y, Z$ ,

que en la maqueta virtual, se podrán exagerar en su estereópsis, y de esta forma medir el relieve en sentido de profundidad horizontal. Lo anterior se entiende como inicio para delimitar de una vez el hecho de que la fotogrametría terrestre en su aplicación, tiene sus límites en sentido de las profundidades de la foto-imagen, ver fotograma de la expedición geográfica, en la región del Himalaya, en Pamir, Zenaleck , 1978, en Zeiss Oberkochën, fotograma - horizontal, utilizado para reconocimiento y señalización de mojoneras geodésicas (ver III.3.4. y Fig. núm.21).

Al contrario de lo anterior es de hacer notar, que por su particularidad de medición de cualquier objeto físico que se encuentre en un espacio corto (desde 0.25 m hasta 50 m), en el rango de precisión en función de base, la fotogrametría terrestre puede medir con buena resolución (según García, 1980), hechos y fenómenos físicos, biológicos y humanos.

### **I.7-Conclusiones Parciales:**

Como se estableció al inicio de este capítulo, la fotogrametría terrestre es un tipo de teledetección a corta distancia, opera en su aplicación de una manera similar a la fotogrametría aérea, y asimismo, se requieren que las distorsiones geométricas sean mínimas y nos den un modelo como resultado de la restitución, igual o muy semejante al terreno fotografiado; por esa razón se deberá de hacer perpendicular la emulsión a los ejes de las cámaras, lo cual se logra con el estereofototeodolito que se propone. Se requiere igualmente, que se obtenga una buena resolución gráfica, a través o con el empleo de las lentes involucradas, lo cual se logra con satisfacción al emplear las cámaras SLR (cámaras de reflexión de lente simple).

Se puede considerar a las cámaras SLR, como muy versátiles, y fáciles de utilizar, pudiendo aplicarse en fotogrametría terrestre, todas aquellas cámaras que incluso tengan enfoque variable, además de algunas oportunidades de velocidad y obturación automáticas, sin alcanzar

una gran sofisticación, es decir, conviene que se puedan modular directamente estos parámetros. Al igual que en la fotogrametría aérea, se utilizan dos imágenes, para lograr el modelo tridimensional, en la técnica terrestre, se utilizan tradicionalmente dos cámaras sobre una base predeterminada (en el caso de las estereométricas); en cambio en el modelo propuesto, la base de madera en el eje de alturas, genera la posibilidad de varias bases cortas, huelga decir el tamaño menor y la facilidad en el transporte que este modelo propuesto significa. Aunque se pueden utilizar varios objetivos (lentes), sobresale el empleo de la lente normal (50 mm), ya que como se sabe en términos fotográficos, esta lente nos reproduce, una semejanza a la visión real del ser humano (Desiletz, 1974). Conviene señalar el hecho de que para fotogrametría terrestre todas las cámaras empleadas, se deberán de orientar internamente (cálculo de  $f$ ,  $f'$ , etc.) para determinar los parámetros y poder emplearlas como goniómetros, horizontal y/o vertical, dado un intervalo de amplificación, determinado en la positiva de contacto; también se requiere la orientación externa, que conlleva la determinación de las bases y o en función a los diamantes, el poder unir foto con medidas reales en el campo, permitiendo de esa manera escalar la foto (introducir el módulo de escala). Una vez que se calibran las cámaras, se pueden utilizar como goniómetros utilizando una relación angular a través de la medición de componentes lineales, operación que es comprobada con la llamada panoramización, o medida de la panorámica completa a 360°.

La precisión en fotogrametría terrestre está en función de la distancia de la base entre las cámaras, se calcula ya sea en forma proporcional al traslape entre fotos, o en base a la precisión que se requiera obtener; de esa forma la base es directamente proporcional a la Y-profundidad, en la toma, considerando la precisión en función de la paralaje medida sobre esta profundidad, vista en el modelo tridimensional estereoscópico.

Puede decirse, que tanto la restitución así como la rectificación diferencial, son prácticamente iguales tanto en la técnica terrestre, como en la aérea, difieren solamente en cuanto a que los ejes tienen su propia interpretación, ya que en la aérea, se dilucida la medida de la  $f$ , sobre o con el eje de las  $Zs$ , en sentido nadiral, lo cual significa las alturas, generando un modelo tridimensional normal (eje  $X$ , horizontal, eje  $Y$  horizontal y eje  $Z$  de elevación), mientras que en la técnica terrestre, la  $f$  se dilucida sobre el eje de las  $Ys$ , lo cual obliga a cambiar los ejes adjuntos, generando un eje  $X$ , horizontal, un eje  $Y$ -profundidad, considerado en forma horizontal, y un eje  $Z$  vertical o de alturas.

La fotogrametría terrestre se puede aplicar de forma independiente o en conjunto a otras técnicas empleadas en topografía clásica, como son los métodos de Englund, Photenot, etc.

Finalmente se puede decir que esta técnica fotogramétrica terrestre, se puede aplicar a la observación de hechos y fenómenos físicos biológicos y humanos, en sentido vertical, es decir, con analogías que conlleven en un octante de medida, los ejes de las  $X$ , en sentido de las abscisas, el eje de las  $Zs$ , correspondiendo a las ordenadas, pero integrando a el eje de las  $Ys$ , en sentido de la profundidad o el relieve por medir, pero que se encuentren en un rango que va desde los 0.25 m hasta los 50 m.

## **CAPITULO II-APLICACION DE LA METODOLOGIA**

### **II.1.Introducción general a los estudios de caso:**

La fotografía en general es descrita como el arte de escribir por medio de la luz, (Desiletz, 1974) o utilizando este tipo de energía electromagnética radiante; en la actualidad existen cámaras muy capaces y que superan ampliamente la posibilidad de visión del ojo humano (Kodak, 1980 y 1981). Por otro lado el avance científico de los levantamientos expeditos, nos lleva a umbrales que antes no se habían considerado, y de esa forma se cuenta ya en todo el mundo con teodolitos electrónicos y estaciones totales que substituyen tanto a los distanciómetros, como a los taquímetros reductores de hace algunas décadas, alcanzando además la potencialidad de poder configurar, poder almacenar e incluso graficación automática, al utilizar en forma conjunta los ordenadores y software oportunos, que hacen que el levantamiento tradicional sea en la actualidad rápido y de muy alta precisión (Seangolies, 1980).

Por otro lado la fotogrametría aérea y terrestre así como los sensores remotos han avanzado en forma importante, tanto en su hardware, como en los software, y se habla ya en la actualidad de un tipo de fotogrametría, en la completa obscuridad, utilizando ciertas regiones y tipos de energía electromagnética sui-generis (sistemas infrarrojos, slar, etc.). La fotogrametría terrestre en forma similar ha avanzado mucho, tanto en toma directa, cámaras métricas y estereométricas, como en su restitución gráfica, analógica y analítica, utilizando básicamente una tecnología similar a la fotogrametría aérea (apoyo de campo, toma de fotografías, y restitución a línea, o automatizada; digitizando o con ortofotografía), ya sea estereoscópica o barrida, con "scanners". Es de hacer notar que tanto la precisión

lograda es alta, como el detalle de las configuraciones que es fiel, así como el posicionamiento alcanzado es de muy buena precisión. Sobra decir que en México ya no se emplea el fototeodolito, que ha sido substituido por cámaras métricas y teodolitos de muy alta precisión (Wild T2, o Elti2 de Zeiss Oberkochën) (Colín, 1994). También es oportuno definir que el presente estudio se concreta a la aplicación de la fotogrametría terrestre a un hecho Geográfico-físico directo que ocurre en el área de la geomorfología (micromorfometría) y que conlleva la combinación de un teodolito clásico, con la montura de dos cámaras comerciales del tipo SLR- de 35 mm, sobre una base especialmente adaptada en el soporte de A del teodolito (eje de alturas), con la oportuna interacción de algún software para su representación espacial (GEOS- SURFER- GOLDEN SOFTWARE- COLORADO-US). De esta forma se propone y se ha recurrido nuevamente al fototeodolito (pero con cámaras gemelas y comerciales - de fácil adquisición)- estereofototeodolito- y que permite asimismo alguna precisión aceptable para el fin que se persigue en la presente investigación.

La utilización y empleo del instrumento que se propone, en el ámbito de la Geografía Física, nos puede significar algún ahorro de tiempo y por sus características de eje horizontal, la aplicación consiguiente a hechos y fenómenos Geográficos que necesiten para su observación la potencia de una cámara SLR (Freeman, 1984), con la importancia de la medición angular (goniómetro horizontal y vertical), más la oportunidad de medición con cierto rango de profundidad, en la dirección de las Ys (McNeill, 1980), alcanzando a cuantificar mediante el empleo de las paralajes estereoscópicas, los elementos de profundidad o relieve que se observen en los estereopares (García, 1995).

Tradicionalmente la fotogrametría se define como “el arte, la ciencia y la tecnología, de obtener medidas fidedignas de objetos físicos y del medio ambiente, a través de procesos de medición, grabación e interpretación de fotografías, imágenes-escenas y patrones de energía electromagnética radiante” (ASP, 1975); esta misma definición al aplicarla a la fotogrametría terrestre, y al caso de la presente investigación, se puede observar que se cumple de manera amplia, tanto por el empleo de una cámara versátil como las SLR, lo que implica el poder pintar con luz (Busselle, 1980), pintar con flash a cierto color, hacer sobrexposiciones, posterizaciones, cambiar de tonos, hacer pleicorísmos, filtrados, solarizaciones, etc. (Ciapanna, 1981), ya sea con un negativo o forzando negativos de diferente velocidad, en trucos de laboratorio y de tomas in-situ, permitiéndonos medir en forma directa las fotografías positivadas (Schut, 1975), o incluso en los propios negativos, o como sucede en los aparatos de restitución con un internegativo ampliado a la placa de formato. Huelga decir que mucha de la técnica de la fotogrametría aérea, puede ser aplicada a la fotogrametría terrestre, así como algunas reglas clásicas de la fotointerpretación (Guerra Peña, 1980 y Strandberg, 1975).

La medición de las estereofotos, conlleva no solo la determinación de las coordenadas X, Y, Z, de los estereomodelos, sino que derivadas de estas, la posibilidad de medición en un octante rectangular, y determinación de: puntos, rectas, planos, curvas, superficies, volúmenes, configuraciones (García, 1987), ya sea para una determinada fecha como con la posibilidad de repetición, alcanzando entonces el poder monitorear y por lo tanto comparar con fechas diferentes (Blagovolin, 1972), manteniendo un estándar de precisión y una uniformidad en la metodología de apoyo de campo que se hubiera

seleccionado (métodos de Photenot, Englund, o una curva que pasa por tres puntos de coordenadas conocidas, etc.) (García, 1980, ct. en Pérez, 1978) (ver apéndice I).

### **II.1.1. Orientaciones.**

Como se dijo anteriormente, la interrelación de la técnica fotogramétrica aérea con la terrestre es fundamental (Kombinat, 1987), pero estas difieren substantivamente en:

#### Orientación interna:

Generalmente en la aérea la determinación de la distancia focal ( $f$ ), las coordenadas del punto principal ( $N_x$ -ppp), la distorsión de la lente ( $\xi_r$ ), se realizan en laboratorio con colimadores (Deagostinni, 1970).

En la terrestre se puede determinar las distancias focales ( $f$ ,  $f'$ ,  $f''$ ,  $f'''$ ), las coordenadas del punto principal ( $N_x$ -ppp) y la distorsión radial ( $\xi_r$ ), operaciones que se realizan con medición directa ya sea de estatal o trigonométrica (ver apéndices B y C).

#### Orientación externa:

El apoyo de campo en la fotogrametría aérea puede ser con GPS o sistemas de trilateración geodésica (INEGI, 1993, 1994).

En la terrestre el apoyo puede ser con poligonación directa, abierta o cerrada con procesos de Photenot y con circunferencia (García, 1995) (ver apéndice I).

#### Orientación relativa:

Se realiza en forma similar en ambas técnicas, sobre el aparato de restitución minimizando las rotaciones sobre los ejes de  $\phi$ ,  $\kappa$  y  $\omega$ . Es de hacer notar que en la terrestre, desde la toma se minimizan los giros, al nivelar las cámaras y dirigir las hacia una

orientación predeterminada con los colimadores, y en el caso particular con la oportuna orientación de la base de las dos cámaras.

#### **Orientación Absoluta:**

Se realiza en forma similar en la aérea y la terrestre, pero se utilizan diferentes restituidores: A 40de Wild o Technocart (terrestre- de Zeiss Jena), y el Autógrafo A10 de Wild o el Estereoplanígrafo C8 de Zeiss Oberkochen, o incluso algunos restituidores comunes a ambas disciplinas y más modernos como: el Estereometrógrafo de Zeiss Jena, el Aviolyt BC 1 y el VDP, de Wild Herrbrugh así como el PD 2000 de la Leica-Wild.

#### **II.1.2. Elementos básicos para manejar esta técnica:**

Saber hacer el apoyo topográfico, con la orientación astronómica, si así se desea (no es indispensable esta orientación) (ver apéndices, A e I).

Saber tomar buenas fotos con los fundamentos básicos (ver apéndice T) y con las caracterizaciones que se requieran. Se pueden editar las fotos con algún tipo de software como el Corel Photo Paint (versiones 4 y 5).

Se debe tener presente la intersección de los puntos epipolares para la toma en estéreo que dependerá del objeto o paisaje por fotografiar (combinar las tomas o shots con la orientación exterior), esto se debe de plantear con el fin exclusivo de prever que la maqueta virtual se va a dar o garantizar para una determinada profundidad en el eje Y.

Estar consciente de la limitación de las profundidades (se recuerda que la fotogrametría terrestre es de rango corto) (Belcher, 1960).

Conocer como medir ángulos horizontales y verticales a partir del par de fotogramas (ver apéndice D).

Saber medir con el punto flotante las profundidades en las estereofotos.

Manejar los programas de GEOS y SURFER; para la representación de la tercera dimensión (puede utilizarse también el software de AUTOCAD versión 12).

En cuanto a su costo, se puede considerar, que es bastante asequible, ya que requiere inicialmente de un par de cámaras SLR, de preferencia idénticas, su calibración, un estereoscópio catodióntrico (de espejos y de lentes-plasticidad total-), una computadora PC, con procesador 486 cuando menos, una calculadora, algunas ampliaciones de 8"x10", un teodolito con su base adaptada, equipo de campo (cinta, balizas, estadales). Si se compara con el costo de los sensores remotos que propone López-Blanco en 1994, se nota que son inversiones muy diferentes, pero también son ventanas diferentes, ya que López Blanco, propone tomas de eje nadiral con bases o plataformas aéreas (globos aerostáticos cautivos, o vehículos tripulados), mientras que en la presente investigación se propone el medir directamente la maqueta virtual formada por la cárcava, en el entendimiento que las cámaras tienen su eje horizontal, paralelo y la base generada entre los dos ejes de las cámaras gemelas es, directamente proporcional con la profundidad relativa del acarcavamiento o modelo por restituir.

De lo anterior se dilucida que: el modelo utilizado y o que se propone en la presente investigación, emana o resulta de las mediciones de la partenairè (paisaje- espacial) o tercera dimensión fotografiado en forma directa. Las paralajes de las estereofotos que conllevan una orientación específica, obliga a manejar un sistema de hoja electrónica (150 o

más puntos, ver II.3, y el II.3.1), que pueden sobrepasar a los 1000 puntos (utilizando el Lotus 123, o el Excel, v 5). Para poder iniciar el GEOS y el SURFER (se pueden realizar en forma directa las mallas o grids- de tercera dimensión); operación que determinará para una fecha el evento o partenaire específico.

Una vez que se domina la técnica propuesta, se puede pensar en el monitoreo sistemático, a diferencial de tiempo, por lo que hay que cuidar sobremanera la orientación exterior referida, para así posicionarse en el mismo lugar y a la misma altura, con un error de  $\pm 5$  mm. (por eso se sugiere un buen apoyo de campo). Conviene añadir que nuestras parcelas experimentales no siempre están exentas del deterioro antrópico, animal, o meteorológico.

La metodología a seguir es común con la fotogrametría aérea. Luthe en 1980, plantea el seguimiento para la técnica aérea, mismo que utiliza la terrestre considerando:

- 1- Adquisición de datos (las tomas con las debidas orientaciones).
- 2- Procesamiento de datos (cálculo de las coordenadas y configuración).
- 3- Análisis de datos y aplicaciones (correlaciones espaciales y monitoreo).

La técnica particularmente fotogramétrica que se empleó es:

1- Fotogrametría gráfica, lo cual significa (proyecciones y geometría descriptiva más la determinación de abscisas y ordenadas por medio de direcciones).

2- Fotogrametría analógica, realizando restitución a línea, como en la presente investigación, que se empleó el restituidor AVIOLYT BC1, en la empresa SOFLA, (Sistemas Orotofotogramétricos e Ingeniería Aplicada-Cuernavaca Morelos, 1996).

3- Fotogrametría analítica (en la que se obtienen los parámetros pesados de la rectificación del fotograma y se grafica automáticamente (AVIOLYT BC1) de Wild, o en la que se obtienen también a través de un variograma estadístico, el cálculo y la graficación de las posiciones en el espacio tridimensional, utilizando el software de GEOS y SURFER (Colorado, US).

De acuerdo al desarrollo sistemático de las matemáticas que intervienen incluso en la presente investigación se puede considerar:

1- Fotogrametría de imagen unitario, (cuando se mide monoscópicamente un fotograma para determinar ángulos o aplicar panoramización).

2- La estereofotogrametría (cuando se calculan las posiciones X, Y, Z, del estereomodelo, partiendo de la base previamente orientada y establecida, en función de las profundidades en sentido del eje Y, por intersectar en la maqueta virtual).

3- El término de múltiples fotografías pudiera emplearse de manera similar al de la fotogrametría aérea pero se debe incluir la panoramización (García, 1980). Las alturas en el eje de la Z se pueden alcanzar con andamios y o con apoyo de campo a diversa altura (como en el caso concreto de medir o fotografiar un cenote o una poza vertical, así como algunas naves espeleológicas- grutas en piedra caliza).

4- La definición en fotogrametría aérea de mosaicos controlados, bien podría correlacionarse en la técnica terrestre, en la aplicación de varias fotos con algún tipo de orientación exterior como las referidas en los apéndices A, D.

**II.1.3-Erosión en cárcavas-** Hadley 1985, considera que la erosión sobre un arroyo se inicia cuando el poder combinado de la energía del agua de lluvia, excede a la resistencia del suelo que la conduce para retenerlo, alcanzando una mayor disección y ensanchamiento del cauce.

La erosión es un proceso natural en tiempo geológico y se presenta en todo tipo de ambientes, pero puede ser disparada y acelerada tanto por cambios climáticos como por actividad antrópica, es decir un cambio en el uso del suelo, puede originar erosión, así como la actividad neotectónica. La erosión varía en tiempo y espacio, de acuerdo con Morgan, 1979, la mayor cantidad de erosión toma lugar en eventos de descarga de fluidos de moderada frecuencia y magnitud. Los eventos catastróficos son poco frecuentes para contribuir a la cantidad de suelo erosionado, sin embargo estos eventos pueden disparar o acelerar la secuencia de erosión, cuando un umbral geomorfológico ha sido excedido.

Erosión en cárcavas. La erosión en cárcavas se inicia en su definición, cuando un flujo de un arroyo o canal, aumenta su gasto (o cantidad de agua) siendo este en particular no el esperado. La morfología de cárcavas conlleva en su inicio una profundidad mínima desde los 0.5 m de disección vertical (Bocco, 1991), alcanzando hasta los 4 m, tomando un parecido a los rills; Sin embargo estos (rills), son claramente dependientes del flujo del agua que proviene de la zona de los inter-rills y muestran un comportamiento más como de un río que como de cárcavas (Imeson y Kwaad, 1980). Las cárcavas se pueden desarrollar en rills alargados, pero su génesis es mucho más compleja (Morgan, 1979). Usualmente incluye una interrelación entre: 1) el volumen, velocidad y tipo de escorrentía; 2) la susceptibilidad de las materias por erosionar (erosibilidad); 3) cambios en la cubierta del

suelo, por el tipo de uso del suelo y por la práctica conservacionista (Bocco, 1991). Otra definición basada en el paisaje la establecen Morgan, 1979 y Hudson, 1985, quienes definen a las cárcavas como un estadio abrupto de erosión en los arroyos de agua que están sujetos a flujos repentinos durante las tormentas.

Las cárcavas son siempre asociadas con inestabilidad en el paisaje y por lo tanto con procesos de erosión antropogénica. De acuerdo a Imeson y Kwaad, las cárcavas son características del paisaje que presentan un rápido crecimiento, estos autores consideran también que no existe una relación simple entre la pendiente arriba de la cárcava y la cárcava en sí misma. Las cárcavas se desarrollan cuando el umbral geomórfico es transgredido (Patton y Schumm, 1975), es decir, cuando el decremento en la resistencia del material del suelo se da por aumento de gasto o como un incremento en la erosividad de la escorrentía. Estos umbrales pueden ser según Schumm, 1979 como: extrínsecos (clima, antropogénicos) o intrínsecos (inherentes a la cárcava en sí misma).

De acuerdo con Hudson, 1985, las cárcavas son el resultado del rompimiento del equilibrio entre los procesos y los cursos de agua causados por: 1) incremento en la cantidad de fluido; 2) Decremento en la habilidad del canal para mantener ese curso; Podría originarse lo anterior por un cambio en el uso del suelo, por ejemplo de forestal a agrícola, ya sea cambiando el área de captación o por construcción de una carretera. Un decremento en la capacidad del canal que puede ser resultado del decremento de velocidad, alterando por lo tanto la rugosidad e incrementando el radio hidráulico y la consiguiente deposición.

Cuando se inicia una cárcava, la incisión se da en forma de v en la que se puede aplicar la ecuación de Manning:

$V = (1/n) (R^{2/3} S^{1/2})$  en la que V= velocidad, n= coeficiente de rugosidad, R= radio hidráulico o profundidad y S= pendiente. R se incrementa por motivo de mayor flujo en el arroyo y por lo tanto se incrementa el gasto, el cual tiene la expresión de  $Q = A/B (R)^{2/3} * S^{1/2}$ , en la cual Q= gasto, A= área, B= perímetro mojado, R= radio hidráulico o profundidad de la disección y S= pendiente.

Por otro lado de acuerdo con la FAO, 1965, el desarrollo de las cárcavas es causado por diversos procesos los cuales pueden ocurrir solos o simultáneamente: 1) por el moler de los materiales abrasivos en los lados de la cárcava por el flujo del agua; 2) por la erosión en cascada de la cabecera. El patrón y la extensión del desarrollo de las cárcavas, está en relación directa con la cantidad y velocidad de la corriente. La cantidad de agua es relativamente cercana al tamaño de las partículas de la escorrentía y al área de captación. Las tormentas son los componentes principales del movimiento en masa de las cárcavas (Piest y Spomer, 1968).

Existen diferentes criterios para clasificar a las cárcavas. Ireland et al (1939), proponen seis formas de clasificación directa como un simple significado de describir su forma y su patrón: lineal, bulbosa, dendrítica, de trellis, paralela y compuesta. De acuerdo con Heede (1970), la morfología de cárcavas es el primer paso para evaluar el proceso de las cárcavas, en esta consideración la morfología representa una liga entre el pasado, el presente y el futuro de las cárcavas. Hylsky en 1973, propuso que la clasificación de las cárcavas debería de incluir la forma en plano de la cárcava, más la morfología de sus

costados y de sus perfiles transversales. Imeson y Kwaad, 1980, clasifican a las cárcavas de acuerdo a su morfología y a los procesos que operan en ellas. Harvey 1985, clasifica a las cárcavas como un miembro de un continuo canal que incide (desde los más pequeños hasta los más largos) convertidos en rill, cárcava y canal atrincherado, entonces las cárcavas son consideradas de talud de valle y de piso de valle, por su posición en el paisaje. En este entendimiento las cárcavas son básicamente canales que forman un sistema fluvial que tiende a ser estable con el tiempo.

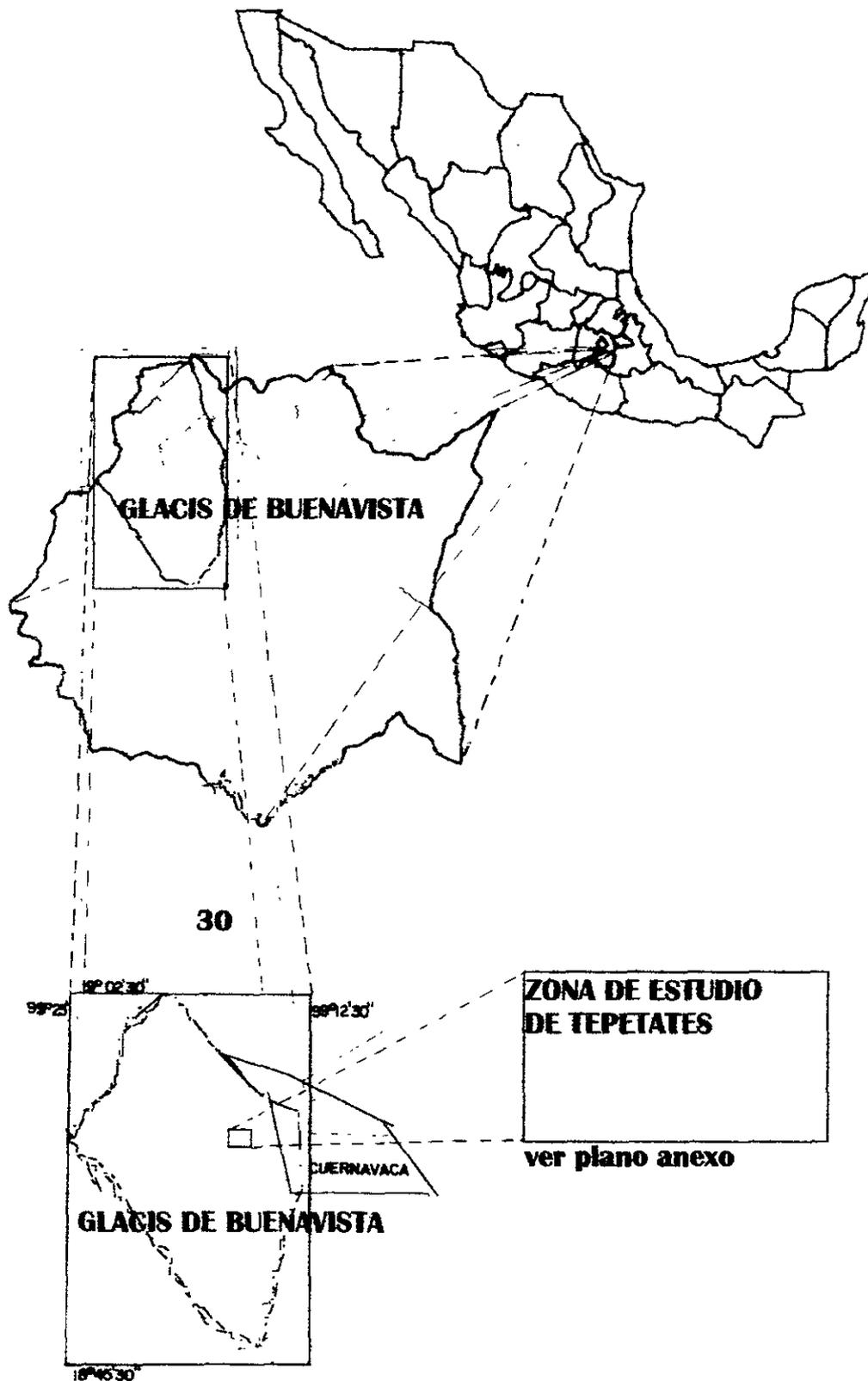
López Blanco y Palacio Prieto, 1995, comentan que: el fenómeno de la formación y desarrollo de las cárcavas, aún no ha sido explicado completamente, ni modelado en términos matemáticos. Existen algunos trabajos que tratan sobre el tema, pero en muchos de ellos no se les considera como sistemas geomorfológicos complejos, en relación con los procesos que las generan, sino como resultado exclusivo de procesos fluviales (Bocco, 1991). Se puede decir incluso que no solo con el modelo *Hortoniano*, se puede explicar el proceso de degradación sino que los flujos subsuperficiales, ocasionan la caída de paquetes del suelo en la cabecera y originan el consiguiente asentamiento o incluso hundimiento del terreno causado por el transporte de partículas con el flujo subsuperficial (Vázquez Selem, 1992).

## ***II.-ESTUDIO DE CASO # 1-RETROCESO DE CABECERAS DE CARCAVAS EN LA PARTE MEDIA DEL GLACIS DE BUENAVISTA, CUERNAVACA MORELOS***

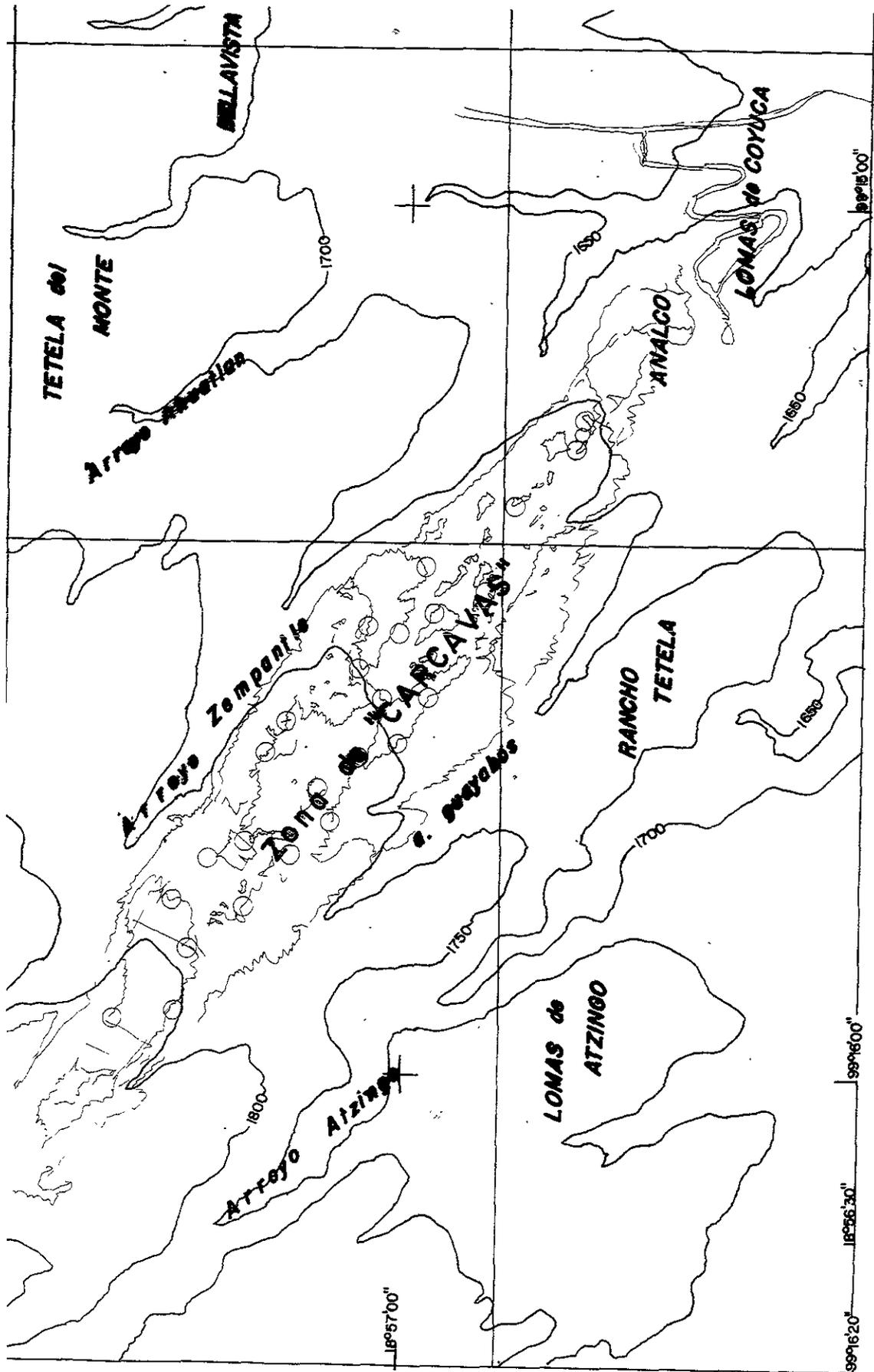
### ***II.1.Geografía Física:***

***II.2.1-Localización:*** La zona de estudio se ubica en la parte media del Glacís de Buenavista, el cual fue definido por Ortíz (1977) en la porción noroccidental del Estado de Morelos; es representada por una fracción del interfluvio con orientación noroeste- sureste que se localiza entre las barrancas de Atzingo y Zempantle a unos 3 km. hacia el NW de la ciudad de Cuernavaca. Geográficamente la zona se sitúa entre las coordenadas- 18°56'30"y 18°57'40" de latitud Norte y entre los 99°15'00" y los 99°16'20"de longitud Oeste; altitudinalmente está comprendida entre los 1700 m. y los 1800 m.s.n.m. y la selección de las cárcavas para el presente modelo, comprende una superficie menor al km<sup>2</sup> (Fig.3).

***II.2.2.Escurrimientos.*** La zona referida queda comprendida en la región hidrológica denominada "Río Balsas" (No.18), llamada también del Atoyac, Mexcala o Zacatula, pero que de forma particular se integra en la subcuenca del Río Grande de Amacuzac (18F), y la subcuenca límite del Río Apatlaco (18FD); esta misma subcuenca FD, es cruzada en una orientación sensible a los 15° SE por los arroyos de: Chalchihuapan, la Tilapeña, el Sabino, Cocotzina, el Tejocote, el Mango, mismos que integran el Río Colotepec y posteriormente el Apatlaco.



*Fig.núm.3.Localización de la zona de estudio 1, Fuente: INEGI*



escala 1:10 000

○ muestra "CARCAVAS"

Fig.núm.4.Topografía de la zona de estudio 1.fuente: INEGI

**II.2.3. Fisiografía.** Según INEGI, 1985, la zona de estudio pertenece a la provincia fisiográfica de la “Sierra Madre del Sur”(XII), subprovincia No. 69, denominada de: “Sierras y valles Guerrerrenses”, en las que básicamente el predominio de las topoformas es la de lomeríos con cañadas asociadas, sin una fase específica determinada y con expresión de lomeríos de aluvión y transición a sierras de tobas en la parte Norte y Noroeste de la zona de estudio (clave XII-69-220-0/01, INEGI- 1991). Según Correa, la porción que se estudia corresponde al sistema Volcánico Transversal, particularmente a la vertiente que se vincula con la cuenca del río Balsas en Morelos (Correa, 1989, inédito).

**II.2.4. Relieve.** El relieve característico del Glacís (constituido por barrancas e interfluvios), así como su integración con la ciudad de Cuernavaca, han tenido repercusiones negativas en el área de estudio, las cuales se manifiestan principalmente por el deterioro ecológico (destrucción de los suelos, vegetación, y agotamiento de los mantos acuíferos ), que la zona en su conjunto ha sufrido. No obstante que la pendiente dominante es relativamente suave (menor al 10 %), el área de estudio presenta severos grados de erosión. En efecto la remoción de los suelos debido a la erosión ha dado lugar a un paisaje en el cual dominan las superficies continuas y a veces abarrancadas, de “tepetates”, y los testigos de los suelos (cortes de terrenos, los cuales muestran el nivel original de los suelos que semejan islas) (Donker, 1984). La vegetación en general es escasa; en las áreas con suelos es posible observar solo árboles aislados, pastos rasantes y algunas hierbas, las cuales no sobrepasan los 40 cm de altura. En las áreas con tepetates, la vegetación es casi

nula, con pequeños arbustos y hierbas que aparecen esporádicamente (ver apéndices G, H, I). Se considera que tiempo atrás la zona de estudio contaba con abundante vegetación, pero se extinguió debido a la tala inmoderada de la misma, la cual fue provocada tanto por empresas paraestatales como particulares (Castañeda, 1959 y Aguilar, 1988). En cuanto a la contaminación y a las consecuencias que ha traído consigo la influencia antrópica, resaltan bastante ilustrativas las expresiones de Aguilar (1988): “Es una verdadera lástima que lo que en el pasado fueron hermosísimas barrancas, estén ahora contaminadas y alteradas por el anárquico crecimiento urbano e industrial de la capital de la Entidad (Cuernavaca)”. La deforestación y la urbanización han convertido en un páramo de concreto algunas áreas de Cuernavaca, los bosques que antes rodeaban de manera estrecha a la ciudad, ahora se encuentran a 10 y 15 kms. del zócalo; los resultados de la deforestación urbana son catastróficos: tolvaneras, agotamiento de manantiales, erosión del suelo, así como cambios en el clima (Romero, 1989).

**II.2.5. Características climáticas y meteorológicas.** Se integraron las mediciones de precipitación y temperatura, de más de 10 años en las estaciones de la periferia de la zona de trabajo (ver apéndice U). Se seleccionó asimismo la estación Empleado, que se localiza a un kilómetro y medio de la zona de estudio, la temperatura promedio de la zona de cárcavas, es de 20.9 °C., con una precipitación máxima mensual de 265.2 mm, alcanzando una precipitación total anual de 1242.3 mm. El tipo de clima es según García, 1987, como: A(C)W2wig, es decir como un clima semicálido, subhúmedo, con dos máximos de lluvia

separados por dos estaciones secas, una larga en la temporada fría del año, y una corta en la mitad de la temporada de lluvias, con un mínimo de lluvia en invierno (menor a 5 mm), isotermal y con una marcha de la temperatura tipo Ganges.

**II.2.6.Geología.** La geología del área de estudio está constituida por derrames aluvio-coluviales, las cuales según Frías (1960 ) y Ortiz (1977), pertenecen a la formación Cuernavaca, cuya edad probable se considera entre el Plioceno tardío y el Pleistoceno temprano (Frías, 1960). Este mismo autor establece que la formación Cuernavaca, está formada de los depósitos clásticos transportados por agua, bien expuestos y muy extensos sobre los cuales se construyó la ciudad de Cuernavaca.

Sobre las características de esta formación dicho autor señala lo siguiente: “Se piensa que la formación se depositó principalmente en forma de abanicos aluviales coalescentes por medio de aguas corrientes originadas en terrenos elevados, donde existían grandes cantidades de detritos volcánicos relativamente poco consolidados y muy susceptibles a la erosión por las lluvias tempestuosas”. Su espesor tiene límites muy amplios variando de uno a más de diez metros y su constitución litológica es variada en extremo, comprendiendo: a) conglomerados en abanico de grano medianamente grueso, compuestos principalmente de material volcánico andesítico; b) material tobáceo; c) depósitos de carácter lahárico; d) depósitos de aguas torrenciales; e) depósitos de travertino formados por aguas de manantiales que salieron de calizas; e incluso f) algunos depósitos de yeso.

Ortíz (1977) establece que: “sobreyaciendo a la formación Cuernavaca se encuentran las rocas del grupo Chichinautzin; esta unidad delimita al Glacís por todo el flanco oriental y consiste en corrientes lávicas, brechas y tobas de composición andesítica y basáltica”. Por otro lado en cuanto a la dureza y origen de los durípanes, Zebrowski (1991) señala: “Si los lahares han podido producir formaciones actualmente endurecidas y si los piroclastos, bajo forma de lluvias o de flujos, son sin duda el origen de numerosas formaciones endurecidas, se debe restar importancia e incluso ignorar el origen eólico (tipo loess). En efecto Vera (1986), señala que las arenas contenidas en los cangahuas (tepetates), solo presentan un número reducido de características derivadas del transporte eólico del material como lo pensaba Heine (1973), sino que más bien son el resultado de la alteración de las cenizas volcánicas. P. Quantín (1991), confirma este hecho”. Aparentemente, en el área de estudio el primer trabajo que hace referencia a los tepetates es el de Castañeda (1959), quien habla del probable origen y dureza, señalando: “El contacto de los materiales sedimentarios, que sirvieron de lecho a las lavas superiores, formó grandes extensiones de tobas basálticas que integran el suelo de Cuernavaca (poniente), a las cuales se les conoce comúnmente como el mencionado tepetate, el cual se manifiesta con una coloración que va desde el amarillo hasta el café. En los terrenos arcillosos de Buenavista y Tetela del Monte, se infiere que al correr la lava lentamente por ellos, logró en algunas partes su cocción, dándoles a las tobas una dureza especial de calcinación a manera de ladrillo y por otro lado, cerca de la barranca de Michicapa (Mexicapa), hay zonas alternadas con terrenos sedimentarios de muy reciente creación, con apariencia de aureolas de metamorfismo.

La dureza de las tobas ha permitido una gran resistencia a la erosión, la cual va cediendo muy lentamente quedando el terreno erizado, que si sus prominencias alcanzaran mayor altura (alcanzan desde los 40- 50 cm hasta varios metros), conseguirían gran semejanza con los terrenos de relictos de erosión hídrica y eólica de tipo torreta del cañon del Colorado”. Diferentes tipos de tepetates han sido definidos, tanto en la cuenca alta de Puebla-Tlaxcala (Werner, 1978), así como en el lado occidental de la Sierra Nevada (Zebrowski, et al., 1989 en C.P.CH./ORSTOM, 1991). En la región occidental de la Sierra Nevada, estos corresponden a diferentes series de depósitos denominados como T2 y T3, las cuales han sido subdivididas además, con base en la presentación o no de carbonatos de calcio (Peña y Zebrowski, 1991). En general ambas series son masivas y duras. Sin embargo, la más antigua de éstas (serie T3) corresponde a un conjunto de depósitos más o menos meteorizados de colores siempre vivos (amarillo- rojizo), mientras que las más recientes (serie T2), se diferencian de la anterior por sus colores más blancos (Zebrowski, 1989). Peña y Zebrowski (1991) señalan que la composición de los minerales pesados permiten, además del color, la identificación de dichas series. Al respecto, indican que mientras la serie T3 presenta una composición rica en horblenda, la serie T2 presenta gran cantidad de hiperstenas. En cuanto a la resistencia de estos materiales, los tepetates de la serie T3, tienden a ser más duros que los de la serie T2 (Peña, et al., 1991) (ver estereotripleta).

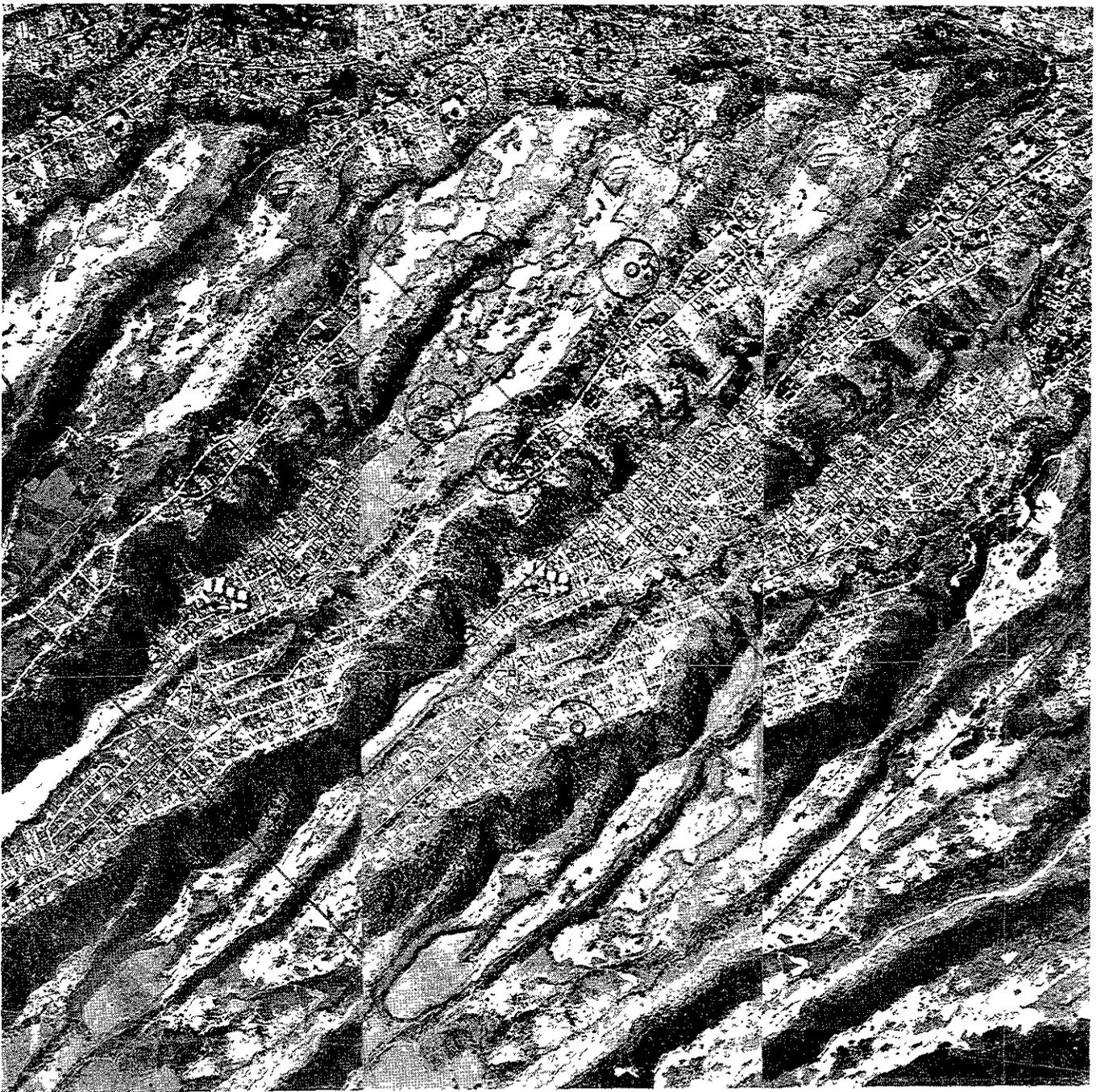
Por otra parte, algunos son duros pero frágiles y se disgregan en el agua, en tanto que otros son muy duros e insolubles en agua. Estos últimos sugieren estar constituidos por agentes cementantes. En el lado occidental de la Sierra Nevada, los primeros (T2) fueron

clasificados por Peña et al.(1991), como fragipanes (horizontes endurecidos solubles en agua), pero considera que requieren más estudios para dilucidar a los más resistentes como duripanes. Al respecto, un duripan (L, durus-duro, más pan, capa, significa hardpan, capa dura), es un horizonte subsuperficial que está cementado por sílice a tal grado que los fragmentos del horizonte secados al aire no se desmoronan, durante agitaciones prolongadas en agua o el H<sub>2</sub>Cl (USDA, 1990). Además de la sílice, otros materiales como los óxidos e hidróxidos de hierro, la arcilla y los carbonatos, pueden actuar como cementantes (Valdéz, 1970).

**II.2.7. Geomorfología.** La expresión topográfica de la formación Cuernavaca, consiste en planicies ligeramente inclinadas de superficie construccional, surcadas en grado variable por valles y arroyos encajonados o en forma de V. Los alrededores de Cuernavaca están intrincadamente surcados por barrancas angostas y profundas, pero quedan aún los interfluvios planos (Frías, 1960) (ver Fig. núm. 4).

Según Frías (1960), en muchos lugares cercanos a los límites de la formación Cuernavaca, la superficie degradada continúa hasta la roca madre mas antigua, en forma plana erosionada (“pediment”). Aún en las áreas de afloramiento principales de la formación Cuernavaca, pequeñas lomas han sido arrasadas a una superficie plana, al ras con la superficie construccional contigua. En particular el “pedimento” reconocido por Frías (1960), en los derredores de Cuernavaca, corresponde al Glacís de Buenavista estudiado por Ortíz (1977), y referido por Palacio (1982), cuyo material original está

constituido en su totalidad por la formación Cuernavaca. El Glacís de Buenavista toma su nombre del poblado de Buenavista del Monte que se ubica en la porción central del mismo. Actualmente las relaciones de contacto entre el Glacís y el relieve volcánico contiguo son transicionales, debido principalmente a la presencia de materiales tobáceos recientes y poco potentes que cubren indistintamente tanto las capas superficiales del Glacís en su porción superior, como a la estructura volcánica montañosa en su parte inferior (Ortíz, 1977). Sobre la superficie inclinada del Glacís dominan a primera vista, los dos elementos básicos o primarios del modelado: interfluvios y barrancos. Los interfluvios son simétricos y anchos, el plano axial coincide con los puntos más altos del interfluvio, en los cuales no se distinguen crestas o aristas, ya que el parteaguas tiene lugar en una superficie de terreno plano, algunos de ellos como en el caso de la zona de estudio, erosionado ampliamente (Imeson, 1980). Destaca el trabajo de Palacio (1982), de cartografía geomorfológica en el que se distinguen para todo el Glacís, las cartas de pendientes, densidad general del relieve, densidad de la disección, profundidad de la disección y unidades geomórficas. Es de hacer notar que por la escala del presente estudio solo se trabaja en un interfluvio erosionado, que forma parte del Glacís considerado.



0 1 2

escala 1:20 000

*Fig. núm. 5. Estereotripleta*



Zona de duripanes (tepetates)

fotos Cuernavaca, fecha 17\_09\_91 fuente: INEGI

**II.2.8. Suelos.** El perfil o corte vertical correspondiente al suelo representativo del área de estudio, así como la caracterización física y química del mismo se presenta en el anexo G y H. En general se trata de un suelo evolucionado a partir de materiales in-situ (depósitos de tobas) y coluvio aluviales o transportados (principalmente por corrientes de agua), de color pardo y medianamente profundo (80 cm), el cual descansa sobre depósitos de tobas o tepetates (ver apéndices G y H). El perfil muestra 3 horizontes o capas de materiales, las cuales se citan a continuación:

---

Horz-	Prof.cm	Características generales.
A	00-30	Suelo coluvio-aluvial, pardo, de consistencia dura en seco, pero se suaviza al humedecerse; presenta raíces.
2Bt	30-80	Suelo pardo, evidentemente más arcilloso y con estructura en bloques angulares poliédricos bien definidos.
CB	80-210	Tepetate pardo, de dureza variable pero siempre considerablemente más dura que las capas citadas.

### *Características Físico- Químicas*

Las características físicas del área de estudio se presentan en el anexo G, sin embargo, de forma general se puede remarcar la importancia de que el suelo es arcilloso, sobre el horizonte 2Bt, localizado entre los 30 y 80 cm de profundidad.

Es evidente que el contenido de arcilla está estrechamente relacionado con la capacidad de retención de humedad; al respecto, el único horizonte que bajo una misma succión supera ligeramente al horizonte 2Bt, es el 2CB3. Sin embargo, esto no coincide con las observaciones de campo, por lo que se sugiere tomar con reserva los valores de retención de humedad de este último horizonte.

Por otra parte dado que los límites de Atterberg, representan los contenidos de humedad a partir de los cuales los suelos cambian de estado (Lambe y Whitman, 1974), se puede observar que es el horizonte 2Bt el que absorbe los mas altos contenidos de humedad, antes de cambiar a otro estado (ver apéndices G y H). Se puede decir que el horizonte 2Bt podrá fluir o comportarse como líquido sólo hasta que haya alcanzado un nivel de saturación de agua de al menos el 58%, en peso. En contraste, permanecerá como suelo seco, cuando el nivel de humedad sea menor de 48%.

Asimismo es evidente que los valores de conductividad hidráulica tan bajos, se deben al carácter expandible de las arcillas, las cuales al absorber humedad se dilatan y reducen la porosidad del suelo (ver apéndices G y H).

Estos resultados coinciden con las observaciones de campo, dado que el horizonte más resistente corresponde a la parte media del depósito de tepetate.

En general y a partir de estos últimos resultados es posible indicar además, que los horizontes más resistentes a la erosión se localizan en las partes bajas de todos los perfiles, tal como lo refleja la presencia de bloques en el tamíz de mayor tamaño.

Las características químicas se presentan en el anexo G, en las cuales, según Letelier (1967), citado en Echevers (snt), los suelos de la zona de estudio, presentan reacciones moderadas ácidas, además que:

La capa más superficial del suelo es rica en materia orgánica (4.72%), (Tavera, 1985, citado por Echevers, op.cit.) pero disminuye considerablemente con la profundidad (0.14%). La suma de bases intercambiables se sitúa alrededor de los 13 meq/100 g en las capas superficiales, pero aumenta gradualmente con la profundidad (20 meq/100g).

#### *Clasificación de los suelos e importancia*

A partir de la cartografía INEGI-SPP (1983), el suelo estudiado queda ubicado en la unidad de Litosols (1) más Acrisols (A); es de hacer notar que la designación Litosols ya no existe en el nuevo esquema de clasificación FAO. En su lugar se introdujo la de Letptosols, la cual hace referencia a los suelos limitados a poca profundidad (menor a 30 cm), sea por poca coherencia o por capas cementadas continuas (FAO, 1988). Sin embargo,

es obvio que el suelo en estudio no pertenece a la citada asociación, primero porque no es tan delgado como los de la unidad Litosols y en segundo lugar, porque aun cuando presenta moderada acidez, los valores de capacidad de intercambio catiónico y del porcentaje de saturación de bases no son tan bajos, como los que caracterizan a la unidad Acrisols.

Dado lo anterior con base en la morfología y a los resultados de los análisis, este suelo fue clasificado como un Mollisols (Argiudolls), en el sistema de clasificación Americano (USDA, 1990), y como un Phaeozems (luvic Phaeozems) en el esquema tradicional de FAO (FAO, 1988).

Desde el punto de vista agrícola, los Mollisols presentan en general, buenas condiciones para el cultivo sobre todo por presentar los contenidos de materia orgánica y bases necesarios para las plantas; no obstante, en este caso particular, el carácter moderadamente ácido que presentan las capas superficiales, sugiere que antes de ser cultivados, se realicen algunas labores previas, tales como el uso de materiales encalantes para elevar el pH y a la vez reducir al mínimo el uso de fertilizantes de reacción ácida, como el sulfato de amonio.

Asimismo, el horizonte vértico (2Bt), es especialmente importante como almacén (en las épocas húmedas) y proveedor de humedad (en las épocas secas ).

Sin embargo, en casos particulares el horizonte arcilloso (2Bt), también contribuye a la erosión del suelo (Hylsky, 1973). Al respecto López Blanco, (1990), reporta como las principales causas de la formación de barrancos, en Motozintla Chiapas, las siguientes:

A) La presencia de un horizonte arcilloso (Bt) que genera escurrimientos subsuperficiales y la consecuente movilización de partículas, y B) La destrucción de la estructura del suelo debido al sobrepastoreo además de C) Las frecuentes tormentas de alta intensidad y/o duración, que provocan la saturación de los horizontes y facilitan los escurrimientos citados.

Por otra parte, cuando estos horizontes se encuentran asociados con depósitos compactos, como los tepetates, son erosionados con relativa facilidad (Harvey, 1982). Esto ocurre debido al deslizamiento (bajo ciertas condiciones de pendiente) del horizonte vértico sobre la superficie casi lisa del tepetate, cuando el primero se satura con agua. En consecuencia el tepetate queda al descubierto (aflorando) y expuesto a procesos que con el tiempo hacen que éstos se desprendan en bloques (Peña, 1992-comunicación personal).

**II.2.9. Vegetación** Debido al fuerte grado de erosión de la zona de estudio, la vegetación es escasa; se presentan algunos árboles de escumifolios (Juníperus, spp); los pastizales inducidos se ubican en su mayor parte, al oeste de la ciudad de Cuernavaca, y en general son muy ralos y están asociados a matorrales y a selva baja caducifolia (Aguilar, 1988). Ortíz (1977) expone, un panorama general de la vegetación: “La parte superior del Glacís que se encuentra al pié de las montañas está cubierto por una vegetación arbórea, que se interrumpe hasta la altura de los 1900 m; fuera de esta superficie, el resto del Glacís se encuentra totalmente desprovisto de cubierta forestal, con excepción de los bosques de galería que prosperan a lo largo y en el fondo de las barrancas, favorecidos, por la mayor

humedad; fuera de los valles y barrancas dominan los pastizales”. Los elementos del bosque de galería de las barrancas, son: sauce (Salix paradoxa), plátano (Musa Afrodisiaca), amate amarillo (Ficus petiolaris), guayabo (Psidium guajaba), y el ahuehuate (Taxodium mucrunatum), (SAHOP, s.f.; citado por Aguilar, 1988, ct. en Aguilera, 1989). La vegetación secundaria en las cañadas está representada en general por herbáceas altas y muy desarrolladas como la higuera (Ricinus emunis), y los acahuals (Tithonia tubiforme), (Aguilar, 1988).

### **II.3. Aplicación de la metodología de fotogrametría terrestre.**

**II.3.1. Mediciones de las tomas estereoscópicas.** Al aplicar la presente metodología en la parte media del Glacís de Buenavista, en Cuernavaca Mor., inicialmente se aplicó a 15 diferentes acarcavamientos, en la zona mencionada, y posteriormente se seleccionaron cuatro cárcavas, que fueron la número 01, la número 06, la número 11, y la número 13. La selección de estas cárcavas obedece a su diferencia sustantiva, en este mismo tipo de material (suelos volcánicos endurecidos-tepetates-)

Sistematización en las mediciones:

Lá forma en que se midieron las cárcavas fué:

A) Se realizó el apoyo de campo: medición de la poligonal topográfica (ver apéndice

I).

B) Se determinaron las cabeceras de las cárcavas, con base en los lados tangentes de la poligonal topográfica auxiliar, es decir, se procede a determinar los centroides de las cárcavas, sobre los cuales, se ha de colocar el fototeodolito (ver apéndice I).

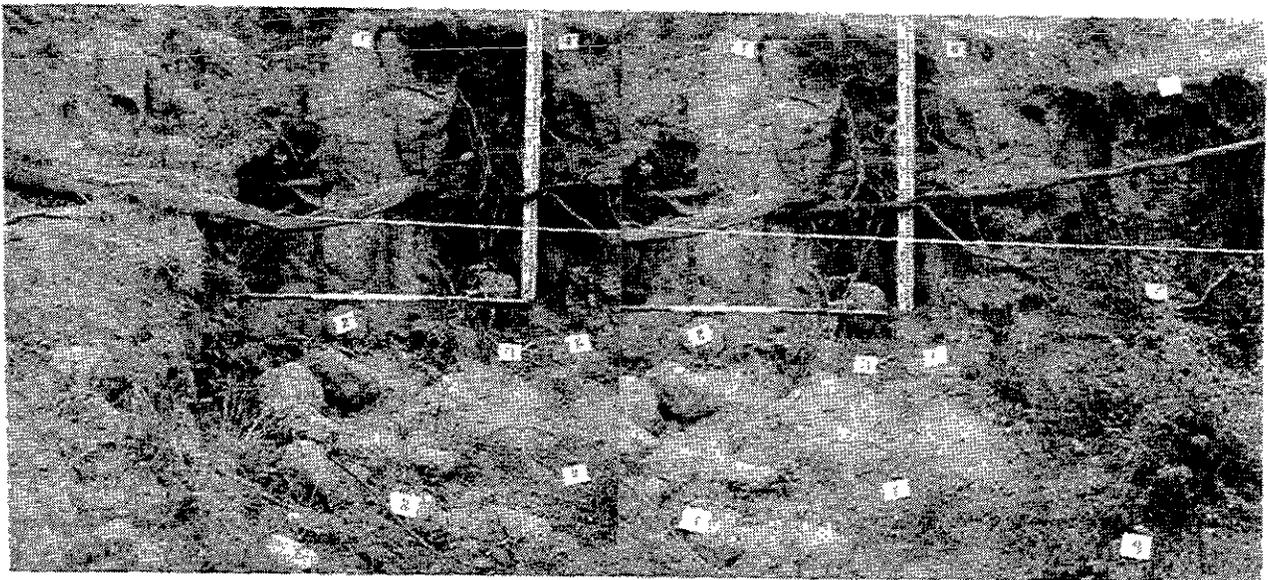
C) Se colocaron los diamantes o coordenadas de apoyo directamente sobre el relieve de las cárcavas a medir (ver apéndice A).

D) Cuando fué necesario, además se referenciaron y se ocultaron (se tapan) los clavos correspondientes a la posición de la base, por la posibilidad de que llamaran la atención o se pierdan con actividad antrópica y animal.

E) Se realizaron las tomas estereoscópicas correspondientes para una fecha determinada, considerando la luminosidad del Sol, es decir en la tarde o en la mañana, incluyendo necesariamente el cerrar la toma en f-22, y disparando un flash mediano para controlar mejor los colores en estos duripanes (ver los fotogramas anexos). Se realizaron las ampliaciones de 8\*10 pulgadas.

F) Se picaron los estereomodelos amplificados colocándoles un acetato, trazando los ejes, y realizando la marcación de la nube de puntos, tanto en los fotogramas, como en los acetatos correspondientes, de acuerdo con una connotación a dextrosum (a la derecha), y en sentido de serie finobacci (espiral). Se utilizó para tal empresa un estereoscopio Dual, CONDOR T-22, de marca Rossbach y con un estereómetro con aproximación a la centésima de mm, de marca Unishkata. Esta operación también se puede realizar atendiendo a nubes parciales de datos, que contengan la morfología propia de las cárcavas.

Es de hacer notar que el apoyo de campo dado en metros, ya sea con un simple diamante (cartón de dimensiones conocidas), o con algún elemento conocido en imagen (estadál o baliza), es indispensable, para poder escalar las imágenes y así mantener el elemento de comparación real en todo momento. De esa forma se midieron y se capturaron con la hoja de cálculo Excel las 8 nubes de cada una de las cuatro cárcavas medidas.



**Fig.núm.6 Fotograma reducido a 3R (3x) cárcava núm.11**

**(usar estereoscópio de bolsillo).**

### II.3.2. Descripción de la planilla de cálculo para las tomas estereoscópicas.

Una vez medidas las cárcavas se procedió a realizar las restituciones de las nubes de puntos medidas con anterioridad, para lo cual se utilizó un programa realizado en lenguaje BASIC, con la computadora de bolsillo CASIO FX-880P (ver apéndice I)

TABLA O PLANILLA PARA EL CALCULO DE LAS COORDENADAS  
ESPACIALES, A PARTIR DE LAS NUBES DE DATOS

tabla de valores

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
núm	$x_1$	$x'_1$	$z_1$	$z_2$	$pa=x_1$ $+x_2$ $>+<$ $<->$	$Dp=ps-$ $pn$	$Xn=(b/$ $pa)*x_1$	$Zn=(b/$ $pa)*z_1$	$Yn=Ha$ $(Dp/(D$ $p+ps)*$ $Dp$

#### EXPLICACION:

En la columna 1 (núm.) se colocan los valores de la maqueta virtual en serie fibonacci (o sea medidas a la derecha (dextrosum) y en espiral, partiendo de la parte central, cabecera de la cárcava, en la cual aparece el diamante que identifica el número de cárcava).

En la columna 2 ( $x_1$ ), se colocan las medidas tomadas sobre el fotograma izquierda, que corresponden a la distancia del punto principal propio, hasta el punto de la maqueta virtual, con su signo correspondiente, o sea, a la derecha positivo, y a la izquierda negativo.

En la columna 3 ( $x'_1$ ), se colocan las medidas tomadas en el fotograma izquierdo, siguiendo el ordenamiento anterior, es decir: cuando las medidas sean a la derecha del punto principal, serán positivas, y a la izquierda serán negativas.

En la columna 4 ( $z_1$ ), se medirán las elevaciones o zetas, tomadas en el fotograma izquierdo. Serán positivas hacia arriba, del eje de las x, y negativas al contrario.

En la siguiente columna 5 ( $z_2$ ), se miden las alturas o zetas tomadas en el fotograma derecho, siendo respectivamente positivas o negativas, al igual que la columna anterior.

Aquí se puede incluir una columna de  $Z_n$ , que corresponde al promedio de las  $z_1+z_2$ .

La columna 6 ( $P_a$ ), corresponde a la medida con el estereómetro del paralaje de salida, en este caso, con el valor de  $(x_1+x_2)$ , tomada en el cartón identificador de la cárcava, en la cabecera. Es de hacer notar que este primer valor se puede dar directamente medido con una regla, para no restar los centros.

La columna 7 ( $D_p$ ), es en la que se mide la diferencia de paralaje con la barra directamente, con una salida en ceros, o en una lectura cerrada, tomando en cuenta que: (CERRAMIENTO DE LECTURA-ENDO PUNTO PRINCIPAL = POSITIVO), y por el contrario ( ABERTURA DE VALOR EN LA BARRA -EXO PUNTO PRINCIPAL= NEGATIVO).

En la columna 8 ( $X_n$ ), se calculan los valores de las coordenadas  $X_n$  sabiendo que  $X_n=(b/p_a)*x_1$ , es decir la coordenada  $X$ = base sobre el paralaje multiplicado por la componente  $x_1$

En la columna 9 ( $Z_n$ ), se calculan la coordenada zeta del fotograma, o sea el valor en sentido de las ordenadas que es igual a  $Z_n = (b/Pa) * z_n$ , es decir que la coordenada  $Z =$  base sobre el paralaje multiplicada por  $z_n$ .

En la última columna (10) de esta planilla, se consignan los valores de profundidad en base a los paralajes, según la fórmula de  $H_n = (D_p / (D_p + p_s) * D_p)$ , (ITC, 1969, en Deagostinni, 1972), en la cual  $H_n$  es la profundidad total medida en función de la diferencia de paralaje,  $D_p =$  diferencia de paralaje, y  $p_s =$  paralaje de salida.

NOTA 1: Todos los valores de esta planilla se miden en metros, con cinco decimales.

NOTA 2: Se puede invertir la  $Z_n$  por la  $Y_n$ , para facilitar posteriormente, el tejido de las respectivas mallas.

NOTA 3: Se anexa la hoja electrónica (realizada en Excel), correspondiente a la planilla de cálculo de las coordenadas espaciales para la cárcava núm. 11 (ver tabla anexa).

PLANILLA DE CALCULO PARA FOTOGRAMETRIA TERRESTRE									
CARCAVA # 11 FECHA 200591 primera medición									
est- # 11		T=Y=6.80		h=1.515		f=0.0452			
con apoyo de campo				estereoscópio CONDOR T-22					
No-	xi	x'i	zi	dp	pa	Xn	Yn	Zn	
1	0.005	0.0215	0.0601	0	0.026	0.037	6.8	0.457	
2	0.015	0.012	0.056	0.0005	0.027	0.111	6.672	0.415	
3	0.017	0.009	0.062	-0.0002	0.026	0.131	6.853	0.477	
4	0.027	-0.005	0.064	0.0003	0.027	0.204	6.735	0.483	
5	0.012	0.015	0.084	0.0001	0.027	0.087	6.774	0.063	
6	0.011	0.014	0.0906	-0.009	0.025	0.088	7.044	0.725	
7	0.009	0.015	0.098	-0.003	0.024	0.073	7.687	0.827	
8	0.03	-0.005	0.0972	-0.004	0.025	0.238	7.687	0.827	
9	0.028	-0.001	0.09	-0.001	0.026	0.209	7.072	0.684	
10	0.05	-0.023	0.079	0.0009	0.027	0.372	6.572	0.585	
11	0.063	-0.03	0.0775	0.0008	0.027	0.467	6.597	0.574	
12	0.08	-0.053	0.0858	0.0003	0.027	0.6	6.722	0.648	
13	0.095	-0.071	0.094	-0.0024	-0.024	0.787	7.492	0.777	
14	0.11	-0.083	0.0937	0.0013	0.027	0.815	6.476	0.694	
15	0.117	-0.089	0.0995	0.0014	0.028	0.836	6.453	0.711	
16	0.095	-0.069	0.085	0.0016	0.027	0.713	6.406	0.637	
17	0.087	-0.059	0.0686	0.0012	0.028	0.629	6.5	0.499	
18	0.092	-0.065	0.062	0.0013	0.027	0.681	6.476	0.459	
19	0.11	-0.082	0.064	0.0018	0.028	0.786	6.36	0.457	
20	0.109	-0.081	0.0612	0.002	0.028	0.778	6.315	0.436	
21	0.108	-0.08	0.0583	0.0022	0.028	0.771	6.27	0.416	
22	0.106	-0.078	0.05	0.0012	0.028	0.757	6.5	0.357	
23	0.12	-0.092	0.0518	0.0021	0.028	0.869	6.292	0.377	
24	0.108	-0.067	0.038	0.0022	0.041	0.522	6.27	0.184	
25	0.108	-0.077	0.029	0.004	0.031	0.705	5.893	0.19	
26	0.098	-0.07	0.015	0.0013	0.028	0.7	6.476	0.107	
27	0.071	-0.043	0.06	0.0009	0.028	0.509	6.572	0.432	
28	0.053	-0.027	0.058	0.0001	0.027	0.399	6.774	0.434	
29	0.067	-0.04	0.0407	0.0005	0.027	0.496	6.672	0.301	
30	0.075	-0.048	0.0275	0.0004	0.027	0.556	6.697	0.204	
31	0.052	-0.025	0.033	0.0003	0.027	0.384	6.722	0.243	
32	0.038	-0.011	0.0478	0.0008	0.028	0.276	6.609	0.348	
33	0.032	-0.005	0.055	0.0004	0.027	0.241	6.697	0.414	
34	0.024	0.003	0.042	0.0006	0.027	0.178	6.647	0.311	
35	0.014	0.013	0.03	0.0006	0.027	0.103	6.647	0.224	
36	0.049	-0.021	0.009	0.0011	0.028	0.353	6.524	0.065	
37	0.069	-0.042	0.017	0	0.027	0.509	6.8	0.126	
38	0.082	-0.054	0.007	0.0009	0.028	0.593	6.572	0.051	
39	0.116	-0.087	0.003	0.0021	0.029	0.811	6.292	0.023	
40	0.037	-0.009	-0.0087	0.0014	0.028	0.261	6.453	-0.062	
41	0.064	-0.035	-0.0007	0.0015	0.029	0.446	6.429	-0.005	
42	0.074	-0.046	-0.007	0.0007	0.028	0.537	6.622	-0.051	
43	0.073	-0.045	-0.012	0.0016	0.028	0.521	6.406	-0.086	
44	0.069	-0.04	-0.018	0.0021	0.029	0.477	6.292	-0.125	
45	0.054	-0.025	-0.02	0.0023	0.029	0.372	6.258	-0.014	

hoja electrónica 1-cálculo de las coordenadas espaciales de la cárcava núm.11

46	0.037	-0.008	-0.0084	0.0022	0.028	0.0258	6.281	-0.059
47	0.041	-0.001	-0.0455	0.0022	0.04	0.206	6.27	-0.229
48	0.017	0.0127	-0.0577	0.0031	0.03	0.114	6.076	-0.389
49	0.009	0.023	-0.0895	0.005	0.032	0.054	5.703	-0.568
50	0.036	0.005	-0.079	0.004	0.041	0.175	5.893	-0.39
51	0.05	-0.005	-0.08	0.005	0.045	0.222	5.703	-0.356
52	0.062	-0.018	-0.0723	0.004	0.044	0.282	5.893	-0.331
53	0.063	-0.032	-0.0577	0.0015	0.031	0.408	6.429	-0.375
54	0.061	-0.033	-0.036	0.0028	0.029	0.428	6.139	-0.253
55	0.071	-0.042	-0.0415	0.0019	0.029	0.49	6.337	-0.286
56	0.077	-0.045	-0.0417	0.0045	0.032	0.486	5.797	-0.264
57	0.093	-0.065	-0.025	0.0011	0.028	0.664	6.524	-0.179
58	0.114	-0.085	-0.016	0.0023	0.029	0.796	6.247	-0.112
59	0.117	-0.086	-0.021	0.0051	0.032	0.743	5.685	-0.133
60	0.122	-0.092	-0.0485	0.0033	0.03	0.813	6.034	-0.323
61	0.104	-0.073	-0.059	0.0048	0.031	0.668	5.74	-0.378
62	-0.005	0.0328	-0.0135	0.0009	0.028	-0.036	6.572	-0.097
63	-0.003	0.032	-0.046	0.0025	0.03	-0.017	6.204	-0.312
64	-0.018	0.048	-0.0465	0.0032	0.03	-0.12	6.055	-0.31
65	-0.024	0.0535	-0.064	0.0026	0.03	-0.163	6.182	-0.434
66	-0.039	0.07	-0.0635	0.0041	0.031	-0.252	5.874	-0.41
67	-0.044	0.0746	-0.056	0.0041	0.031	-0.284	6.076	-0.364
68	-0.046	0.076	-0.0537	0.0031	0.03	-0.31	6.076	-0.36
69	-0.02	0.0495	-0.0328	0.0025	0.03	-0.136	6.204	-0.222
70	-0.039	0.0685	-0.031	0.0027	0.03	-0.264	6.171	-0.21
71	-0.054	0.083	-0.0337	0.0023	0.029	-0.376	6.258	-0.234
72	-0.028	0.055	-0.0007	0.0005	0.027	-0.207	6.672	-0.005
73	-0.04	0.0665	-0.0002	0.0004	0.027	-0.302	6.906	-0.002
74	-0.056	0.083	-0.0008	-0.003	0.027	-0.415	6.879	-0.006
75	-0.084	0.111	-0.023	0.001	0.028	-0.607	6.548	-0.167
76	-0.022	0.049	0.0105	0.0004	0.027	-0.163	6.697	0.078
77	-0.006	0.034	0.0195	0.0005	0.029	-0.039	6.672	0.137
78	-0.01	0.037	0.0188	0.0002	0.027	-0.074	6.748	0.139
79	-0.038	0.065	0.005	0.0005	0.027	-0.281	6.672	0.037
80	-0.04	0.066	0.008	-0.0007	0.026	-0.308	6.988	0.062
81	-0.023	0.05	0.026	-0.0008	0.027	-0.17	7.016	0.193
82	-0.045	0.071	0.022	-0.0006	0.026	-0.346	6.961	0.169
83	-0.069	0.079	0.017	-0.0005	0.01	-1.38	6.933	0.34
84	-0.058	0.084	0.0282	-0.0001	0.027	-0.434	6.826	0.213
85	-0.069	0.096	0.017	0	0.027	-0.511	6.8	0.126
86	-0.072	0.0983	0.004	0	0.027	-0.539	6.8	0.03
87	-0.082	0.11	0.002	0.0013	0.028	-0.586	6.476	0.014
88	-0.092	0.121	0.015	0.0016	0.029	-0.634	6.406	0.103
89	-0.088	0.115	0.0185	0.0004	0.027	-0.652	6.697	0.137
90	-0.08	0.1066	0.024	0.003	0.027	-0.587	6.722	0.177
91	-0.07	0.097	0.039	0.0005	0.027	-0.519	6.672	0.289
92	-0.035	-0.061	0.04	0.0002	0.026	-0.265	6.748	0.303
93	-0.038	0.065	0.0442	0.0004	0.027	-0.281	6.697	0.327
94	-0.048	0.075	0.045	0	0.027	-0.356	6.8	0.333
95	-0.031	0.0575	0.047	-0.0001	0.027	-0.23	6.826	0.353
96	-0.014	0.04	0.049	-0.0002	0.026	-0.105	6.853	0.374
97	-0.024	0.05	0.0545	-0.0005	0.026	-0.185	6.933	0.419

hoja electrónica 2-cálculo de las coordenadas espaciales de la cárcava núm.11.

98	-0.035	0.061	0.0506	0.0001	0.026	-0.264	6.774	0.385
99	-0.016	0.043	0.0627	0	0.027	-0.122	6.8	0.47
100	-0.021	0.048	0.069	0.0002	0.027	-0.156	6.853	0.511
101	-0.025	0.05	0.0615	-0.0011	0.025	-0.2	7.1	0.492
102	-0.033	0.059	0.065	-0.0005	0.026	-0.254	6.933	0.5
103	-0.043	0.07	0.0054	-0.0001	0.027	-0.319	6.826	0.4
104	-0.059	0.085	0.065	-0.0001	0.027	-0.442	6.826	0.491
105	-0.079	0.105	0.054	0.0004	0.026	-0.608	6.697	0.415
106	-0.03	0.056	0.0764	-0.0008	0.026	-0.231	7.016	0.588
107	-0.001	0.0215	0.092	-0.0001	0.027	-0.008	6.826	0.694
108	-0.011	0.0378	0.094	0.0003	0.027	-0.082	6.879	0.701
109	-0.019	0.0445	0.094	0.0004	0.026	-0.149	6.906	0.737
110	-0.028	0.0535	0.092	-0.0005	0.026	-0.22	6.933	0.722
111	-0.039	0.065	0.086	-0.0006	0.026	-0.3	6.961	0.662
112	-0.044	0.07	0.087	0	0.026	-0.338	6.8	0.669
113	-0.064	0.0904	0.082	-0.0001	0.026	-0.485	6.826	0.621
114	-0.093	0.12	0.066	-0.0001	0.027	-0.689	6.826	0.489
115	-0.037	0.063	0.096	-0.0004	0.026	-0.285	6.906	0.738
116	-0.044	0.07	0.098	-0.0001	0.026	-0.338	6.826	0.754
117	-0.053	0.079	0.0954	0	0.026	-0.408	6.8	0.734
118	-0.006	0.0885	0.099	0	0.027	-0.468	6.8	0.747

hoja electrónica 3-cálculo de las coordenadas espaciales de la cárcava núm.11.

**II.3.3.Integración de las mallas y su representación en SURFER.** Para tejer las mallas se siguió la siguiente metodología:

Datos de entrada: coordenadas X, Y, Z, calculadas para una determinada fecha, estas coordenadas pueden COLOCARSE como 1-ABC, 2-ACB, 3-BAC, 4-BCA, 5-CAB, 6-CBA, es decir, se pueden cambiar la colocación de X, Y, Z, se crean archivos extensión .dat en Worksheet (hoja electrónica inicial ). Se escogió de entrada la colocación que más se apegó a la topografía de las cárcavas.

El tejido de las mallas se puede realizar con los métodos de: 1-KRIGING, 2-INVERSO DE LA DISTANCIA, 3-MINIMA CURVATURA, 4-REGRESION POLINOMICA, 5-FUNCION BASE RADIAL, 6-SHEPERD, y 7-TRIANGULACION RADIAL CON INTERPOLACION LINEAL (gráficas núms.1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8). En forma particular se escogió el método de Kriging (gráfica 10), por ser el más cercano a la conformación topográfica de las cárcavas. Al respecto y como en el SURFER, se pueden realizar archivos de malla extensión .grd, tanto para CONTOUR (líneas de nivel o contornos), así como SURFACE (para representar la tercera dimensión en los parámetros de un entorno rectangular a manera de octante), se definieron entonces las claves:

1101A.GRD.SRF.TXT.

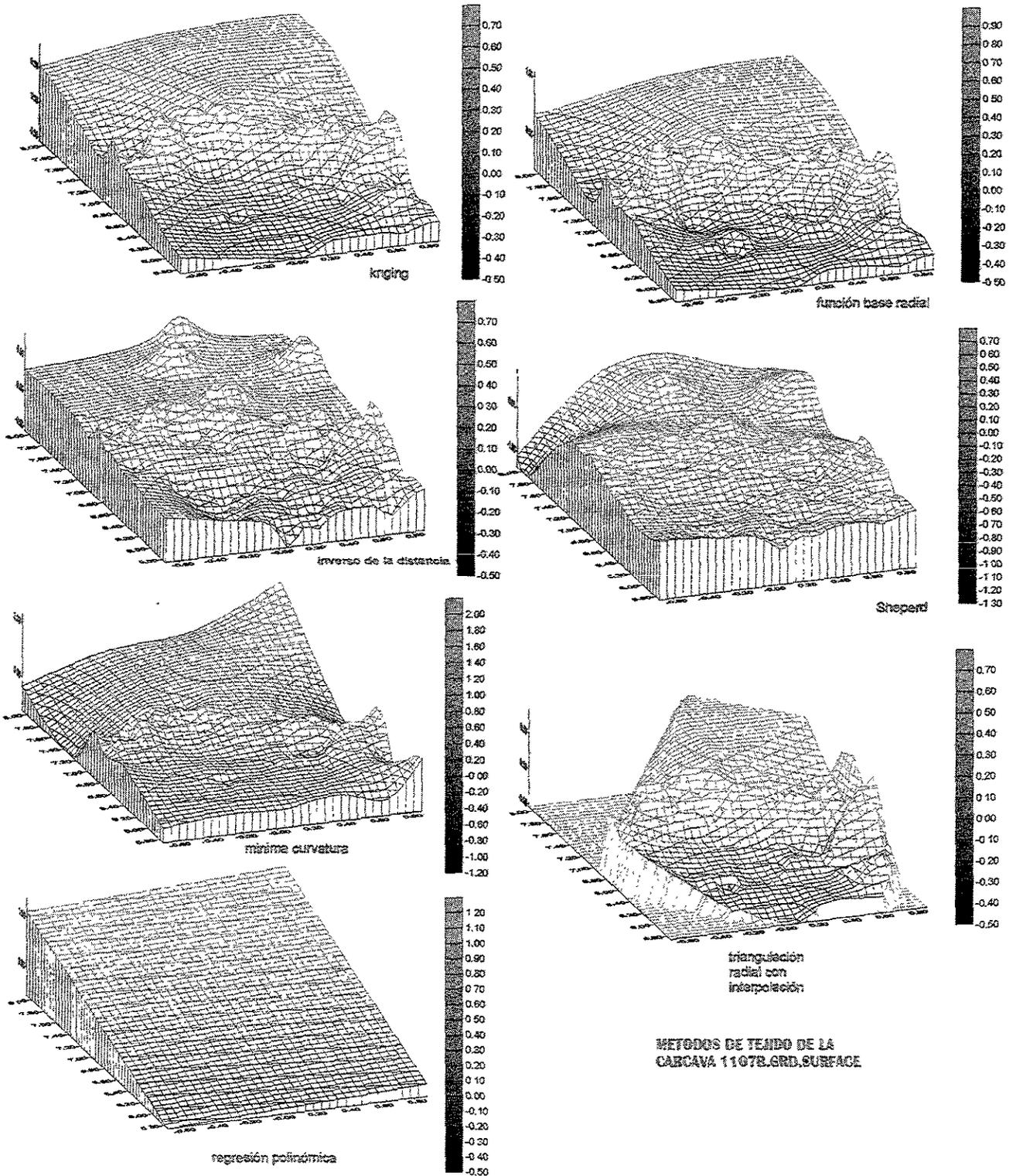
Los primeros dos dígitos significan que se trata de la cárcava núm. 11. Los siguientes dígitos (01), corresponden a la medición de la primera fecha. La letra A, o B, implica que se tejió una malla con salida a dibujo, siendo A cuando se trata de un plano de contorno XY, con extensión .SRF (lo que significa su graficación correspondiente). De

igual forma la letra B significa que se salva el tejido de la malla para su representación en tercera dimensión, con salida a graficación (B.SRF). Las extensiones TXT, se utilizaron para darle salida a los volúmenes tanto en A como en B.

De esa forma para la cárcava núm. 11 se tejieron las siguientes mallas:

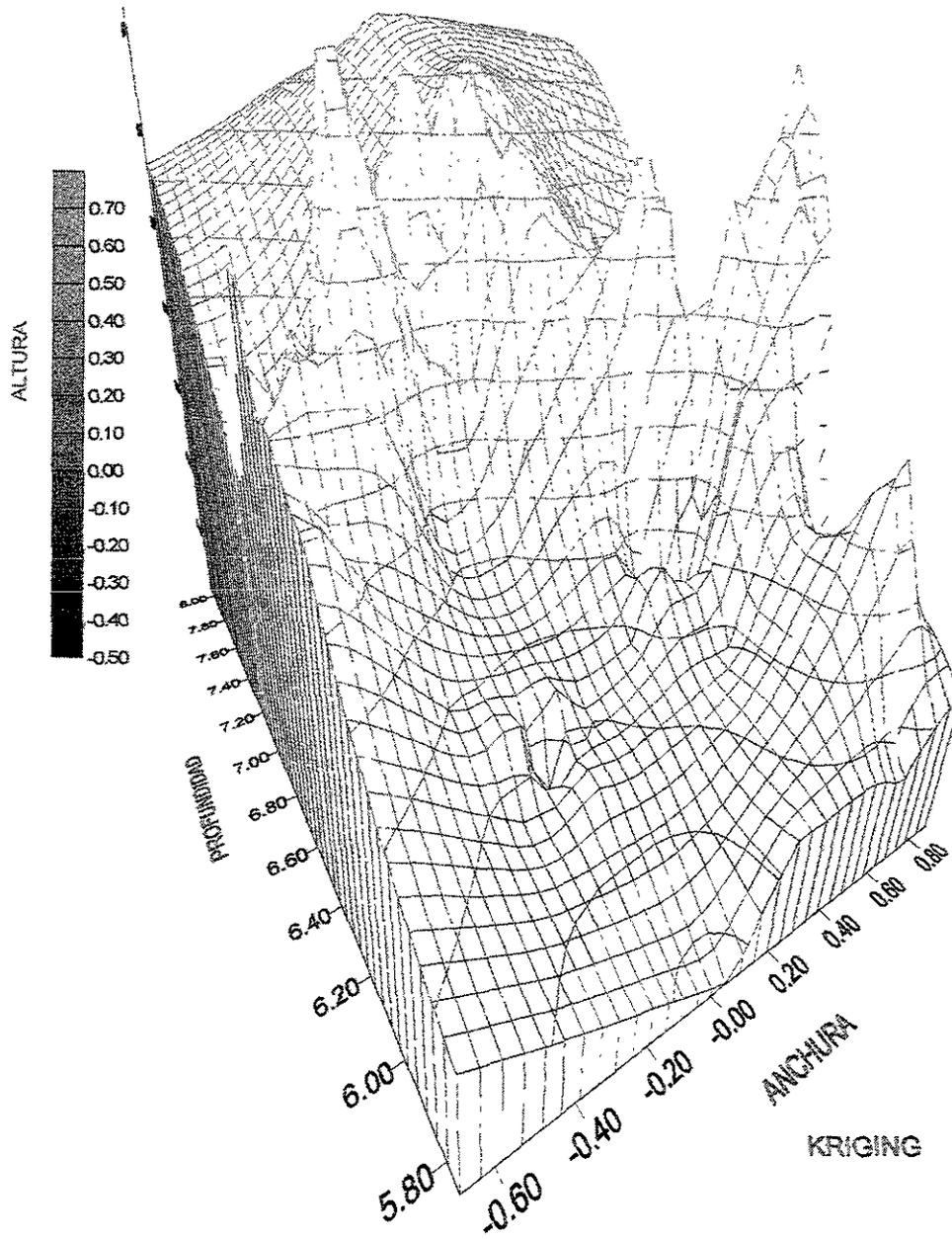
1101A.GRD.SRF.TXT	1101B.GRD.SRF.TXT	fecha: 23 06 91
1102A.GRD.SRF.TXT	1102B.GRD.SRF.TXT	fecha: 28 07 91
1103A.GRD.SRF.TXT	1103B.GRD.SRF.TXT	fecha: 09 11 91
1104A.GRD.SRF.TXT	1104B.GRD.SRF.TXT	fecha: 15 04 92
1105A.GRD.SRF.TXT	1105B.GRD.SRF.TXT	fecha: 17 05 93
1106A.GRD.SRF.TXT	1106B.GRD.SRF.TXT	fecha: 14 09 94
1107A.GRD.SRF.TXT	1107B.GRD.SRF.TXT	fecha: 12 09 95
1108A.GRD.SRF.TXT	1108B.GRD.SRF.TXT	fecha: 15 09 96

Para definir el entorno del stack (sobreposición de planos en el SURFER), se recurrió a la gráfica núm. 8 se presenta el (post-el cual señala la nube de datos en XY-), y el entorno extensión (bln) de la cárcava núm. 11(el cual señala la poligonal de toda la nube de datos, la cual realizó en forma de espiral -Finobacci-). Una vez seleccionado el método Kriging, se tejieron las 16 mallas para la cárcava núm. 11. Es de hacer notar que se eligieron las representaciones en SURFER, que más se apegaron a la morfología presentada en los fotogramas (ver gráficas números 9 y 10 de la cárcava núm. 11).



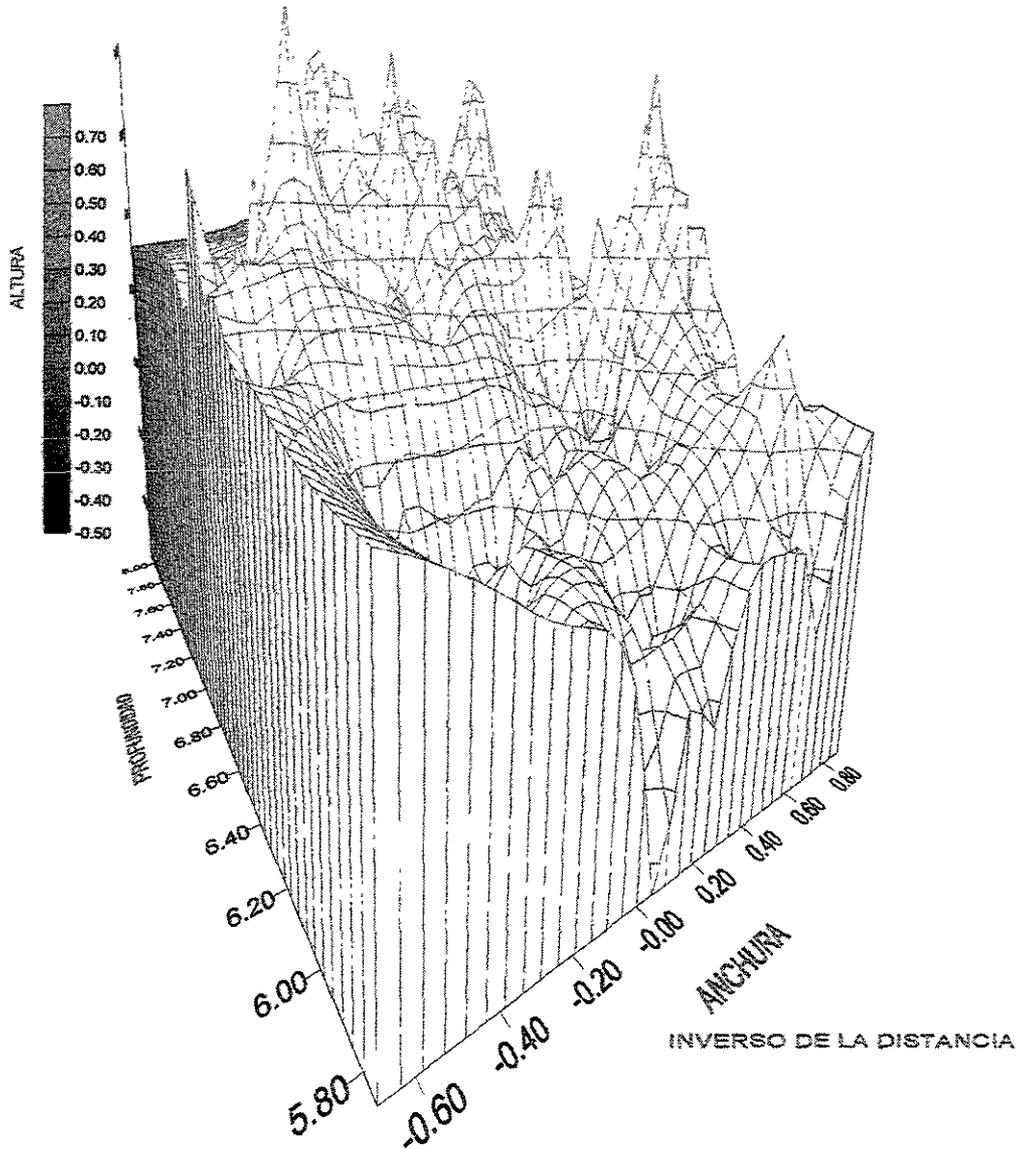
Gráfica núm.1 Métodos de tejido de la cárcava núm.11.stack.1107B.Surface.

EL METODO DE KRIGING -GRAFICA EL ENTORNO DE LA CARCAVA 11 CON UNA BUENA RESOLUCION. Es rápido para la cantidad de datos de entrada en el archivo .GRD.



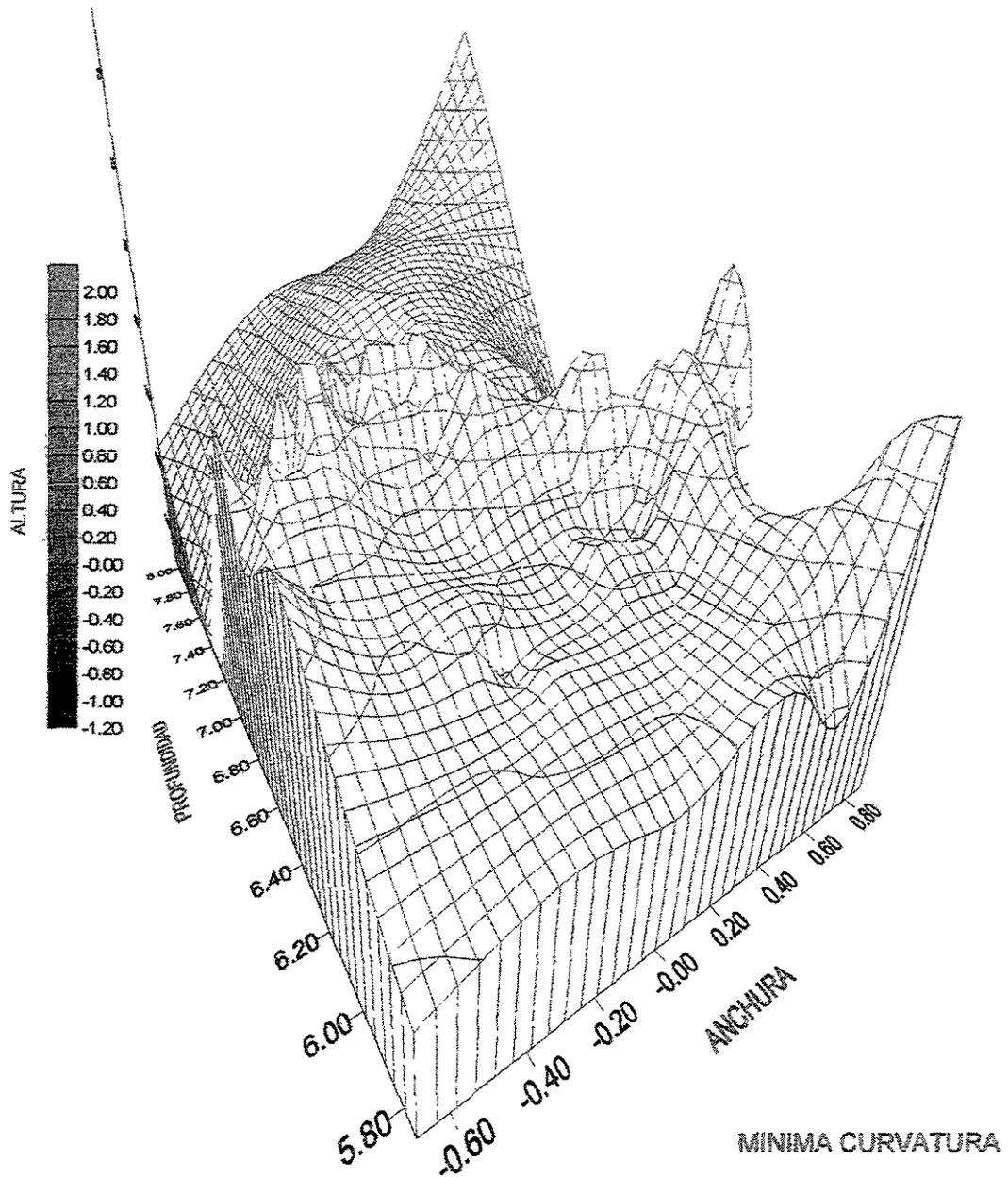
Gráfica.núm.2.Isométrico-Kriging.

EL METODO DE INVERSO DE LA DISTANCIA -GRAFICA EL ENTORNO DE LA CARCAVA 11 CON UNA RELATIVA RESOLUCION. Genera los "bull's eye" es decir, patrones de contornos concentrados cercanos a los puntos de la nube de datos.



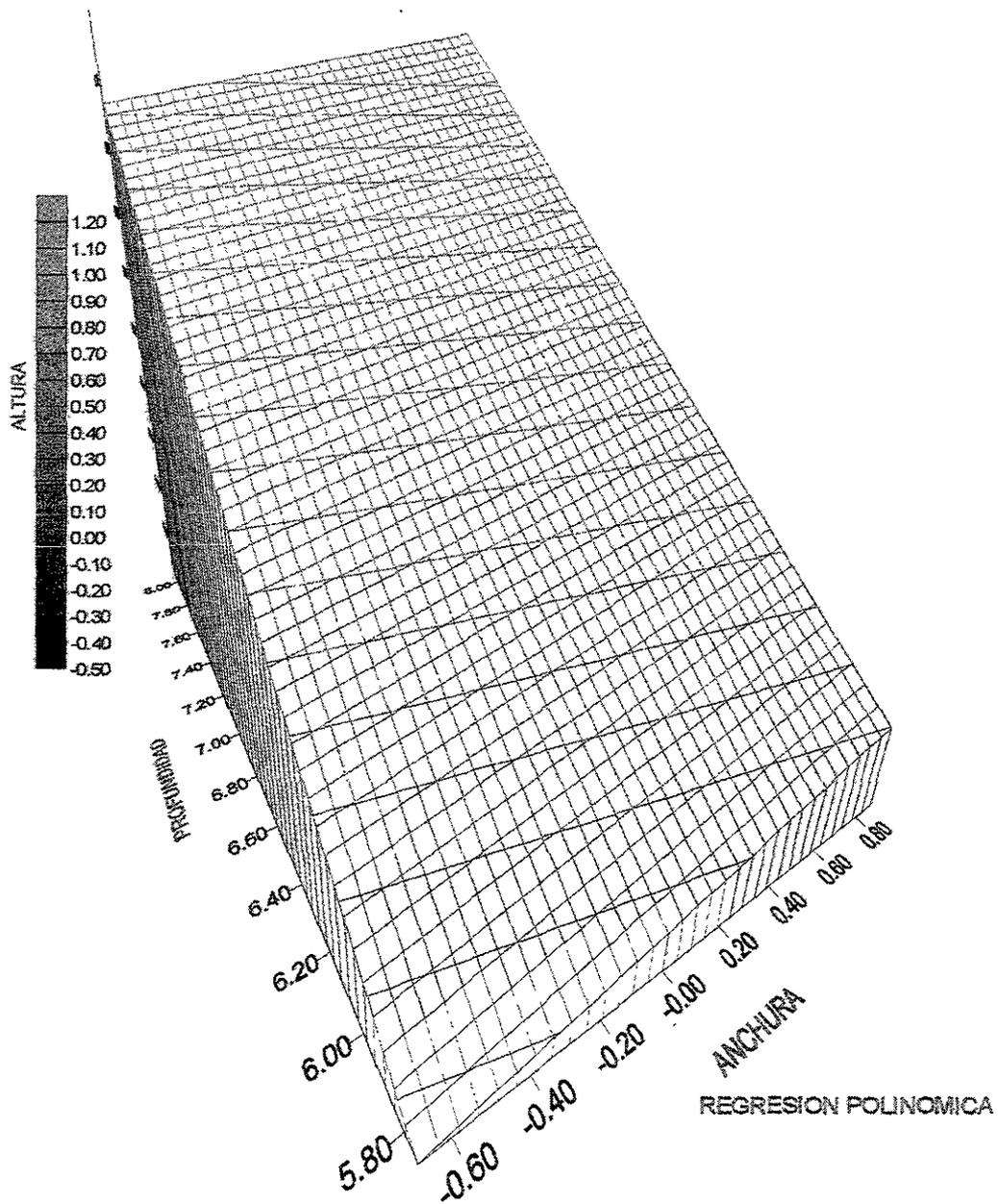
Gráfica núm.3. Isométrico Inverso de la distancia.

EL METODO MINIMA CURVATURA -GRAFICA EL ENTORNO DE LA CARCAVA  
11 CON UNA MALA RESOLUCION. Genera superficies de aplanamiento, aunque es el más rápido  
de los procesos.



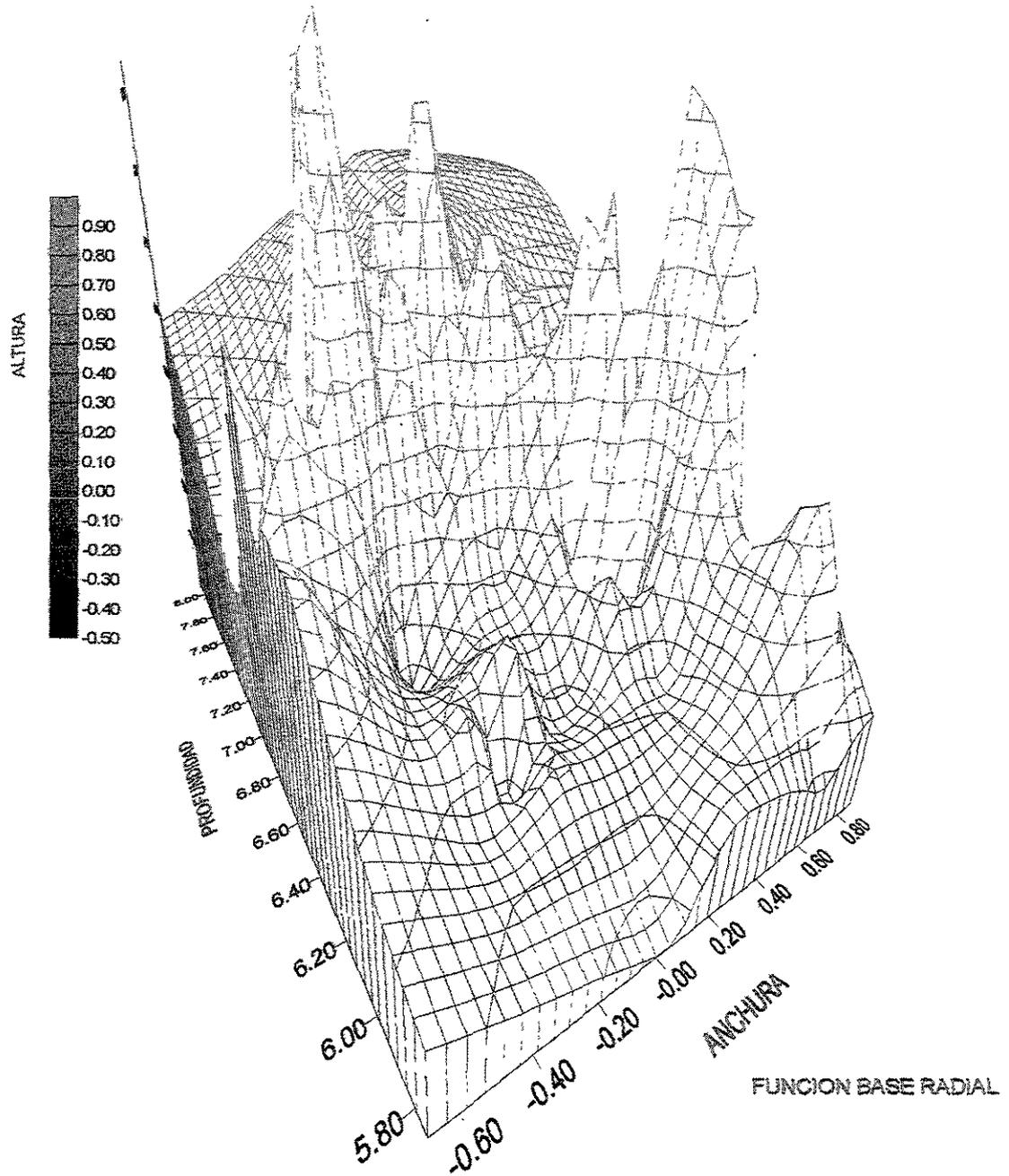
Gráfica núm.4.Isométrico-Mínima curvatura.

EL METODO REGRESION POLINOMICA -GRAFICA EL ENTORNO DE LA CARCAVA 11 CON UNA MALA RESOLUCION. Los detalles de la cárcava se pierden en el variograma, que sin embargo muestra la tendencia de todos los puntos de la red.



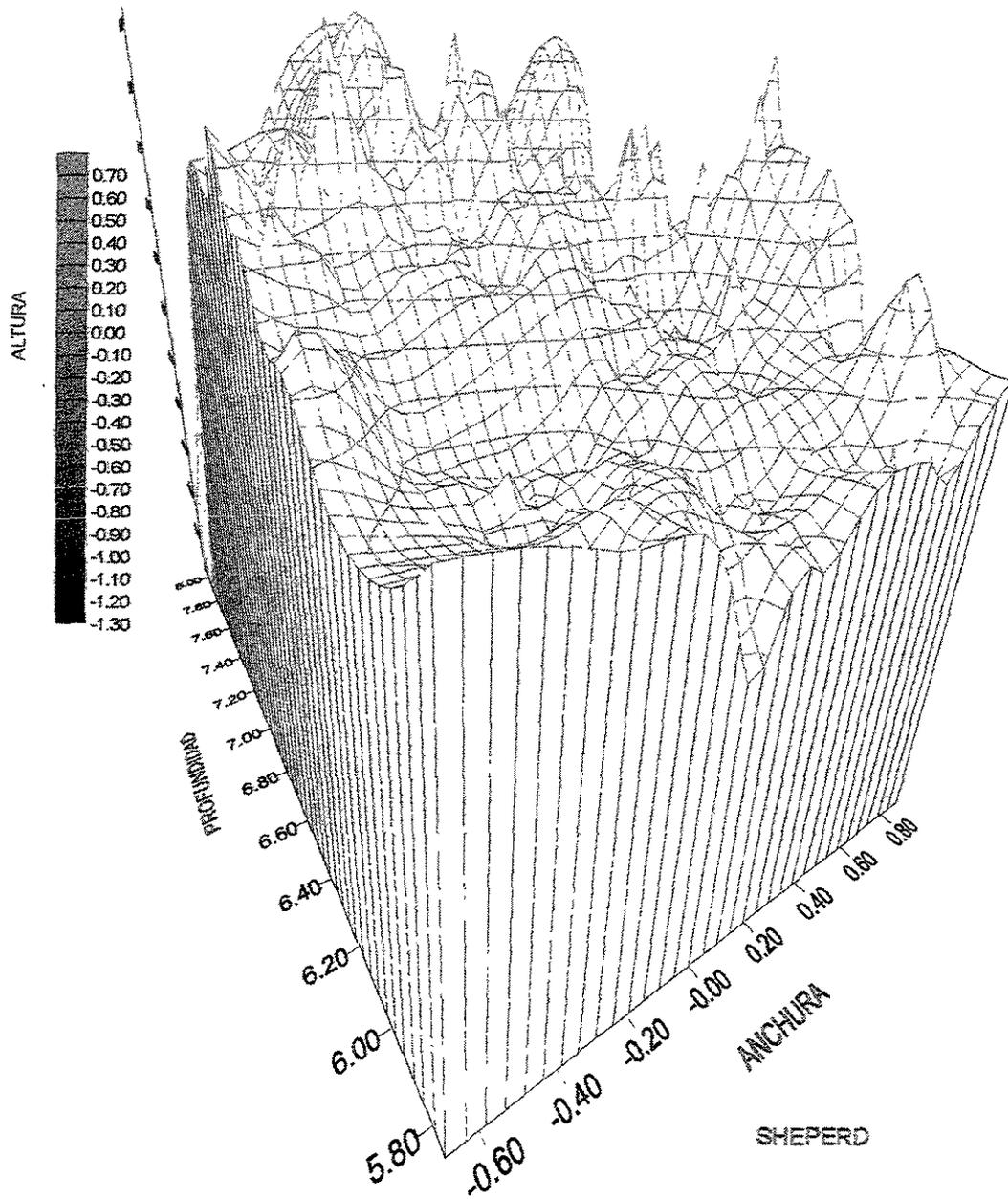
Gráfica núm.5.Isométrico-Regresión Polinómica.

EL METODO FUNCION BASE RADIAL, GRAFICA EL ENTORNO DE LA CARCAVA 11 CON UNA BUENA RESOLUCION. El método es similar con el Kriging pero grafica menor cantidad de detalles del relieve.



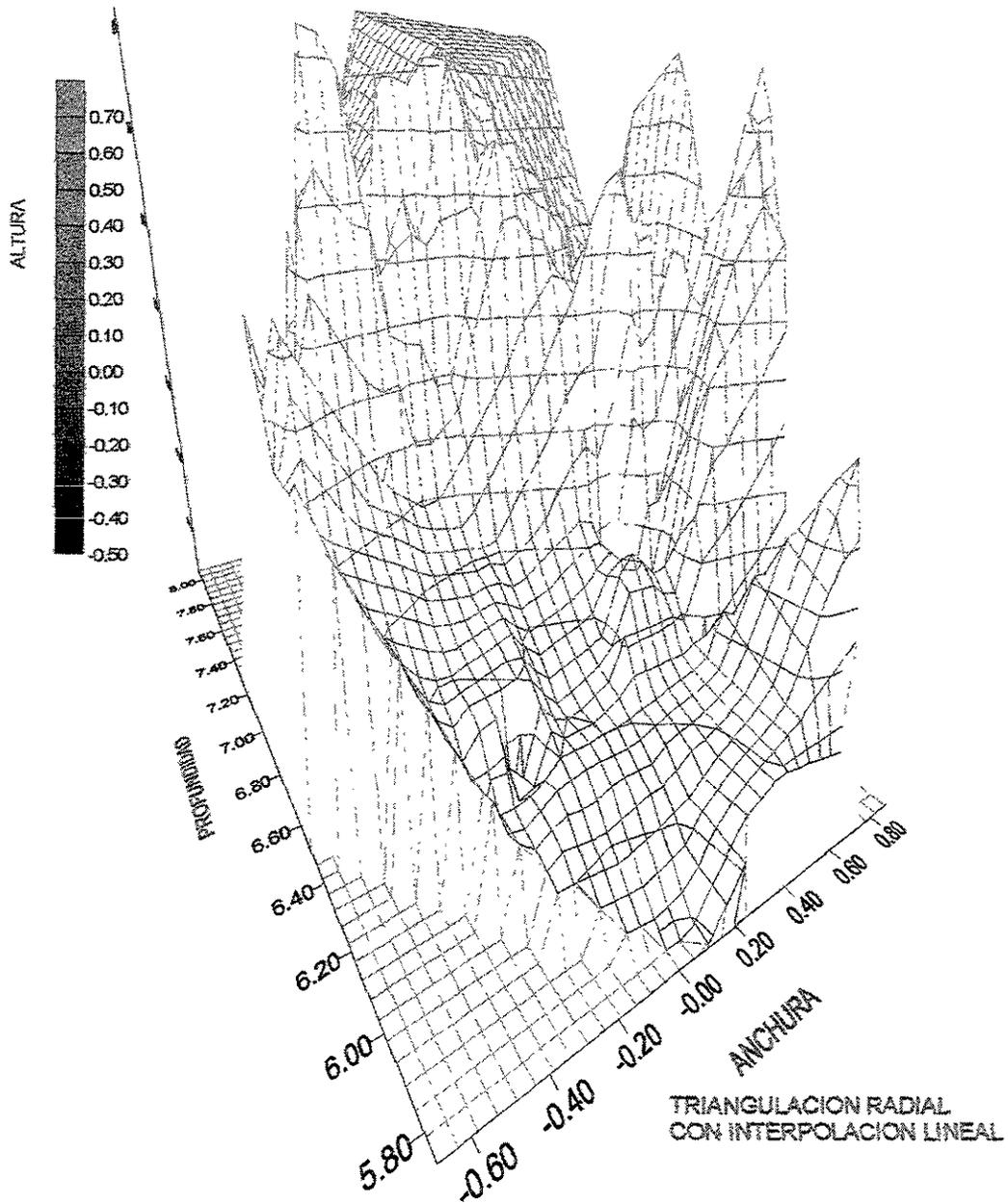
Gráfica núm.6.Isométrico Función base radial.

EL METODO SHEPERD GRAFICA EL ENTORNO DE LA CARCAVA 11, CON UNA MALA RESOLUCION. Presenta poco detalle y aplanamiento en general del relieve.

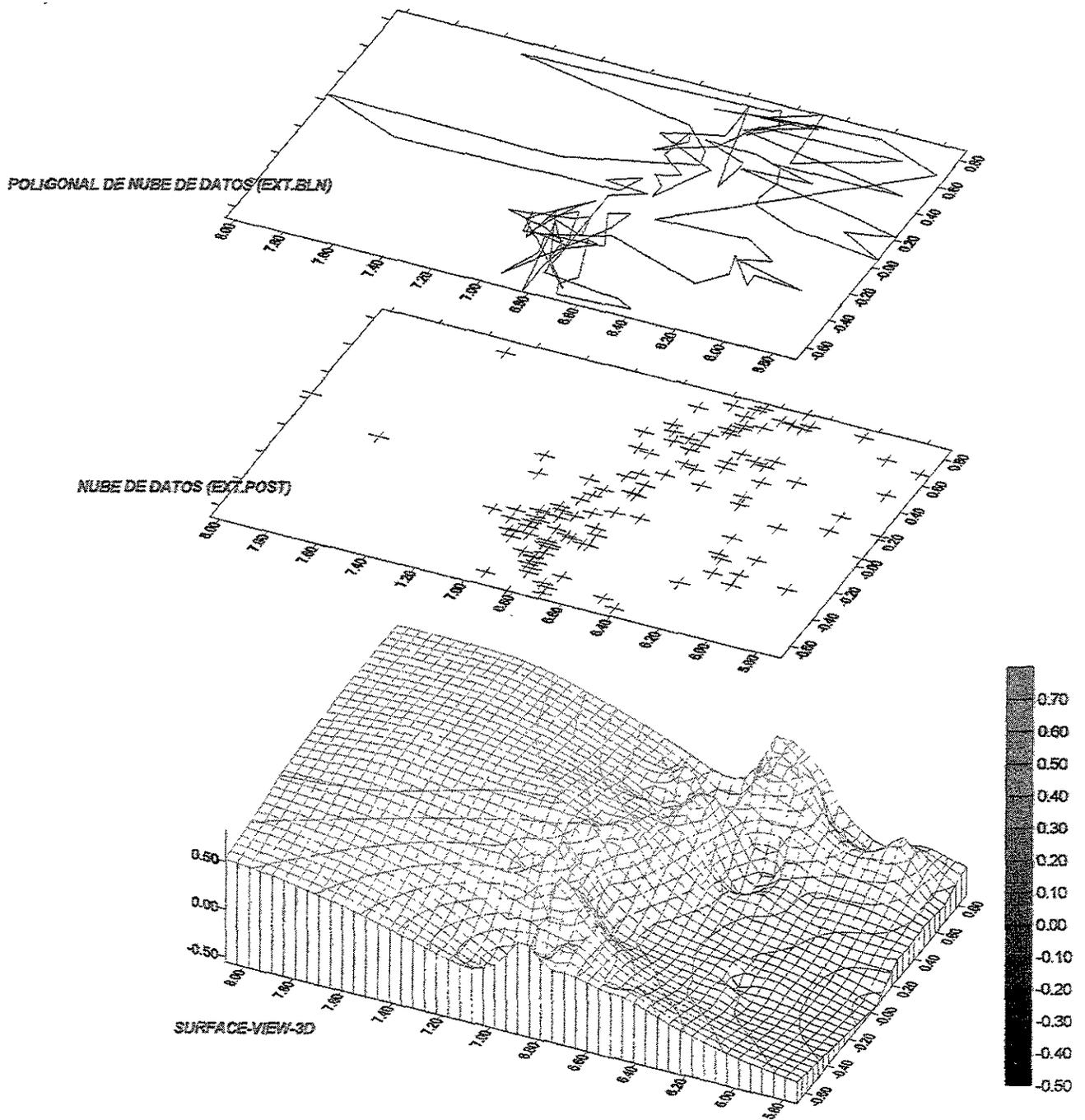


Gráfica núm.7.Isométrico Sheperd

EL METODO TRIANGULACION RADIAL CON INTERPOLACION LINEAL,  
GRAFICA EL ENTORNO DE LA CARAVA 11, CON UNA REGULAR RESOLUCION.  
Presenta regular cantidad de detalle de la cárcava, así como caída de potencial a los extremos del  
archivo .BLN, lo cual lo hace interesante.

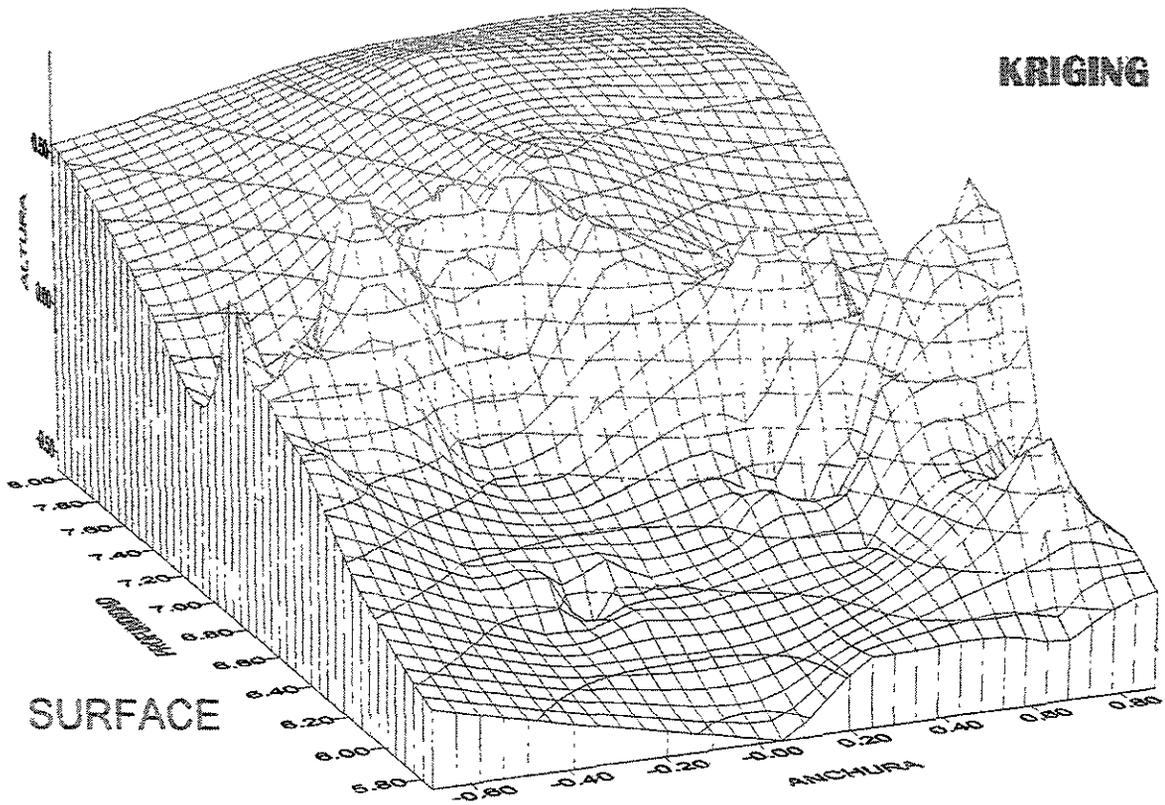
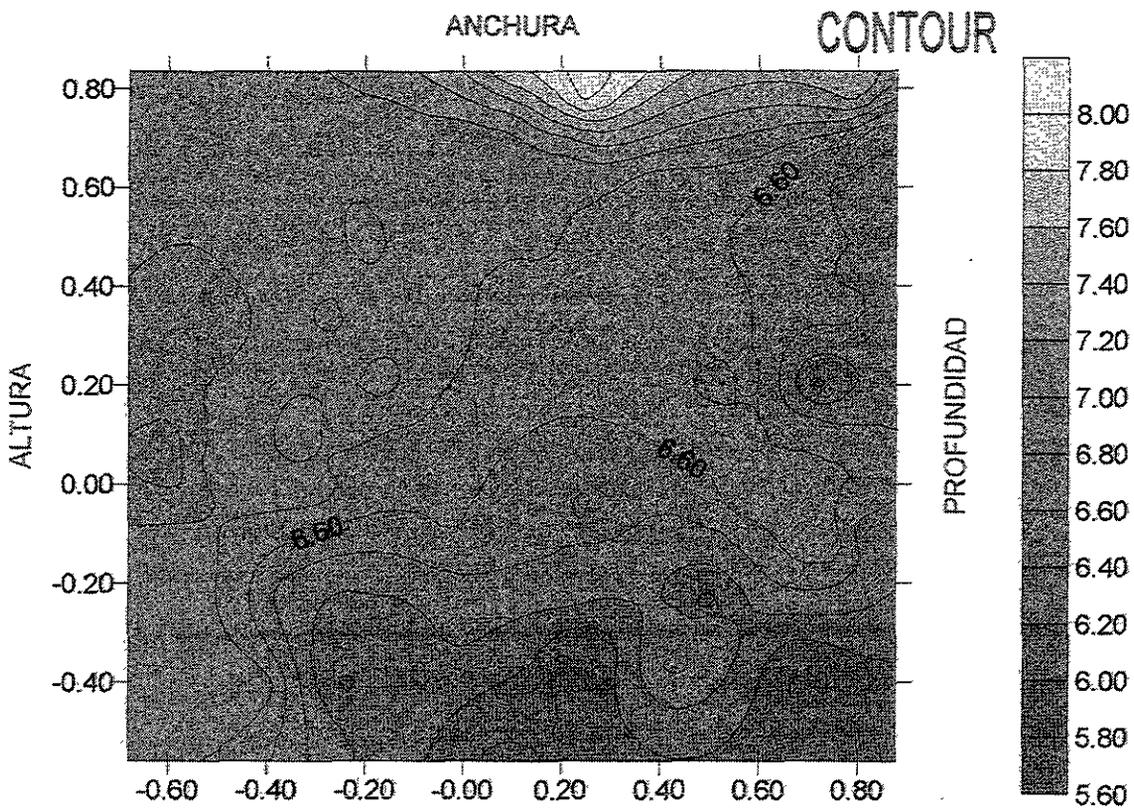


Gráfica núm.8.Isométrico-Triangulación radial con interpolación lineal.



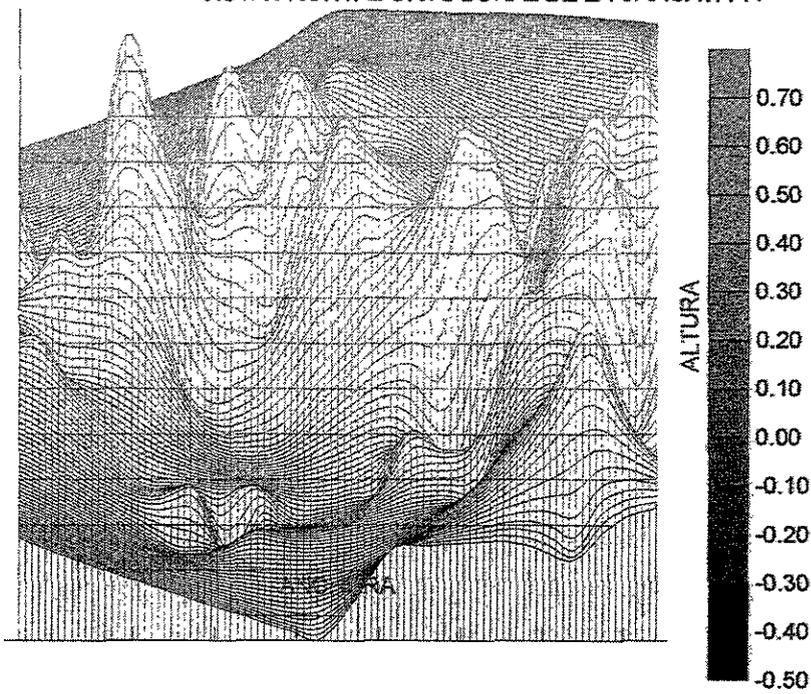
Gráfica núm.9.Representación ortográfica.mod.Stack-3Dview.Cárcava 11

ext.POST.BLN.

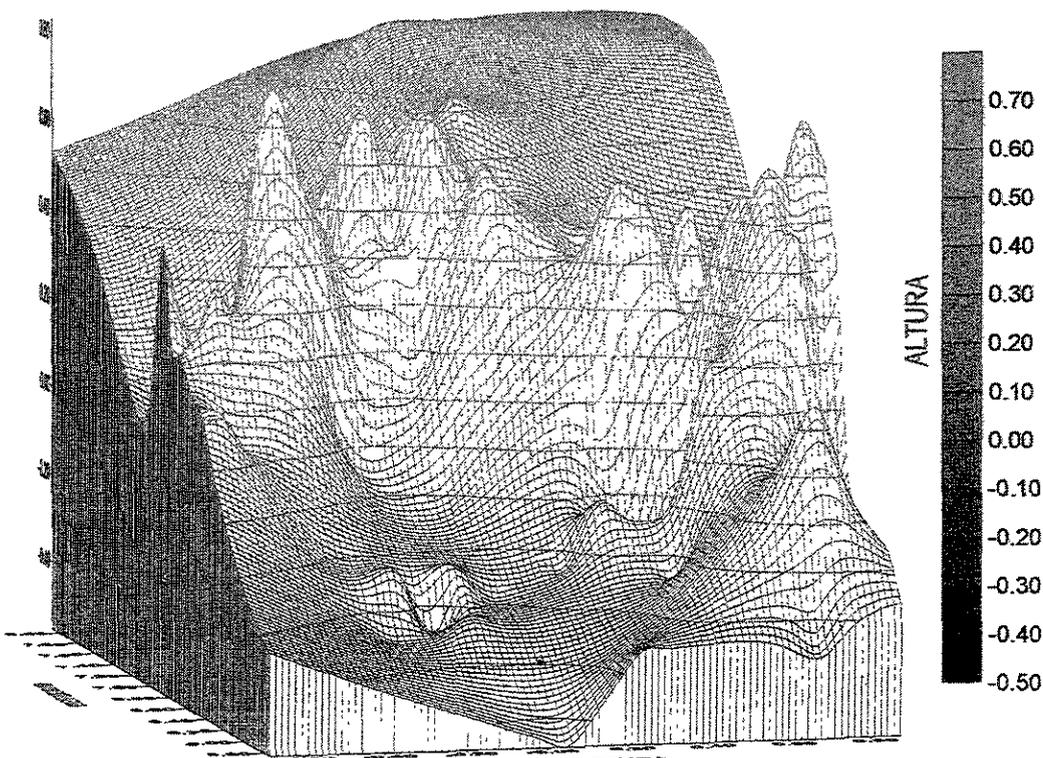


Gráfica núm.10. Selección del método Kriging.mod.CONTOUR-SURFACE

VISTA FRONTAL ORTOGONAL DE LA CARCAVA 11



GRAFICACION DE LA CARCAVA 11  
CON SPLINE SMOOTH

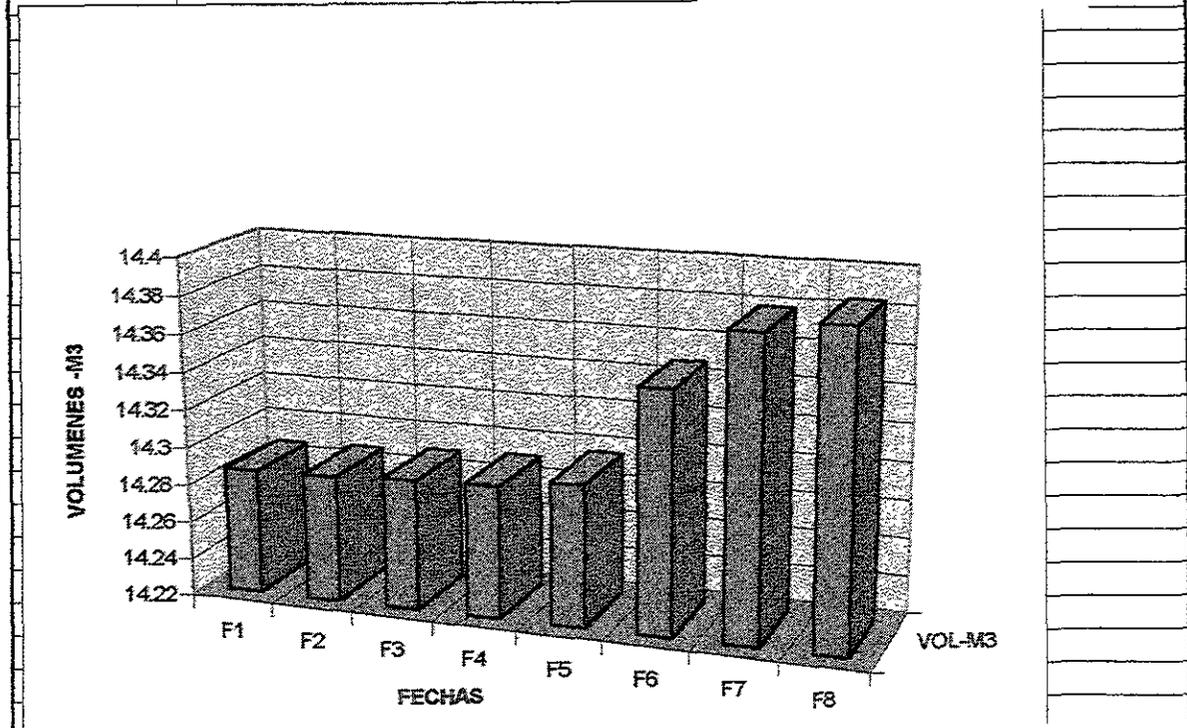


Gráfica núm.11.Graficación de la cárcava núm.11 con Spline-Smooth

**II.3.4. Cálculo de los volúmenes en SURFER.** Como se dijo con anterioridad, de todas las cárcavas en las que se aplicó la metodología propuesta, se seleccionaron cuatro y estas dieron resultados diferentes en cuanto al crecimiento de sus cabeceras. El cálculo de volúmenes de las cárcavas se realizó en todos los casos siguiendo el ordenamiento propuesto en el macro (grid-volúmenes) del software SURFER-COLORADO versión 5.0, en la que se operó para todas las fechas como:

**MONITOREO:**

FECHAS	VOL-M3		
F1	14.286	Primera medición	14.286 m3
F2	14.287	Segunda medición	14.290 m3
F3	14.289	Tercera medición	14.289 m3
F4	14.29	Cuarta medición	14.292 m3
F5	14.295	Quinta medición	14.295 m3
F6	14.347	Sexta medición	14.372 m3
F7	14.378	Séptima medición	14.378 m3
F8	14.384	Octava medición	14.384 m3



**Gráfica núm.12.Graficación de volúmenes del monitoreo-Excel.**

### II.3.5.Representación de los volúmenes en EXCEL.

Las gráficas de los cálculos de los volúmenes fueron realizadas por medio del programa de hoja electrónica Excel versión 5.0 y en los resultados se presentan en el eje de las abscisas (x), las fechas correspondientes a las 8 mediciones en campo (diferentes fechas). Se presenta en el eje de las ordenadas (y), los cálculos de los volúmenes correspondientes a las diferentes fechas. Los archivos de trabajo de estos volúmenes tienen la extensión .TXT.

#### VOLUME COMPUTATIONS

##### UPPER SURFACE

Grid File: C:/WINSURF/1107A.GRD  
Rows: 0 to 32766  
Cols: 0 to 32766  
Grid size as read: 50 cols by 45 rows  
Delta X: 0.0317959  
Delta Y: 0.0317045  
X-Range: -0.6795 to 0.8785  
Y-Range: -0.5585 to 0.8365  
Z-Range: 5.75482 to 8.0644

##### LOWER SURFACE

Level Surface defined by Z = 0

##### VOLUMES

Approximated Volume by  
Trapezoidal Rule: 14.3836  
Simpson's Rule: 14.3835  
Simpson's 3/8 Rule: 14.3832

##### CUT & FILL VOLUMES

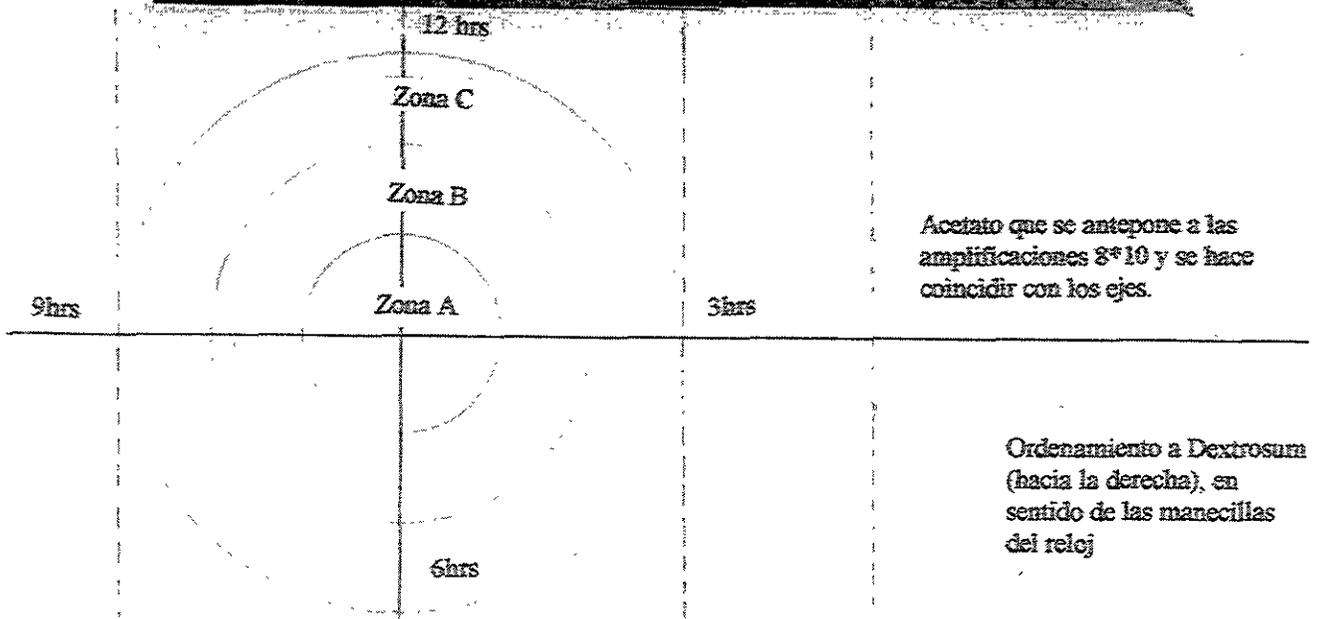
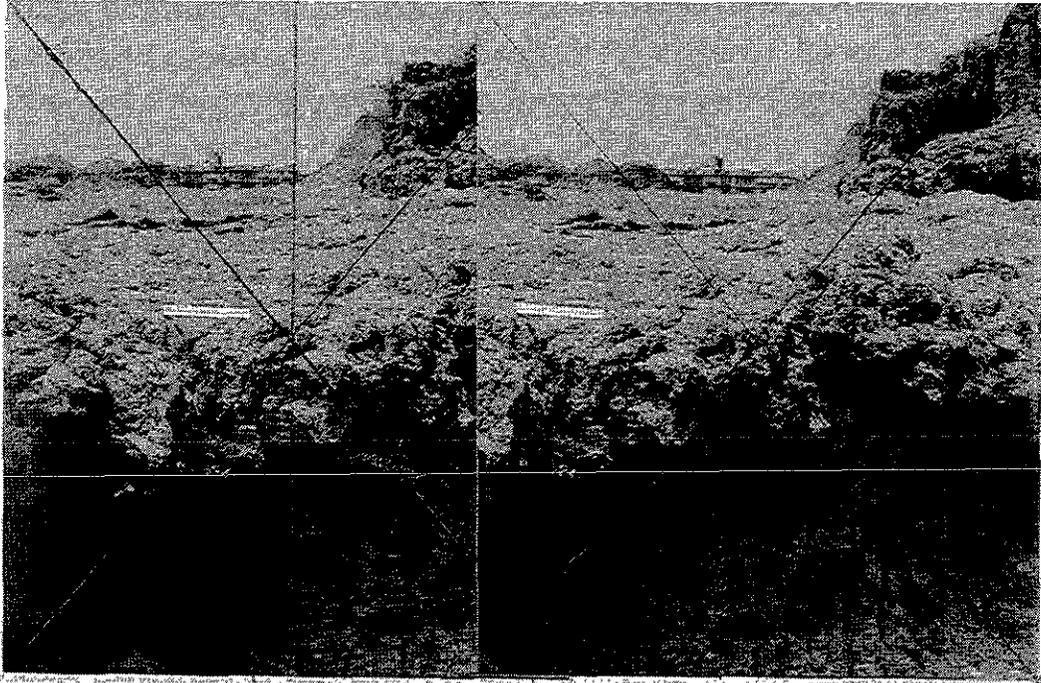
Positive Volume [Cuts]: 14.3835  
Negative Volume [Fills]: 0  
Cuts minus Fills: 14.3835

##### AREAS

Positive Planar Area  
(Upper above Lower): 2.17341  
Negative Planar Area  
(Lower above Upper): 0  
Blanked Planar Area: 0  
Total Planar Area: 2.17341  
  
Positive Surface Area  
(Upper above Lower): 4.95552  
Negative Surface Area  
(Lower above Upper): 0

**CALCULO DE VOLUMENES  
SURFER-CARCAVA NUM. 11  
HOJA ELECTRONICA  
DE SURFER**

Para poder describir el movimiento diferencial que se dá en el monitoreo (8 fechas diferentes), se utilizó una gráfica circular que determina tres secciones (A, B, C), circulares y con un HORARIO DE RELOJ en ordenamiento a dextrosum, es decir en sentido de las manecillas del reloj. y que se antepone a los estereomodelos de 8"×10 ".



Gráfica núm.13 Gráfica circular para revisar movimientos diferenciales.

**II.3.6. Conclusiones y discusiones parciales:** La cárcava núm 11 se puede considerar como una erosión de tipo pared, en la que en la parte de arriba, se muestran las grietas de desecación, mismas que originan grandes bloques que finalmente caen cuando la parte de abajo es desmenuzada y removida, presenta además varias raíces gruesas y delgadas que en un momento dado la resguardan y hacen que su avance sea mucho más lento. Para la cárcava núm.11 los resultados proporcionan un valor de material removido de 0.024 metros cúbicos (ver Gráfica núm.12); pero de manera particular y según el monitoreo, se desarrollan de manera diferencial, en las zonas A, B, y C, con la orientación antes mencionada, encontrando para la zona A, erosión en toda la parte superior y acumulación en la parte inferior, es decir de las 12 a las 3 erosión, de las 6 a las 9 acumulación y nuevamente de las 9 a las 12 erosión. Para la zona B, y quizás motivada por la presencia de una gruesa raíz que va de las 2 a las 8, por lo que se presentan acumulaciones arriba de la raíz, y una marcada erosión en la parte de abajo de esta, por lo que se puede inferir que de las 12 a las 2 existe acumulación, de las 2 a las 3 erosión sustantiva, de las 3 a las 6 acumulación y sedimentación, lo mismo que de las 6 a las 9, pero con otra inclinación, quizás por ser evidente cambio en la dureza de los tepetates, de las 9 a las 10, una marcada y bien definida erosión, y nuevamente de las 10 a las 12 acumulación por motivo de la gruesa raíz. Para la zona C, de las 12 a las 2 se observan fracturas en forma de bloques, ya que evidentemente la parte de abajo se ha desmoronado; de las 2 a las 3 se ve la eyección y desmenuzamiento del material, pero de las 3 a las 6 se observan acumulaciones de tipo eyección, así como de las 6 a las 9, pero cambiando esta zona por la presencia de grandes bloques que se supone cayeron del techo o de la cabecera de la cárcava en forma inicial; de

las 9 a las 10 se muestra un gran hueco en forma destruccional y con un continuo avance (atrás de las raíces que van de las 11 a las 5); de 10 a 11 se denotan algunos bloques grandes, que detienen a otros mayores que se observan de las 11 a las 12, aunque es evidente que estos van cambiando con el tiempo, tanto en su forma como en su disección (fotograma - cárcava núm. 11). Después de la descripción circular por zonas, se puede decir: Entre la primera toma y la segunda, la cárcava no creció y por lo tanto las mediciones fueron reiterativas, es decir, se comprobaron y/o se obtuvieron las mismas dimensiones en la cárcava medida; el lapso fue de un mes. De la segunda toma a la tercera, se reconocieron pequeños avances y como se indicó estos fueron diferentes dependiendo del tipo de cárcava medida, así como por la presencia de pastos y raíces de diferentes dimensiones. Resultados semejantes se obtuvieron entre la tercera y la cuarta toma: el lapso entre estas mediciones fue de 4 a 5 meses respectivamente. Para las siguientes tomas (la quinta, la sexta, la séptima y la octava), se obtuvieron los cambios dimensionales mayores); es de hacer notar que entre la cuarta y la quinta toma, el lapso fue el mayor de todos (alrededor de 1.4 años), y de un año para las otras tomas.

**II.3.7. Resultados de otras cárcavas medidas.** En forma similar a la medición de la cárcava núm.11 se midieron en ocho fechas diferentes, tres cárcavas denominadas como: 1, 6, 13, las cuales en su forma son diferentes. La cárcava núm.1, corresponde a una zona de captación o de recarga con rompimiento de pendiente, y alcanzó un retroceso de 0.202 metros cúbicos y atendiendo al ordenamiento de horario de reloj referido, se muestran

desarrollos diferenciales, mayores en la zona A, y B, de las 12 hrs.a las 5hrs., y menores retrocesos con desprendimientos parciales en zona B entre las 2 hrs. y las 6 hrs., (ver estereomodelo y gráficas de la cárcava núm.1, apéndice M).

La cárcava núm. 6 corresponde también a una zona de recarga con rompimiento de pendiente, y se detectaron erosiones del orden de los 0.04 metros cúbicos con un crecimiento regular; se presentaron cambios destruccionales de las 12 hrs a las 11hrs. en la zona A, cambiando incluso su disección en más de 5cm. En la zona B, se midieron cambios substanciales no solo de agradación sino incluso de disección y en la zona C, se presentaron cambios destruccionales de las 3hrs a las 5hrs y agradación básicamente entre las 5.30 hrs y las 6.30 hrs. (ver estereomodelo y gráficas de la cárcava 06 en el apéndice M).

La cárcava núm.13 presenta una morfología parecida a la cárcava núm.11 descrita con anterioridad (de tipo pared), se detectaron cambios del orden de 0.035 metros cúbicos de erosión, y de manera diferencial, se observó para la zona A, una degradación uniforme de las 12 hrs. a las 3 hrs, para la zona B se muestra agradación de tipo gravitacional, y para la zona C, de la 0 hrs a las 2 hrs se observa un bloque de gran dureza; de las 2 hrs a las 4 hrs se observa hundimiento y de las 4 hrs a las 7 hrs se observa agradación gravitacional (ver estereomodelo y gráficas de la cárcava núm.13.apéndice M).

Una vez consideradas todas las tomas en el lapso de 4 años 11 meses, se puede incluso añadir que el modelo tridimensional planteado se pudo aplicar sustantivamente, y permitió observar el proceso y cambio dimensional en las cárcavas propuestas, sin embargo, estos cambios fueron mínimos, quizás por la dureza del tepetate (duripan o hardpan). Con

esa misma metodología propuesta se podría quizás monitorear los suelos blandos y observar así, avances sustantivos en el proceso de avance de la cabecera de las cárcavas y por lo tanto en sus volúmenes.

Se presentaron algunos problemas en la medición directa de los tepetates, resaltando en forma importante: A) De la primera y hasta la tercera medición se registró un cambio dimensional de forma mínima (quizás por la dureza del tepetate), y esto originó incertidumbre en la metodología. B) Los testigos para las orientaciones de las bases (clavos), en algunos casos emergieron en el monitoreo, alcanzando hasta 2 mm (operación comprobada con una nivelación diferencial corrida a través de los clavos).

***II.3.8. Sugerencias y futuras modificaciones a la metodología planteada:*** En forma importante es conveniente señalar la posibilidad de aplicar la presente metodología a suelos blandos o deleznales. Sería conveniente utilizar otro tipo de cámaras como las que no cuentan con enfoque, es decir: que tienen foco-fijo (1.5 m hasta infinito), pero que son SLR también lo cual habría que correlacionar para determinar su profundidad de campo además de que sería oportuno el emplear las cámaras CCD y de ser posible calibrarlas. Se debería probar con otras correlaciones y parámetros de medida, los métodos para tejer la malla (*inverso de la distancia, función base radial y el de triangulación radial con interpolación lineal*) que se observaron como rápidos y de alta flexibilidad para ser aplicados a la topografía de cárcavas. En la presente obra se tejieron todas las variantes y se seleccionó el método Kriging, al cual se le considera uno de los más útiles procesos para

tejer la malla, ya que su variograma lineal, genera casi siempre una adaptabilidad de aplicación a la representación topográfica particular. Para el caso de mallas muy extensas, el método de Kriging, es demasiado lento. Se sugiere finalmente, el utilizar algunas cámaras métricas (Nikon TS 20, la Wild P-31, la Wild C 40 -120, o la TMK 6-12 de Zeiss, o la Hasselblad MK-70), así como otros aparatos de restitución universal con metodología similar a la empleada en la presente investigación.

## CAPITULO III

### III. OTRAS APLICACIONES GEOGRAFICAS DE LA METODOLOGIA

#### III.1. Estudio de caso núm. 2. Aplicaciones Antropogeográficas.

III.1.1. Consideraciones generales para las tomas antropológicas. La técnica de la fotogrametría terrestre se aplica para la obtención de caracteres antropométricos de personas seleccionadas previamente, que representan a una etnia en particular o incluso con anomalías patológicas y de malformaciones congénitas específicas (Geografía Médica). Es de hacer notar que la selección mencionada obedece a la previa identificación estadística de la etnia en cuestión, con el lineamiento de alguna investigación específica, ya sea en tomas de cuerpo entero o seccionalmente, recortando según el encuadre fotográfico que se requiera (full-shot, long-shot, plano americano, medium-shot, medium close-up, y big close up), ver apéndice K.

Dependiendo de la técnica empleada (con cámaras estereométricas y estereoplotters adecuados anteriormente mencionados), o con las SLR, previamente calibradas, para distancias cortas y super cortas específicas, se podrá alcanzar en los mediums shots, y todos los close-up, una resolución de hasta menos de 5 mm en la conformación de la partenairê, si se trata de rostros y una aproximación a los cm en buena definición, si se trata del cuerpo entero, a través de los estereoplotters de utilización específica para objetos cercanos, y pudiendo representar con buena aproximación a través de SURFER, sus mediciones en tercera dimensión. Es de hacer notar que a la distancia super corta, se realiza una calibración interior especial, limitada a enfoque específico, pero con la desventaja de la pérdida de profundidad de campo, lo que obliga a un cuidado extra en la toma.



**Fig. núm.7. Arriba-Fotogramas de la etnia Mixtecos, lugar: Cuesta Blanca, en  
Tezoatlán, Huajuapán de León Oaxaca.**

**abajo- Fotogramas de la etnia Totonacas, lugar: Jonotla, Puebla.**



**III.1.2. Caracteres descriptivos, commensurables y antropométricos.** Según los trabajos de Quatrefages, Topinard, Deniker, Sergi, Ruggieri, Comas, et.al., en su aplicación antropogeográfica, y en particular a la etnografía, los datos para realizar las clasificaciones raciales son osamentas conservadas en las colecciones de museos; los cadáveres, para el exámen de las partes blandas del organismo; sin embargo los caracteres raciales de los sujetos vivos que pueden ser útiles son:

A) Caracteres descriptivos: a) coloración de la piel; b) naturaleza y color de los cabellos; c) desarrollo del sistema piloso; d) forma y color de los ojos; e) la forma de la nariz; f) la forma de la mandíbula; g) los labios; h) las orejas, etc.

B) Caracteres commensurables: a) la cabeza; b) la talla; c) proporciones del cuerpo y de los miembros.

Los caracteres raciales del esqueleto son apreciados mediante el estudio de las formas de las diferentes partes, tomando sobre ellas ciertas medidas a partir de puntos bien definidos; índice cefálico horizontal, facial y nasal; longitud del esqueleto, forma de los diferentes huesos, etc.

C) Entre los caracteres antropológicos de las partes blandas pueden ser citados: las peculiaridades de los músculos gemelos, la disposición de las pailas de la lengua, la longitud del intestino, del apéndice vermiforme, el hígado, el bazo, las glándulas tiroides, etc.



**Fig.núm.8. Arriba- fotograma de la etnia Nahuatl, lugar: Teopantlán, Puebla.**

**abajo- fotograma de la etnia Amuzgos, lugar : San Pedro Amuzgo**

**Oaxaca.**



**ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

Coloración de la piel. Es debida a la presencia en la epidermis, y en particular en la capa de Malpighi, de pequeños granos de pigmento, conocido como melanina. Las variaciones en la naturaleza y cantidad de estos granos determinan los diferentes tintes o colores de la piel, así como el color del pelo y del iris del ojo.

Naturaleza y color de los cabellos. Según la forma del cabello se distinguen tres tipos fundamentales: ulótricos o cabello ensortijado, formando espirales de un diámetro más o menos grande; cimótricos o cabello ondulado; leiótricos o cabello liso. El color del cabello puede ser: rubio, negro, tostado y castaño, con una variedad de transicional.

Índice nasal. De acuerdo con la relación centesimal entre la longitud de la nariz y su anchura, 70 o menor, platirrino; entre 70 y 85, mesorrino; y mayor a 85, leptorrino.

Forma de la mandíbula. Se conocen tres tipos: prognatas o de mandíbulas adelantadas, que determinan una saliente en la boca; ortognatas o de mandíbula recta; mesognata o de mandíbula intermedia.

Índice cefálico. Según la forma de la cabeza en plano horizontal, se conocen tres tipos: dolicocefalos (alargada) con índice de 76 o menos; braquicefalos (arredondeada), con índice de 82 o más; mesocefáleos (ovalado con índice entre 77 y 82).

La talla. En relación con este parámetro ha sido adoptada la escala siguiente:

Tallas muy grandes.....de 1.80 m en adelante

Tallas grandes.....de 1.70 a 1.79 m

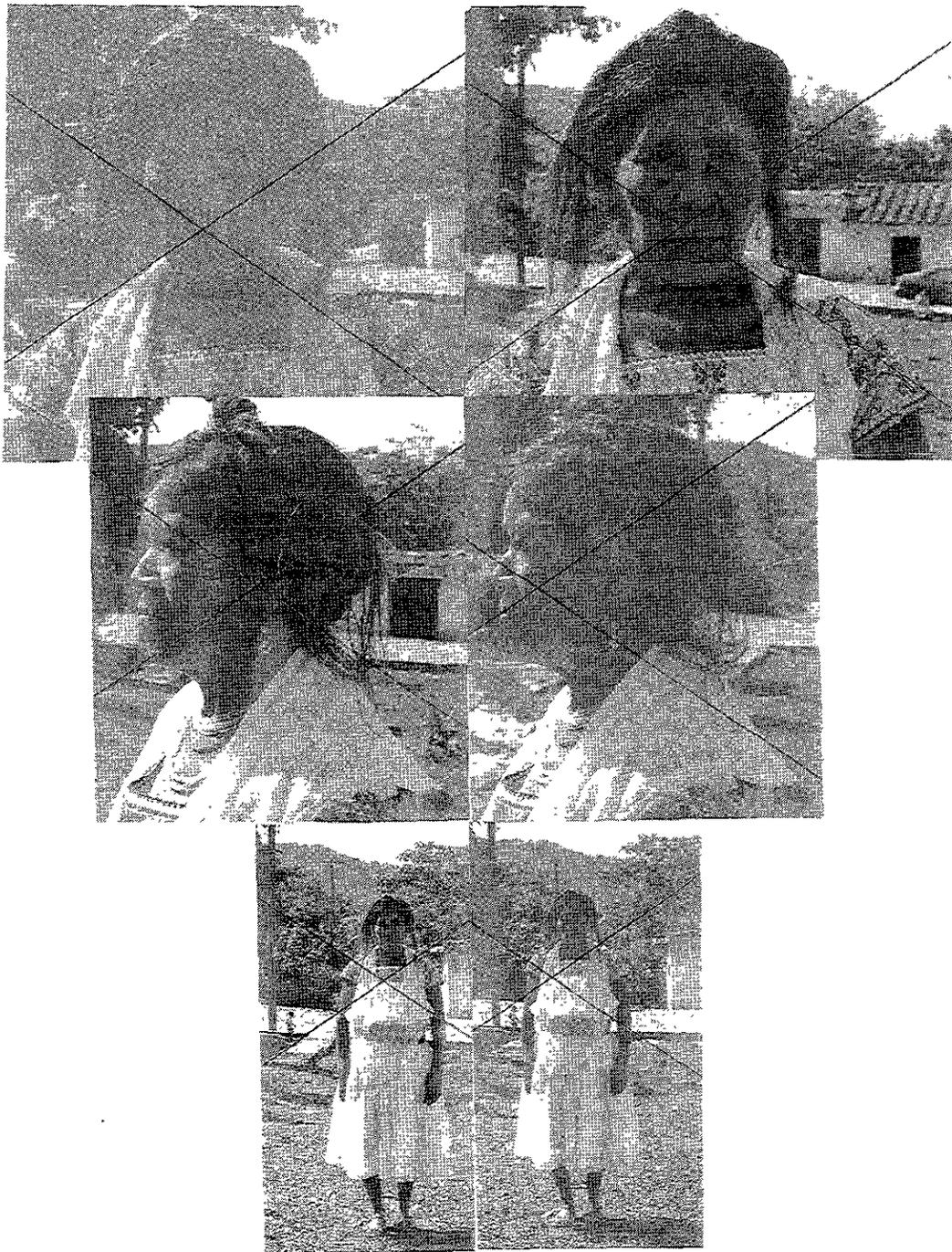
Tallas medianas.....de 1.60 a 1.69 m

Tallas pequeñas.....de 1.50 a 1.59 m

Tallas muy pequeñas.....de 1.49 a menor

Es de hacer notar que en el medio antropométrico actual, existen, tanto en el Instituto de Investigaciones Antropológicas de la UNAM, como en el SEMEFO, así como la PGR, programas para diferenciar individuos y reconocer personas, a través de algún software. En la presente investigación se procede a identificar a los individuos, directamente con el trato de las etnias en cuestión, y ellos son los que determinan a las personas que directamente descienden de los troncos originales. Resalta en forma importante, el hecho de que algunos antropólogos, consideran que hay que fotografiar incluso desnuda a la gente, lo cual es sumamente delicado. Por otro lado, la metodología propuesta, conlleva exclusivamente el medir ya sea la altura de la persona, o bien la distancia interpupilar, con lo que se reduce substantivamente la molestia ocasionada.

**III.1.3. Fotogramas de Prueba.** Se realizaron algunas tomas de prueba las cuales se restituyeron en forma analítica y analógica.



**Fig.núm.9.Fotograma de prueba núm.1**



**Fig.núm.10.Fotograma de prueba 2.**

Lugar: Cholula Puebla.

Tema: Anglosajón.

Toma realizada con dos cámaras CANON t-60

Base de aluminio montada sobre teodolito Kern.

Distancia focal de las dos cámaras de 50 mm.

Base entre las cámaras de 0.39 m.

Amplificación de 8" \* 10" con recorte.

Dist. focal de amplificación 234 mm.

Picado a Dextrosum con 40 puntos.



**Fig.núm.11.Fotograma de prueba núm.3**

Ensayo de fotograma Anglosajón. Picado de fotogramas en forma simétrica.

**III.1.4. Graficación en SURFER de los archivos medidos.** Se procedió a graficar los datos restituidos en forma analítica, de los archivos de prueba en los que se pudo dilucidar que:

Al igual que en el estudio de caso anterior, se utilizaron todos los métodos de tejido del programa SURFER, es decir: Kriging, inverso de la distancia, mínima curvatura, función base radial, sheperd, triangulación radial con interpolación lineal, y el de regresión polinómica., tanto en para el modo Contour, como para el modo Surface.

Ver figuras anexas en las que se observa la compilación en el modo Stack 3Dv.

Se seleccionó el modo Kriging (ver gráficas 14, 15, 16).



**Fig.núm.12.Fotograma de prueba núm.4, para restitución.**

Lugar: ciudad de Puebla.

Tema: Anglosajón.

Toma: Realizada con dos cámaras CANON AV1 y AE.

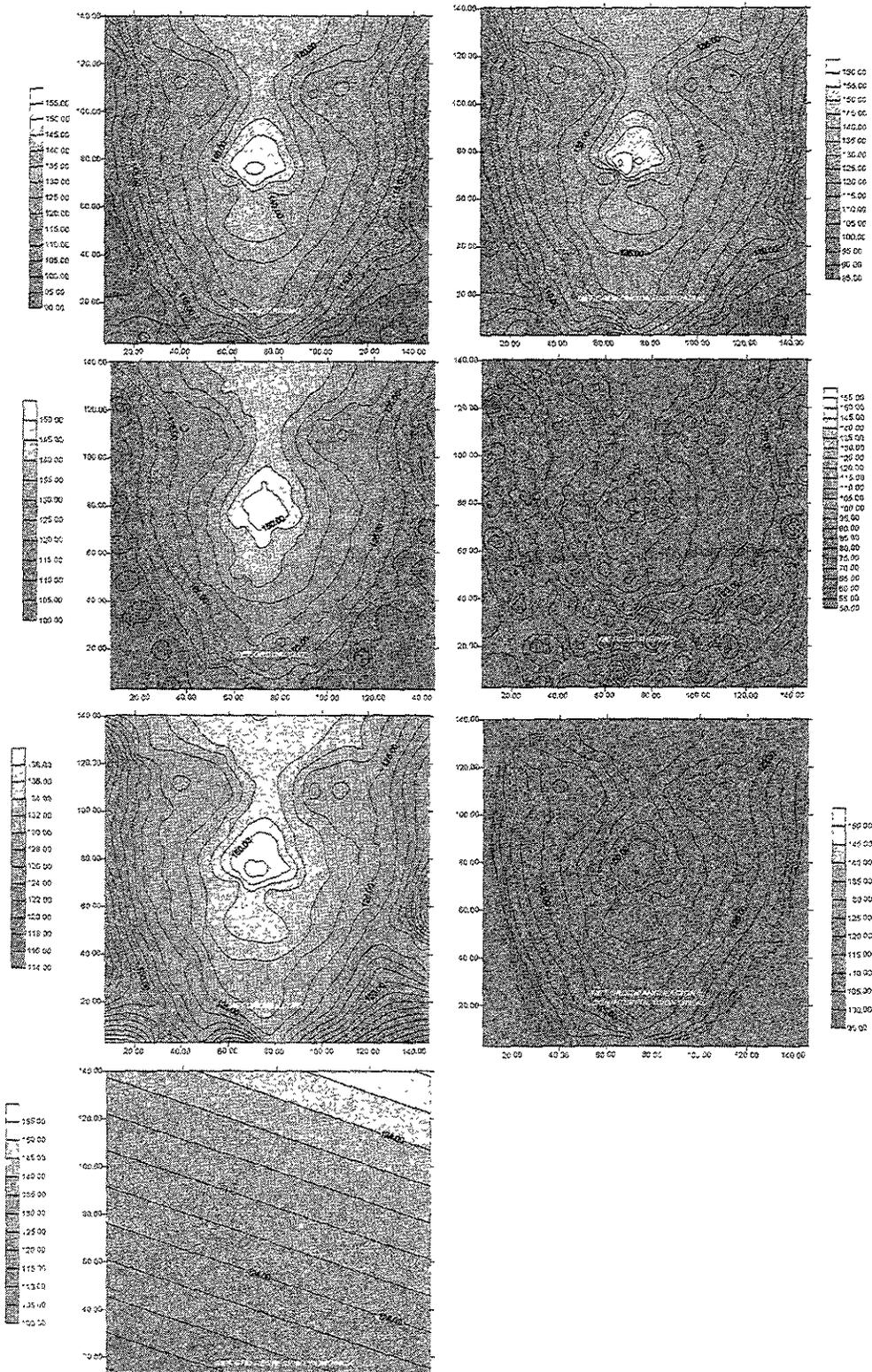
Base de aluminio montada sobre teodolito Kern.

Dist. focal de las cámaras 50 mm.

Base entre las cámaras de 0.39

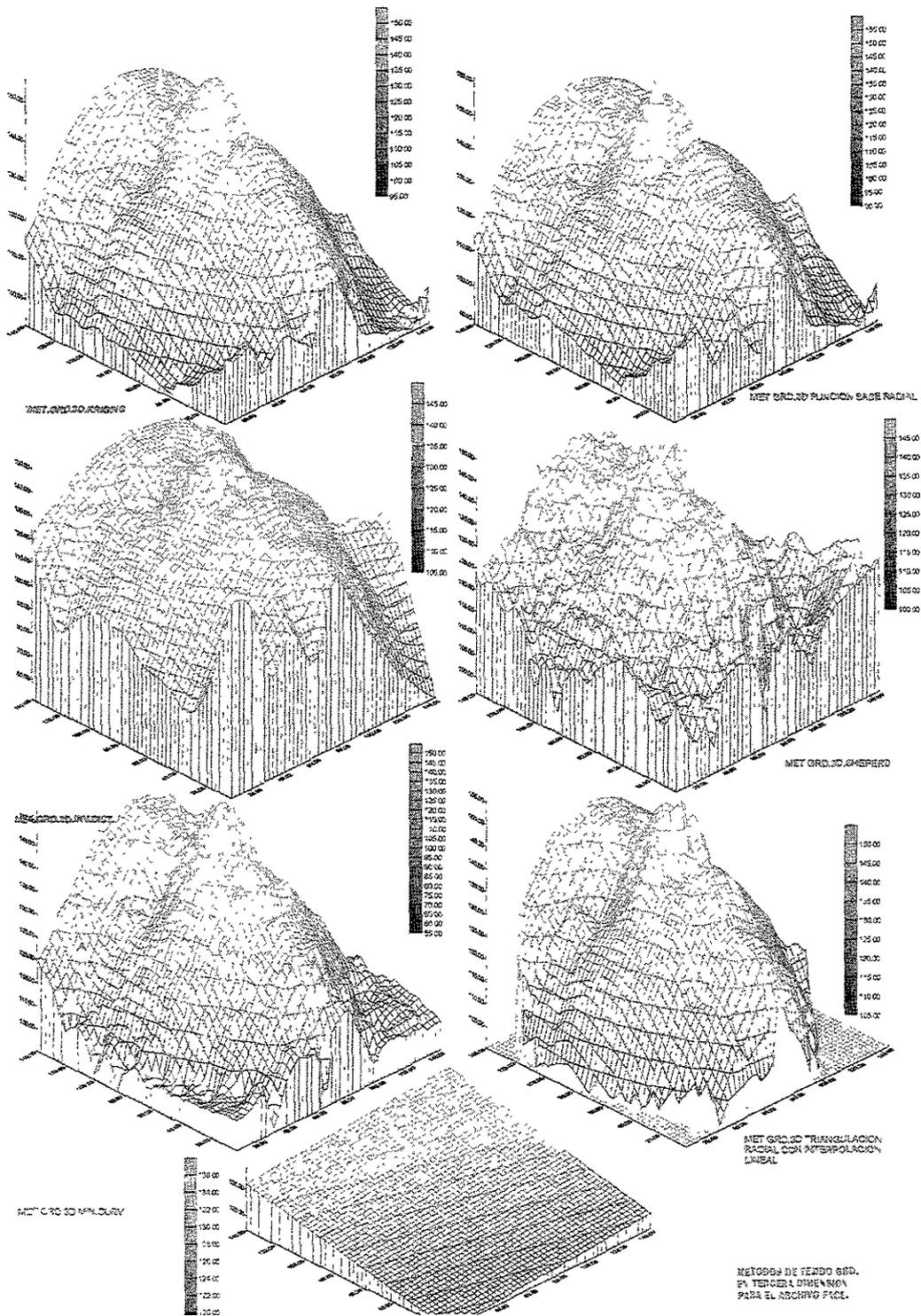
Amplificación para restitución, a 8" \* 10".

Picado a Dextrosum con 150 puntos.



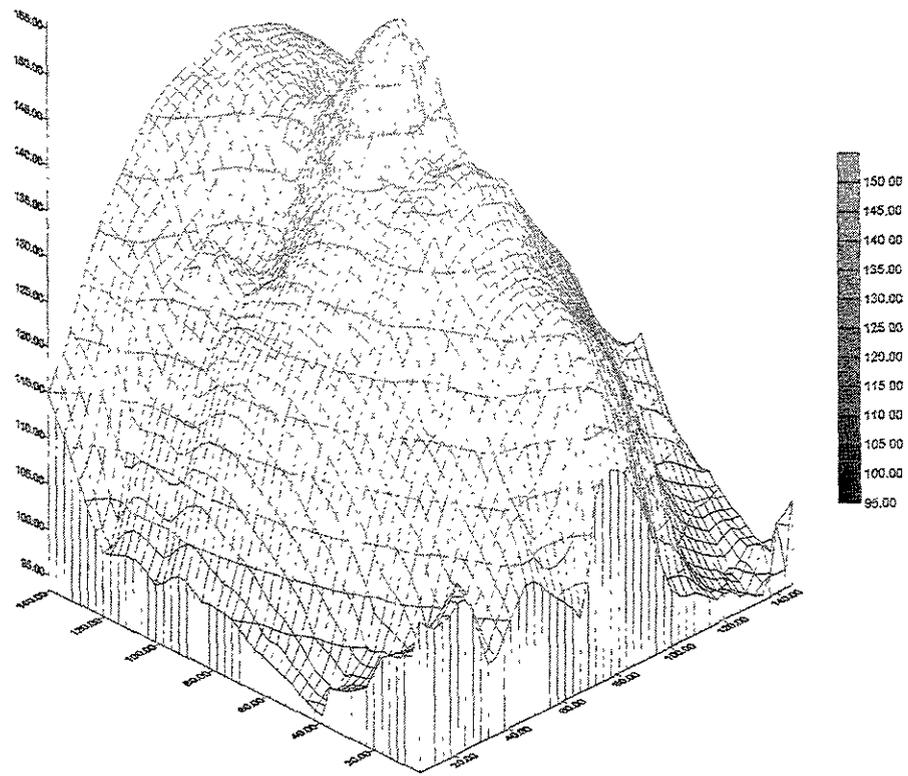
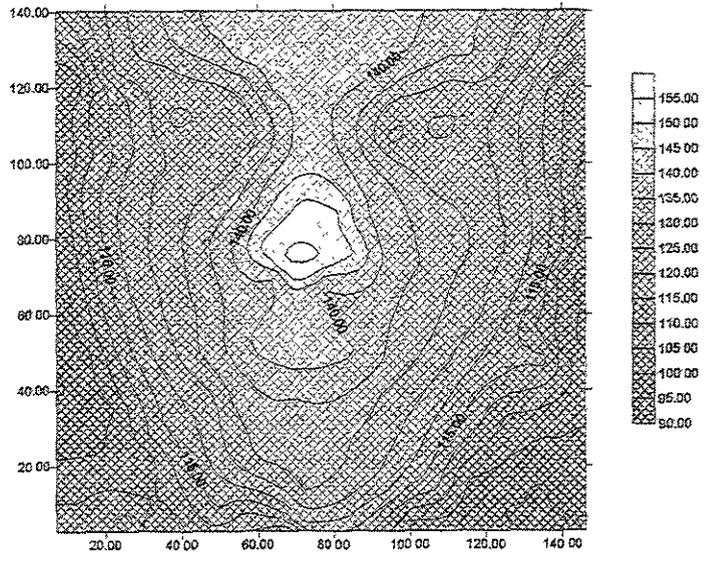
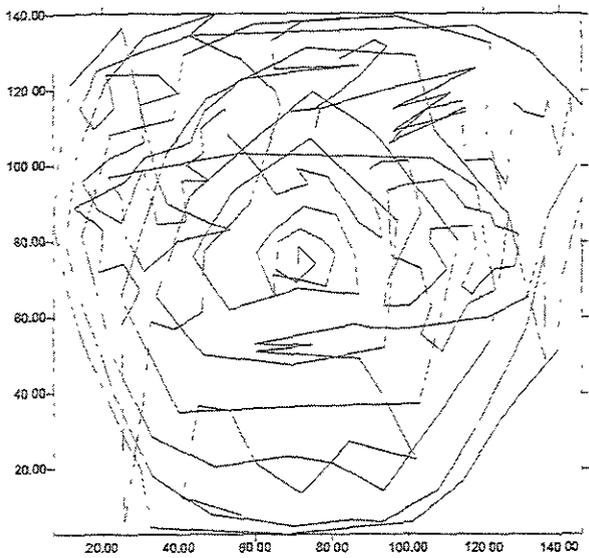
**Gráfica núm.14.Rostro en SURFER.Archivo Face.Mod.Stack-3Dview.**

**Contour. Métodos de Tejido**



Gráfica núm.15.Rostro en SURFER.Archivo Face.Mod.Stack-3D View-

Surface Métodos tejido.



**Gráfica núm.16.Rostro en SURFER.Archivo Face.grd.Kriging Extensión  
BLN.Contour Surface.**

**III.1.5. Conclusiones Parciales.** Después de haber aplicado la técnica fotogramétrica propuesta en el estudio de las etnias que se muestrearon, se puede decir: Que la toma de las diferentes muestras, no requiere de una gran complicación, pues se requirió de un mínimo de equipo que se traslada con cierta facilidad. El equipo consistió en dos cámaras calibradas, trípíe y base, mas algunos aditamentos para escalar el fotograma.

Una vez seleccionada la etnia por medir, se trabajó con los jefes supremos (así llamados en sus localidades), y fueron estos quienes propusieron a las personas modelos representativos de las etnias. (Se trabajaron las Etnias de Amúzgos, Totonacos, Mixtecos, y Nahuatls- ver fotogramas anexos), en los Estados de Puebla, Veracruz y Oaxaca., así como algunas muestras de tomas de modelos Anglosajones, en las ciudades de Cholula y Puebla.

El escalamiento de los fotogramas se realizó con la medida de la distancia interpupilar y con otras medidas realizadas in-situ.

Se procedió a realizar las restituciones, para lo cual se midió la partenairé o maqueta virtual que se engendra en los fotogramas amplificados a 8"\* 10", con el estereoscópio de espejos y lentes mod. Condor T22.

Se realizó el picado de los fotogramas a dextrosum y con serie de Finobacci.

Se calculó la restitución analítica de la nube de datos.

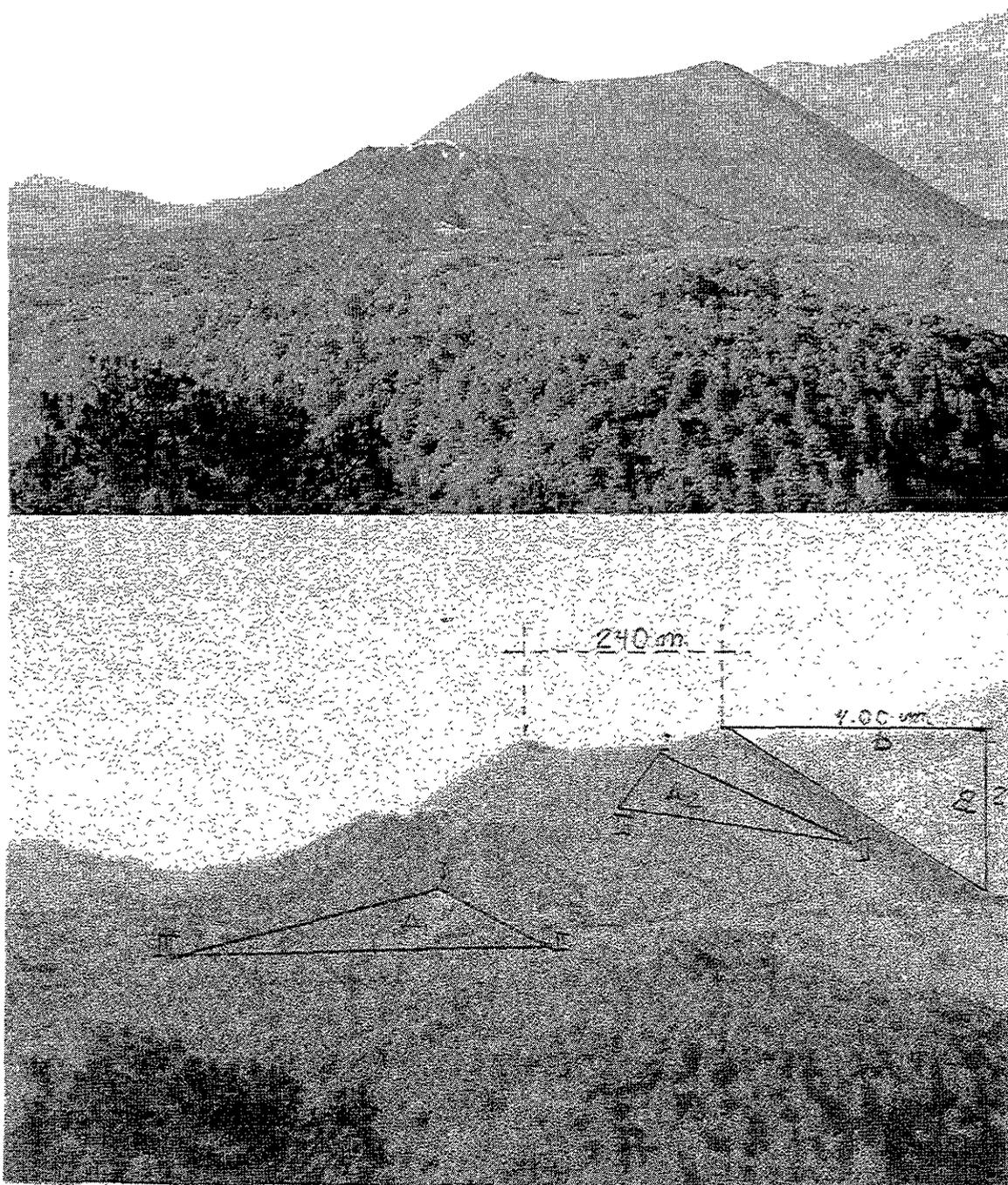
Con la restitución de los datos se procedió a graficar la malla en tercera dimensión y en plano ortogonal con el programa de SURFER (ver gráficas anexas). Se puede concluir expresando la bondad y facilidad del método empleado para fines antropogeográficos.

**III.2. Estudio de caso núm.3. Aplicación Vulcanológica.** La fotogrametría de eje horizontal tiene una importante aplicación vulcanológica, en la determinación morfométrica y características del cono y cráter. Inicialmente el trabajo en el volcán consiste en: dimensionar y calcular volúmenes, movimientos en masa, y el estudio de la granulometría y el tipo de vegetación.

El trabajo en las laderas consta de: determinación del desarrollo de surcos, la granulometría de la tefra, la determinación del ángulo de las laderas (determinando el buzamiento y la orientación correspondiente), alcanzando la morfometría isoclinal parecida a la propuesta por Quero, en 1983, pero básicamente diferente, puesto que aquí se propone el triángulo y su definición en el problema de los 3 puntos (método clásico de la geología estructural), citado en Ragan, en 1980, y propuesto por García, en 1987, para ser trabajado y medido automáticamente, tanto con fotogrametría terrestre, como con las calculadoras de bolsillo.

Las tomas pueden ser: monoscópicas o estereoscópicas, en full shot, con su debida orientación (exterior), con previa localización cartográfica. (ver figuras anexas).

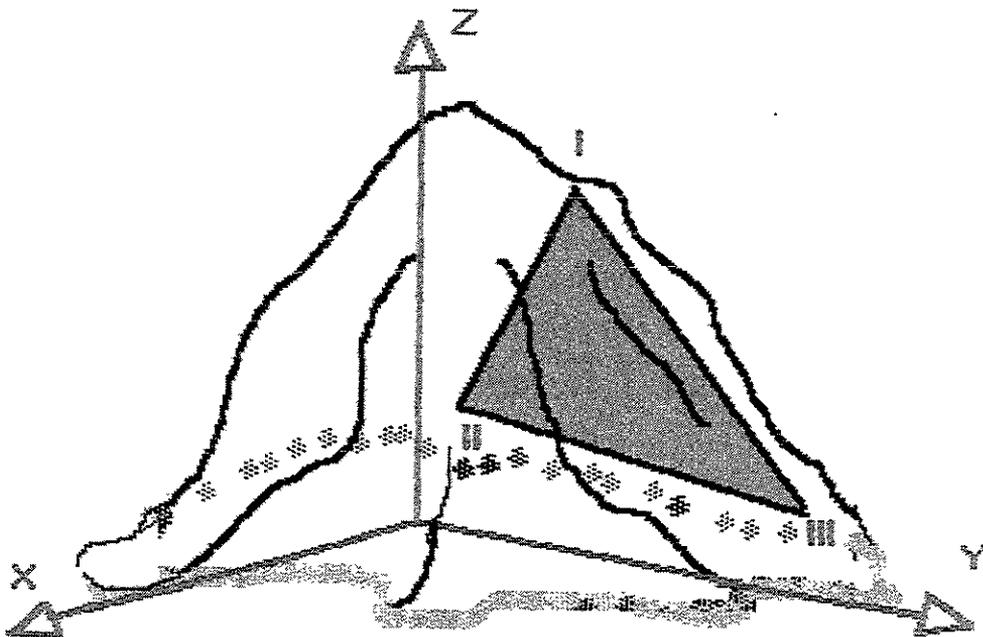
**III.2.1. Aplicación al posicionamiento de tefras y de lavas.** Inicialmente se puede considerar a las tefras como depósitos de material volcánico no consolidado, producido por las erupciones (material vulcanoclástico), (Lugo Hubp, 1989). La lava por otro lado se considera a la masa silicatada, de líquida a semisólida, que asciende a la superficie Terrestre, durante las erupciones de los volcanes; al enfriarse origina rocas volcánicas (Lugo Hubp, 1989); existen lavas: AA, de bloques, masiva, y la Phaehoe (cordada-ondulada).



**Fig.núm.13.Toma monoscópica del volcán Paricutín (Paricuti), Estado de Michoacán.**

**III.2.2. Consideraciones gráficas sobre el problema de los 3 puntos.** Una vez tomada la foto y amplificada a la distancia conveniente, se puede señalar que:

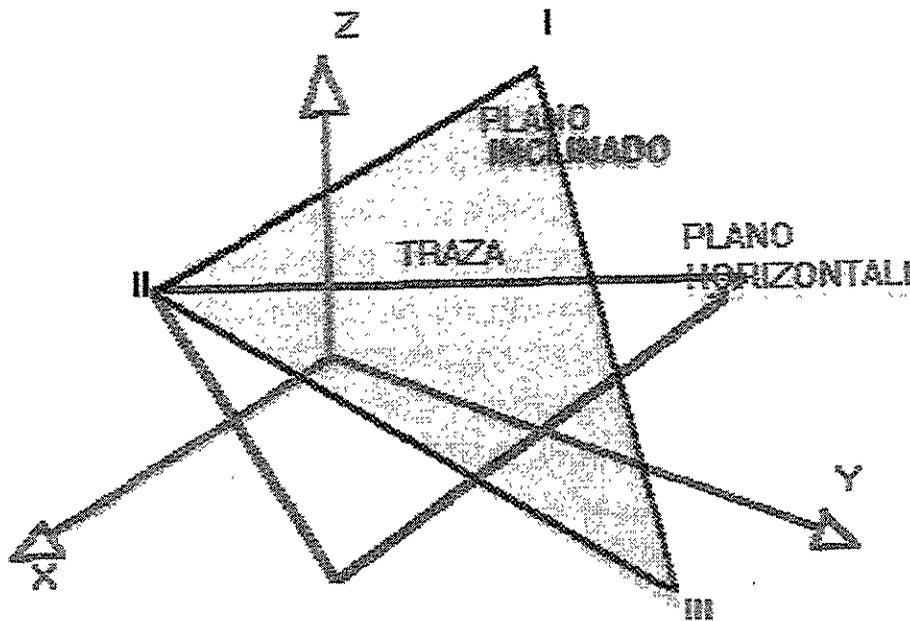
Dependiendo de si el fotograma es monoscópico o estereoscópico, se señalan o pintan sobre el volcán los triángulos tangentes a las laderas, que inscriban a todo el volcán por medio de fractales triangulares, o con medidas simples que conlleven la particularidad que queremos determinar (ver Figura).



**APLICACION GEOLOGICO-ESTRUCTURAL:  
MEDICION DIRECTA DE ISOCLINAS  
UTILIZANDO EL PROBLEMA DE LOS 3 PUNTOS  
DE RAGAN [Ragan, 1974]**

**LA SOLUCION IMPLICA: PASAR UN PLANO INCLINADO,  
DETERMINADO POR 3 PUNTOS EN EL ESPACIO. Y  
TANGENTES AL ESTRATO O ESTRUCTURA GEOLOGICA**

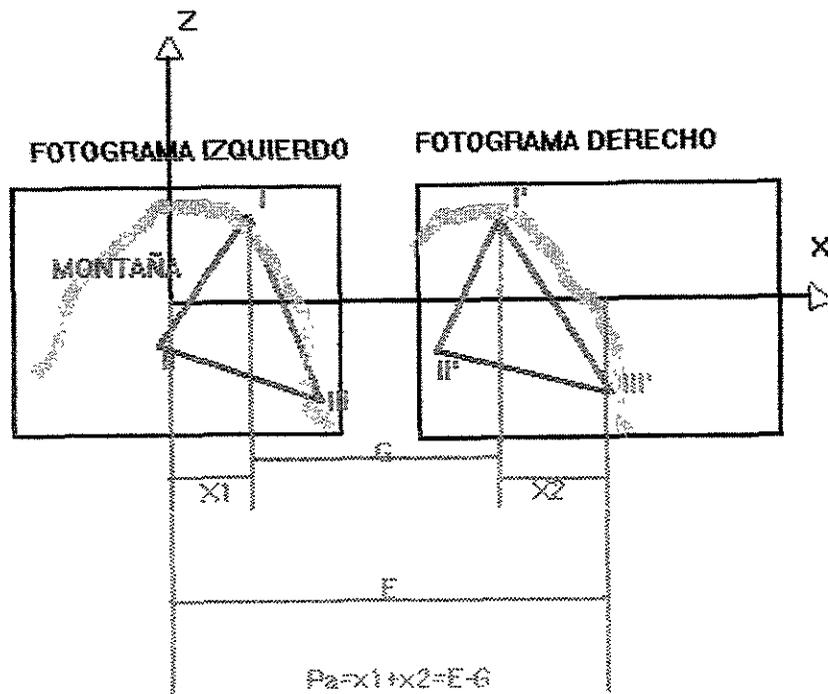
**Gráfica núm.17. Problema de los 3 puntos.**



**Gráfica.núm.18.Intersección de plano inclinado con horizontal.**

Por el valor intermedio de cota, en el plano inclinado, pasará el corte o bisección de la traza, o sea la línea horizontal que contiene al rumbo de la capa, y además determina el plano horizontal.

En la intersección del plano horizontal con el plano inclinado, se determina el buzamiento o echado, ya sea para una capa, veta, o estructura geológica (ladera del volcán). Por lo tanto en los ángulos diedros se genera un ángulo de buzamiento (+) o hacia arriba, lo mismo que uno hacia abajo (-).



**Gráfica núm.19.Medición de los paralajes en toma estéreo.**



### III.2.3. Consideraciones analíticas sobre el problema de los tres puntos.

Una vez medidas las componentes sobre los fotogramas, se miden las coordenadas fotogramétricas y se determina el ángulo de buzamiento en forma analítica, con el siguiente determinante:

$$\begin{vmatrix} x_1 & x_2 & x_3 \\ y_1 & y_2 & y_3 \\ z_1 & z_2 & z_3 \end{vmatrix}$$

Se resuelve la matriz, y se determina la intersección con un plano horizontal.

Para el caso del fotograma del Parícutín, se midieron las siguientes componentes:

402.11	685.21	-13.45
-99.97	519.10	250.27
110.30	30.02	259.84

Que al resolver: nos determina la ecuación del plano y al intersectar con uno horizontal:

$$\text{Ang.} = 71^\circ 14'39.26''$$

$$\text{Por lo tanto el ángulo de inclinación} = 90^\circ - 71^\circ 14'39.26'' = 18^\circ 45'20.74''$$

$$\text{Con un rumbo de traza de } 4^\circ 15'7.89''$$

Para el caso del triángulo 2, los valores arrojan un ang. de inclinación de:

$$31^\circ 10'12''$$

Y midiendo las componentes directamente se obtiene:  $\text{ang. inc} = \text{tg}^{-1} \frac{a}{b} = \text{tg}^{-1} \frac{2.4}{4} = 0.6 = 30^\circ 57'49.52''$

Nota la inclinación medida en forma directa (Legorreta, 1988), =  $32^\circ$

(ver apéndice J. Programa para la medición de pendientes).

Para el estudio de las áreas cubiertas de ceniza volcánica se deben considerar, la granulometría de la carga de fondo, la geometría hidráulica de los cauces a nivel de bancas llenas, la integración de la red de drenaje, y la incisión de los cauces; este trabajo evidentemente, es de hidráulica y en particular potamológico, y en estos renglones de la ingeniería también tiene su participación y apoyo, la fotogrametría terrestre (García, 1995).

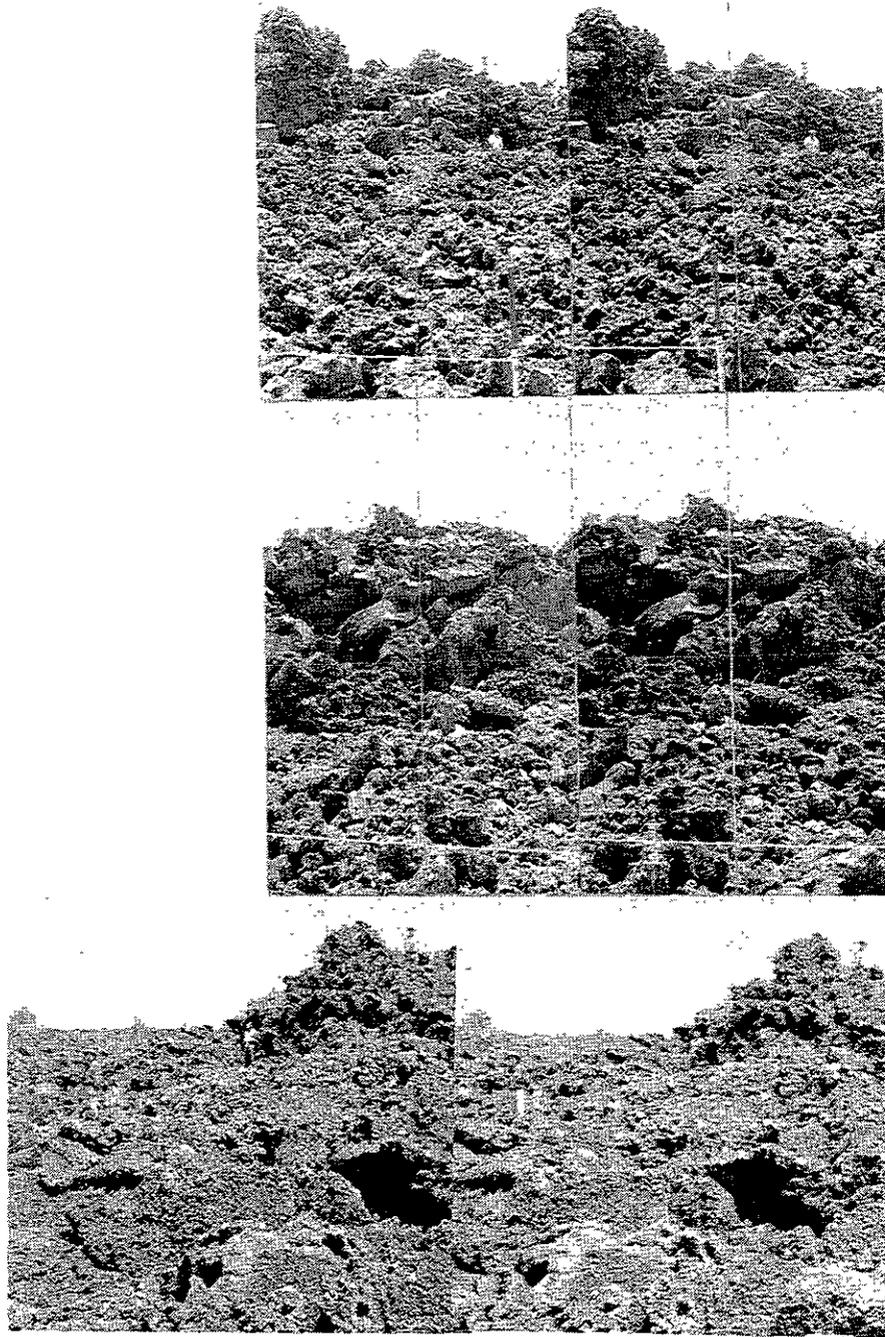
Por otro lado en cuanto a las coladas de lava, se deberán de mapear por edades, definiendo sus espesores, el desarrollo de los suelos, el relleno de las depresiones, los cortes de vegetación presente, análisis comparativo de las diferentes coladas; se deberá de indicar el año del flujo, el área cubierta, la profundidad media de las grietas, la profundidad máxima observada, la acumulación de sedimentos y sus ambientes de exposición, el tipo de vegetación que se presenta (musgos, algas, líquenes), sobre las rocas, señalando la exposición; se debe indicar la presencia de plantas vasculares, detallando su altura, número, espesor, y su densidad sobre área específica (100 m<sup>2</sup>), (Inbar, 1990).

Es de hacer notar que las tomas tanto estereoscópicas o simples, en panoramización, deberán localizarse sobre la tefra, con una monumentación adecuada (de cuando menos 1 m- el testigo), para que al paso del tiempo y con la axharación, y la crioturbación, las exolución, las erosión remontante, se pueda mantener la posición más o menos estable por algunos años. Directamente con la sola nivelación de las cámaras, se podrá determinar el ángulo de inclinación de la tefra así como otras características cualitativas, como la vegetación incipiente y el crepping.

Por otro lado las lavas se pueden clasificar por su morfología, con un muestreo representativo, para después pretender el universo, considerando de manera amplia en la primera fase, la determinación de la planimetría, con la participación de las SLR, en los procesos de plancheta y entonces por intersecciones detallar las islas, sin embargo, es conveniente remarcar, que al igual que en otras aplicaciones, se deben de marcar o pintar, puntos estratégicos, en sobresalientes, entre las grietas y en las partes altas (en los ensayos que se muestran, se observa la lava de tipo aa, del volcán Parícutín, en Michoacán México), y posteriormente se instalan las bases en la orientación externa, para después poder detallar en otros acercamientos con otras distancias focales.

La altimetría se podrá determinar con la inclusión del proceso de abscisas y cotas por medio de intersecciones, en forma gráfica o con la participación digital, partiendo de las ecuaciones fundamentales de la fotogrametría de eje horizontal, de tal manera, que con un caneavá o grid escalado previamente, se puede fácilmente alcanzar las cotas a partir de las bases seleccionadas (es importante elegir en forma apropiada las bases de toma, de tal manera que cubran en full shot y a la distancia focal calibrada, con los modelos estéreos, la totalidad de las grietas y de las islas de lavas).

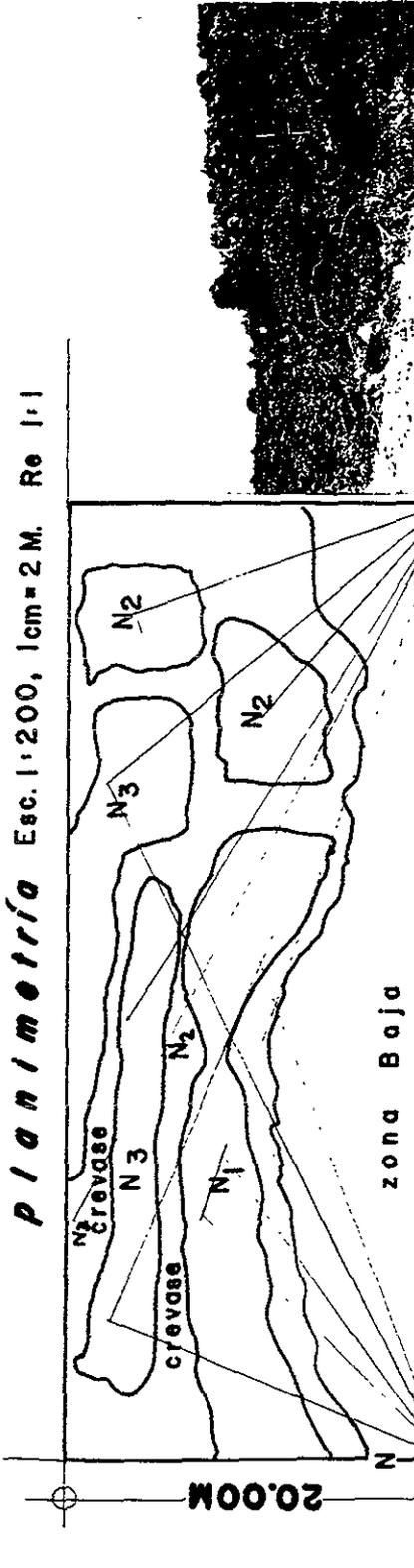
Es de hacer notar que también en otros tipos de lavas la metodología es semejante, e incluso se puede pretender en los acercamientos el observar con los módulos amígdalas, y la cristalografía, para intentar la mineroparagénesis, con la inclusión de las tonalidades tanto en directo, como a través del histograma correspondiente de los tonos de gris y sus anomalías y reflectancias correspondientes, previa escala de comparación.



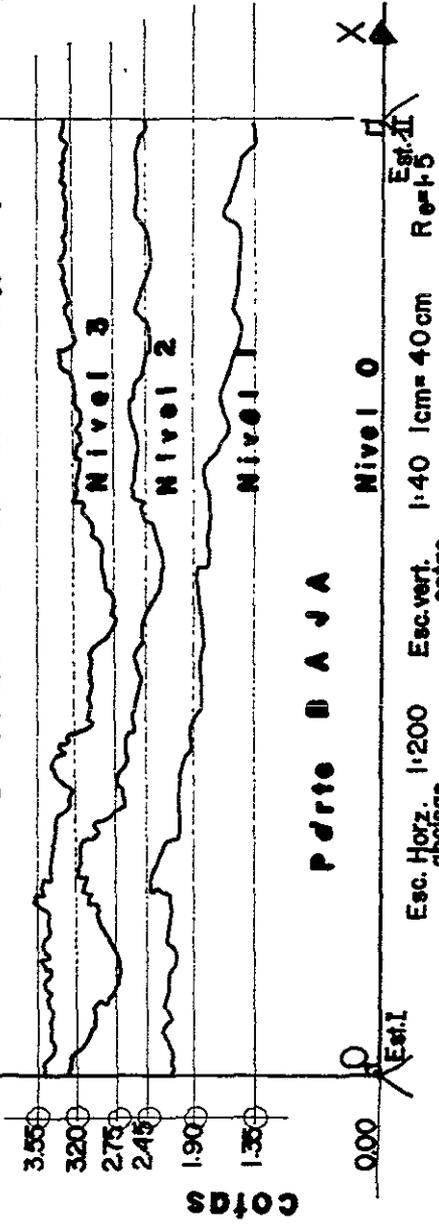
**FOTOGRAMAS, DEL FLANCO IZQUIERDO (arriba) y FLANCO DERECHO (abajo) DE UNA COLADA DE LAVA, TOMADOS CON UNA SOLA CAMARA DE-50 mm.YASHICA -fx3 y contrapeso, en el volcán Parícutín Estado de Michoacán.**

**Fig.núm.14.Fotogramas del flanco izquierdo y del flanco derecho de una colada de lava.**

*Planimetría* Esc. 1:200, 1cm=2M. Re 1:1



**DETERMINACION DE ABCISAS Y COTAS (intersecciones)**  
*altimetría con Punto Res. (fotogrametría terrestre)*



Muestreo: zona de colada de lava basáltica, sup. de 50 m \* 20 m ≈ 1000 m<sup>2</sup>  
 planimetría y altimetría, pseudorestitución por intersecciones con cámara SLR Yashica fx-3-calibrada, lente de 28 mm.

PSEUDORESTITUCION DE FOTOGRAMAS; DETERMINACION DE ISLAS, SOBRE LA COLADA DE LAVA; Y DETERMINACION DE ALTURAS APROXIMADAS DE LOS NIVELES DE LAVA, POR MEDIO DEL PROCESO GRAFICO-CT. EN CAIRE, 1975 (DETERMINACION DE ABCISAS Y ORDENADAS POR MEDIO DE DIRECCIONES)

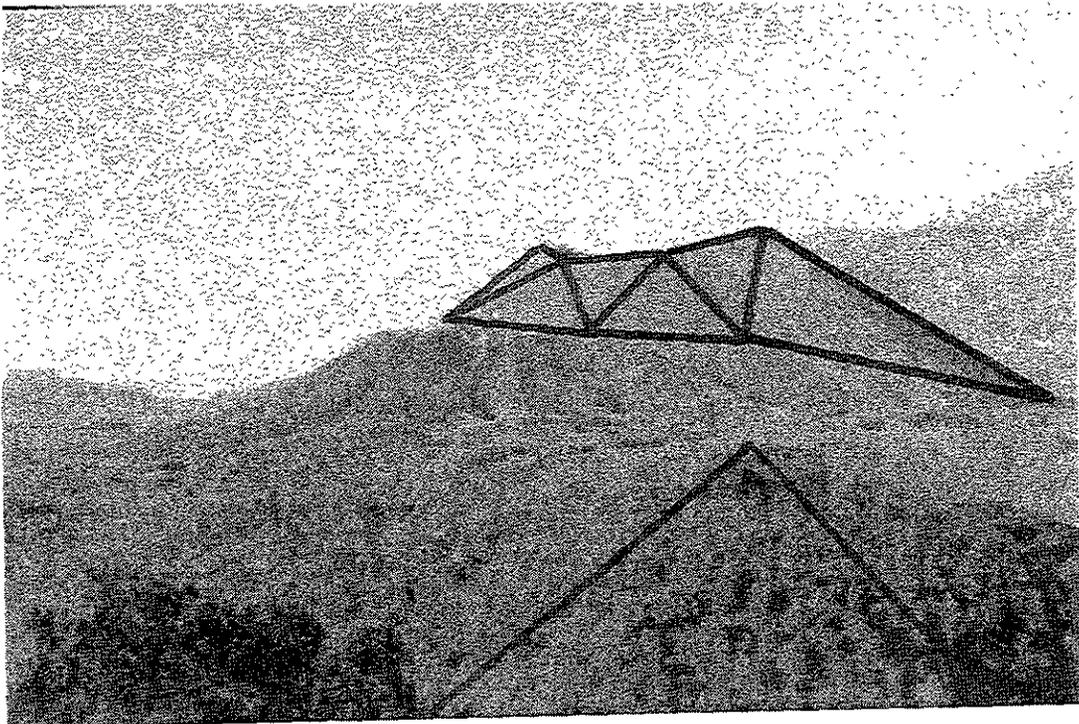
Fig. núm. 15. Pseudorestitución de fotogramas del volcán Parícutín.

**III.2.4. Conclusiones Parciales.** Después de haber aplicado la técnica fotogramétrica propuesta a la determinación de inclinaciones, fractales triangulares y lavas en el volcán Paricutín en el Estado de Michoacán, se puede decir que:

Con esta metodología se pueden medir directamente con fotos y a cierta distancia, las inclinaciones de un volcán, alcanzando algunas expresiones parciales que muestran la morfología propia del cono.

Para el estudio de cierto detalle de las lavas y sus hendiduras (crevases), se aplicó la metodología de intersecciones con resultados satisfactorios, en los que se determinan las alturas de las lavas, así como su espacialidad en un cierto sector de toda la colada (ver fig. anexa).

Es de hacer notar que se tomaron tanto fotos monoscópicas como estereoscópicas del volcán así como de una colada de lava del flanco noreste del mismo volcán.



### **III.3. Otras posibilidades de aplicación de la metodología.**

**III.3.1. Aplicación Bioedafológica.** Con la técnica de la fotogrametría terrestre en el ordenamiento de la macrofitogeografía, se puede estudiar la particularidad fenológica de los principales tipos de vegetación que ocurren en México. Debido a que los diferentes tipos de vegetación presentan infinidad de variedades e insospechadas combinaciones tropicales y templadas, que obedecen al clima, la topografía, la litología y el cambio de suelo, así como la presencia de agentes externos de cambio morfoestructural y físico-químico, como los minerales, es conveniente realizar previa investigación fenológica de cualquier ejemplar, el muestreo-selección de la variedad que se quiera investigar, y de preferencia el tratamiento con las técnicas de fotogrametría se deberá de realizar en laboratorio- cámara climática, en la que se pueda controlar tanto los requerimientos de agua-luz (fotoperíodo), fertilizantes y aditivos, calendarios, perfiles de vegetación, controlando los períodos críticos, los subperíodos, utilizando los fenogramas, climogramas, que se puedan obtener de un ejemplar en particular, o con la ayuda de isófanos cuando amerite una zona o extensión mayor de los cultivos.

Es de hacer notar que con esta técnica, se pueden detectar, y medir las anomalías de color (plagas o catástrofes, y alteraciones por agentes externos); sin embargo de manera general, para el tratamiento fenológico de investigación, se podrá aplicar la técnica en cuestión en las fases de germinación, amacollamiento, brotación, ramaje, floración, fructificación y maduración.

La toma estereoscópica se realiza teniendo cuidado de garantizar el encuadre completo de todo el ejemplar, en el modo del 60%, y sobre todo la intersección de los

puntos epipolares completos, con la oportuna medida de la Y-profundidad. De esta forma se podrá alcanzar a medir todas las coordenadas del modelo (de las hojas de las plantas, o incluso de una hoja en particular, y de esta manera correlacionarlos a modelos matemáticos que se prefieran (como la lemniscata, o la recta, el cilindro en el espacio rectangular-un octante y la pirámide).

Las aplicaciones de esta técnica pueden ser:

La microfitopatología específica, por plagas y agentes externos.

La microfitopatología medida directamente sobre los ejemplares.

Las diversas zonas de floración (micromacroisófanos), sobre individuos.

Los diferentes requerimientos bioclimáticos del ejemplar-s.

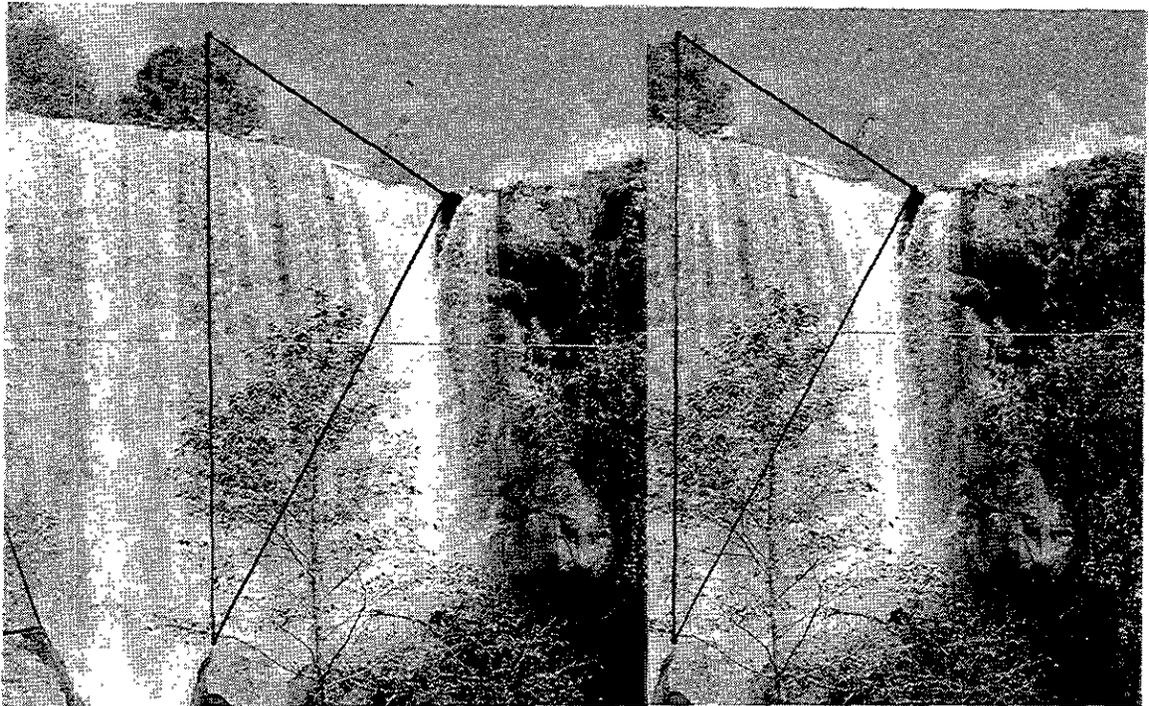
Los modelos óptimos para producción y sus pronósticos.

Los rendimientos y estadios fenológicos completos en forma cualitativa y cuantitativa (coordenadas sobre un octante).

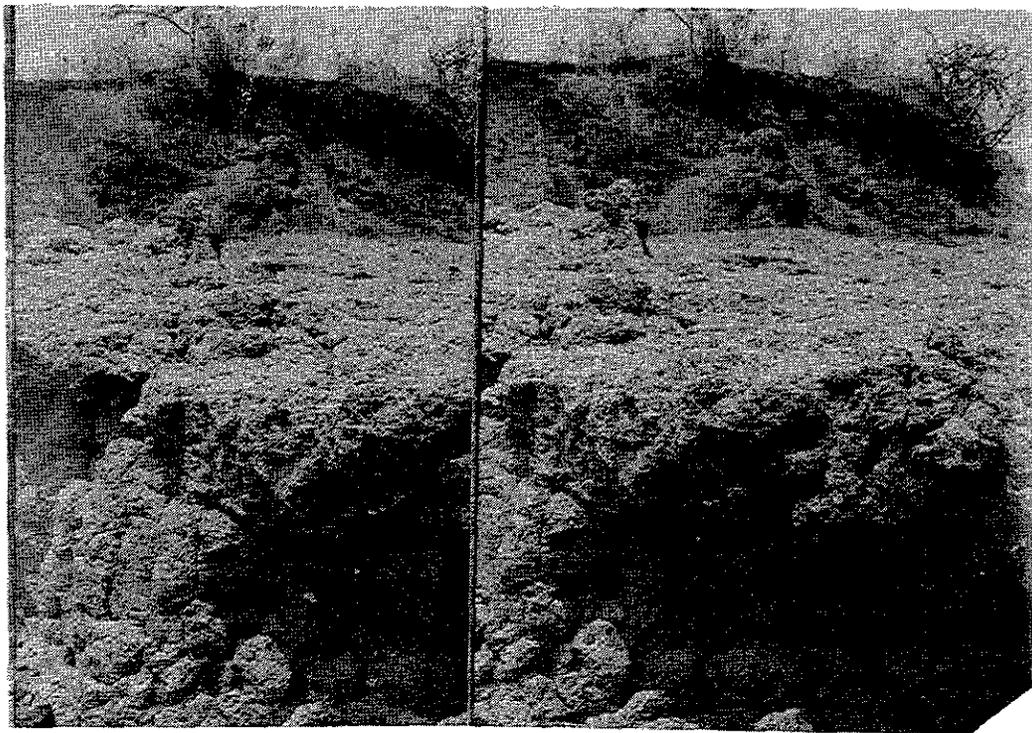
La asistencia y el mejoramiento de la especie- ejemplar, ya sea por aditivos en la cámara o por el retiro de agentes externos referidos (o incluso su investigación).



**Fig.núm.16.Tomas estereoscópicas de ficus spp, con alteraciones en invernadero y al natural sin alteraciones.**



Aplicación edáfica. Por sus características, la técnica de la fotogrametría terrestre puede ser aprovechada al estudio de la regolita (material fragmentario no consolidado que forma la capa exterior en contacto con la atmósfera (López Ramos, 1983), además de que esta cubierta se desintegra por efecto del intemperismo, y es el ámbito de flora y fauna microbiana, el que funciona como alimento sostén de las plantas superiores y puede ser residual (laterita, suelos rojos, bauxita, suelos con predominio de A1-203, y suelos arcosos, de arenisca y cuarzo); o incluso los suelos transportados fluviales (coluviales, arenas y gravas), o suelos transportados eólicos (loess) y de piroclastos (arenas y cenizas volcánicas).



**Fig.núm. 17. Tomas estereoscópicas y nivel de base en acarcavamientos aislados.**

**(utilice estereoscópio de bolsillo).**

De manera general, se debe considerar al describir los perfiles de los suelos, así como sus respectivas coloraciones, su localización, altitud, clima, pendiente, exposición, drenaje superficial, erosión, rocas dominantes y el tipo de vegetación. Se debe de anotar también el tipo de topografía: plana, ondulada, accidentada o escarpada (Grande López, 1980).

De forma particular para identificar los horizontes, se debe determinar: a) el color, b) el contenido de materia orgánica, c) la textura, d) la consistencia, e) la plasticidad, la inclinación y el espesor de los contactos.

Todo lo anterior es fácil de llevarlo a cabo con las tomas estereométricas de full shot, long-shot, plano americano, medium shot, medium close up, y big close up. (ver apéndice K), Kirkby en 1980, describe varios métodos para medir la erosión hídrica y eólica, que se pueden aprovechar, según García en 1995, para ser tratados por medio de fotogrametría de rango corto, o fotogrametría terrestre.

### **III.3.2. Aplicación de Geología y de Geomorfología Estructural.**

De entrada se puede decir que la técnica estereofotogramétrica se puede aplicar al estudio de: 1) la geología dinámica; 2) la geología física; geomorfología (cualitativa y cuantitativa, Lugo, 1989), como es el caso de la descripción del modelo geométrico del capítulo anterior), geología estructural (Ragan, 1980), la vulcanología; 3) la petrología; 4) la mineralogía; 5) la cristalografía; 6) la geología histórica (estratigrafía, paleontología, palinología y algo de paleogeografía); 7) la geología aplicada (geología de minas, geología aplicada a la ing. civil, geología más geomorfología en el estudio de riesgos (Lugo, 1987). Todo lo anterior bajo los encuadres y exposiciones diversas de las técnicas fotográficas (tomas, cambios de color, solarizaciones e imágenes en 3D).

El método puede aplicarse en el estudio de movimientos actuales de fallas, levantamientos, hundimiento, separación horizontal, etc., todos procesos endógenos. Se usa también en volcanes activos. Su aplicación puede incluir los procesos exógenos, en los cuales se debe de citar a: 1) Los eluviales; 2) Coluviales (gravas-deslaves, derrumbes, deslizamientos, solifluxión, deluviales); 3) Glaciales; 4) Fluvioglaciales; 5) Fluviales; 6) Limnoglaciales; 7) Lacustres; 8) Deltaico-marinos; 9) Eólicos (Lugo, 1987).

Por sus características de eje horizontal, la fotogrametría terrestre, tiene su principal aplicación hacia la determinación de perfiles y secciones transversales de tipo vertical (Verstappen, 1993) y sin embargo, es conveniente resaltar que los perfiles deberán de contener el siguiente ordenamiento (Kostenko en 1975).

Para los perfiles geomorfológicos, la escala vertical se elige en relación con el contraste del relieve, y la escala horizontal debe ser igual a la de la carta con que se trabaje. Por eso para un relieve profundamente disecado, la relación vertical a horizontal debe ser de 1: 3; 1:5. En el caso de un relieve escasamente disecado, la exageración vertical aumenta. Una elección correcta de la escala, permite un mejor estudio de las deformaciones tectónicas en el relieve, y el carácter de su disección (Kostenko, 1975).

El perfil geológico, señala Kostenko, siempre se construye a una escala igual, tanto vertical como horizontal (1: 1), a la de la carta topográfica de apoyo. Esto se hace con el objetivo de evitar en la representación gráfica, exageración de las deformaciones tectónicas. Este perfil permite una apreciación objetiva de la relación entre los arqueamientos y los fallamientos, así como determinar la amplitud del arqueamiento durante la etapa de desarrollo conerosivo o la pendiente de la superficie de la falla.



**Fig núm.18. Triángulo isósceles de 1 m de longitud, sobre falla desnuda, cerca de Ixtacamaxtitlán, Estado de Puebla y erosión remontante.**



Además de las deformaciones tectónicas de las rocas, en el perfil geológico se puede mostrar también la composición de las mismas: sedimentarias (limos, calizas, etc), magmáticas o metamórficas. Estas propiedades, así como el incremento de solubilidad (karst) y otros fenómenos se señalan con signos convencionales para los correspondientes cuerpos de roca (Coque, 1984).

Todos los elementos característicos (fallas, flexiones, etc). se proyectan del perfil geológico al geomórfológico, con líneas de correlación (Kostenko, 1975).

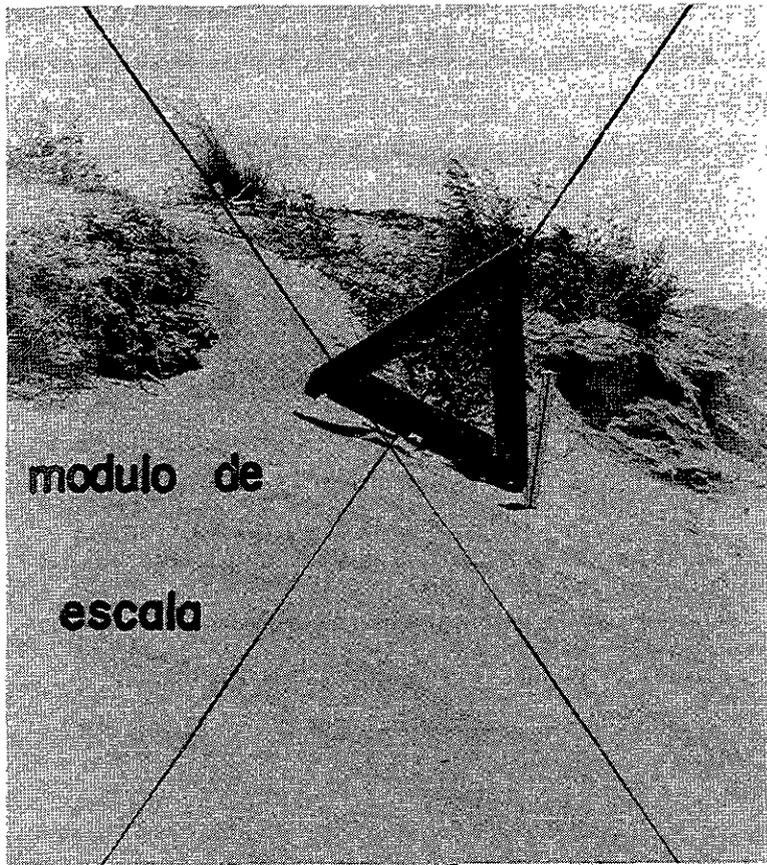
**III.3.3. Aplicación en el posicionamiento de dunas.** Levantamientos de dunas. Por su versatilidad y su particular detención de movimientos, las cámaras SLR y las métricas, presentan un valor importante al utilizarlas en la detección de hechos y fenómenos geográficos en movimiento, como las zonas de desertización o depósitos de arenas y su representación por islas (en una malla o grid predeterminado); la problemática sui géneris requiere de levantamientos rápidos y de cierta precisión como la repetición y comparación de los procesos, involucrando modelos matemáticos idóneos para la representación de la ocurrencia de una o varias curvas en el espacio tridimensional, que finalmente puedan expresar con un buen monitoreo (a determinado intervalo de tiempo- circadiano, semanal mensual o anual), los resultados vectoriales de esos desplazamientos. De esa manera se podrán determinar la reptación, la deflación y la gelifración, de las arenas o de los campos de dunas ergs, o en un dado caso con la inclusión de balmas, silks o promontorios o interrelaciones tanto de suelo local, como con la litología y la vegetación que se presente.

Inicialmente para la determinación de las islas, se pueden emplear las técnicas de posicionamiento de la topografía clásica, como la de las tangentes (directa o inversa), o las de Photenot, Englund, Cassini y Bejerhammar, et, en Tenryd, 1974, o las de panoramización (en la sustitución de la plancheta, o a un apoyo topo- geodésico - cartográfico, dependiendo de la extensión , y de la precisión que se quiera obtener, implicando esto una interrelación de técnicas de fotogrametría aérea y terrestre. (Se traza inicialmente una malla o grid que determine los pines o intersecciones de la malla seleccionada, y a partir de estos se determina por métodos indirectos los puntos de movimiento, en las crestas de las dunas, metodología propia de la topografía de minas, propuesta por García en 1987, para detectar y graficar el movimiento de las dunas).

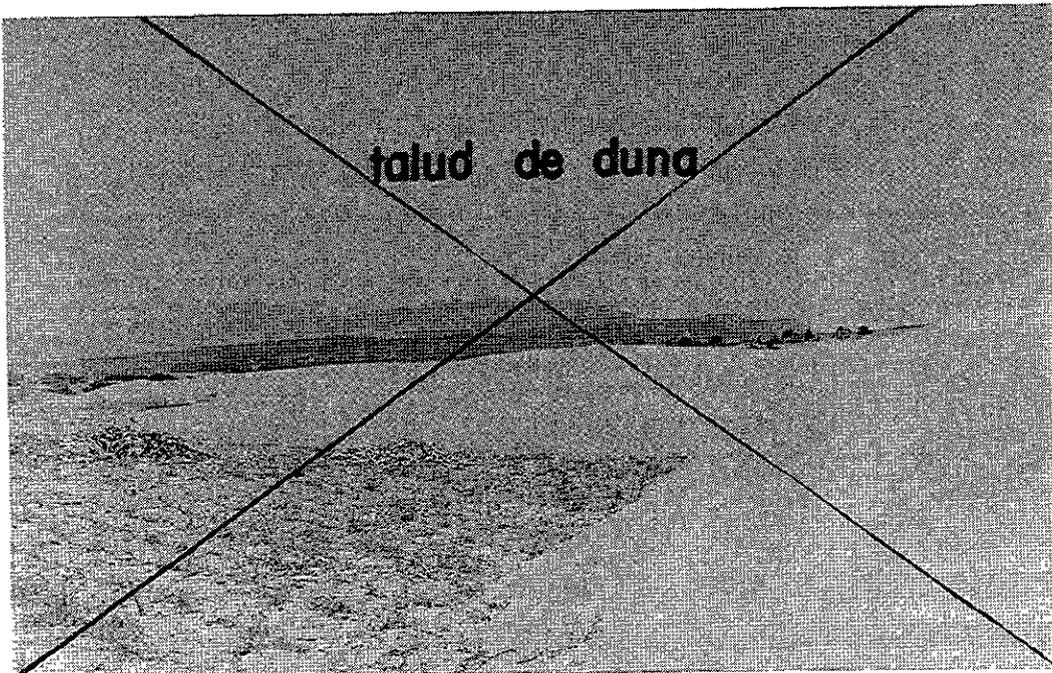
En la pretensión de detección de la movilidad tanto de las dunas, silks, ergs, barhanes, tanto continentales, como costeros y los intradepresionales, se podrá obtener medidas confiables con el empleo de estas técnicas tendientes a:

Revisar el proceso de endurecimiento superficial y su factibilidad de erosión directa o desertización (Verstappen, 1992).

Se podrá revisar en el monitoreo, las diferentes temperaturas a diversas profundidades (fotográficamente previa medida in situ), y su correlación con la cantidad de humedad (Shi Hung, 1983), y su respectiva respuesta al mantenimiento de algunas plantas, herbáceas y arbustivas, tanto para detener los procesos de desertificación, y presentar las opciones para abatirlo o al menos mejorarlo (UASLP, 1984).



**Fig.núm.19.Toma monoscópica, para medición milimétrica sobre duna, y determinación de inclinación de talud de duna.**



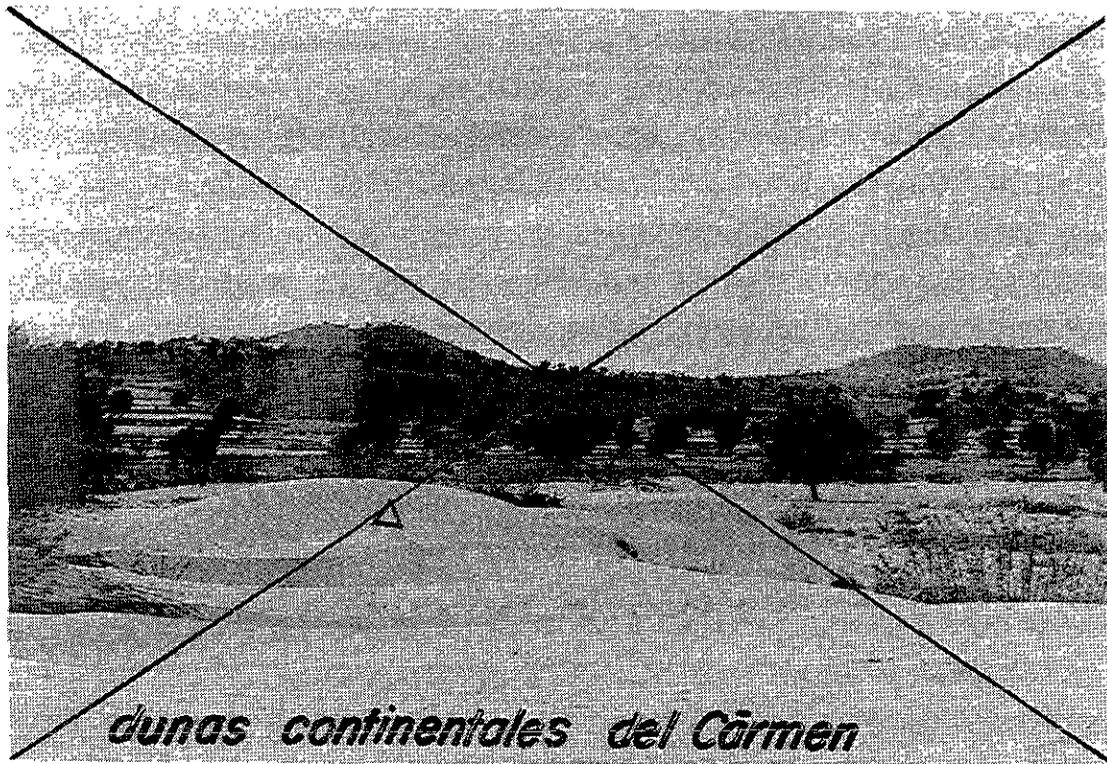
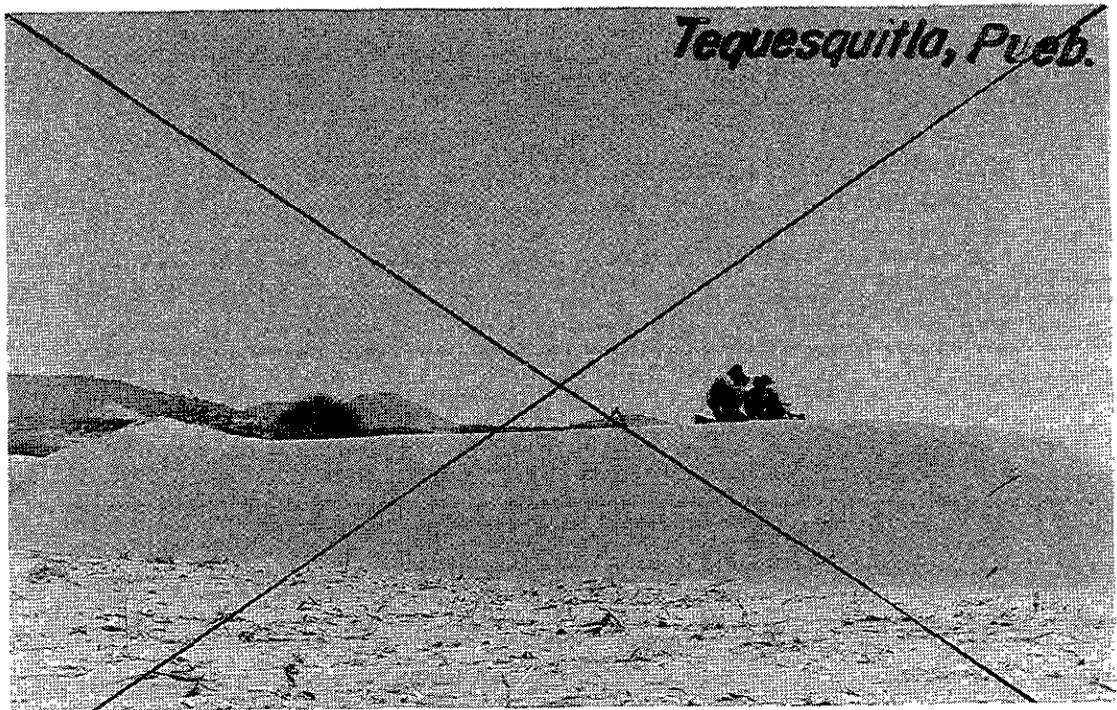


Fig.núm.20. Tomas monoscópicas en dunas, determinando islas, y abajo,  
midiendo el avance de la duna.



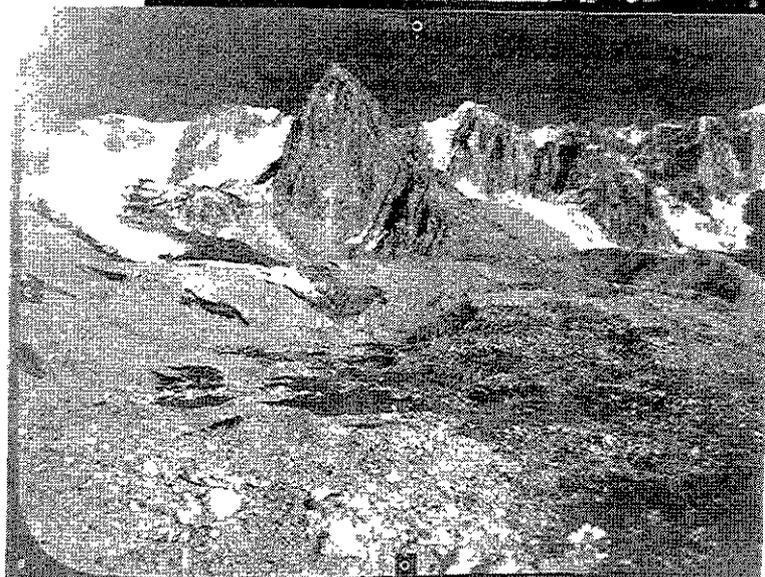
Se pueden detallar con la orientación exterior, las alineaciones tanto de las dunas ergs, con la posibilidad de la conversión de las barhanas y los silks.

La determinación de los perfiles de las crestas de las dunas, más el tratamiento a profundidad con la elevación fundamental de la fotogrametría de eje horizontal, puede llegar a facilitar, la idealización de modelos matemáticos adecuados (curvas,-circunferencia, parábola, elipse, cicloide y clotoide, todas en el espacio), y observar su posterior desplazamiento espacial, horizontal y vertical, con cosenos directores cambiantes, fotografiados y medidos en cada fecha (García, 1995).

Las tomas estereoscópicas se realizan previa señalización sobre las dunas (con la colocación de banderas de colores y objetos para escalar estas tomas), y algunas veces se debe filtrar con color selectivo, para separar cualitativamente los elementos de la composición, en la toma o shot.

**III.3.4. Aplicación en el posicionamiento de glaciares.** Como se sabe, los glaciares son masas de hielo que bajo la influencia de la gravedad, se deslizan a partir de los campos de neviza, de la cuenca de alimentación donde se originan. Las partes de un glaciar son: la neviza, el frente y la lengua glaciar. Por su posición en el relieve pueden ser: de mantos y casquetes, regionales, continentales de bajo nivel y quionosféricos (Stranberg, 1975). Sin embargo por sus características se denominan de valle, de montaña, suspendidos o de lengua, de circo o herradura (Stranberg, 1975),

**Fig.núm.21.Fotogramas con cámara métrica, en la Expedición Pamir-India (Zenalech, 1981) y toma en glaciar con Fototeodolito Photeo (Zeiss-Jena, en 1978).**



Por lo general, los glaciares se desplazan en su avance de unos 0.5 m hasta 18 m., diariamente (Stranberg, 1975). Se distinguen en su avance, el rehielo (patines de rotura), las grietas marginales y arrugas de presión, los seracs (unión de varias grietas), las rimayas altas o intermedias, y las morrenas (laterales, centrales, internas y de fondo).

Los sistemas de erosión glacial son estrías y acanaladuras, drumlins, superficies pulidas, marcas en media luna, valles en U, espolones truncados, valles colgados, circos, fiordos, collados y crestas, y picos (horns). La naturaleza de los depósitos son: morrenas, eskers, kames, terrazas de kame, depósitos fluvioglaciales, varvas y los bloques erráticos (Lugo Hubp, en 1989).

Las tomas estéreo o normales que se proponen deben ser en full shot, y medium shot (en el caso de las rimayas), teniendo en cuenta la orientación exterior y cartográfica con filtraje UV, o con polaroid densidad + 1 o + 2 (por la gran cantidad de luminosidad).

**III.3.5. Posicionamiento de lahares.** Un lahar se integra fundamentalmente por corriente de lodo en las laderas de un volcán, mismos que pueden presentar solfataras y entonces con la evaporación del agua contenida en los intersticios y con el calor de las fumarolas, determinan el movimiento en masa inicial, que posteriormente con las laderas abruptas de los conos, se desarrollan estas corrientes de fluidos, que contiene detritos de todos los tamaños, generalmente angulosos (Lugo Hubp, 1989). La alta capacidad de transporte y su gran movilidad se explican por una densidad considerable de la masa de lodo.



**Fig.núm.22.Toma estereoscópica de un derrame de material aluvial, en el Estado de Puebla. Es de hacer notar el apoyo de campo.**

Pueden existir lahares ardientes (posteriores a una erupción o colapsomagmático), en los cuales las corrientes de lodo acarrear a sí mismas, cenizas volcánicas con notables temperaturas, ocasionando alta nubosidad y semejando en su deposición y avance, a las morrenas marginales de los glaciares. También se presentan los glaciares fríos, en los que su causa puede ser, la liberación de agua de los lagos-cráter, al destruirse la pared, después de lluvias torrenciales, o algún resquebrajamiento por tectonismo o fallamiento radial del mismo (Lugo Hubp, 1989).

Para la realización de las tomas, si se quiere detallar, habrá que filtrar con naranja, o UV, polaroid o minus blue, debido a la presencia de nubosidad antes referida; la distancia Y profundidad, para estimar la base, podrá determinarse en el campo directamente con telémetro óptico, sin embargo por su naturaleza de lodo-fango-ciénega, el posicionamiento se obliga con banderas (señalización), por demás difícil, ya que cualquier tipo de señales se hundan, y entonces conviene utilizar pelotas inflables (balones y o flotadores), dando el tratamiento de volumen gasto, establecido con tomas estratégicas con previa orientación exterior y cartográfica con poligonal abierta o en su caso GPS, del tipo navegador-Maghellan, uniendo la red de puntos con otros mas abajo, ya en el glacís o en el pedimento de los conos. Es de hacer notar que los lahares, forman en las partes bajas depósitos aluvio-coluviales, en forma de conos de eyección y abanicos, con la participación subsiguiente de la soliflucción (masas de roca y suelo saturado, que se desliza lentamente sobre las pendientes inclinadas Soto Mora , 1972).

Con el monitoreo específico de la técnica estereofotogramétrico, ya sea de minutos, horas, días, semanas, meses o años, pero con la debida orientación exterior, de astrogeodésica, o cuando menos de apoyo local de medición angular a seg. (T2, Wild-Leica, o TM-estación total), se podrá alcanzar un análisis de las macro-microestructuras, con caracteres cualitativos y cuantitativos:

Cualitativo. Con la identificación de la estructuras (lahares), y su correlación al movimiento erosión por el agua-hondonada, cementación o peligro inmediato, sobre la ocurrencia de tormentas extraordinarias en el monitoreo referido.

Cuantitativo. Con la representación espacial del movimiento de los lahares, y su predicción a respuesta de la cantidad de lluvia, en forma horizontal, vertical, marcando e infiriendo su volumen- gasto/sección, de cauces, abanicos y conos de eyección.

**III.4. Conclusiones Parciales.** Como se puede observar en el presente capítulo, las posibilidades de aplicación de la técnica de la fotogrametría terrestre, y en particular del estereofototeodolito que se propone, son extensas, alcanzando infinidad de hechos y fenómenos físicos biológicos y humanos (por lo tanto, geográficos), en expresiones estáticas y dinámicas. En una aplicación específicamente antropogeográfica, se puede considerar que ya sea de alguna parte del cuerpo o de la talla completa, se pueden fotografiar y por lo tanto medir con una precisión aceptable los parámetros antropométricos generales, de alguna etnia o raza humana en particular, alcanzando expresiones del orden de unos pocos milímetros, en la conformación espacial, pudiendo además describir todos los

puntos imagen, y por lo tanto, dilucidar el índice nasal, o cefálico, etc. En aplicaciones bioedafológicas, se puede en el relieve de un perfil de suelo, detectar la morfología, estratigrafía y dinámica, sus horizontes y contenido de materia orgánica, textura, así como el espesor y la inclinación de los contactos del mismo perfil; de igual forma, en la particularidad macro y microfitopatológica se podrán apreciar los estadios fenológicos y sus afectaciones ya sean por agentes químico-físicos, a través de las anomalías de color.

En otras aplicaciones geológicas y geomorfológicas, resalta de manera importante la dinámica de hechos y fenómenos que se pueden detectar en situaciones de cierto riesgo y peligro (erupción de un volcán); su aplicación puede incluir la observación de algunos procesos endógenos y exógenos, alcanzando así el poder dilucidar la geología estructural de una pequeña zona, integrando desde los fallamientos, las diaclasas, los buzamientos, las pendientes de los estratos, sus flancos, etc. Resalta en forma particular, el posicionamiento en dunas, ya que mediante una buena orientación externa, combinada con un buen estacamiento, se podrán dibujar las dunas -islas, en un grid predeterminado, pudiendo observar tanto sus pendientes como incluso sus movimientos a respuesta de los cambios en la dirección del viento. Por otro lado, en aplicación vulcanológica, se puede desarrollar tanto en el estudio de las pendientes en general, o como respuesta a eventos sísmico-magmáticos, e incluso al movimiento de glaciares y de lahares.

Es muy importante señalar el monitoreo que se puede realizar con esta técnica, así como lo fácil y útil que puede resultar su aplicación físico geográfica.

## **CONCLUSIONES GENERALES.**

Las cámaras simples y estereométricas que se utilizan en la fotogrametría terrestre tradicional son demasiado costosas y tienen un gran volumen, además de requerir de una gama de accesorios y de apoyos en la toma (orientación exterior con teodolito de alta precisión y o estación total); dan una buena calidad en los resultados (buena precisión tanto en posicionamiento como en la graficación), pero incluso para tal finalidad se requieren de aparatos muy sofisticados y costosos (restitución a línea, gráfica, analógica y analítica- plotters de 1o, 2do, y 3er. orden (Mackarovic, 1978, en López Cuervo, 1980).

En contraposición, el modelo geométrico que se propone en la presente investigación, es un modelo virtual, creado a partir de la medición en estereópsis de tomas repetitivas a un intervalo predeterminado de fenomenología físico-geográfica. Es de hacer notar que dicho modelo requiere de elementos fáciles en su cálculo y accesibles a cualquier persona, (utilización de GEOS- SURFER), ver Fig núm 2. Resalta de manera importante la pretensión de utilizar en su metodología las cámaras SLR (single lens reflex), por lo cual se incluyen casi todas las cámaras simples, de formato de 35 mm, de enfoque fijo o incluso móvil, que se encuentran en el comercio y que no son de gran valor (a comparación de las métricas); se prefiere que su objetivo tienda al rápido rectilíneo (r.r), lo cual excluye a las cámaras de formato pequeño (126 o 110 ), y por el

contrario, convendría el empleo de cámaras de formato mayor (70 mm o mayores -profesionales como la Hasselblad- o incluso probar las nuevas cámaras digitales que substituyen las emulsiones por un CCD, las cuales no fueron probadas en la presente investigación). Huelga decir, que el poco volumen, así como su versatilidad y empleo, con un mínimo de accesorios, hacen a las SLR (cámaras de reflexión con lente simple), substantivamente buenas para ser empleadas como un goniómetro horizontal y vertical, ya sea monoscópicamente o en estéreo, con infinidad de aplicación en mediciones acuciosas o precisas, ya sea como auxiliar a otras aplicaciones geográficas, o incluso de manera directa en el posicionamiento fotogramétrico y por lo tanto topográfico de pequeñas zonas, con una buena precisión, como en el caso de su aplicación al monitoreo de cárcavas que se describió.

Para tal empresa conviene señalar como un *sine qua non*, la oportuna obtención del apoyo terrestre, es decir, que las mediciones y las repeticiones (monitoreo), se deban de dar en un marco topográfico local de cierta calidad, además de cumplir con los requisitos mínimos, en cuanto a la precisión que se pretenda obtener. Esto es fundamental, pues los hechos y fenómenos geográficos, al ser tan diversos, requieren también de un apoyo terrestre particular, además de la variación de la base de toma, en función de la precisión y la particularidad topográfica o el acercamiento en big close-up (en el caso de la antropogeografía, para la medición específica de etnias seleccionadas).

Es conveniente señalar que el inicio de esta técnica, se da con el análisis y la calibración de las cámaras SLR, que se eligieron; de manera particular se hace hincapié, el hecho de que en la presente investigación se adaptó un teodolito, para cumplir con los requisitos indispensables, tanto en el soporte, como de orientación de la toma, en las reiteraciones que se realicen, mismas que deben de ser acuciosas, es decir, tener una buena precisión de más menos 5 mm, en los desplazamiento sobre el eje X, y sobre el eje Z (altura del objeto fotografiado), y de algunos segundos en la dirección angular. (20"), que para la distancia corta de toma no generan mucho error), logrando hacia el eje de la Y profundidad, precisiones del orden de 1/ 1000 o mayores en cuanto al posicionamiento topográfico determinado a partir de la maqueta virtual o modelo estereoscópico.

En ese mismo ordenamiento se puede constatar que la metodología propuesta se apega tácitamente a la definición inicial de esta técnica (arte, ciencia y tecnología para obtener medidas confiables de objetos físicos y del medio ambiente a través de la medición, grabación e interpretación de imágenes, escenas y patrones de energía electromagnética radiante), tanto en el sentido de arte, pues requiere tanto de disciplina y técnica en la toma fotográfica per se, como en cuanto a ciencia, pues con los planteamientos referidos en relación a la calibración de sus lentes empleadas, así como de sus metodologías ínsitas en la teoría clásica de la ingeniería topográfica, además de las orientaciones específicas que implican asimismo los buenos fotogramas que conllevan a resultados con alguna precisión específica, además de su propia particularidad fotogramétrica, pues se puede alcanzar incluso la restitución a línea, tradicional en la fotogrametría aérea. Asimismo en cuanto a su posibilidad tecnológica, pues con los elementos

simples de entrada como son los resultados en las ampliaciones específicas, así como el tratamiento de medición, generación de resultados en SURFER y su interpretación ya sea gráficamente o incluso en términos analíticos. En este apartado es incluso conveniente considerar que la base adaptada en el eje de alturas del teodolito (que es básicamente una tabla ranurada en su parte central y atornillada a el eje de alturas, y sobre de la cual se desplazan las cámaras, sujetas desde la parte de abajo, y que consta con un respaldo para la orientación específica de las tomas), se pueda cambiar y por lo tanto extender, para alcanzar tanto mayor precisión, como mayor alcance en sentido de la profundidad del relieve medido.

De esa forma, cuando se aplica la metodología se puede observar su fácil acceso y su particularidad de poder aplicarse lo mismo a suelos muy duros (como en el caso del monitoreo en el Glacís de Buena Vista), lo cual implica necesariamente la ocurrencia de algunos años para incluso poder detectar esos pequeños cambios, así como a su aplicación a suelos blandos, como en el caso de los conos de eyección de arenisca y conglomerado y o incluso las dunas, (situación dinámica) que se muestran en el capítulo de aplicaciones geográficas.

Es de hacer notar la aplicación de esta técnica, como un auxiliar a otras disciplinas geográficas, como en el caso de la antropometría, pues sin ser necesario el contacto con las personas, se puede llegar a realizar planos verticales y o mediciones acuciosas, que para la finalidad antropológica, se alcanzan y superan las precisiones requeridas. También en esta aplicación geográfica, se puede utilizar la fotogrametría terrestre a la determinación de planos de

pendientes y o de poblados o rancherías en particular, con solo el incluir algunas medidas topográficas básicas, como es el caso de algunos elementos de construcción como son las chozas, o algunos otros elementos arquitectónicos (lados de las pirámides), y bioedafológicos, (altura de los árboles), para descripción de los hábitats, sus elementos de paisaje, sus erosiones, sus entornos e interrelaciones, sus deterioros, por anomalías directamente visibles y quizás sus perspectivas y alcances.

Por otro lado se demostró tanto la posibilidad de aplicación vulcanológica, y de medición de pendientes del suelo y por lo tanto de laderas y conos de deyección en posibles situaciones de riesgo-peligro, al considerar que desde alguna parte alta o específicamente seleccionada, se puedan realizar las tomas estereoscópicas correspondientes, sin necesariamente estar en contacto directo, alcanzado expresiones verticales que de otra forma no se podrían medir (como en el caso de los elementos de falla), o las particularidades de las grutas y o cenotes, en ese sentido hacia la geología y geomorfología estructural, tiene esta técnica propuesta una de sus posibilidades de aplicación fundamental.

## BIBLIOGRAFIA

A.P.B., American Photographic Book Publishing, (1982), **ENCICLOPEDIA PRACTICA DE FOTOGRAFIA**, (10 tomos), pub. American Photographic Book Publishing Co., Inc. & Eastman Kodak Company, Editions Grammont, S.A. and Salvat editores, Madrid, (SP).

A.S.P. American Society of Photogrammetry (1980), **MANUAL OF PHOTOGRAMMETRY**, edit. A.S.P. & George Banta inc., Menasha Wisconsin, (US).

Aguilar, A.M. & Piest, R.F. (1969), **PHOTOGRAMMETRIC TECHNIQUES FOR PRECISE MEASUREMENTS OF ERODING LANDFORMS**, Proceedings of Meetings, of American Soc. of Photogrammetry & American Congress of Surveying and Mapping, Portland Oregon (US).

Aguilar, B.S. (1988), **GEOGRAFIA FISICA Y TURISMO EN EL ESTADO DE MORELOS**. tesis para Doctor en Geografía, Colegio de Geografía. División de Estudios de Posgrado. Facultad de Filosofía y Letras. UNAM, México.

Aguilera, H., N., (1989), **TRATADO DE EDAFOLOGIA DE MEXICO**, edit. Fac. de Ciencias, UNAM.

Bannister, S., R., (1990), **TECNICAS MODERNAS DE TOPOGRAFIA**, edit. Rep. y Serv. de Ing. S.A., México.

Belcher, D.J. (1960), **PHOTOINTERPRETATION IN ENGINEERING**, edit. A.S.P. Manual of Photographic Interpretation, Falls Church, Vga. (US).

Blagovolín, R.W. & Tsevkov, D.G. (1972) **THE USE REPEATED GROUND PHOTOGRAMMETRIC SURVEY FOR STUDYING THE DYNAMICS OF SLOPES**, International Geography, 1972-1, pp 9-10.

Bocco, G.H.R. (1991) **GULLY EROSION: Processes and Models**, Progr. in Physical Geography 154,4 (1991).

Busselle, M., (1980), **EL LIBRO GUIA DE LA FOTOGRAFIA**, enciclopedia Salvat, pub. Salvat edit., Barcelona (SP).

Caire Lomelí J. (1977), **FOTOGRAMETRIA I**, Fotogrametría terrestre, edit. Rodríguez México.

Carbonnell M., Faig W., Ghosh S.K., Herron R.E., Mikhail E.M., Moffit F.H., Tasaki H., Veress S.A. (1979), **HANDBOOK OF NON-TOPOGRAPHIC PHOTOGRAMMETRY**, edit. Karara H.M., pub. A.S.P. Falls Church Vga. (US).

Carré J. (1976), **EXPLOTACION DE LAS FOTOGRAFIAS AEREAS**, edit. Paraninfo, Barcelona (SP).

Castañeda, L.G., (1959), **ESTUDIO GEOGRAFICO DEL MUNICIPIO DE CUERNAVACA MORELOS**. tesis de Maestro en Geografía. Escuela Normal Superior. Especialidad Geografía. edit. UNAM .SEP. México.

Ciapanna, C., (1981), **TRUCOS Y TECNICAS ESPECIALES EN FOTOGRAFIA**, pub. effe, Irucci Fotograafici, trd. Diorki, edit. Daimon, Barcelona (SP).

Colegio de Posgraduados de Chapingo/ORSTOM, (1991), **RESUMENES AMPLIADOS 1er. Simposium Internacional de Suelos Volcánicos Endurecidos, uso y manejo de Tepetates**, edit. C.P.Ch, Montecillo, Edo. de México.

Colín, T., A., (1994), **APARATOS DE RESTITUCION EN FOTOGRAMETRIA TERRESTRE** (Terragrapho, Cámaras SMK 120), Restauración de Monumentos, SEDESOL-SEDUE, tesis de lic. Ing. Top. e Hidrog. BUAP.

- Comas, J.,(1966), **MANUAL DE ANTROPOLOGIA FISICA**, edit.IPGH-UNAM, Méx.
- Coque, R., (1984) **GEOMORFOLOGIA** , Alianza Universidad Textos, Madrid, 475 pp.
- Correa Pérez, G., (1989), **REGIONES FISIOGRAFICAS DE MEXICO**, Inédito.
- Cox, A. (1952),**OPTICA FOTOGRAFICA**, trd.Segrera D.,R.,edit.Omega, Barcelona (SP).
- Deagostini,R.D.& Forero, A.,(1970),**FOTOGRAMETRIA**, apuntes del CIAF(Centro Interamericano de Fotointerpretación), edit. CIAF, Bogotá. (CO).
- Desiletz A., (1974), **TECNICA FOTOGRAFICA**, edit. Daimon, Barcelona (SP).
- Deumlich, Fritz, (1982), **APORTE DE LA SOCIEDAD CIENTIFICO- TECNICA DE TOPOGRAFIA, FOTOGRAMETRIA Y CARTOGRAFIA DE LA R.D.A. AL DESARROLLO DE LA CIENCIA E INGENIERIA TOPOGRAFICA**, pub. Universidad Técnica de Dresden, Sección Geodesia y Cartografía, revista de JENA,Veb-CarlZeiss Jena., D.D.R.
- Donker N.H.W. & M.J.J. Damien (1984) **GULLY SYSTEM DEVELOPMENT AND THE ASSESMENT OF GULLY INITIATION RISK IN MIOCENE DEPOSITS NEAR DAROCA-SPAIN**, Z.Geomorphol., suppl.Bd. 49:37-50.
- Eastman, Kodak Co., (1981), **EL PLACER DE FOTOGRAFIAR CREATIVAMENTE**, tit., More Joy of Photography, edit. Eastman Kodak Company & Addison-Wesley publishing Co.Inc. Massachusetts (US), edit. Folio S.A., Barcelona (SP).
- Eastman, Kodak Co., (1980), **EL PLACER DE FOTOGRAFIAR**, tit., The Joy of Photography, edit.Eastman Kodak Company &Addison-Wesley publishing Co.Inc.Massachusetts (US)., edit. Folio S.A. Barcelona, (SP).
- Echávvarri P., & Espinoza de los Monteros,( 1990), **APUNTES DE FOTOGRAMETRIA** volúmenes I, II, III, edit. IPN, ciencias de la Tierra, unidad Ticomán, México.
- Etchevers, B. J. & Arias, Rojo, H., & Zebrowsky, C., (1989),**REINCORPORACION DE TEPETATES A LA PRODUCCION AGRICOLA.III**.Avances en los trabajos de caracterización. In: Memoria del XXII Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo, Montecillo México.
- Etchevers, B.J.D. (snt). **INTERPRETACION DE LOS ANALISIS QUIMICOS DEL SUELO**. Centro de Edafología. Colegio de Posgraduados de Chapingo, México.
- Faig, W. (1976), **CALIBRATIONS OF CLOSE RANGE PHOTOGRAMMETRIC SYSTEM**, Mathematical Formulations, pub. I.S.P. Congress of Helsinki (FL).
- Faig, W.,(1975), **PHOTOGRAMMETRIC EQUIPMENT SYSTEM WITH NON METRIC CAMERA**, Symposium of Close Range Photogrammetric, System.Pub.A.S.P.,Falls Church Vga. (US).
- FAO, (1988), **SOIL MAP OF THE WORLD**. World Soil Resources Report 60. Rome. 113p.
- Freeman,M.,(1984), **EL ESTILO EN FOTOGRAFIA**,tit.Achieving Photographic Style, pub. McDonald & Co. Ltd. London & Sidney, 1ra.edit.española, Hermann Blume (1986), Madrid (SP).
- Fries, C., (1960). **GEOLOGIA DEL ESTADO DE MORELOS Y SUS PARTES ADYACENTES DE MEXICO Y GUERRERO**, región central meridional de México. Boletín del Instituto de Geología 60. UNAM. México.

Fuji Photo Film Ltd, ( 1988), **FOLLETOS DE INFORMACION FOTOGRAFICA**, pub. Fuji- Photo Film Co., Ltd., 26-30 Nisshiazabu 2-Crome-Minato-ku, Tokio 106, ref.no.opl-17ls ( sk.80-05.SA.NW), (JP).

García, G. Güido, (1987), **APUNTES DE FOTOGRAMETRIA I**, Esc.Ingeniería Topográfica e Hidrográfica, U.A.P.- inédito.

García, G., Güido,(1995), **APUNTES DE FOTOGRAFIA APLICADA A LA INGENIERIA, ECOLOGIA, GEOLOGIA Y GEOMORFOLOGIA ESTRUCTURAL Y BIOLOGIA.**, Esc. de Ingeniería Topográfica y Geodésica, BUAP- inédito.

Ghosh, S.K., (1979), **ANALYTICAL PHOTOGRAMMETRY**, pub. Pergaamon Press Inc., Maxwell House, Fairview Park, Elmsford, New York, 10523, (US).INAOE.

Ghosh, S.K.,(1968) **THEORY OF STEREOPHOTOGRAMMETRIC**, pub. The Ohio State University Book Stores, Columbus Ohio, (US).INAOE.

Golden Software, (1994), **SURFER, SURFACE MAPPING SYSTEM**, versión 5.00 y versión 3.00 (GEOS), copy wright- Golden Software Colorado (US).

Grande López, (1980), **APUNTES SOBRE INVESTIGACIONES DE SUELOS** (Pedología), edit. GEOMIMET., R.M.M. Recursos Minerales de México., México.

Gruber, Otto, V. (1932), **CURSO DE FOTOGRAMETRIA** , trd. Torroja J.Ma.edit.(sn) Madrid, España.

Guerra, Peña F. (1980), **FOTOGEOLOGIA**, edit. fac. ING. UNAM.

Hadley, R.F., Lal, R., Onstad, C.A., Walling, D.E. and Yair A., (1985), **RECENT DEVELOPMENTS IN EROSION AND SEDIMENT YIELDS STUDIES**. Tchenical Documents in Hydrology, Paris-UNESCO.

Hallert,B., (1966),**QUALITY OF EXTERIOR ORIENTATION**, pub.Photogrammetric Enginnering, vol. 27 - vol. 32- No.3-1966 (US).

Harvey A.(1982) **THE ROLE OF PIPING IN THE DEVELOPMENT OF BADLANDS AND GULLY SYSTEM IN SOUTH -EAST SPAIN**, cap.18-pp 317-335, en Bryan,R.and Yair A.Badland Geomorphology and piping , Norwich: Geobooks.

Heede, B.H. (1970), **MORPHOLLOGY OF GULLIES IN THE COLORADO ROCKY MOUNTAINS**. Bull. Int. Assoc. Sci. Hydr. XV(2), 78-89.

Heine, K. (1973), **OBSERVACIONES MORFOLOGICAS DE LAS BARRANCAS EN LA CUENCA PUEBLA, TLAXCALA**, Comunicaciones No.4. pp.7-22.

Hudson, N.W., (1985): **SOIL CONSERVATION**, London Batsford. (1988), Conservation practices and runoff water disposal on steep lands. In Moldenhauer, W.C. and Hudson, N.W. edit. Conservations forming on steep lands. Ankeny, SWCS.

Hylsky, Haroslav, (1973)**EROSION EN CARCAVAS**, Pub.esp.No.1 -Academia de Ciencias de Cuba, Instituto de Geología.

Imeson, A & F.P.M. Kwaad, (1980), **GULLY TYPES AND GULLY PREDICTION**, Geographisch Tijdschrift, XIV (5), 430-441.

INEGI, (1988), **INSTRUCTIVO Y MANEJO DE LA ESTACION TOTAL (ELTA 3)**, pub. INEGI., Aguascalientes, México.

INEGI, (1989), **INSTRUCTIVO Y MANEJO DE LA LIBRETA ELECTRONICA PSION-HC**, pub. exclusiva para INEGI, aut. Berdala, J., L., perm. Zeiss, C.Barcelona (SP).

INEGI, (1993), D.G.C.C. (Dirección General de Cartografía Catastral), **MANUAL DEL USUARIO SDRmap, Aguascalientes México.**

INEGI, (1993), D.G.C.C.(Dirección General de Cartografía Catastral), **MANUAL DE LA BRIGADA DE MEDICION**, pub.. INEGI, Aguascalientes, México.

INEGI, (1993), D.G.C.C.(Dirección General de Cartografía Catastral), **MANUAL DEL USUARIO DE ZAS**, pub., INEGI, Aguascalientes, México.

INEGI, (1993), D.G.C.C.(Dirección General de Cartografía Catastral), **MANUAL DEL USUARIO ZEITOP**, Dr. De Dios San Román Enrique, aut. Zeiss C: Div.Geodesia, Madrid España, pub. INEGI, Aguascalientes, México.

INEGI, (1993), **MANUAL DE REFERENCIAS RAPIDAS DE AUTOCAD ver.12.**, Automatización, pub. INEGI., Aguascalientes, México.

INEGI, (1994), D.G.C.C.(Dirección General de Cartografía Catastral), **MANUAL DE CONCEPTOS BASICOS**, pub. INEGI, Aguascalientes, México.

INEGI, (1994), D.G.C.C.(Dirección General de Cartografía Catastral), **MANUAL DE LA BRIGADA DE FOTOIDENTIFICACIÓN**, pub. INEGI, Aguascalientes, México.

INEGI, (1994),D.G.C.C.(Dirección General de Cartografía Catastral), **MANUAL DE PROCESAMIENTO Y CONTROL DE INFORMACION TOPOGRAFICA**, Instructivo, pub., INEGI, Aguascalientes, México.

ITC-INTERNATIONAL TRAINNING CENTER, (1969), **PHOTOGRAMMETRY**, trd.por Deagostini R., Enshede the Netherlands.

Jordan W., (1980), **TRATADO DE TOPOGRAFIA**, cap. V- tomo II, Fotogrametría, trd.Mantero J.Ma., edit. Gustavo Gilli, México.

Karara, H.M.(1972), **SIMPLE CAMERAS FOR CLOSE RANGE APPLICATIONS**, pub.A.S.P., Falls Church Vga., (US).

Kern & Cía. SA., ( 1978), **BOLETIN DE INFORMACION**, No. 33, Fábrica de Optica, electrónica y Mecánica de Precisión- CH 5001, Aarau, Suiza.

Kirkby, M.J. and R.C.MORGAN (EDS.1980) **SOIL EROSION**, John Wiley and Sons Ltd., Chichester, 312 pp.

Kissam, P., (1969), **TOPOGRAFIA PARA INGENIEROS**, cap.19-Fotogrametría, edit.McGraw-Hill, México.

Kombinat, (1989) **INGENIERVERDESMESUNG**, pub. VEB. Carl Zeiss JENAD.D.R., 1020, & Werner Liebscher, JENA, D.D.R.

Kreiling, N., A., (1978), **MANUAL FOTOGRAMETRICO DE BOLSILLO**, Verlag B.G., Teubner, 2da edición, Stuttgart R.F.A.,eta, ediciones técnicos asociados, Barcelona (SP).

Lambe, W.T. y Whitman, V.R. (1974). **MECANICA DE SUELOS**. Limusa. México.

- Langford, M., (1983), **ENCICLOPEDIA COMPLETA DE LA FOTOGRAFIA**, pub. Dorling Kindersley-Limited, London w1v2BPp, (Ebury Press-National Magazine House, 1981)- Hermann Blume Ediciones, Madrid España.
- Lehman, G. (1975), **FOTOGRAMETRIA**, edit. Técnicos Asociados S.A., Maigón No.26, Barcelona 12- (SP).
- López-Blanco, J. (1990), **EROSION ADAFOLOGICA ACELERADA Y REMOCION EN MASA EN EL DESARROLLO DE LOS BARRANCOS DE LA LOCALIDAD DE BUENOS AIRES, municipio de MOTOZINTLA, Estado de Chiapas**, edt.UNAM, en memorias II reunión Nacional de Geomorfología, Instituto de Geografía de la UNAM.
- López-Blanco, J. y Palacio-Prieto, J.L., (1994), **CUANTIFICACION DEL CRECIMIENTO DE LAS AREAS EROSIONADAS EN CABECERAS DE CARCAVAS PROCESANDO IMAGENES DE VIDEO**, Memorias de Resúmenes de la Tercera Reunión Nacional de Geomorfología, Guadalajara, Jal.
- López-Cuervo y Estevez (1980), **FOTOGRAMETRIA**, Edit. EGRAF. S.A. Madrid, (Sp).
- López Ramos, E. (1981), **GEOLOGIA DE MEXICO**, Tomos I,II,III,2da. Edi. SEP. México.
- Lugo H., J. (1990), **EL RELIEVE DE LA REPUBLICA MEXICANA**, Rev. del Inst. de Geografía UNAM, vol. 9. No. 1, México.
- Lugo H., J. y Córdova F. de A., C., (1991), **Mapa Morfogénesis, Sección Geomorfología I**, Atlas Nacional de México: Volumen Naturaleza, Instituto de Geografía, UNAM.
- Lugo H., J.(1989),**DICCIONARIO GEOMORFOLOGICO**, Instituto de Geografía, UNAM, México.
- Luthe, G. G., (1976), **APUNTES DE FOTOGRAMETRIA**, edit. Fac. Ing. UNAM.
- McNeill, T.Gomer, (1980), **PHOTOGRAFIC MEASUREMENTS**, Problems and Solutions, edit. club Luabland Pub., Pitman Publishing Corporation, New York.(US).
- Moffitt H.F. & Mikhaill E.M., (1980)**PHOTOGRAMMETRY**, Harper & Row Pub. 3thd.edit, New York., and Inetrnational Text Book; Co.Pensylvania-1964-(US).
- Morgan, R.P, (1979), **SOIL EROSION**, Longman New York, US.
- Oleschko H.,D.,M.L.,(1991), **LOS PATRONES MORFOLOGICOS DE ARCILLA EN LOS TEPETATES**, Internacional de los Suelos Volcánicos Endurecidos.Colegio de posgraduados de Chapingo, Montecillo México.
- Oleschko, K., (1990), **CEMENTING AGENTS MORPHOLOGY AND ITS RELATION TO THE NATURE OF "TEPETATES"**.Soil Micromorphology a Basic and Applied Science. Ed.by Lowell A. Douglas. Amsterdam-Tokyo. pag.381-388.
- Ortíz Pérez, M.A. (1977), **ESTUDIO GEOMORFOLOGICO DEL GLACIS DE BUENAVISTA, EN CUERNAVACA MORELOS**, Bol. Inst. Geog. UNAM, # 8, México.
- Ortíz-Pérez, M.A., (1995), **FOTOINTERPRETACION GEOMORFOLOGICA del DELTA DEL RIO BALSAS**,Mich. Gro., Memorias del VIII Congreso Nacional de Fotogrametría Fotointerpretación y Geodesia, Morelia Mich., 23-26 abril, Tomo I,pp 203-216.

Palacio Prieto, J, L, (1982), **ANÁLISIS GEOMORFOLÓGICO DE LA REGIÓN DE CUERNAVACA TENANCINGO- IXTAPAN DE LA SAL**, ESTADOS DE MORELOS Y MEXICO, tesis de maestría en Geografía, Fac. de Fil .y Let. de la UNAM, México.

Patton, P.C. and Schumm, S.A., (1975), **GULLY EROSION**, NW Colorado: a threshold phenomenon. *Geology* 3 (2), 88-90.

Peña H., D. y C. Zebrowski, (1991). **INCORPORACION DE TEPETATES A LA PRODUCCION AGRICOLA**. I-Cartografía. Resúmenes ampliados del primer Simposio Internacional sobre Suelos volcánicos endurecidos (Uso y Manejo de Tepetates). Colegio de posgraduados de Chapingo, Montecillo, México. 21-26. de octubre.pp.41.

Peña H.,D. y C. Zebrowski, (1991). **INCORPORACION DE TEPETATES A LA PRODUCCION AGRICOLA**. II. Caracterización Física. Resúmenes Ampliados del primer Simposio Internacional sobre Suelos Volcánicos Endurecidos (Uso y Manejo de Tepetates). Colegio de Posgraduados de Chapingo, Montecillo México.

Peña, H., D. & Zebrowski, C., & Valencia, J.M., (1989), **REINCORPORACION DE LOS TEPETATES A LA PRODUCCION AGRICOLA.II**. Avances de los trabajos de clasificación y cartografía, p.3 in: Memoria XXII Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, Chapingo, México.

Peña, H.D., M.E. Miranda, C. Zebrowski y Arias Rojo, (1991). **III. Mineralogía y Resistencia**. Resúmenes ampliados del primer simposio internacional sobre Suelos volcánicos endurecidos (uso y manejo de Tepetates). Colegio de Posgraduados de Chapingo, Montecillo, México.

Pérez, C.G.(1988), **ALGUNAS APLICACIONES DE LA FOTOGRAMETRIA TERRESTRE, EN EL LEVANTAMIENTO TAQUIMETRICO**, tesis de licenciatura en la Escuela de Ingeniería Topográfica de la U.A.P.

Piest, R.F. and Spomer, R.G., (1968), **SHEET AND GULLY EROSION IN THE MISSOURI VALLEY LOESSIAL REGION**. *Transactions American Society of Agricultural Engineers* 11, 850-53.

Quantin, P., C., (1991),**L'INDURATION DES MATERIANX VOLCANIQUES PYROCLASTIQUES; PROCESSUS GEOLOGIQUES ET PEDOLOGIQUES**. In: Primer Simposio Internacional de Suelos Volcánicos Endurecidos, Colegio de Posgraduados de Chapingo, Montecillo, México.

Quero, G.Y.S.(1983),**ALGUNAS CONSIDERACIONES SOBRE MORFOMETRIA ISOCLINAL**, edit- Instituto de Geografía de la UNAM- Primer Congreso Interno del Instituto de Geografía-México, D.F.

Ragan, M, Donald, (1980), **GEOLOGIA ESTRUCTURAL** introducción a las técnicas geométricas, trd. Monserrat Domingo de Miró, pub. Jhon Wiley & Sons, de. sp. edit.Omega, Barcelona (SP).

Romero Terán, M.C., (1989), **ESTUDIO GEOMORFOLÓGICO DE LA EROSION ACELERADA EN EL MUNICIPIO DE HUASCA DE OCAMPO, EDO. DE HIDALGO**- Erosión en cárcavas, Tesis de Lic. en Geografía, F.FyL. de la UNAM.

S.M.F.F.G., Sociedad Mexicana de Fotogrametría Fotointerpretación y Geodesia (varios años - 1978-1994), **MEMORIAS DE LOS CONGRESOS**, del VII - al XII, edit. S.M.F.F.G., México.

Schmidt , M.O. and W.H. Rayner (1978) **FUNDAMENTALS OF SURVEYING**, second de. Van Nostrand, New York,450 pp.

Schumm, S.A. (1979), **GEOMORPHIC THRESHOLDS, The concep and its applications**. *Transactions Institute of British Geographers* NS4, 485-515.

Schut, G.H., (1965), **THE DETERMINATION OF TREE HEIGHTS FROM PARALAX MEASUREMENTS**, pub. The Canadian Surveyor, vol. 19 Canadá.

Schwedfsky, K., (1960), **FOTOGRAMETRIA TERRESTRE Y AEREA**, trd. Bruck, versión de la tercera edición alemana, trd. a esp. Cubillo Fluiters J.P.E. 2da. ed. edit. Labor, S.A., Barcelona, España.

Seangolies, K.A., (1980), **CONFECCION Y COMPLEMENTACION DE MAPAS MEDIANTE EQUIPOS DE FOTOGRAMETRICOS AUTOMATICOS Y DIGITALES, PRODUCIDOS POR JENA FRESCHBERG**, pub. revista de JENA, D.D.R., No. 25-ag/2345/80.

Sears, F. & Semansky. (1960), **FUNDAMENTOS DE FISICA III, óptica**, trd. Yusta, A.A., 2da. ed. edit. Aguilar S.A., Madrid, España.

Shiu Hung Luk, (1983), **EFFECT OF AGGREGATE SIZE AND MICROTOPOGRAPHY ON RAIN WASH AND RAIN SPLASH EROSION**, edit. Gebrüder Bortragger D-1000, Berlín. D. 7000, Stuttgart, R.F.A.

SPP., (1983), **CARTA EDAFOLOGICA**, escala 1/50 000. Clave Cuernavaca E14A59, Dirección General de Geografía. México.

Strandberg, C.H. (1975), **AERIAL DISCOVERY MANUAL**, -trd.-Manual de Fotografía Aérea.--pub-Data Analysis Center, Itek Corporation, Alexandria Virginia. US.-ed. Omega- Barcelona, Sp.

SURFER, (1994), **SURFACE MAPPING SYSTEM**, versión 5.00, y versión 3.00 (GEOS), copy wright - GOLDEN SOFTWARE, inc. CALIFORNIA (US).

Ternryd, C.O. & Lundin E, (1974), **TOPOGRAFIA Y FOTOGRAMETRIA EN LA PRACTICA MODERNA**, edit. CECSA, México.

Thompson, M.M., (1966), **MANUAL OF PHOTOGRAMMETRY**, pub. A.S.P., Falls Church Vga. (US).

Topinard, P. y Pende, N., (1920), **TRATADO DE ANTROPOLOGIA INDIVIDUAL Y COLECTIVA**, edit. Labor, Barcelona España.

UASLP, (1984), **INGENIERIA AGROCLIMATOLOGICA**, edit. UASLP., posgraduados en el área de hidráulica, San Luis Potosí, México, 184 pp.

USDA, (1990). **CLAVES PARA LA TAXONOMIA DE SUELOS**. Traducción del centro de Edafología del Colegio de Posgraduados de Chapingo. IMTA. Jiutepec Morelos.

Valdéz, M.L.A. (1970), **CARACTERISTICAS MORFOLOGICAS Y MINERALOGICAS DE LOS SUELOS DE TEPETATES DE LA CUENCA DE MEXICO**. tesis de Maestría en Ciencias en Suelos. Escuela Nacional de Agricultura. Colegio de Posgraduados de Chapingo, México.

Vázquez Selem, L. (1992), **GULLY EROSION, LANDFORMS IN A VOLCANIC AREA OF CENTRAL MEXICO**, M. Sc. Thesis, ITC, Enschede, The Netherlands.

Veb-Jena, (1980), **PRÄZISIONSMECHANIK**, pub. Feinsmes Zeugfabrik Schul, asociados a la revista de Jena, D.D.R. Nos. 1, 2, 3, 4, Jena Dresden, D.D.R.

Vera R., López R., (1986), **EL ORIGEN DE LA CANGAHUA**. Paisajes Geográficos, 16: 21-28, Quito Ecuador.

Verstappen, H. Th. (1983), **APPLIED GEOMORPHOLOGY** (Geomorphological Survey for Environmental Development), Elsevier, Amsterdam, 437 pp.

Verstappen, H. Th. (1992), **EL CONCEPTO DE GEOMORFOLOGIA APLICADA** Ejemplos de Colombia, Indonesia yThailandia, pp. 9-30, en ESTUDIOS DE GEOMORFOLOGIA DE ESPAÑA, López Bermúdez, Conesa-García y Romero Díaz (editores), España.

Werner, G., H., Aeppli, G. Michlich, y E. Schünals, (1979). **LOS SUELOS DE LA CUENCA ALTA DE PUEBLA TLAXCALA Y SUS ALREDEDORES**. (Comentarios a un mapa de suelos). Fundación Alemana para la investigación Científica. Comunicaciones VI. Tlaxcala. México.

Wild, H.Z., (1979), **CAMARA TERRESTRE P32**, pub. fábrica de óptica, electrónica y mecánica de precisión, CH. 9435, Heerbrugg Zwitterland.

Wild, H. Z., (1980), **APARATOS DE FOTOGAMETRIA A CORTA DISTANCIA**, pub., Wild Heerbrugg S.A. CH. 9435, Heerbrugg Zwitterland.

Wolf, P.R. (1974) **ELEMENTS OF PHOTOGRAMMETRY**, 2nd.ed., McGraw-Hill, New York.

Zebrowski, C., D. Peña H., y J. M. Valencia, B., (1989), **REINCORPORACION DE LOS TEPETATES A LA PRODUCCIÓN AGRICOLA II**. Avances de los trabajos de clasificación y cartografía. Memorias del XXII Congreso Nacional de la Ciencia del suelo. Colegio de Posgraduados de Chapingo, Montecillo. México.

Zebrowsky et al.,(1991), **LES "TEPETATES", RECUPERATION ET MISE EN VALEUR DES TERRES VOLCANIQUES INDUREES AU MEXIQUE**. ORSTOM Actualités, no-33.

Zeiss, J.C., ( 1967), **FOTOTEODOLITO PHOTEO**, 19/1318-aus JENA, folleto No.14- 320-4/ R.D.A.-1622/67ag/29/189/67.

Zeiss, J.C., (1977), JENA, revistas, Nos. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, **propaganda de fotogrametría aérea, terrestre, mecánica de precisión, teledetección, óptica y electrónica.**, JENA, 058- 86122 / W. Liebscher, D.D.R.

## DIAMANTES O APOYO DE CAMPO PARA RESTITUCION:

Los diamantes, son marcas (pequeños cartones de 10 cm ancho por 7 de altura que llevan el número del diamante pintado en el centro), que se colocan en el terreno y que corresponden al apoyo de campo que tradicionalmente se realiza para la fotogrametría aérea y al instalarlos se sigue el siguiente ordenamiento:

1- Considerando la zona de sobreposición de los fotogramas, los diamantes se colocan de arriba hacia abajo, 1, 2, 3, para la primera terna, 4, 5, 6, para la segunda terna, 7, 8, 9, para la tercera terna.

2- Se les pasa coordenadas reales (medidas en metros y en un ordenamiento rectangular), ya sea correlacionando el origen de coordenadas del fototeodolito (0, 0, 0, en la cámara izquierda), o directamente con medidas en el campo.

Nota1: se puede considerar que incluso con un solo diamante, se puede escalar y o dimensionar la foto (en el caso de relieves muy cercanos).

Nota 2: en el caso de la cárcava # 11 (como se observa en la fig. de la pg 122), se instalaron tanto nueve diamantes, como una baliza un estadal y una cinta con marcas a cada diez centímetros, con la finalidad de comprobar el escalamiento.

(ver figura anexa A.1)

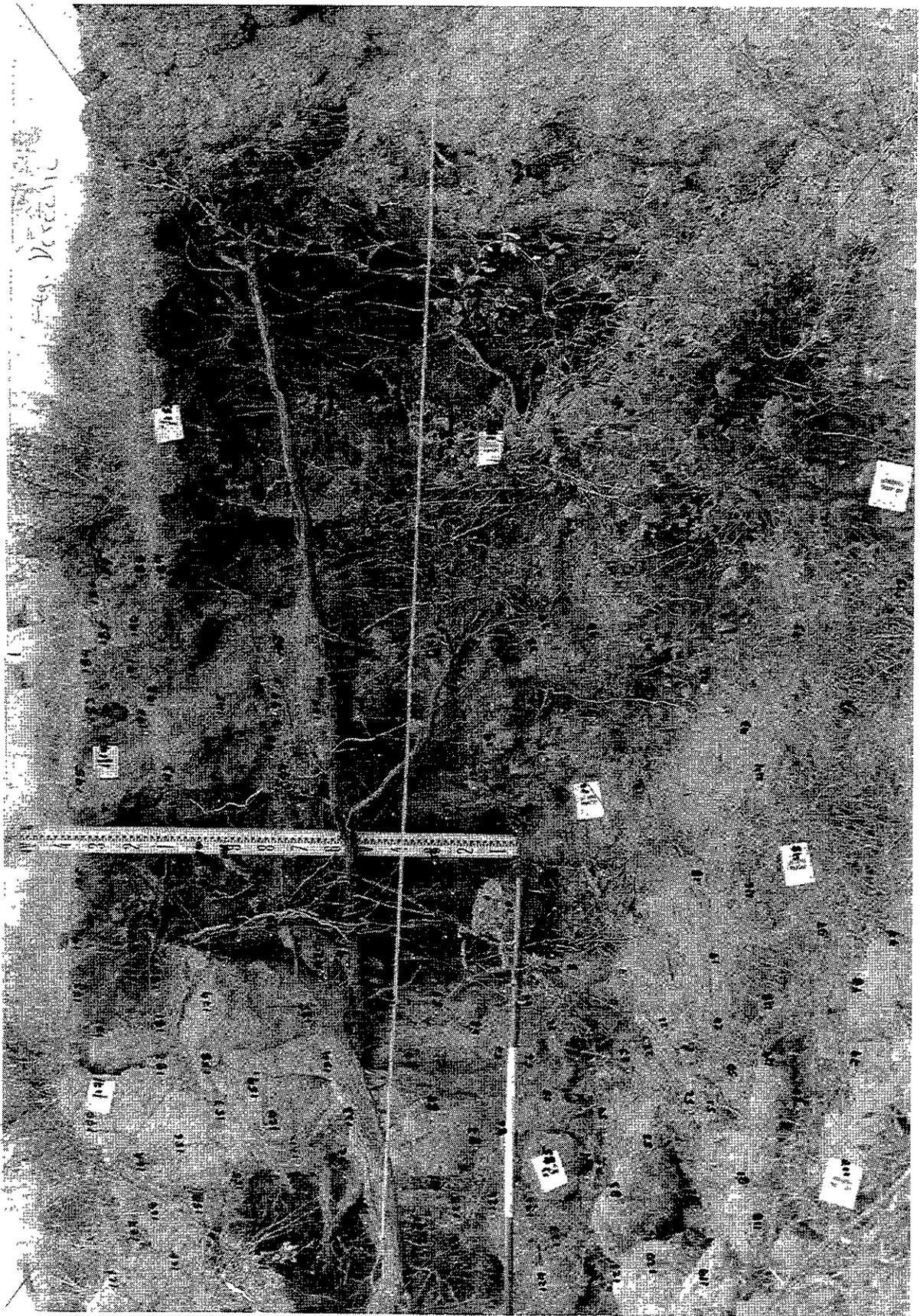


Fig.A.1.DIAMANTES Y APOYO DE CAMPO, fuente: trabajo de campo, 1996.

## APENDICE B

### CALIBRACION DE LA CAMARA CON EL METODO DEL ESTADAL

(primer método)

-El primer método es el de triángulos, que correlacionan un estadal vertical, con el negativo de la cámara bajo la expresión de  $f = i/D$  en la que:

$f$  = distancia focal a determinar.

$i$  = intervalo de estadal (mm) medido en foto.

$l$  = distancia real de estadal ( lecturas).

$D$  = distancia entre la cámara y estadal.

$l$  = formato de la imagen-  $l_h$  = horizontal,  $l_v$  = formato vertical.

A, B, C, D, coordenadas de extremo de corte.

ppp = punto principal propio (intersección de esquinas ).

$f, f', f''$  = dist. focal de ampliación , 3x , 4x, 8\*10 “, etc.

$r, r', r''$  = radios correlativos a la ampliación y a la dist.focal.

ver gráficas anexas.

Explicación: sobre una superficie plana, se coloca y sujeta la cámara con la base nivelada, y orientada con el colimador hacia una línea previamente definida y escogida de tal manera que las tomas queden en medium shot y full shot (ver apéndice X) con el Sol atrás de la cámara, para iluminar frontalmente al estadal, se repite varias veces la misma operacion pero a diferentes distancias (conviene señalar que la cámara estará fija durante toda la operación). El estadal es el que va cambiando de posición, es decir se va retrocediendo sobre la misma línea, y a diferente distancia -no constantes.

En el campo se miden las distancias  $D_n$ , a partir del punto nodal de la lente, descendido con una plomada al suelo, hasta donde se encuentre el estadal. En cada una de las estaciones de distancia, se tomará la foto correspondiente y se pueden enumerar con un pequeño cartón, que indique el número de toma. Es de hacer notar que se emplea un ASA - 100, en película 35 mm con 36 exposiciones, en las que las primeras cinco se realizan a diferentes enfoques, y las 10 posteriores se realizan cerrando a infinito el enfoque y las 16 restantes se emplean 6 para los procesos trigonométricos, y 15 para la panoramización (operación propuesta por García, en 1980), y que comprueba las mediciones angulares a  $360^\circ$ , ver apéndice D.

Al revelar las fotos se amplifican en 4x (también denominado 4r), con lo cual se miden en las ampliaciones las "In", que son las diferencias de lecturas del estadal, y las "in", que son las distancias determinadas por medición directa en mm, sobre la ampliación de 4x, de esa forma por correlación de triángulos, y considerando las distancias en el campo y las determinadas en las fotos, se podrán dilucidar las  $f'$  correspondientes al plano de ampliación, y posteriormente se determinará por triángulos semejantes y correlacionando a las medidas del negativo, el valor de  $f$  (dentro de la cámara).

Es de hacer notar que a diferente ampliación corresponderá un valor diferente de  $f$ , que se le denominará respectivamente  $f''$ , y de esa forma se podrá trabajar en  $8 \times 10$  o incluso  $16 \times 14$ , o la ampliación que se desee, ver las gráficas anexas.



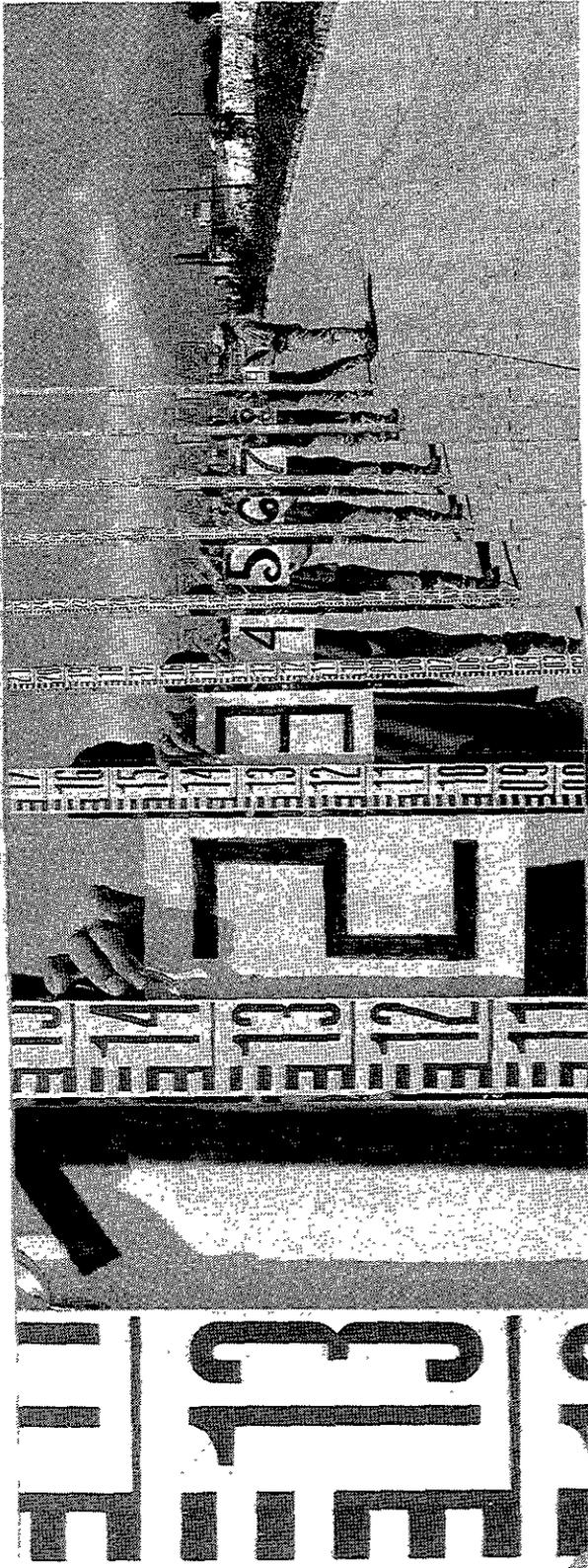


fig.B2. Calibración de la cámara con el método del estadal.

$f_0$	$t$ mm	$f$ mms	$D$ mms	$f' \cdot (1-2D)$	$F = \frac{f \cdot f'}{D}$	$\frac{1}{f}$	$\frac{1}{f'}$	$e \cdot X_i - u$	$(X_i - u)^2$	$\frac{f' \cdot (X_i - u)^2}{f \cdot D}$	$\frac{f' \cdot (X_i - u)^2}{f \cdot D}$	Normas
1	84.00	0.15	0.50	280.0000	59.4480	16.82172	3.57143					Estadal
2	95.30	1.00	4.50	238.2500	50.5837	19.26314	4.17227					de 4mms
3	91.95	2.10	5.00	232.0250	37.2622	20.2319557	4.30880					F = 208mm
4	91.01	4.00	10.00	227.5250	48.3060	20.20102	4.39572					f = 2420mm
5	83.00	4.00	14.00	234.5000	49.2877	20.08578	4.26549					7
6	52.27	4.00	18.00	235.2050	41.9584	20.01657	4.24780					1
7	42.85	4.00	22.00	235.2050	30.2127	19.91492	4.24831					2
8	39.52	4.00	24.00	235.2200	50.0872	18.86438	4.23926					3
9	36.20	4.00	26.00	235.8100	56.0699	19.97288	4.27052					4
10	33.65	4.00	28.00	235.7100	44.7809	20.00267	4.24291					5
			$\Sigma$	1178.0200	130.1073	19.95639	21.22346					
			Prom	F' 235.604	50.018125	19.99108	4.24449					

P.N.C Pleno de la negativa de contacto  
 P.P.C Pleno de la positiva de contacto  
 P.P.C.A Pleno de la positiva de contacto ampliada

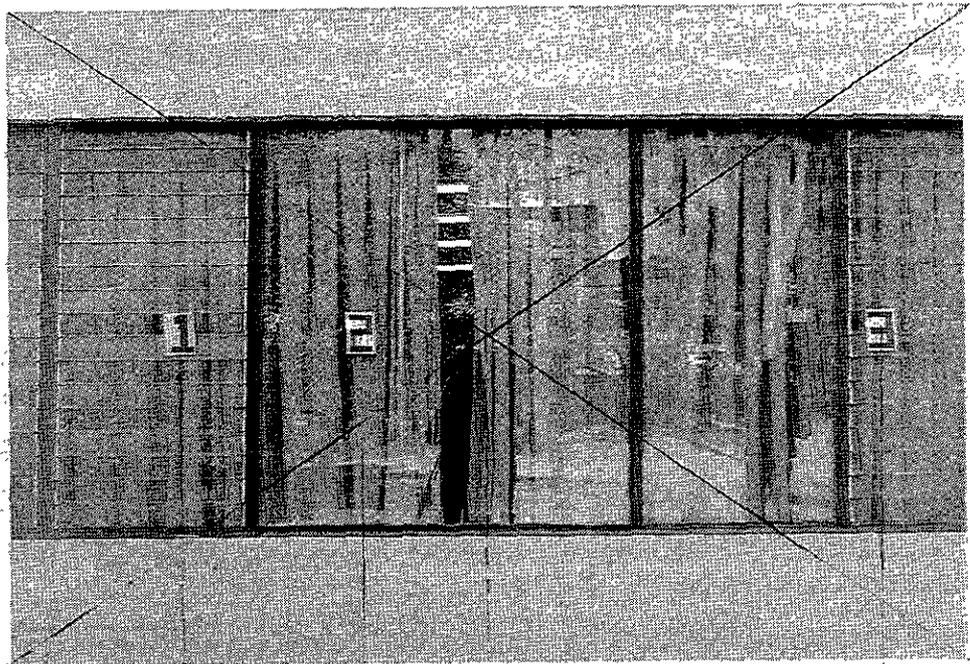
CALIBRACION DE LA CAMARA CON EL METODO DEL ESTADAL.

APENDICE C  
CALIBRACION DE LA CAMARA CON EL  
METODO TRIGONOMETRICO

(Segundo método).

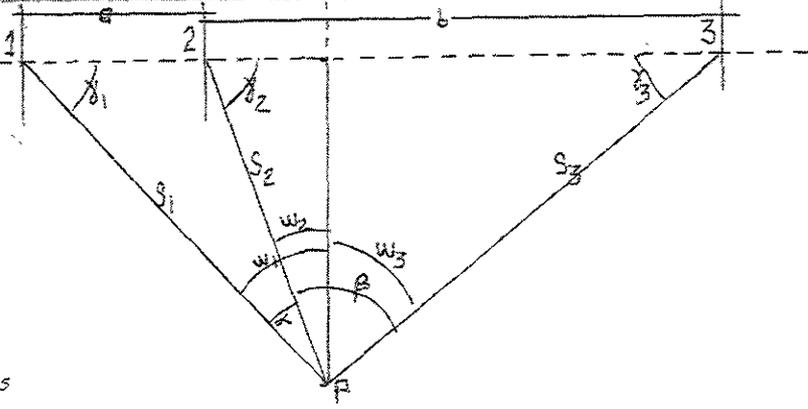
El segundo método para calibración de las cámaras es el de triangulación, más preciso que el anterior: sobre una pared plana se fotografian punterías que son medidas con un teodolito de alta precisión, pudiendo correlacionar en el revelado, ángulos horizontales y distancias recta se miden azimuths y los ángulos verticales para el cálculo se deducen los ángulos  $\alpha$  y  $\beta$ , se miden en las fotos las componentes a y b, en mm., y se calculan los ángulos auxiliares  $w_1, w_2, w_3$ . También se puede aplicar la variante de Shwidersky (ct. en Caire, 1977) en la que se presentan variantes A, B, y C, que difieren en cuanto a la presentación de las punterías, ya sea una izquierda y dos derechas, o viceversa, pero que viene a ser lo mismo que Jordan. Es importante señalar que las cámaras de enfoque, deberán de cerrarse al infinito y trabajar así como constante de operación, ver apéndice gráficas anexas.

$\lambda = 271.6$   
 $\rho_1 = 87^\circ 33' 00''$   
 $\rho_2 = 40^\circ 54' 55''$   
 $\rho_3 = 43^\circ 56' 18''$   
 $a = 0.013$   
 $\alpha = 3^\circ 09' 6.36''$   
 $\beta = 3^\circ 09' 55.53''$   
 $b = 0.0135$



$T_g \lambda = \frac{a}{\sin \alpha} = \frac{b}{\sin \beta}$   
 $T_g \lambda = \frac{0.013}{\sin 3^\circ 09' 6.36''} = \frac{0.0135}{\sin 3^\circ 09' 55.53''}$   
 $T_g \lambda = 1.002738616$   
 $\lambda = 45^\circ 04' 42.65''$   
 $\tau_1 + \tau_2 = 180^\circ - (\alpha + \beta)$   
 $\tau_1 + \tau_2 = 180^\circ - 6^\circ 26' 18.9''$   
 $\tau_1 + \tau_2 = 173^\circ 33' 58.1''$   
 $T_g \frac{\tau_1 - \tau_2}{2} = \frac{1}{3} \frac{\tau_1 + \tau_2}{2} (3 - (45^\circ + \lambda))$   
 $T_g \frac{\tau_1 - \tau_2}{2} = \frac{1}{3} \frac{173^\circ 33' 58.1''}{2} (3 - 90^\circ 04' 42.65'')$

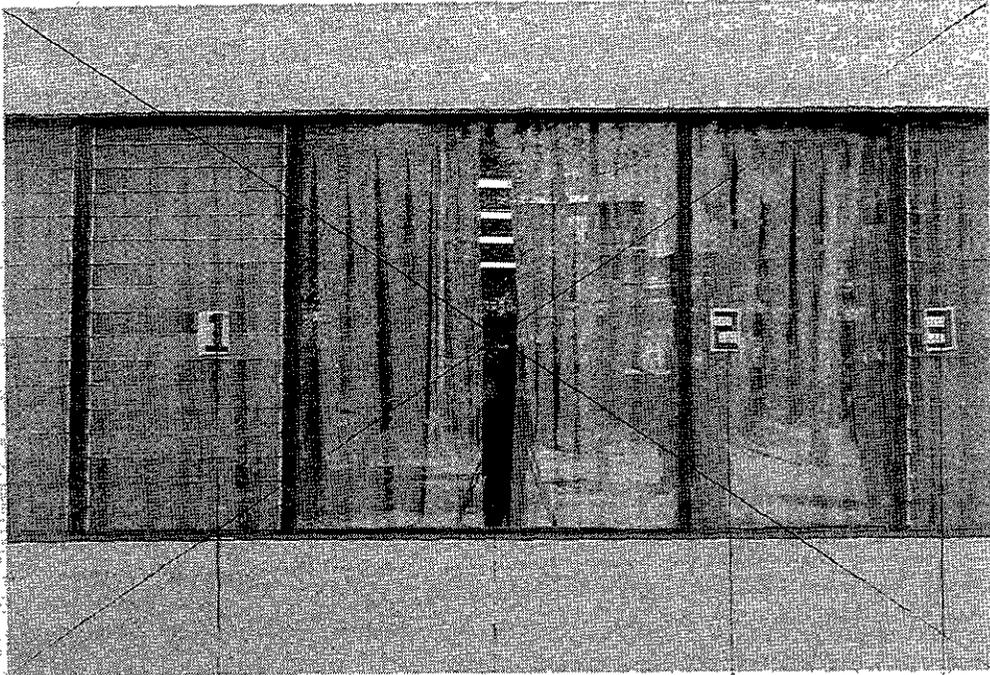
$T_g \frac{\tau_1 - \tau_2}{2} = T_g 86^\circ 46' 57.65'' \text{ cot } 90^\circ 04' 42.65''$   
 $T_g \frac{\tau_1 - \tau_2}{2} = -0.02432906$   
 $\tau_1 - \tau_2 = -1^\circ 23' 57.29'' = -2$   
 $\tau_1 - \tau_2 = -0^\circ 41' 48.62''$   
 $\tau_1 = \frac{\tau_1 + \tau_2}{2} + \frac{\tau_1 - \tau_2}{2}$   
 $\tau_1 = \frac{173^\circ 33' 58.1''}{2} + \frac{-0^\circ 41' 48.62''}{2}$   
 $\tau_1 = 86^\circ 46' 57.65'' + (-0^\circ 20' 54.31'')$   
 $\tau_1 = 86^\circ 26' 3.34''$



$\tau_3 = \tau_1 + \tau_2 - \tau_1 - \tau_2$   
 $\tau_3 = 86^\circ 46' 57.65'' - (-0^\circ 20' 54.31'')$   
 $\tau_3 = 87^\circ 27' 53.36''$   
 $\tau_2 = 180^\circ - (\tau_3 + \beta)$   
 $\tau_2 = 180^\circ - 90^\circ 24' 48.65''$   
 $\tau_2 = 89^\circ 35' 11.35''$   
 $\omega_1 = 90^\circ - \tau_1$   
 $\omega_1 = 3^\circ 33' 55.26''$   
 $\omega_2 = 90^\circ - \tau_2$   
 $\omega_2 = 0^\circ 24' 48.65''$   
 $\omega_3 = 90^\circ - \tau_3$   
 $\omega_3 = 2^\circ 52' 6.64''$   
 $S_1 = \frac{a}{\sin \alpha} \sin \tau_1$   
 $S_1 = 0.235439297$   
 $S_2 = \frac{a}{\sin \alpha} \sin \tau_2$   
 $S_2 = 0.235987921$   
 $S_3 = \frac{a}{\sin \alpha} \sin \tau_3$   
 $S_3 = 0.235703547$

$f = \frac{a \cos \omega_1 \cos \omega_2}{\sin (\omega_2 - \omega_1)}$   
 $f = 0.23598151'$   
 $f = S_1 \sin \tau_1$   
 $f = 0.235981473$   
 $f = S_2 \sin \tau_2$   
 $f = 0.235986673$   
 $f = S_3 \sin \tau_3$   
 $f = 0.235998102$   
 $f = S_1 \cos \omega_1$   
 $f = 0.235981673$   
 $f = S_2 \cos \omega_2$   
 $f = 0.235981673$   
 $f = S_3 \cos \omega_3$   
 $f = 0.235998102$

Fig.C.1. Calibración de la cámara con el método trigonométrico Jordan 1.



Azimuths

$$\begin{aligned} P_1 &= 93^\circ 25' 00'' \\ P_2 &= 98^\circ 01' 55.9'' \\ P_3 &= 101^\circ 18' 22'' \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \alpha &= 4^\circ 36' 55.9'' \\ \beta &= 3^\circ 16' 31.1'' \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a &= 0.019 \\ b &= 6.0135 \end{aligned}$$

$$T_3 \lambda = \frac{a}{\text{Sen } \alpha} + \frac{b}{\text{Sen } \beta}$$

$$T_3 \lambda = \frac{0.019}{\text{Sen } 4^\circ 36' 55.9''} + \frac{6.0135}{\text{Sen } 3^\circ 16' 31.1''}$$

$$T_3 \lambda = 0.2361156 + 0.2362877$$

$$\lambda = 74^\circ 58' 44''$$

$$\gamma_1 + \gamma_3 = 180^\circ - 7^\circ 53' 23''$$

$$\gamma_1 + \gamma_2 = 172^\circ 06' 35''$$

$$T_3 \frac{\gamma_1 - \gamma_2}{2} = + T_3 \frac{\gamma_1 + \gamma_2}{2} \text{ Cot}(45^\circ + \lambda)$$

$$T_3 \frac{\gamma_1 - \gamma_2}{2} = T_3 \frac{172^\circ 06' 35''}{2} \text{ Cot } 89^\circ 58' 44''$$

$$T_3 \frac{\gamma_1 - \gamma_2}{2} = T_3 86^\circ 3' 16.5'' \text{ Cot } 89^\circ 58' 44''$$

$$T_3 \frac{\gamma_1 - \gamma_2}{2} = 14.49915 (3.6453716)$$

$$T_3 \frac{\gamma_1 - \gamma_2}{2} = 5.3423342$$

$$\gamma_1 - \gamma_2 = 0^\circ 9' 10.96''$$

$$\gamma_1 = \frac{\gamma_1 + \gamma_2}{2} + \frac{\gamma_1 - \gamma_2}{2}$$

$$\gamma_1 = \frac{172^\circ 06' 35''}{2} + \frac{0^\circ 9' 10.96''}{2}$$

$$\gamma_1 = 86^\circ 3' 16.5'' + 0^\circ 4' 35.48''$$

$$\gamma_1 = 86^\circ 7' 51.9''$$

$$\gamma_3 = \frac{\gamma_1 + \gamma_2}{2} - \frac{\gamma_1 - \gamma_2}{2}$$

$$\gamma_3 = 85^\circ 58' 41''$$

$$\begin{aligned} \gamma_2 &= 180^\circ - (\gamma_1 - \alpha) \\ \gamma_2 &= 180^\circ - 90^\circ 44' 42'' \\ \gamma_2 &= 89^\circ 15' 12'' \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \omega_1 &= 90^\circ - \gamma_1 \\ \omega_1 &= 5^\circ 52' 8.1'' \\ \omega_2 &= 90^\circ - \gamma_2 \\ \omega_2 &= 0^\circ 44' 48'' \\ \omega_3 &= 90^\circ - \gamma_3 \\ \omega_3 &= 4^\circ 01' 19'' \end{aligned}$$

$$S_1 = \frac{a}{\text{Sen } \alpha} \text{ Sen } \gamma_2$$

$$S_1 = 0.2360955$$

$$S_2 = \frac{a}{\text{Sen } \alpha} \text{ Sen } \gamma_1$$

$$S_2 = 0.2355775$$

$$S_3 = \frac{b}{\text{Sen } \beta} \text{ Sen } \gamma_2$$

$$S_3 = 0.2362676$$

$$f = \frac{b \text{ Cos } \omega_2 \text{ Cos } \omega_1}{\text{Sen } (\omega_3 - \omega_2)}$$

$$f = 0.2356877 \text{ (Comprobaciones)}$$

$$f = S_1 (\text{Sen } \gamma_1) = 0.2355574$$

$$f = S_2 (\text{Sen } \gamma_2) = 0.2355575$$

$$f = S_3 (\text{Sen } \gamma_3) = 0.2356857$$

$$f = S_1 (\text{Cos } \omega_1) = 0.2355574$$

$$f = S_2 (\text{Cos } \omega_2) = 0.2355575$$

$$f = S_3 (\text{Cos } \omega_3) = 0.2356857$$

Fig.C.2. Calibración de cámara con el método trigonométrico Jordan 2



Las medidas obtenidas  
en la fotografía  
 $m = 22.9 \text{ mm}$   
 $n = 43.1 \text{ mm}$

Los valores angulares  
medidos en el terreno.  
(ángulos horizontales)  
 $u = 5^\circ 38' 37''$   
 $w = 10^\circ 23' 21''$

Fórmulas

$$\alpha = \text{tg}^{-1} \left( \frac{m \text{ctg} u - n \text{ctg} w}{m - n} \right) =$$

$$\alpha = \frac{22.9 * \text{Ctg} 5^\circ 38' 37'' - 43.1 * \text{Ctg} 10^\circ 23' 21''}{22.9 - 43.1} =$$

$$\alpha = 9^\circ 24' 37.56''$$

$$h = m * \text{Cos}(\alpha + u) / \text{Sen} u =$$

$$= 22.9 * \text{Cos}(9^\circ 24' 37.56'' + 5^\circ 38' 37'') / \text{Sen} 5^\circ 38' 37''$$

$$h = 224.87 \text{ mm}$$

$$f' = h \text{Cos} \alpha$$

$$x = h \text{Sen} \alpha$$

$$f' = 224.87 * \text{Cos} 9^\circ 24' 37.56'' = 221.845 \text{ mm}$$

$$x = 224.87 * \text{Sen} 9^\circ 24' 37.56'' = 35.77 \text{ mm}$$

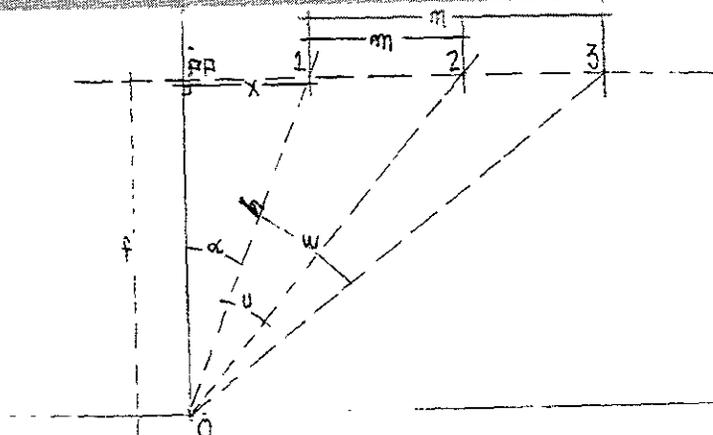
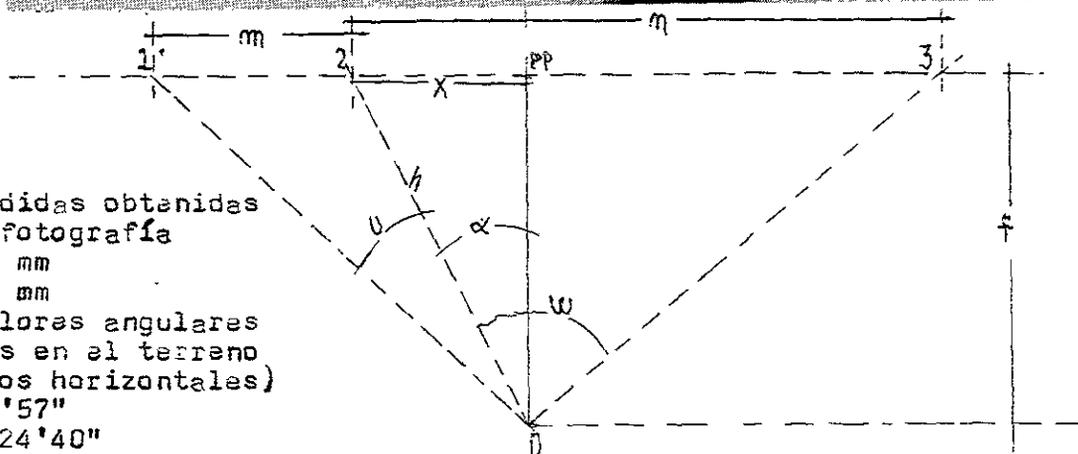


Fig.C.3. Calibración de cámara con el método Caire-A.



Las medidas obtenidas  
en la fotografía  
 $m=29.5 \text{ mm}$   
 $n=86.5 \text{ mm}$   
Los valores angulares  
medidos en el terreno  
(ángulos horizontales)  
 $U=6^{\circ}56'57''$   
 $W=20^{\circ}24'40''$   
Fórmulas

$$\alpha = \frac{m \operatorname{ctg} U - n \operatorname{ctg} W}{n - m} =$$

$$\alpha = \frac{29.5 \operatorname{ctg} 6^{\circ}56'57'' - 86.5 \operatorname{ctg} 20^{\circ}24'40''}{116} =$$

$$\alpha = 4^{\circ}43'15.63''$$

$$h = \frac{m \cos(\alpha + U)}{\operatorname{Sen} U}$$

$$h = \frac{29.5 \cdot \cos(4^{\circ}43'15.63'' + 6^{\circ}56'57'')}{\operatorname{Sen} 20^{\circ}24'40''}$$

$$h = 238.78 \text{ mm}$$

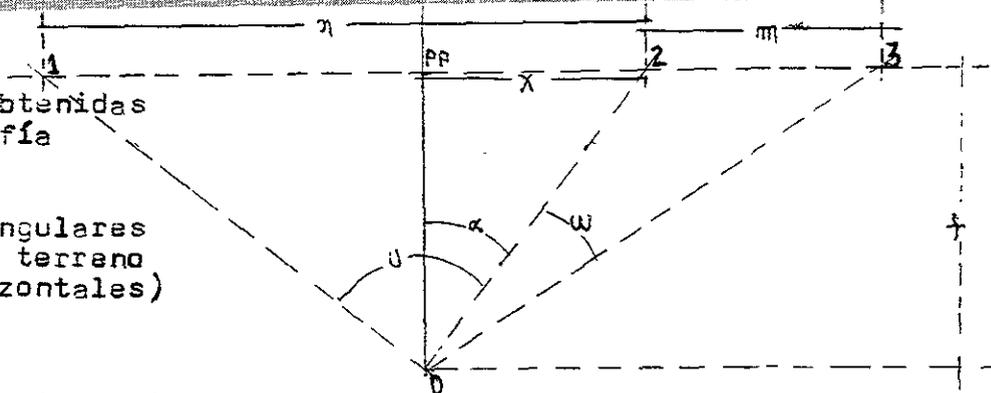
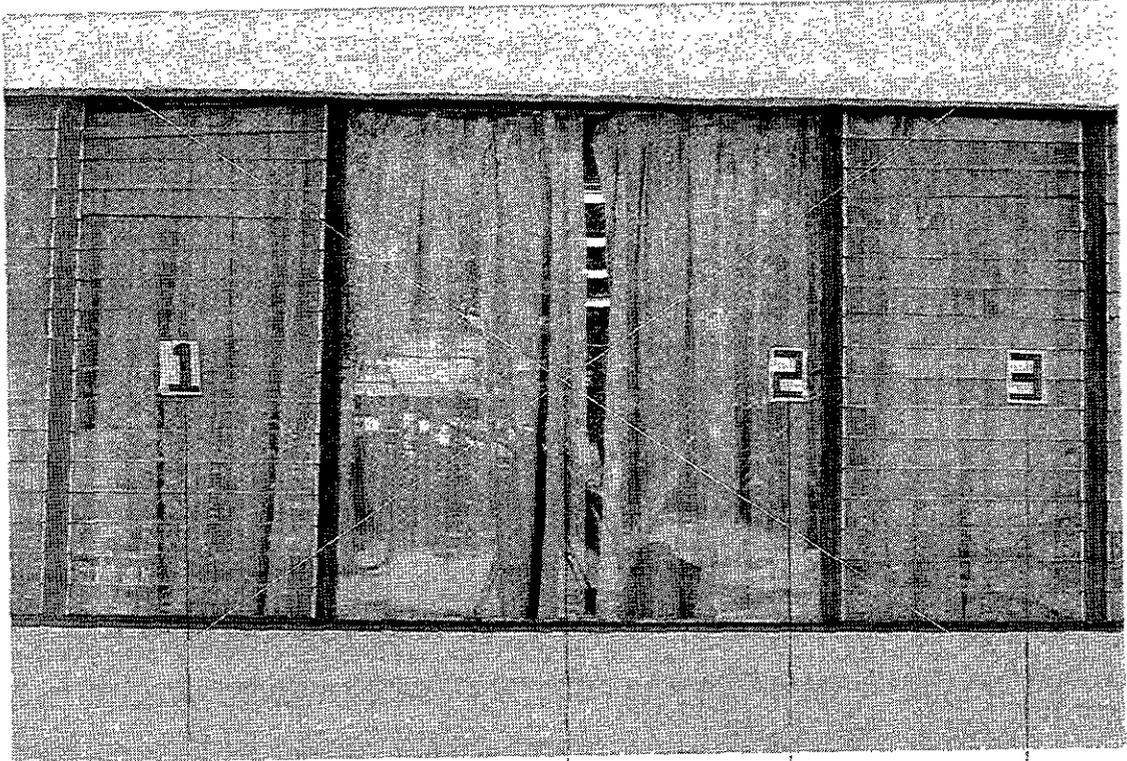
$$f' = h \cos \alpha$$

$$x = h \operatorname{Sen} \alpha$$

$$f' = 238.78 \cdot \cos 4^{\circ}43'15.63'' = 237.97 \text{ mm}$$

$$x = 238.78 \cdot \operatorname{Sen} 4^{\circ}43'15.63'' = 19.65 \text{ mm}$$

Fig.C.4. Calibración de cámara con el método Caire-B.



Las medidas obtenidas  
en la fotografía

$$m = 33.2 \text{ mm}$$

$$n = 82.6 \text{ mm}$$

Los valores angulares  
medidos en el terreno  
(ángulos horizontales)

$$U = 19^\circ 39' 53''$$

$$W = 7^\circ 41' 57.5''$$

Fórmulas

$$\alpha = (m \text{Ctg} W - n \text{Ctg} U) / (n + m)$$

$$\alpha = (33.2 \text{Ctg} 7^\circ 41' 57.5'' - 82.6 \text{Ctg} 19^\circ 39' 53'') / (33.2 + 82.6)$$

$$\alpha = 7^\circ 06' 17.67''$$

$$h = n \text{Cos}(U - \alpha) / \text{Sen} U$$

$$h = 82.6 \text{Cos}(19^\circ 39' 53'' - 7^\circ 06' 17.67'') / \text{Sen} 19^\circ 39' 53''$$

$$h = 239.58 \text{ mm}$$

$$f' = h \text{Cos} \alpha$$

$$x = h \text{Sen} \alpha$$

$$f' = 239.58 \text{Cos} 7^\circ 06' 17.67'' = 237.74 \text{ mm}$$

$$x = 239.58 \text{Sen} 7^\circ 06' 17.67'' = 29.63 \text{ mm}$$

Fig.C.5. Calibración de la cámara método Caire-C.

## CONCLUSIONES DE LAS CALIBRACION DE LA CÁMARA Yashica -fx3.50mm

Estadal  $f^* = 235.60\text{mm}$   $f = 50.02\text{mm}$   
Jordan 1  $f^* = 235.65\text{mm}$   $f = 50.03\text{mm}$   
Jordan 2  $f^* = 235.89\text{mm}$   $f = 50.10\text{mm}$   
Caire A  $f^* = 221.85\text{mm}$   $f = 47.10\text{mm}$   
Caire B  $f^* = 237.74\text{mm}$   $f = 50.47\text{mm}$   
Caire C  $f^* = 237.97\text{mm}$   $f = 50.52\text{mm}$

Estadal comprueba con Jordan 1 y Jordan 2.  
Caire B y Caire C, comprueban relativamente con estadal.  
Caire A no comprueba.

Conclusiones de las calibracion de la cámara Yashica -fx3.50mm

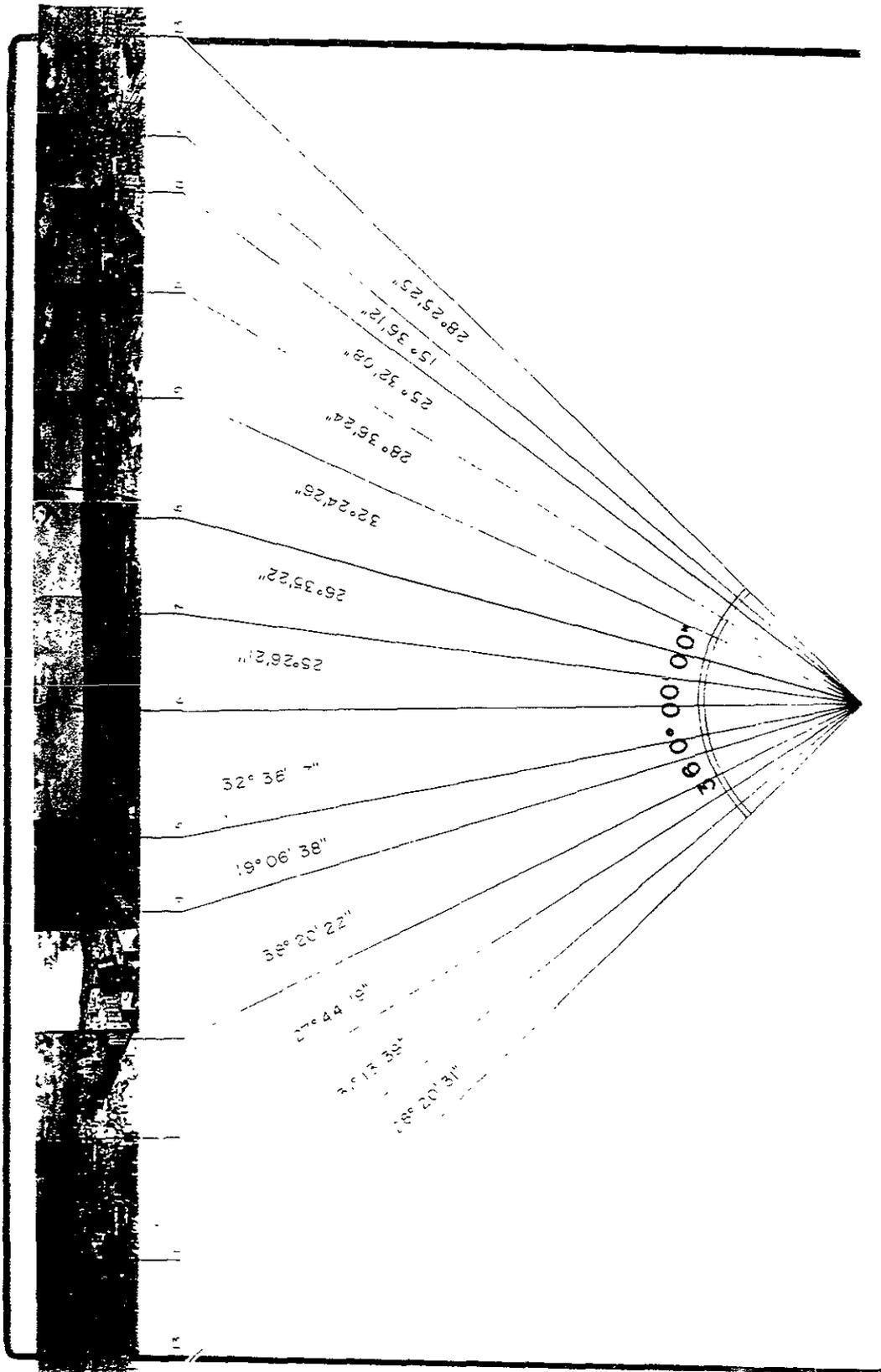
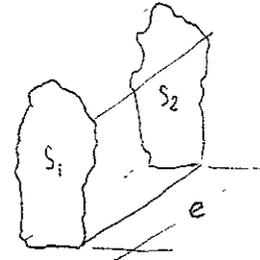
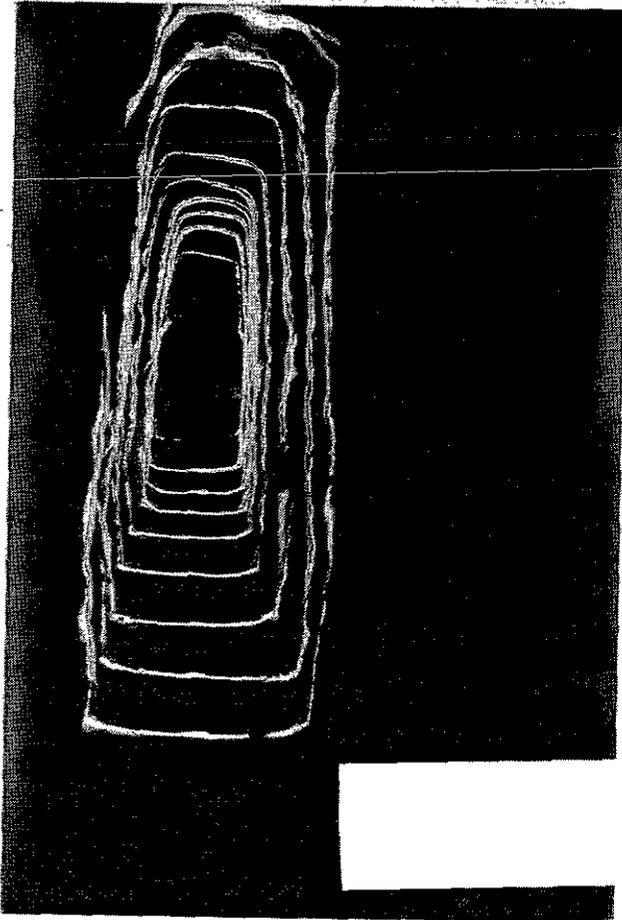
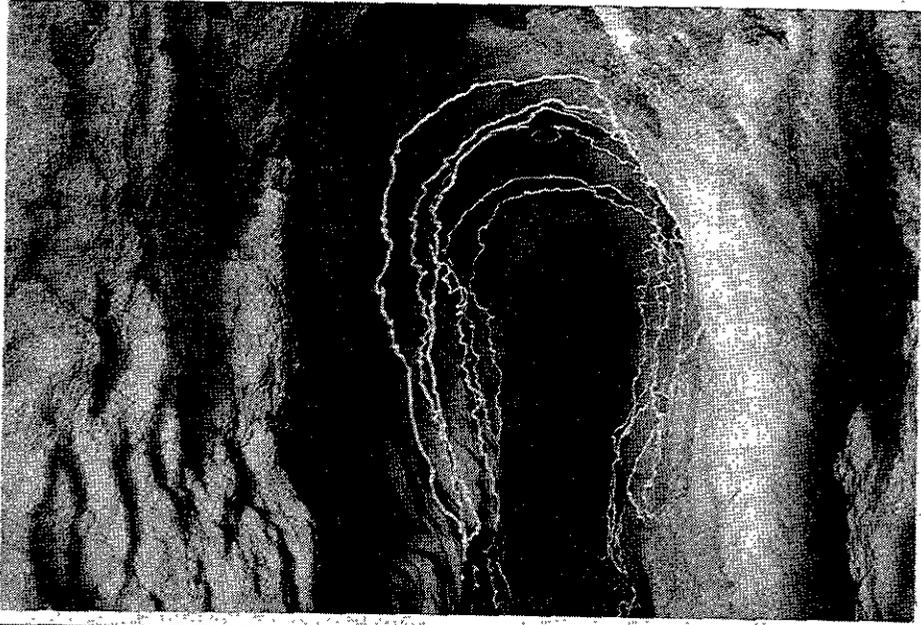


Fig.D.1. Medida de la panorámica, o comprobación angular con cámaras SLR. (ver capítulo 1.4. fuente: Ing. Benjamín Mancilla, 1987, ct. en Pérez, en 1988.)



Levantamiento de Secciones  
en túneles, equidistante,  
para obtener volúmenes.  
pintando con luz.

$$V = (S_1 + S_2 / 2 * e)$$

V= volúmen en métr<sup>3</sup>

S1= Sección primera.

S2= Sección segunda.

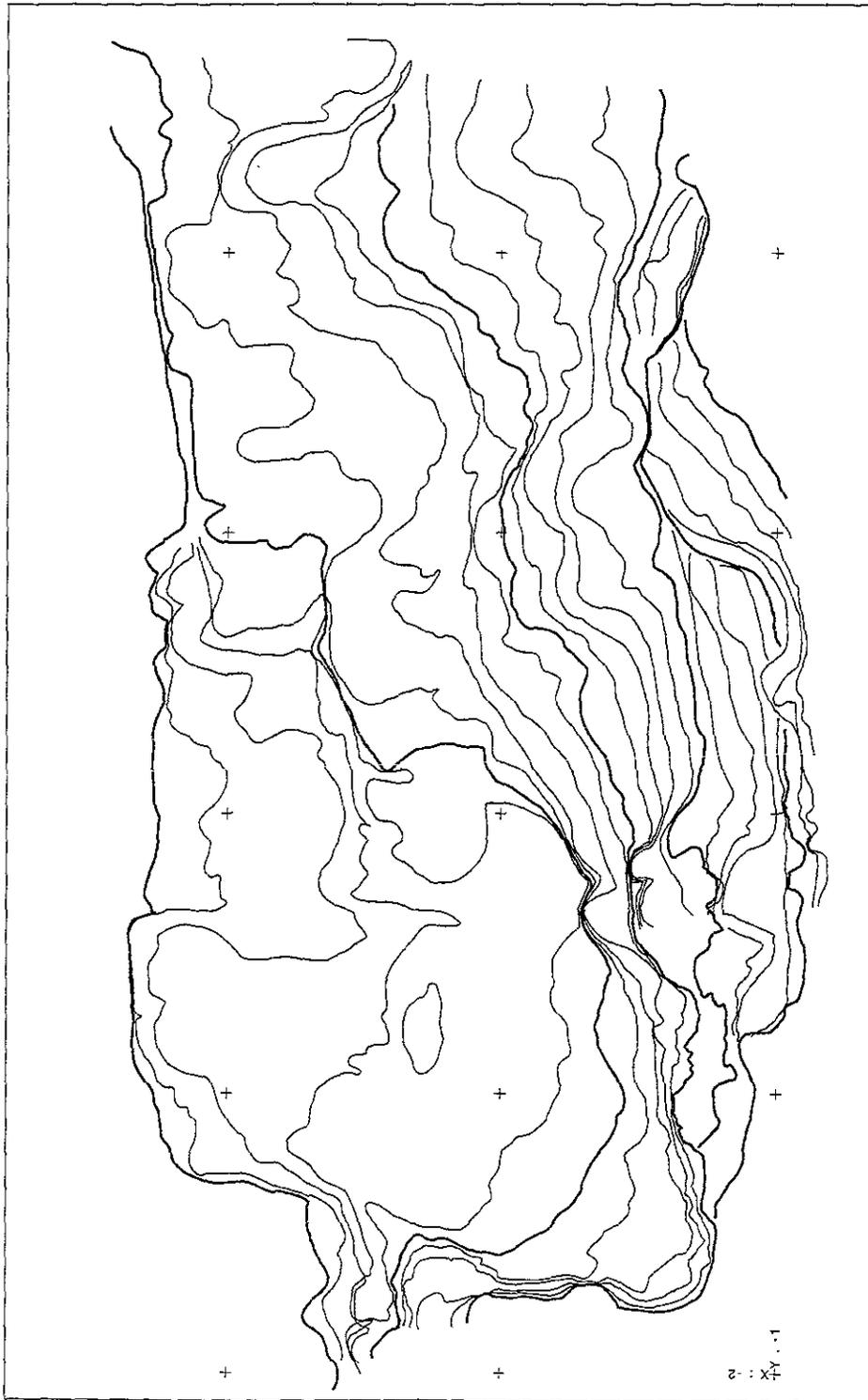
e = equidistancia.

Foto- arriba-Mina Segovedad,  
UNIDAD STA. BARBARA. CHIHUAHUA  
I. de S.A.

Foto- Abajo- Túneles Arqueológico  
CHOLULA, Puebla.

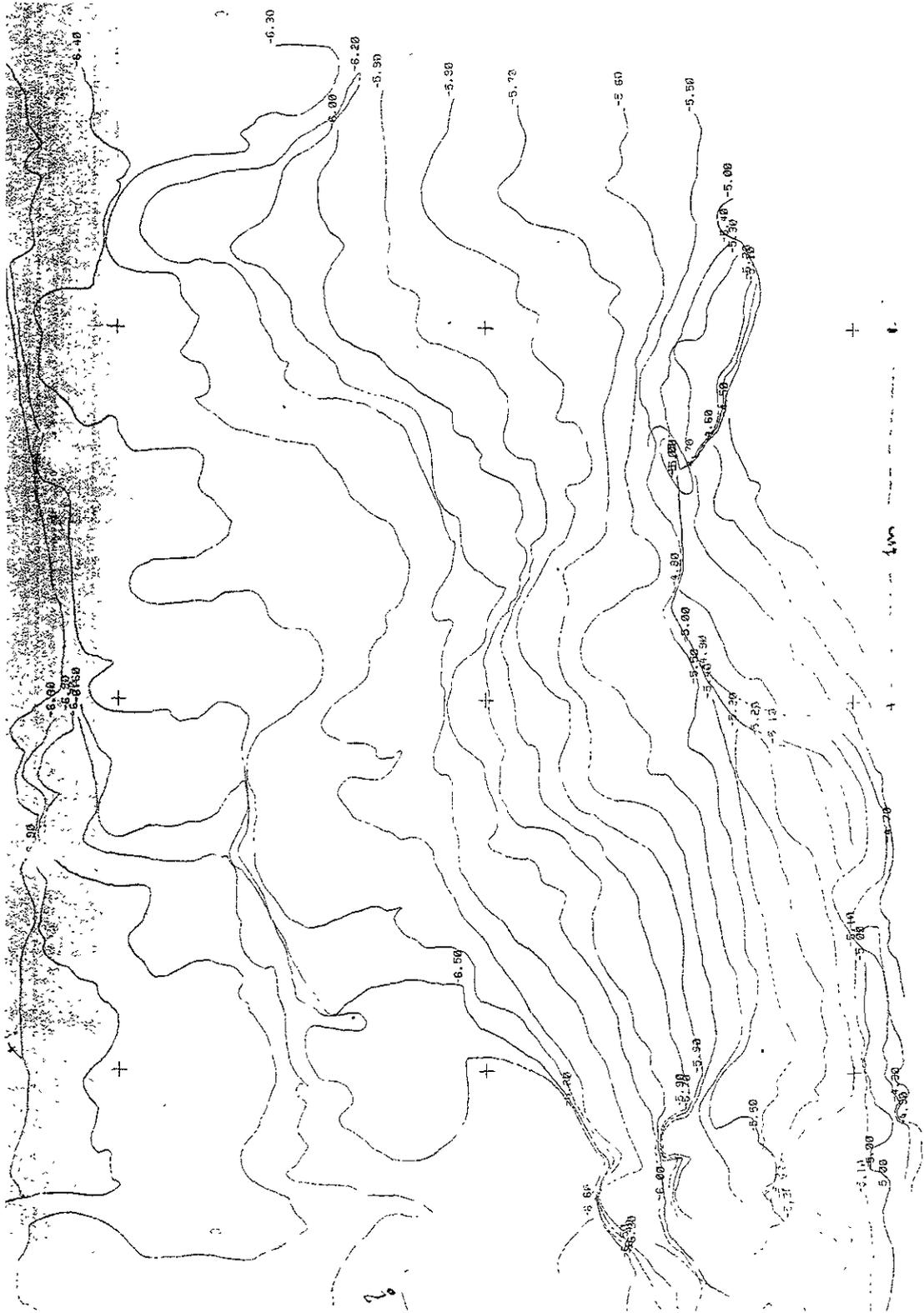
Fig.D.2. Levantamiento de Secciones sobre túneles. fuente: Ing. Guido García

Mina Segovedad Sta. Bárbara Chihuahua, y Cholula Pueb.



#### APENDICE E

Fig.E.1-Detalle de la cárcava # 11, la distancia entre cruces, corresponde a 1 m.  
Restitución a línea de la cárcava núm.11, realizada en SOFIA (SISTEMAS  
ORTOFOTOGRAMETRICOS E INGENIERIA APLICADA), POR EL m.c.  
Sandro Bargagli., se utilizó un aparato AVIOLYT BC1.



APENDICE E

Fig. E.2- Detalle de la cárcava núm.11, conformación relieve: la distancia entre las cruces corresponde a 1 m. y se observa el acotamiento en profundidad dado por el AVIOLYT BC1.

## APENDICE F-

### RECTIFICACION DIFERENCIAL DE LOS DIAMANTES EN FOTOGRAMETRIA TERRESTRE-CARCAVA No.11

JOB DIRECTORY : PUEBLA

STRIP SUB-DIRECTORY : 1

CONTROL FILE NAME : PUEBLA.AT

LAST MODEL NAME : 0405

CONTROL UNIT : METER

CONTROL HORIZONTAL AXES : EN

EARTH CURVATURE/ATMOSPHERE CORRECT : NO

PHOTOGRAPH OVERLAP PERCENT : 90

ID OF TRIANGULATION CAMERA : LMK15216

CAMERA POSITION : RIGHT

MODEL BASE : ORTHO

STRIP NUMBER : 2

LEFT PHOTO : 17

RIGHT PHOTO : 16

NUMBER PASS POINTS : 6

TRIANGULATION FILE NAME : E14A59E14A59.TRI

ONE STEP ORIENTATION : No

BUNDLE ORIENTATION ONLY : No

INNER ORIENTATION -- LEFT STAGE

PHOTO ID : 4

TRANSFORMATION TYPE : 6

POSITION OF DATA BLOCK : NORMAL

NUMBER OF POINTS : 4

ADJUSTMENT COMPLETE : Yes

AVERAGE RESIDUAL : 0.037 0.012

MEASUREMENTS : RESIDUALS : WEIGHTS

-71.236 54.762 -0.037 -0.012 1

-71.522 -42.521 0.037 0.012 1

74.471 -42.731 -0.037 -0.012 1

74.671 54.470 0.037 0.012 1

MATRIX :

$$\begin{vmatrix} 1.0006368590 & -0.0022790943 & -1.6326032569 \\ 0.0021685467 & 0.9999689779 & -6.0370250232 \end{vmatrix}$$

END INNER ORIENTATION

CAMERA ID : PUE200  
 SERIAL NUMBER : 1  
 CALIBRATION DATE : 30/11/93  
 DATA BLOCK : RIGHT  
 FOCAL LENGTH : 200.640  
 PRINCIPAL POINT : 0.000 0.000  
 PHOTO LOWER LEFT : -73.140 -48.724  
 PHOTO UPPER RIGHT : 73.020 48.581  
 NUMBER OF FIDUCIALS : 4  
 -73.002 48.581  
 -73.140 -48.724  
 73.020 -48.593  
 72.925 48.581  
 DISTORTION INTERVAL : ANGLE  
 DISTORTION DISTANCES :  
 26.4 53.8 83.1 115.8 140.5 168.4 500.0 500.0 500.0 500.0  
 DISTORTION VALUES :  
 0.0 1.0 2.0 0.0 0.0 -2.0 -2.0 -2.0 -2.0 -2.0

END

INNER ORIENTATION -- RIGHT STAGE

PHOTO ID : 5

TRANSFORMATION TYPE : 6

POSITION OF DATA BLOCK : NORMAL

NUMBER OF POINTS : 4

ADJUSTMENT COMPLETE : Yes

AVERAGE RESIDUAL : 0.038 0.019

MEASUREMENTS : RESIDUALS : WEIGHTS

-71.777	51.204	-0.038	-0.019	1
-72.058	-46.161	0.038	0.019	1
73.843	-46.450	-0.038	-0.019	1
74.043	50.859	0.038	0.019	1

MATRIX :

1.0012498719	-0.0022527781	-1.057942493
0.0026202490	0.9989919622	-2.4020216639

END INNER ORIENTATION

CAMERA ID : PUE200  
 SERIAL NUMBER : 1  
 CALIBRATION DATE : 30/11/93  
 DATA BLOCK : RIGHT  
 FOCAL LENGTH : 200.640  
 PRINCIPAL POINT : 0.000 0.000  
 PHOTO LOWER LEFT : -73.140 -48.724  
 PHOTO UPPER RIGHT : 73.020 48.581  
 NUMBER OF FIDUCIALS : 4  
 -73.002 48.581  
 -73.140 -48.724  
 73.020 -48.593  
 72.925 48.581  
 DISTORTION INTERVAL : ANGLE  
 DISTORTION DISTANCES :  
 26.4 53.8 83.1 115.8 140.5 168.4 500.0 500.0 500.0 500.0  
 DISTORTION VALUES :  
 0.0 1.0 2.0 0.0 0.0 -2.0 -2.0 -2.0 -2.0 -2.0  
 END  
 RELATIVE ORIENTATION -- MODEL 0405  
 BASE : 10.719 -0.077 0.256  
 ADJUSTED : Yes  
 NUMBER OF POINTS : 9  
 AVERAGE PARALLAX : 0.031

MEASUREMENTS LEFT : MEASUREMENTS RIGHT

1.	-59.493	3.952	-70.881	1.658
2.	71.754	1.150	60.908	-3.819
3.	-63.466	42.883	-72.438	40.590
4.	72.427	45.723	62.895	40.465
5.	-55.679	-43.922	-71.080	-46.288
6.	71.914	-43.250	58.032	-48.233
7.	16.439	42.269	7.268	38.196
8.	2.637	-1.664	-8.026	-5.262
9.	0.683	-44.307	-12.889	-47.875

MODEL COORDINATES :	PARALLAX :	WEIGHTS
1. -64.833 3.958	-200.703 0.063	1
2. 71.989 1.279	-216.410 -0.002	1
3. -77.990 49.147	-229.738 -0.067	1
4. 78.216 52.815	-231.653 -0.030	1
5. -49.726 -34.948	-160.004 -0.025	1
6. 57.338 -37.668	-175.053 -0.001	1
7. 13.733 49.122	-233.158 0.018	1
8. -2.492 -1.803	-218.330 0.063	1
9. -4.741 -40.074	-181.800 -0.012	1

LEFT PROJECTION CENTER :

BASE : -5.3596478577 0.0385418530 -0.1279961597  
 F.L./SCALE : 200.6400000000  
 MATRIX :

1.0000000000	-0.0000000000	0.0000000000	
0.0000000000	1.0000000000	-0.0000000000	
0.0000000000	0.0000000000	1.0000000000	

RIGHT PROJECTION CENTER :

BASE : 5.3596478577 -0.0385418530 0.1279961597  
 F.L./SCALE : 200.6400000000  
 MATRIX :

0.9997778886	-0.0207839392	-0.0034930408	
0.0207146488	0.9996082263	-0.0188227842	
0.0038828839	0.0187462463	0.9998167339	

END RELATIVE ORIENTATION

ABSOLUTE ORIENTATION -- MODEL 0405

AVE RESIDUALS : 0.081 0.071 0.129 0.117

ADJUSTED : Yes

NUMBER OF POINTS : 6

RESULT OF ABSOLUTE ORIENTATION :

BASE : -0.5525361972 1.2878031856 0.3147867744  
 F.L./SCALE : 0.0303982809  
 MATRIX :

0.9951130353	-0.0987423261	-0.0000000000	
0.0987423261	0.9951130353	0.0000000000	
0.0000000000	-0.0000000000	1.0000000000	

NAME :	GROUND CONTROL :	VARIANCE	: CTRL			
1. 1	-0.530	0.860	-6.870	0.010	0.010	0.010 7 7
2. 2	-0.520	0.080	-6.810	0.010	0.010	0.010 7 7
3. 3	-0.430	-0.820	-5.020	0.010	0.010	0.010 7 7
4. 7	1.570	1.120	-6.240	0.010	0.010	0.010 7 7
5. 8	1.890	0.470	-6.100	0.010	0.010	0.010 7 7
6. 9	1.280	-0.730	-4.620	0.010	0.010	0.010 7 7

MODEL:				WEIGHT :	RESIDUALS		
1.	-27.179	39.735	-228.756	1	0.007	-0.004	-0.091
2.	-25.453	10.993	-230.383	1	-0.103	0.070	-0.189
3.	-31.046	-29.187	-188.797	1	0.236	0.098	0.119
4.	46.640	41.582	-223.544	1	-0.087	-0.053	0.145
5.	53.843	14.146	-217.551	1	-0.018	0.046	-0.106
6.	36.038	-25.725	-182.338	1	-0.037	-0.158	0.123

LEFT PROJECTION CENTER :

BASE : -5.3104380063 0.0080728713 -0.7368016425  
 F.L./SCALE : 200.6400000000

MATRIX :

0.9936250210	0.0259263798	-0.1097139028
0.0000000000	0.9731965201	0.2299750708
0.1127356094	-0.2285089845	0.9669924128

RIGHT PROJECTION CENTER :

BASE : 5.3104380063 -0.0080728713 0.7368016425  
 F.L./SCALE : 200.6400000000

MATRIX :

0.9935153751	0.0032080566	-0.1136525753
0.0210523906	0.9771264167	0.2116146561
0.1117318054	-0.2126350728	0.9707225811

INVERSE OF ABSOLUTE ORIENTATION :

BASE : 13.9045787163 -43.9521053436 -10.3554136840  
 F.L./SCALE : 32.8965970763

MATRIX :

0.9951130353	0.0987423261	0.0000000000
-0.0987423261	0.9951130353	-0.0000000000
-0.0000000000	0.0000000000	1.0000000000

END ABSOLUTE ORIENTATION

CALIBRACION REALIZADA EN SOFIA( SISTEMAS DE ORTOFOTOGRAMETRIA E INGENIERIA APLICADA), EN CUERNAVACA MORELOS.



Fig.F1.Rectificación diferencial, realizada en EK4, de Wild, en la empresa SOFIA (SISTEMAS ORTOFOTOGRAFICOS E INGENIERIA), de Cuernavaca Morelos.

APOYO TERRESTRE PARA LA PRUEBA DE  
FOTOGRAMETRIA TERRESTRE (erosión de cárcavas)

CARCAVA núm. 11

núm de diamante	núm en la foto	coordenadas		metros
		X	Y	Z
1	114	-0.530	0.860	6.867
2	97	-0.520	0.080	6.810
3	141	-0.430	-0.822	5.024
4	63	1.575	1.222	6.236
8	39	1.894	0.467	6.105
9	151	1.277	-0.735	4.620

Nota1: la base entre las dos cámaras fue de 0.39 m.

Nota2: el origen del sistema de coordenadas en metros, está en  $(X_o, Y_o, Z_o)$ , en la cámara izquierda, teniendo el eje de la Y, en profundidad del relieve de la cárcava, el eje X es horizontal y el eje Z, vertical.

tabla núm. 2. valores del apoyo de campo medido directamente sobre los diamantes, para la cárcava núm. 11, para poder realizar la restitución a línea.

APENDICE G1

ANALISIS FISICOS

a)

Hori- zonte	Prof. cm	Arena %	Limo %	Arcilla %	Clasif Text.	Da --g/cm	Dr
A	0-30	22.04	26.00	51.96	Arcilla	1,30	2,50
2Bt	30-80	14.04	20.00	65.96	Arcilla	1.35	2.39
2CB1	80-120	24.32	25.72	49.96	Arcilla	1.44	2.27
2CB2	120-160	22.76	33.28	43.96	Arcilla	1.26	2.36
2CB3	160-200	22.04	28.00	49.96	Arcilla	1.28	2.27
3C	220-260	24.04	40.00	35.96	Franc.Ar	1.48	2.50

b)

Hori- zonte	Curva de retención de humedad							
	----- atm -----							
	0.3	0.5	0.7	1.0	5.0	7.0	10.0	15.0
A	31.3	28.5	26.8	25.2	18.9	17.7	16.7	15.5
2Bt	45.3	41.9	39.7	37.6	29.3	27.9	26.4	24.8
2CB1	38.3	35.8	34.2	32.7	26.7	25.5	24.4	23.2
2CB2	37.0	33.7	31.8	29.9	22.8	21.6	20.4	19.0
2CB3	46.9	43.0	40.7	38.5	29.9	28.4	26.9	25.3
3C	27.6	25.3	23.9	22.6	17.5	16.6	15.7	14.7

c)

Hori- zonte	Límites de Atterberg			Conductividad cm/hr	Hidráulica. clase
	LL %	LP %	IC %		
A	44.2	33.2	31.4	0.17	lenta
2Bt	58.7	39.4	48.5	0.06	muy lenta
2CB1	44.7	33.4	32.5	0.02	muy lenta
2CB2	39.8	32.2	29.8	0.02	muy lenta
2CB3	50.3	40.3	29.3	0.01	muy lenta
3C	31.5	26.4	15.0	0.01	muy lenta

d)

Hori- zonte	Porcentaje de agregados estables al agua			
	----- tamaño de tamíz (mm) -----			
	4.76	2.0	1.0	0.25

A	0.00	10.64	2.89	3.21
2B	0.00	4.49	8.61	38.69
2CB1	0.00	17.77	13.27	26.07
2CB2	41.90	4.64	4.82	15.55
2CB3	4.00	7.21	8.81	26.70
3C	18.14	7.06	5.99	15.58

APENDICE G2  
ANALISIS QUIMICOS

Hori- zonte	pH H <sub>2</sub> O 1:2	CE 1:5 mmhos/	C.O.P. % ppm	CaCO %	K	Na	Ca	Mg	
					----- mg/100g--				
A	5.9	0.04	2.74	2	----	0.26	0.15	8.54	4.74
2Bt	5.9	0.02	0.20	1	----	0.92	0.82	5.76	6.42
2CB1	6.2	0.03	0.08	1	10.2	0.77	0.65	7.83	7.10
2CB2	6.2	0.03	0.08	1	9.5	0.42	0.43	10.15	5.35
2CB3	6.2	0.02	0.00	1	10.9	0.42	0.75	11.99	7.48

Hori- zonte	SBI meq/100g	CIC meq/100g	PSB %
A	13.69	20.00	68.5
2Bt	13.92	29.68	46.9
2CB1	16.35	29.68	55.1
2CB2	16.35	22.47	72.8
2CB3	20.64	30.75	67.1

## APENDICE H

### DESCRIPCION DEL PERFIL

- A 0-30cm; suelo pardo, masivo, con pequeñas grietas verticales de 1-2 mm de abertura. Es duro en seco, pero se vuelve friable al humedecerse. Seco; pardo obscuro (7.5YR 3/4, seco) a pardo muy obscuro (10Y R 2/2, húmedo); arcilloso; sin estructura, masivo que rompe en bloques subangulares, moderadamente desarrollados y gruesos (20-50mm de diámetro); consistencia duro, friable, pegajoso y plástico; con muchos poros finos y medios (0.5-2 mm), vesiculares; con comunes (alrededor del 50%) y delgados revestimientos de arcilla en las caras de los fragmentos y bloques; pocas raíces, finas y medias (2-5 mm de diámetro), localizadas principalmente en las grietas, límite ligeramente ondulado y abrupto
- 2Bt: 30-80cm; suelo pardo más arcilloso y más estructurado que el anterior, (A). Presenta bloques angulares que aumentan de tamaño con la profundidad (de 10-20 mm y de 20 - 0 mm, en los límites inferior y superior, respectivamente) y que se separan fácilmente del corte. Ligeramente húmedo; pardo obscuro (7.5YR 3/4, seco) a pardo amarillento obscuro (10Y R 4/4, húmedo); arcilloso, con gránulos muy firmes difíciles de romper; estructura en bloques angulares poliédricos bien definidos, fuertemente desarrollados y de medios a gruesos (10- 40 mm de diámetro); consistencia muy duro, firme, pegajoso y plástico; muy pocos poros, medios (0.5-2mm), vesiculares y tubulares y orientados al azar: comunes revestimientos de arcilla, moderadamente gruesos (a veces agrietados), dentro de los poros y caras de los bloques; en ocasiones con concreciones finas (1-2mm) y revestimientos de manganeso que se mezclan con los revestimientos de arcilla; con muchas raíces, medias y gruesas (2- 10 mm), distribuidas en toda la capa; límite ligeramente ondulado y claro.

## Descripción del perfil edáfico.....continuación

2CB: 80-210 cm: Tepetate pardo, masivo, y variable en propiedades tales como: dureza y color. En general son muy duros, pero la dureza tiende a aumentar con la profundidad, alcanzando su mayor magnitud en la parte media de la capa (entre los 120 y 180 cm de profundidad). Procesos relacionados con la humedad (al parecer hidrólisis local y presencia de manganeso), dificultan la definición del color. Carece de estructura dentro del perfil, pero en los cortes tienden a presentar estructuras columnares. Seco; cercano al amarillo 10 YR 7/6, seco), con revestimientos dominantes de manganeso pardos grisáceos muy oscuros (10YR3/2) a pardo fuerte (7.5 YR 4/6, húmedo) y revestimientos (10YR 3/2), sin estructura, masivo que rompe en fragmentos y bloques angulares, fuertemente desarrollados y de medios a gruesos; consistencia muy duro y muy firme; con pocos poros medios (0.5- 2 mm) y vesiculares; con contínuos revestimientos de arcilla, moderadamente gruesos (a veces agrietados), en las caras y poros de los fragmentos.

3C: 220-260 cm; tepetate muy duro, diferente al anterior. Matriz de toba, mezclada con gravas de 4- 7 mm de diámetro, con colores más claros (grisáceos) que 2CB, y con pequeñas motas rojizas atribuidas a la presencia de hierro oxidado. Este tepetate es masivo y muy duro. Sin embargo, en algunas áreas este se vuelve muy frágil, probablemente como consecuencia de una mayor alteración o por la variabilidad del propio material.

(descripción realizada por el M.C.David Peña Hernández)  
in situ: ejido de Tetela del Monte, Cuernavaca Morelos.

**Apéndice. I. APOYO DE CAMPO (CALCULO DE LA POLIGONAL TOPOGRAFICA), Y PROGRAMA PARA EL CALCULO DE LAS COORDENADAS ESPACIALES DE LAS CARCAVAS, fuente: trabajo de campo.**



# POLIGONAL EN CARCAVAS

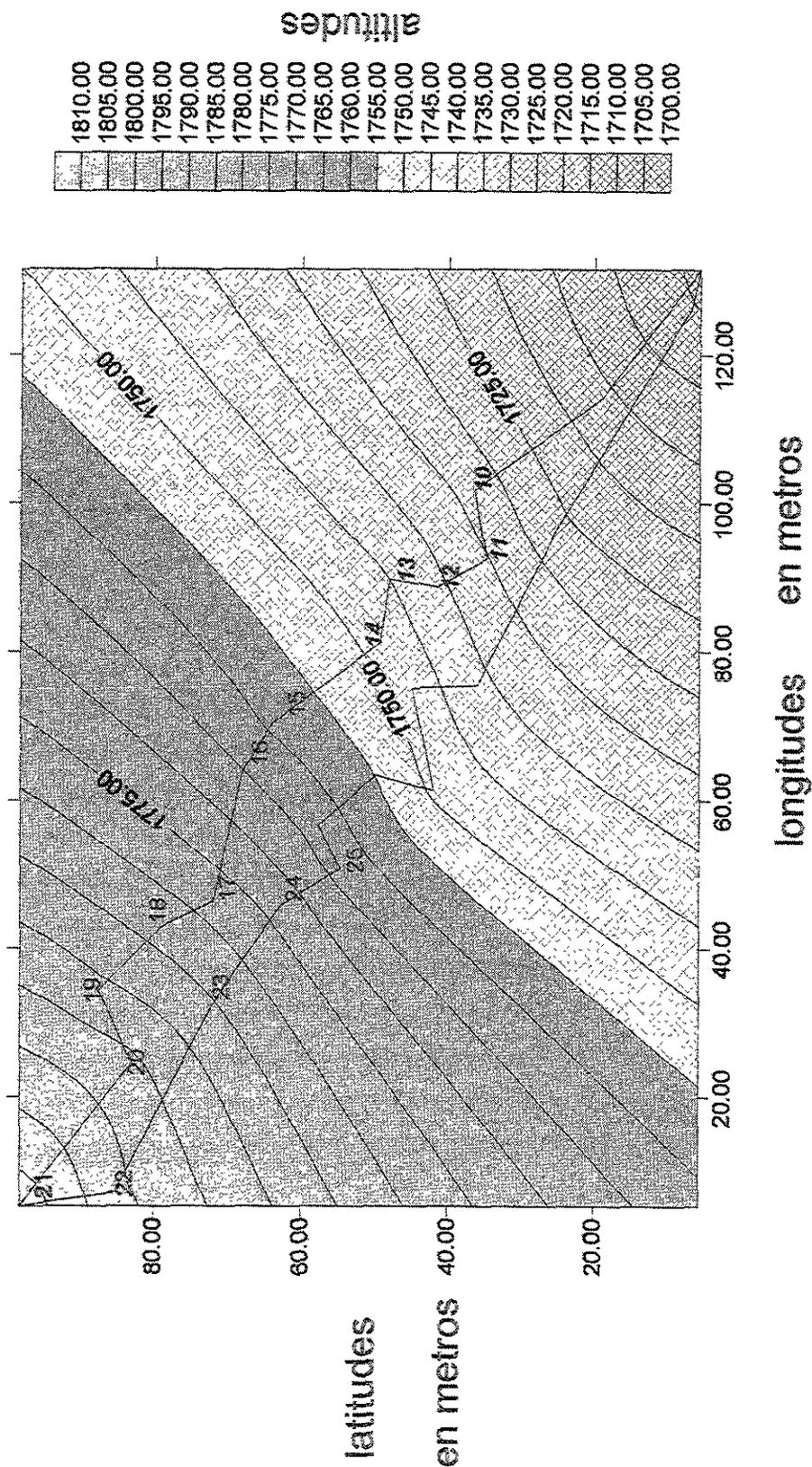


Fig.I.2.gráfica en SURFER de poligonal de cárcavas.

# VISTA TRIDIMENSIONAL DE LA POLIGONAL DE APOYO

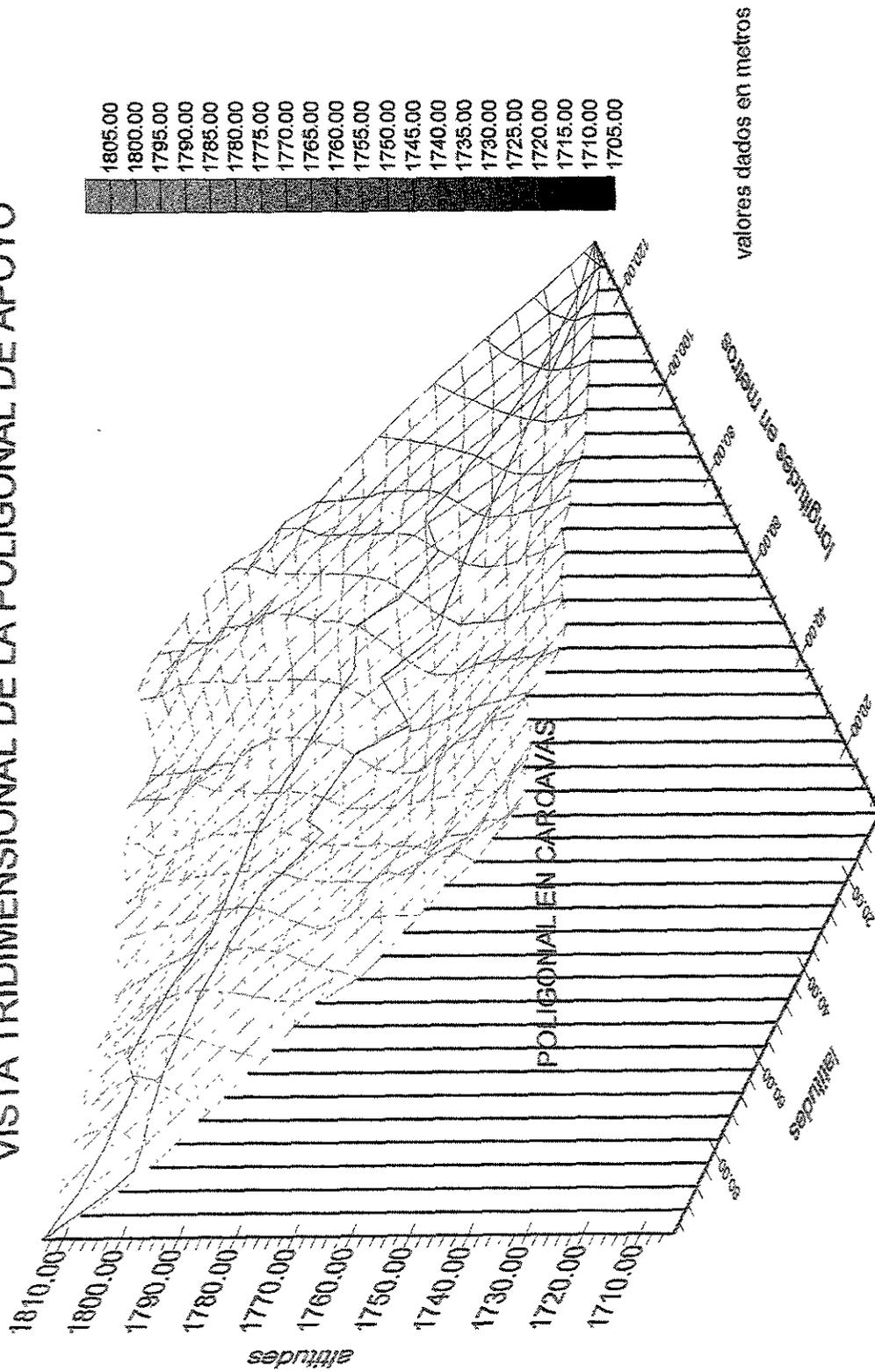


Fig.I.3. Vista tridimensional de la poligonal de apoyo

PROGRAMA PARA EL CALCULO DE LAS COORDENADAS  
ESPACIALES DE LAS CARCAVAS

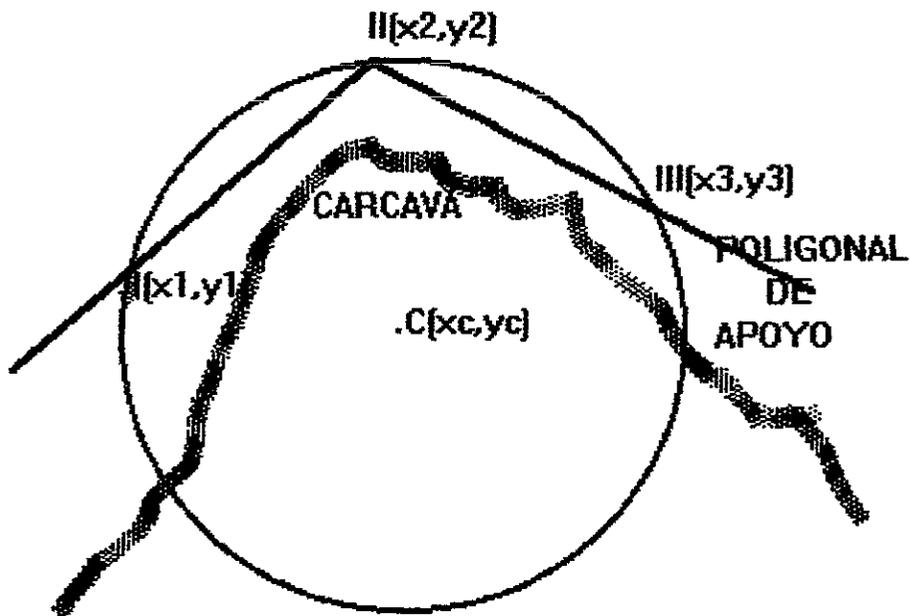
Programa realizado en lenguaje BASIC, con una computadora de bolsillo  
CASIO- FX- 880P.(ver tabla de valores de la pg. 52)

```
1 PRINT "COORDS-FOTO-TERR-X=ABS, Y=PROF, Z=ALT ( ORD)"
2 INPUT "x1=", a
3 INPUT "x2=", b
4 INPUT "z1=", c: INPUT "z2=", d
5 INPUT "F=", e
6 INPUT "base= ", f
7 INPUT "paralaje de sal=", q
8 INPUT "Y-profundidad=", t
9 INPUT "dp= diferencia de paralaje= ", w
10 p=( a-b)
11 r= (a-b)+q
12 g=(c+d)/2
13 i=(f/r)
14 x=(i*a)
15 y=(t-((t/(q+w))*w))
16 z=(i*g)
17 PRINT "prom- zn="; g
18 PRINT "Xn="; x
19 PRINT "Yn="; y
20 PRINT "Zn="; z
21 GOTO 1
```

APOYO DE CAMPO-DETERMINACION DE LA CABECERA DE LAS CARCAVAS-programa de circunferencia que pasa por tres puntos, fuente: García, 1981.

## APENDICE J

CIRCUNFERENCIA QUE PASA POR TRES PUNTOS CONTENIDOS EN LA POLIGONAL DE APOYO Y DETERMINA, EL CENTRO DE LA CABECERA DE



SOLUCION GRAFICA, CON LA INTERSECCION DE LAS DOS MEDIATRICES, SE DETERMINA EL CENTRO DE LA CIRCUNFERENCIA (CABECERA) DE LA CARCAVA CXC. YCI.

Fig.I.4.Gráfica en paint brush.de circ. que pasa por 3 pts

## PASO DE UNA CIRCUNFERENCIA POR TRES PUNTOS

### SOLUCION ANALITICA 1

De la misma forma que el gráfico, la solución analítica 1, se determinan las pendientes que pasan por los puntos I-II, y II-III, para después encontrar los puntos medios y luego calcular las pendientes recíprocas y de signo contrario, que equivalen a las mediatrices, que se obligan a pasar por los puntos medios y con su intersección por despeje, se determinará las coordenadas del centro de la circunferencia, es decir de  $C(X_c, Y_c)$ .

Ejemplo numérico:

Pasar una circunferencia por los puntos de la poligonal:

I(14.628, 189.742).....respectivamente X, Y.

II(62.519, 201.432)

III(135.450, 202.675)

Solución:

1- Primero se determinan las coordenadas de los puntos medios:

$$I_x = 14.623 + 62.519 / 2 = 38.571$$

$$I_y = 189.742 + 201.432 / 2 = 195.587$$

$$II_x = 62.519 + 135.450 / 2 = 98.9395$$

$$II_y = 201.432 + 202.675 / 2 = 202.0535$$

2- Se determinan las pendientes:

$$m_{I-II} = y_2 - y_1 / x_2 - x_1 = (201.432 - 189.742) / (62.519 - 14.623) = 0.244071486$$

y su  $m' = a 90^\circ$  y de signo contrario por lo tanto  $= m' = -4.097177074$

comprobación  $m * m' = -1$

Substituyendo en la ecuación

$$y - y_1 = m(x - x_1)$$

y utilizando el punto medio

$$y - 195.587 = -4.097177074(x - 38.571)$$

$$y - 195.587 = -4.097177074x + 1158.03222$$

$$-4.097177074x + 158.03222 - y + 195.587 = 0$$

$$-4.097177074x - y + 353.619 = 0 \dots \dots \dots (A)$$

la pendiente de II-III:

$$m = y_2 - y_1 / x_2 - x_1 = (1.243 / 72.931) = 0.07043506$$

luego  $m' \dots$  inversa y de signo contrario.....  $m' = -58.67337087$

comprobación  $m * m' = -1$

luego substituyendo en y

$$y - y_1 = m(x - x_1) \text{ utilizando el punto medio} \dots \dots \dots$$

$$y - 202.0535 = -58.67337087(x - 98.9845)$$

$$y - 202.0535 = -58.67337087x + 5807.7543$$

$$-58.67337087x + 5807.7543 - y + 202.0535 = 0$$

$$-58.67337087x - y + 6009.8078 = 0 \dots \dots \dots (B)$$

De la ecuación A:

$$y = -4.09717707x + 353.619$$

Substituyendo en la ecuación B:

$$-58.67337087x - (-4.09717707x + 353.619) + 6009.8078 = 0$$

$$-58.67337087x + 4.09717707x - 352.619 + 6009.8078 = 0$$

$$-54.57619338x + 5656.1888 = 0$$

por lo tanto:

$$x = 5656.1888 / -54.5761938 \dots \dots \dots x = 103.6383559$$

Substituyendo el valor de x en A:

$$-4.09717707(103.6383889) - y + 353.619 = 0$$

$$-424.62483 - y + 353.619$$

$$-424.62483 + 353.619 = y \dots \dots \dots y = -71.0058305$$

Finalmente se comprueban los radios :

$$R1 = ((103.6383889 - 14.623)^2 + (-71.0058305 - 189.742)^2)^{0.5} = 275.5234483$$

$$R2 = ((103.6383889 - 62.519)^2 + (-71.0058305 - 210.432)^2)^{0.5} = 275.5234575$$

$$R3 = ((103.6383889 - 135.450)^2 + (-71.0058305 - 202.675)^2)^{0.5} = 275.5234544$$

LOS RADIOS COMPRUEBAN Y POR LO TANTO LA OPERACION ES  
CORRECTA.

PROGRAMA PARA PASAR UNA CIRCUNFERENCIA POR TRES PUNTOS  
DETERMINADOS POR  
SUS COORDENADAS, Y COMPROBACION CON LOS  
RADIOS:.....PRG.PARA Casio fx880P.P.C.SC-32KG.

```
1 PRINT "DREN PROF-C-3PTS"  
  
2 INPUT "X1=", A, "Y1=", B, "X2=", C, "Y2=", D, "X3=", E, "Y3=", F  
  
5 PRINT "DRENPROF/CIRC3PTS=RAD"  
  
10 G= SQR (( C-A)^2+ (D-B)^2)  
  
20 H= SQR ((E-C)^2+ (F-D)^2)  
  
30 I=SQR (( E-A)^2+(F-B) ^2 )  
  
40 J= ( G+H+I)/2  
  
50 K= SQR ((J-G)*(J-H)*(J-I)*J)  
  
60 L=(G*H*I)/(4*K)  
  
70 PRINT L  
  
80 GOTO 1
```

SOLUCION ANALITICA 2:

Utilizando una matriz de 3\*3.....

Dados los puntos :

I(-130.11, 6.41)

II(-5.08, 22.34)

III(2.57, -99.99)

Utilizando la ecuación general de la circunferencia:

$x^2+y^2+dx+ey+f=0$ .....que expresada en lenguaje BASIC de la máquina:

$$X^2+Y^2+DX+EY+F=0$$

$$1.....(-130.11)^2+(6.41)^2+D(-130.11)+E(6.41)+F=0$$

$$2.....(-5.08)^2+(22.34)^2+D(-5.08)+E(22.34)+F=0$$

$$3.....(-2.57)^2+(-99.99)^2+D(2.57)+E(-99.99)+F=0$$

a      b      c      a      b

a      b      c      a      b

a      b      c      a      b

$$1.....D(-130.11)+E(6.41)+F=-1669.7$$

$$2.....D(-5.08)+E(22.34)+F=-524.88$$

$$3.....D(2.57)+E(-99.99)+F=-10004.60$$

Luego:

$$-2906.65+16.47+507.94-57.41-13009.69+32.56=-15416.78$$

después:

$$-379103.10-64129.48+52482.75+223502.76-696800.30+3364.48=-1860682.80$$

$$D= D1/D= -1860682.90/-15416.78= 120.69$$

$$F= D2/D= -13111052.30/-15416.78= 85.04$$

$$X= D/-2.....X=120.69/2= -60.34$$

$$Y=E/-2.....Y=85.04/-2= -42.52$$

FINALMENTE SE COMPRUEBAN LOS RADIOS  $R1=R2=R3= 85.2126140$

NOTA- La solución también se dá en CASIO-FX-880-personal computer

SC- 32kg- en LIB- 5055.

Programa para la medición de pendientes- método matricial:  
CALCULADORA- CASIO FX-880P PERSONAL COMPUTER -S.L.-116-32 KG.

RUBY, BUZY, MAT

```
1 PRINT "RUBY, BUZY, MAT "  
20 INPUT "DAME X1, Y1, Z1", X1,Y1,Z1  
30 INPUT "DAME X2,Y2,Z2", X2,Y2,Z2  
40 INPUT "DAME X3, Y3, Z3 ", X3, Y3, Z3  
50 A=Y1*Z2+Y2+Z3+Y3*Z1-Z2*Z3-Z3*Y1-Z1*Y2  
60 B=-(X1*Z2+X2+Z3+X3*Z1-Z2*X3-Z3*X1-Z1*X2)  
70 C= X1*Y2+X2*Y3+X3*Y1-Y2*X3-Y3*X1-Y1*X2  
80 D=-(X1*Y2*Z3+X2*Y3*Z1+X3*Y1*Z2-Z1*Y2*X3-Z2*Y3*X1-  
      Z3*Y1*X2)  
90 PRINT A; "X"  
100 PRINT B; "Y "  
110 PRINT C; "Z"  
120 PRINT "D= "; D  
130 E$= "COS & "  
140 F= ( A^2+B^2)/(SQR(A^2+B^2+C^2)*SQR(A^2+B^2))  
150 PRINT E$; "="; F  
160 G= ACS F  
170 PRINT "&= "; DMS $ (G)  
180 H=90-G  
190 PRINT "ANG.CON PH= "; DMS$ (H)  
210 J=ATN (A/B)  
220 K=90-J  
230 PRINT "RBO.TRAZA="; DMS$ (K)  
240 GOTO 1
```

## DESCRIPCION DE LAS TOMAS O SHOTS

En términos fotográficos, el encuadre es el idioma de la imagen; un buen encuadre dará la sensación y el mensaje que se pretenda transmitir. (García, 1991).

### ***ENCUADRES PARA FOTOGRAFIAS:***

***FULL SHOT*** toma lejana que abarca toda el área-enfoque infinito.

***LONG SHOT*** toma de persona completa, de pies a cabeza, diafrag. s. o infinito.

***PLANO AMERICANO*** toma de los muslos a la cabeza, diafragma selectivo o infinito.

***MEDIUM SHOT*** toma de la cadera a la cabeza, diafragma selectivo.

***MEDIUM CLOSE UP*** toma del pecho a la cabeza, diafragma selectivo.

***CLOSE UP*** toma de los hombros a la cabeza, diafragma selectivo.

***BIG CLOSE UP*** toma de una parte de la cabeza o del cuerpo, diafrag. selectivo.

La composición fotográfica, por otro lado, llevará la idea central que se quiera transmitir, (mensaje), atendiendo a la filosofía y preparación técnica del fotógrafo, ubicando a : la unidad y variedad, la proporción, las líneas y formas, el marco, el tono, el color , la perspectiva, la acción y el movimiento, el recorrido visual ( integrando la regla áurea o nó), considerando además la profundidad de campo que se prefiera, con la temperatura de color que se requiera, en fondos naturales y artificiales, y con las exposiciones múltiples que hagan falta, conllevando incluso los trucajes tanto desde la toma ( filtrados y baja- alta velocidad), como los propios de laboratorio, solarización, texturizado, posterización, tramaje, viñeteado, y filtrado tanto en colores fundamentales (rojo, verde, azul), como en cyan, magenta, y otros.(García, 1991).

Datos climáticos y meteorológicos de la zona de estudio:

NOMBRE	HUITZILAC	C.EMPLEADO	PROGRESO	TEMIXCO
LONG.W	99°00'57"	99° 15'	99°10'20"	99°13'40"
LAT.N	19°01'44"	18°55'	18°50'40"	18°51'20"
ALT.S.N.M	2850	1560	1400	1350
AUTORIDAD	C.N.A	S.M.N	C.N.A	C.N.A.
PERIODO OBS	13 años	24 años	13 años	13 años
TEMPERATURA °C	12.54	20.9	21.66	22.68
PRECIPITACION MEDIA	410.45	265.2	208.96	215.3
PRECIPITACION TOTAL	1447.0	1242.3	1728.08	872.6
CLIMA	C(W2W)big	A(C)w2wbig	A(wo)wi'g	A(wo)wi'g

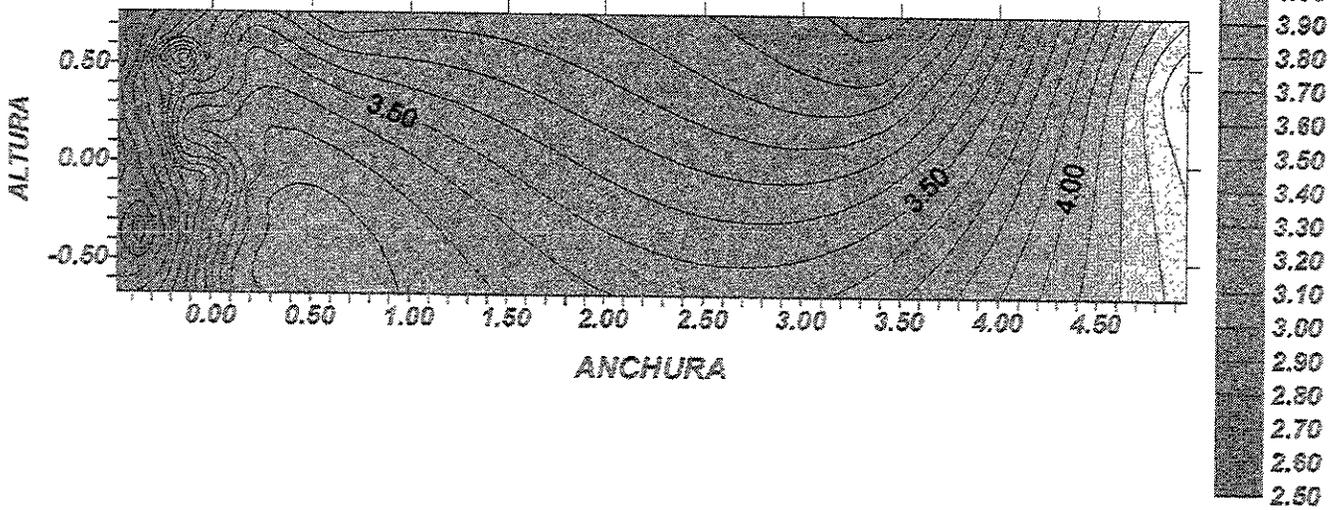
**foto 1**



**FOTOGRAMA REDUCIDO (3X) DE LA CARCAVA # 1-(usar esteresocopico  
de bolsillo).**

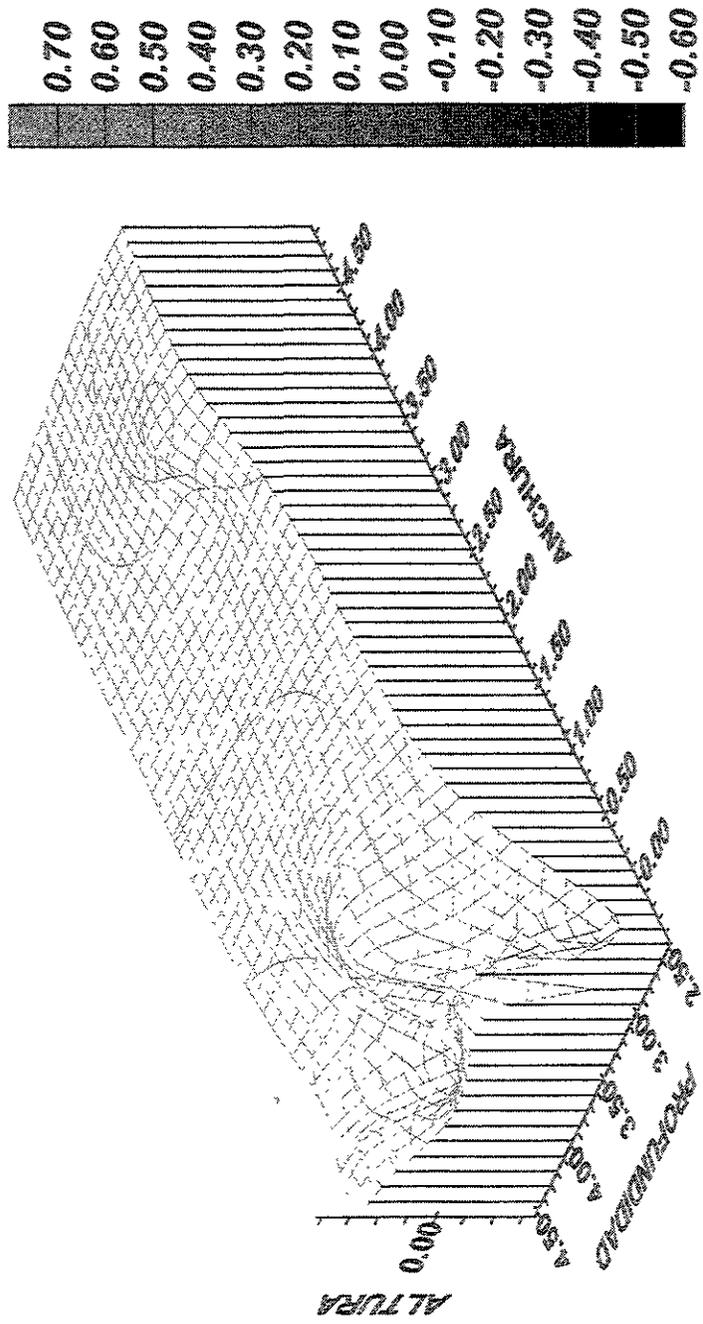
contour 1

**REPRESENTACION EN SURFER  
DE LA CARCAVA # 1  
ARCHIVO 0101A.SRF  
ORIENTACION IDENTICA AL MODELO  
ESTEREOSCOPICO**



Surface 1

**REPRESENTACION EN SURFER  
DE LA CARCAVA # 1  
ARCHIVO 0101B.SRF  
SIMULACION DE LA TERCERA DIMENSION  
A PARTIR DEL MODELO ESTEREOSCOPICO**



VOLUME COMPUTATIONS

UPPER SURFACE

Grid File: C:/WINSURF/0101A.GRD  
 Rows: 0 to 32766  
 Cols: 0 to 32766  
 Grid size as read: 50 cols by 13 rows  
 Delta X: 0.110898  
 Delta Y: 0.119833  
 X-Range: -0.475 to 4.959  
 Y-Range: -0.676 to 0.762  
 Z-Range: 2.55743 to 4.53273

LOWER SURFACE

Level Surface defined by Z = 0

VOLUMES

Approximated Volume by  
 Trapezoidal Rule: 27.328  
 Simpson's Rule: 27.3279  
 Simpson's 3/8 Rule: 27.3252

CUT & FILL VOLUMES

Positive Volume [Cuts]: 27.3279  
 Negative Volume [Fills]: 0  
 Cuts minus Fills: 27.3279

AREAS

Positive Planar Area  
 (Upper above Lower): 7.81409  
 Negative Planar Area  
 (Lower above Upper): 0  
 Blanked Planar Area: 0  
 Total Planar Area: 7.81409

Positive Surface Area  
 (Upper above Lower): 10.2803  
 Negative Surface Area  
 (Lower above Upper): 0

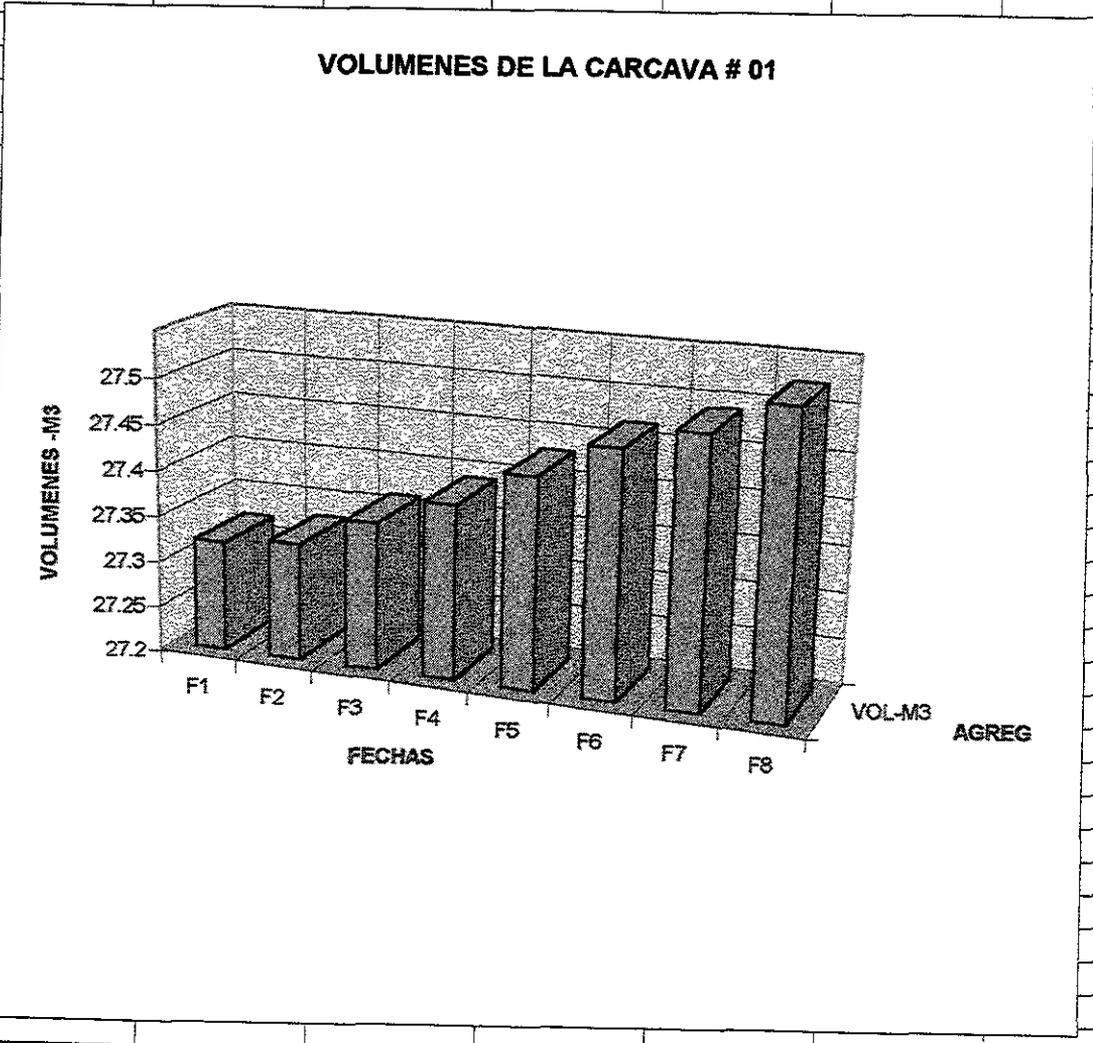
VOLUMENES CALCULADOS PARA LA  
 CARCAVA # 1

Volúmenes en m <sup>3</sup>	Primera medición	27.3201
	Segunda medición	27.3279
	Tercera medición	27.3604
	Cuarta medición	27.3891
ver gráfica # 9-pg 66	Quinta medición	27.4281
	Sexta medición	27.4653
	Séptima medición	27.4885
	Octava medición	27.523

Volúmenes 1 en monitoreo.

# Gráfica vol.1

FECHAS	VOL-M3				
F1	27.32015				
F2	27.32795				
F3	27.36045				
F4	27.3891				
F5	27.4281				
F6	27.4653				
F7	27.48855				
F8	27.523				

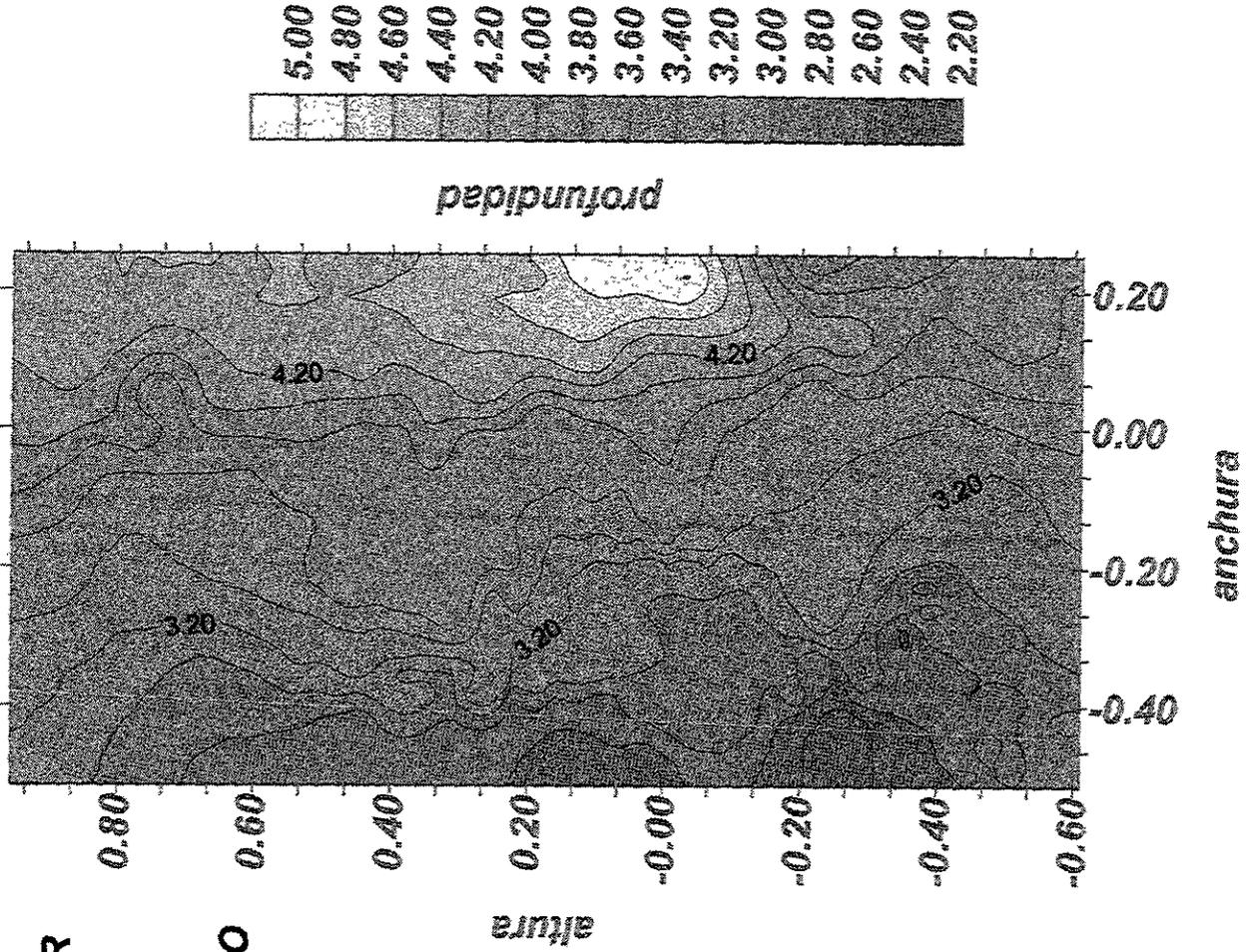


**Fotograma 6**



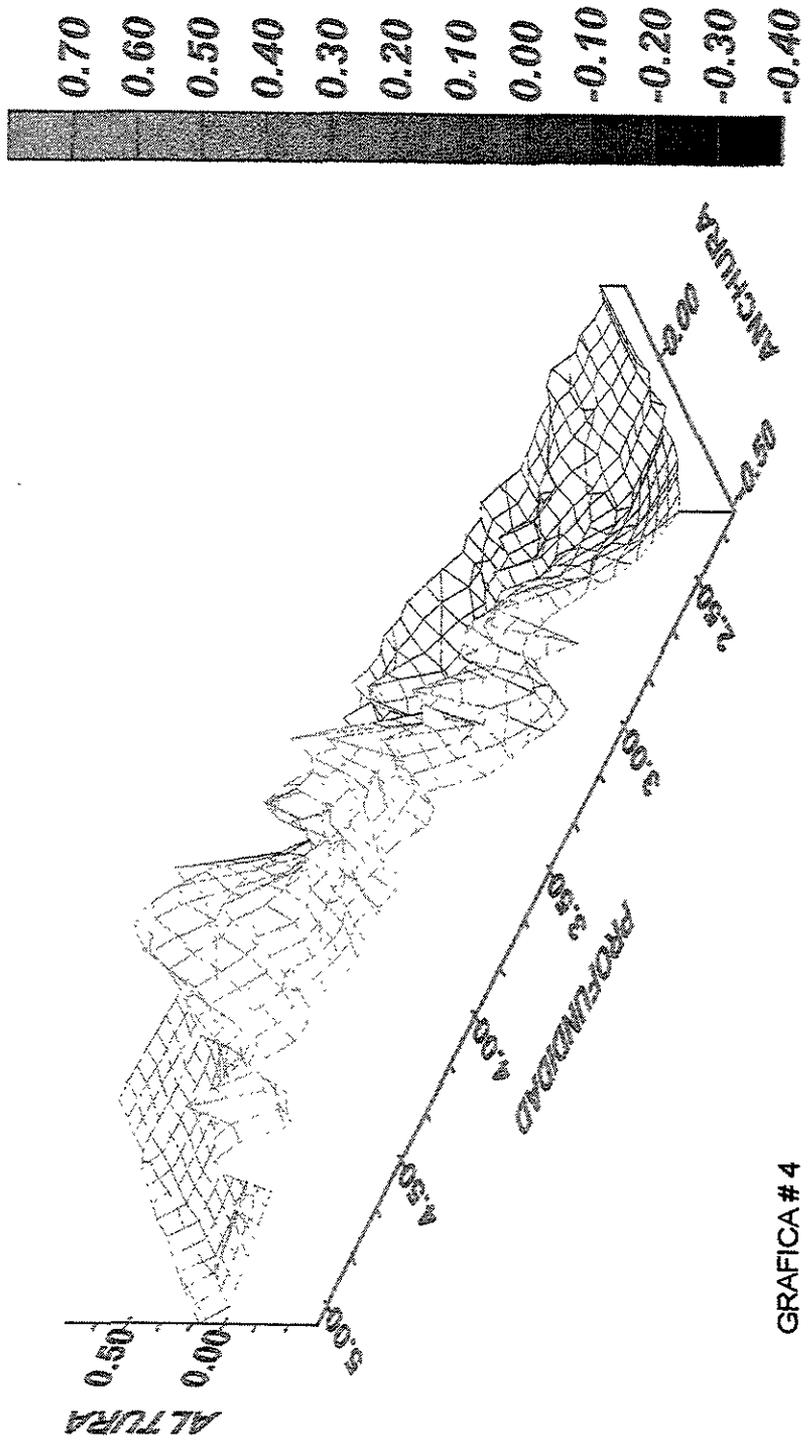
**FOTOGRAMA REDUCIDO DE LA CARCAVA # 6**

**REPRESENTACION EN SURFER  
 DE LA CARCAVA # 06  
 ARCHIVO 0601A.SRF  
 ORIENTACION IDENTICA  
 AL MODELO ESTEREOSCOPICO**



Contour 6.

**REPRESENTACION EN SURFER  
DE LA CARCAVA # 06  
ARCHIVO 0601B.SRF  
SIMULACION DE LA TERCERA DIMENSION  
A PARTIR DEL MODELO ESTEREOSCOPICO**



Surface 6.

GRAFICA # 4

VOLUME COMPUTATIONS

UPPER SURFACE

Grid File: C:/WINSURF/0601A.GRD  
 Rows: 0 to 32766  
 Cols: 0 to 32766  
 Grid size as read: 25 cols by 50 rows  
 Delta X: 0.0320417  
 Delta Y: 0.0318776  
 X-Range: -0.517 to 0.252  
 Y-Range: -0.61 to 0.952  
 Z-Range: 2.27867 to 5.01012

LOWER SURFACE

Level Surface defined by Z = 0

VOLUMES

Approximated Volume by  
 Trapezoidal Rule: 4.20274  
 Simpson's Rule: 4.20254  
 Simpson's 3/8 Rule: 4.20357

CUT & FILL VOLUMES

Positive Volume [Cuts]: 4.20272  
 Negative Volume [Fills]: 0  
 Cuts minus Fills: 4.20272

AREAS

Positive Planar Area  
 (Upper above Lower): 1.20118  
 Negative Planar Area  
 (Lower above Upper): 0  
 Blanked Planar Area: 0  
 Total Planar Area: 1.20118

Positive Surface Area  
 (Upper above Lower): 4.28299  
 Negative Surface Area  
 (Lower above Upper): 0

VOLUMENES CALCULADOS PARA  
 LA CARCAVA # 06

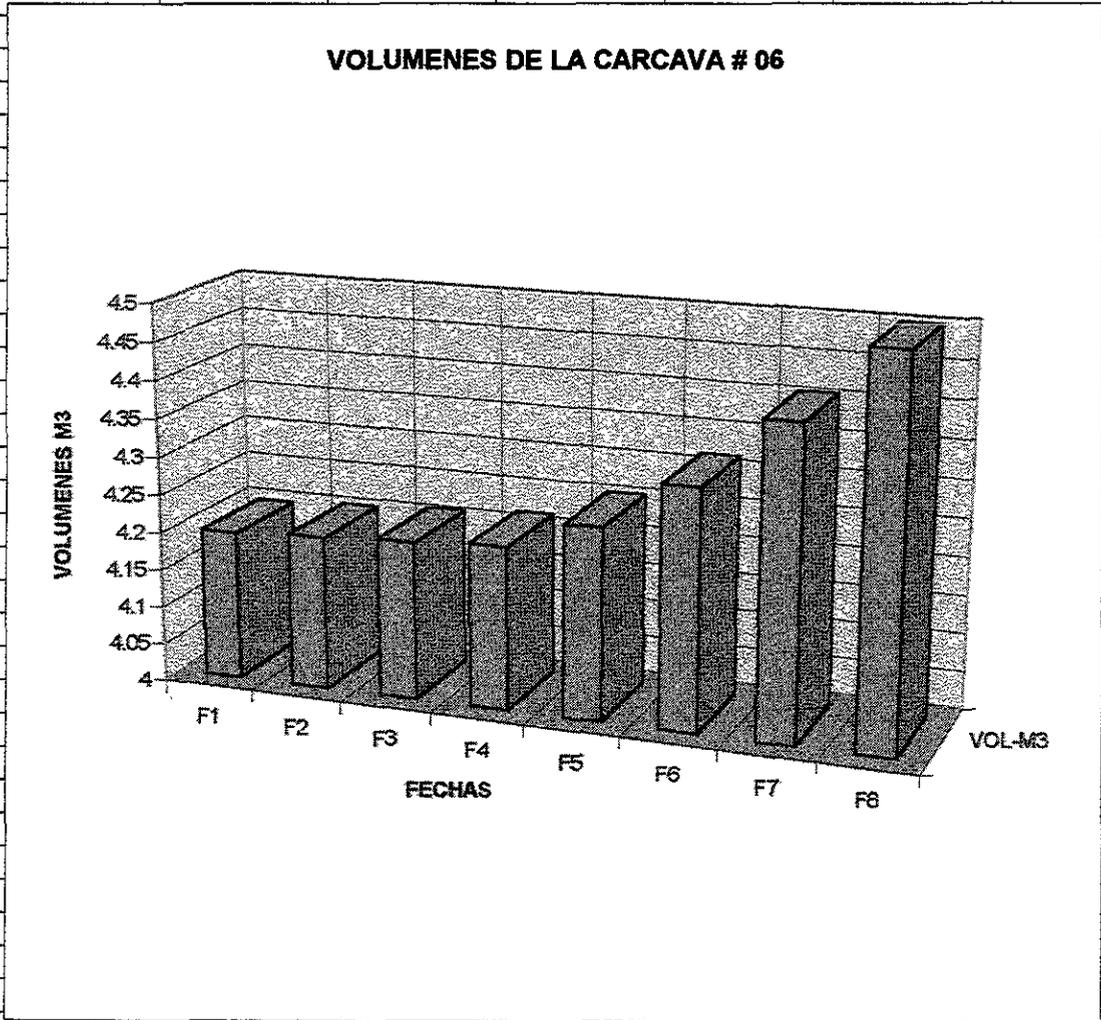
	primera medición	4.1953
	segunda medición	4.20254
	tercera medición	4.20743
	cuarta medición	4.21458
	quinta medición	4.25163
	sexta medición	4.31372
	séptima medición	4.40397
	octava medición	4.49963

Volúmenes en m<sup>3</sup>

ver gráfica # 10-pg. 67

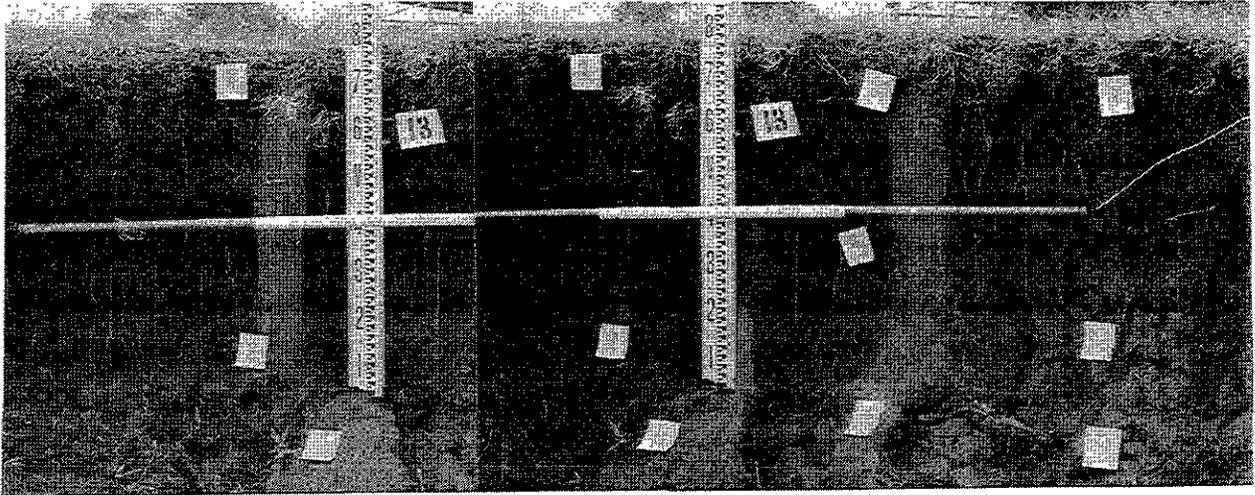
Volúmenes 6.en monitoreo.

FECHAS	VOL-M3					
F1	4.19678					
F2	4.20264					
F3	4.20763					
F4	4.21483					
F5	4.25191					
F6	4.314					
F7	4.40428					
F8	4.49995					



Gráfica de vol. 6.

**Fotograma 13.**

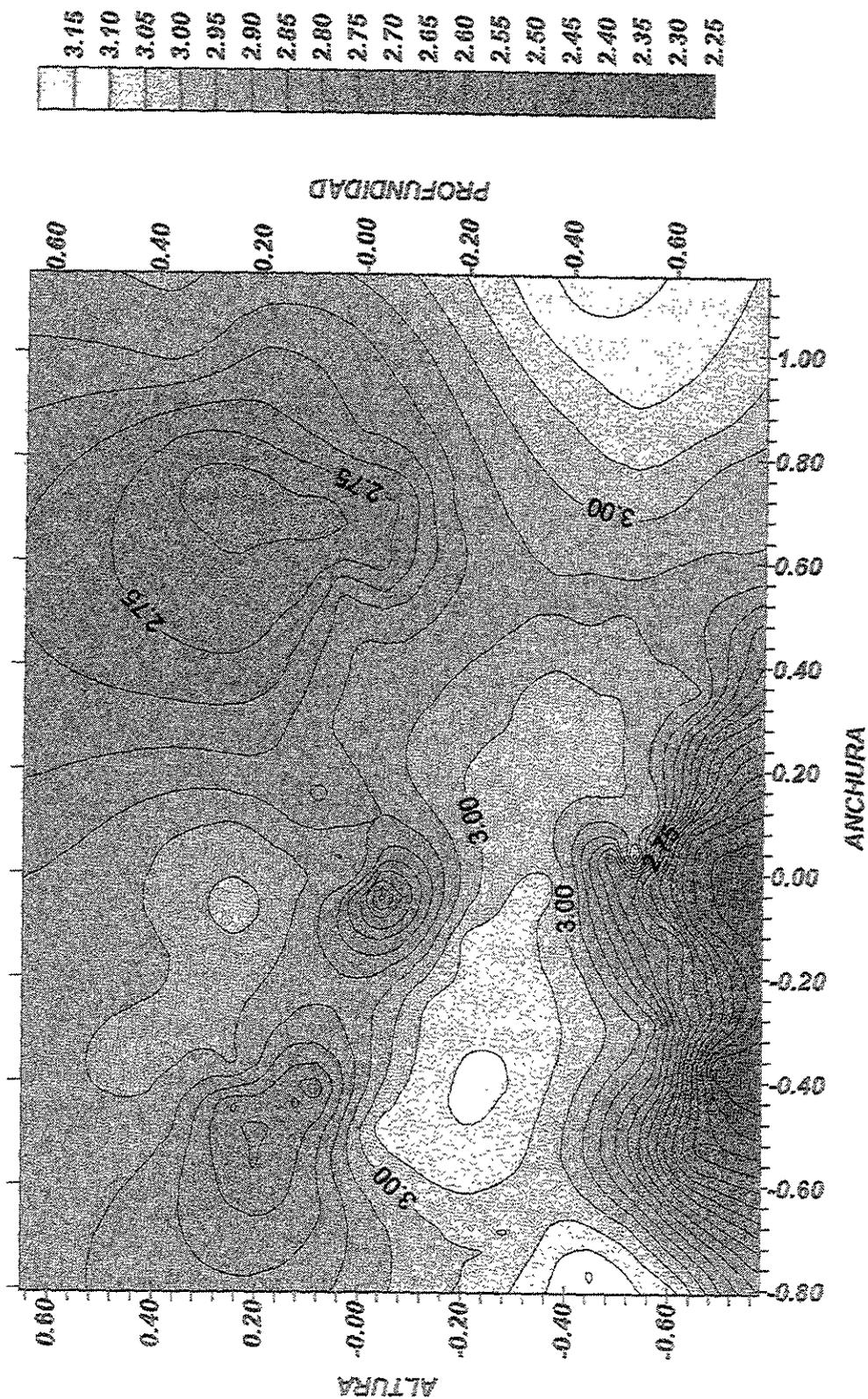


**FOTOGRAMA REDUCIDO DE LA CARCAVA # 13.**

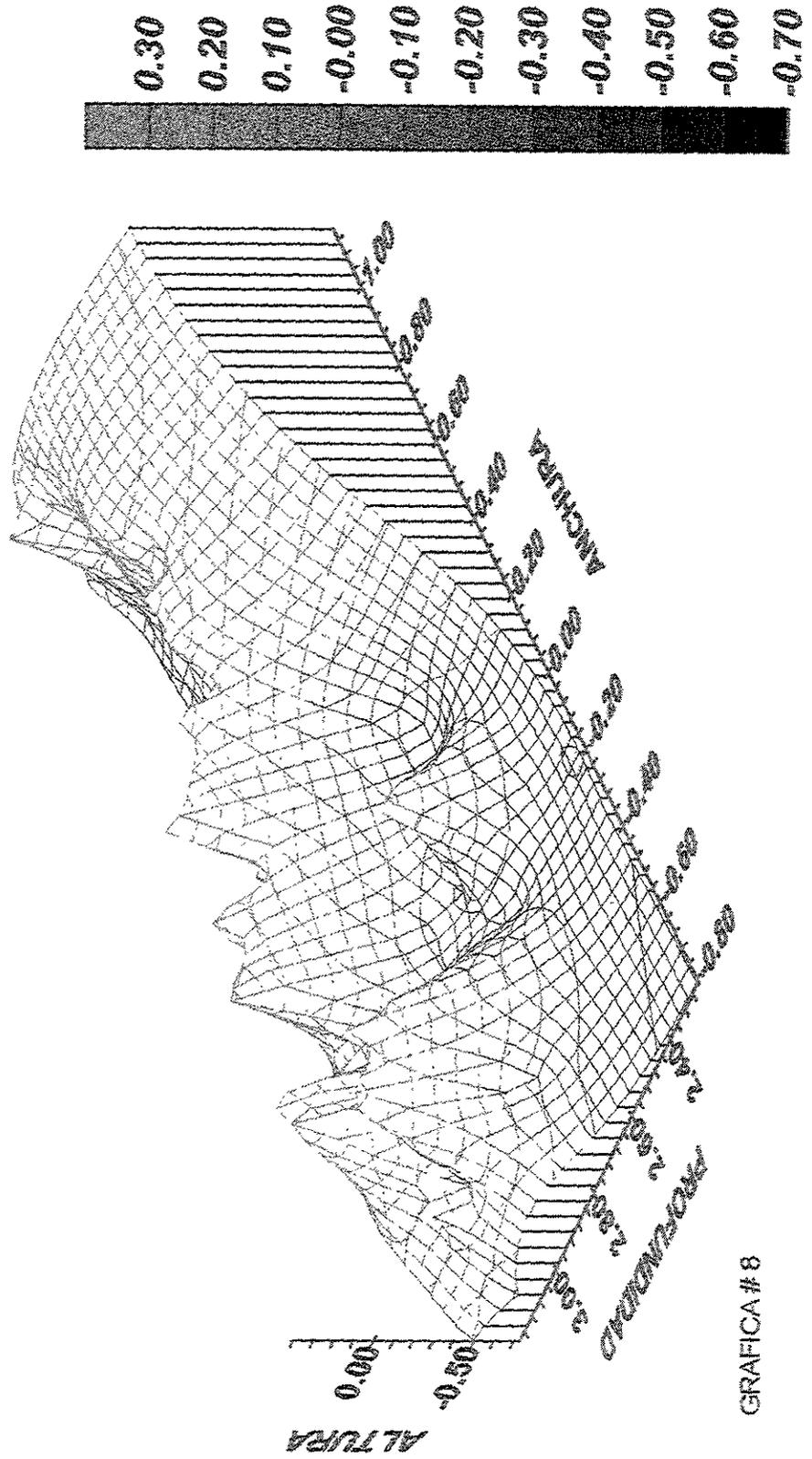
Contour 13.

**REPRESENTACION EN SURFER  
DE LA CARCAVA # 13  
ARCHIVO 1306A.SRF  
ORIENTACION IDENTICA AL MODELO  
ESTEREOSCOPICO**

GRAFICA #7



**REPRESENTACION EN SURFER DE LA CARCAVA  
# 13, ARCHIVO 1306B.SRF  
SIMULANDO LA TERCERA DIMENSION  
A PARTIR DEL MODELO ESTEREOSCOPICO**



Surface 13.

GRAFICA # 8

VOLUME COMPUTATIONS

UPPER SURFACE

Grid File: C:/WINSURF/1301A.GRD  
 Rows: 0 to 32766  
 Cols: 0 to 32766  
 Grid size as read: 50 cols by 36 rows  
 Delta X: 0.0399796  
 Delta Y: 0.0407429  
 X-Range: -0.812 to 1.147  
 Y-Range: -0.782 to 0.644  
 Z-Range: 2.24686 to 3.17729

LOWER SURFACE

Level Surface defined by Z = 0

VOLUMES

Approximated Volume by  
 Trapezoidal Rule: 8.05113  
 Simpson's Rule: 8.05105  
 Simpson's 3/8 Rule: 8.05132

CUT & FILL VOLUMES

Positive Volume [Cuts]: 8.05117  
 Negative Volume [Fills]: 0  
 Cuts minus Fills: 8.05117

AREAS

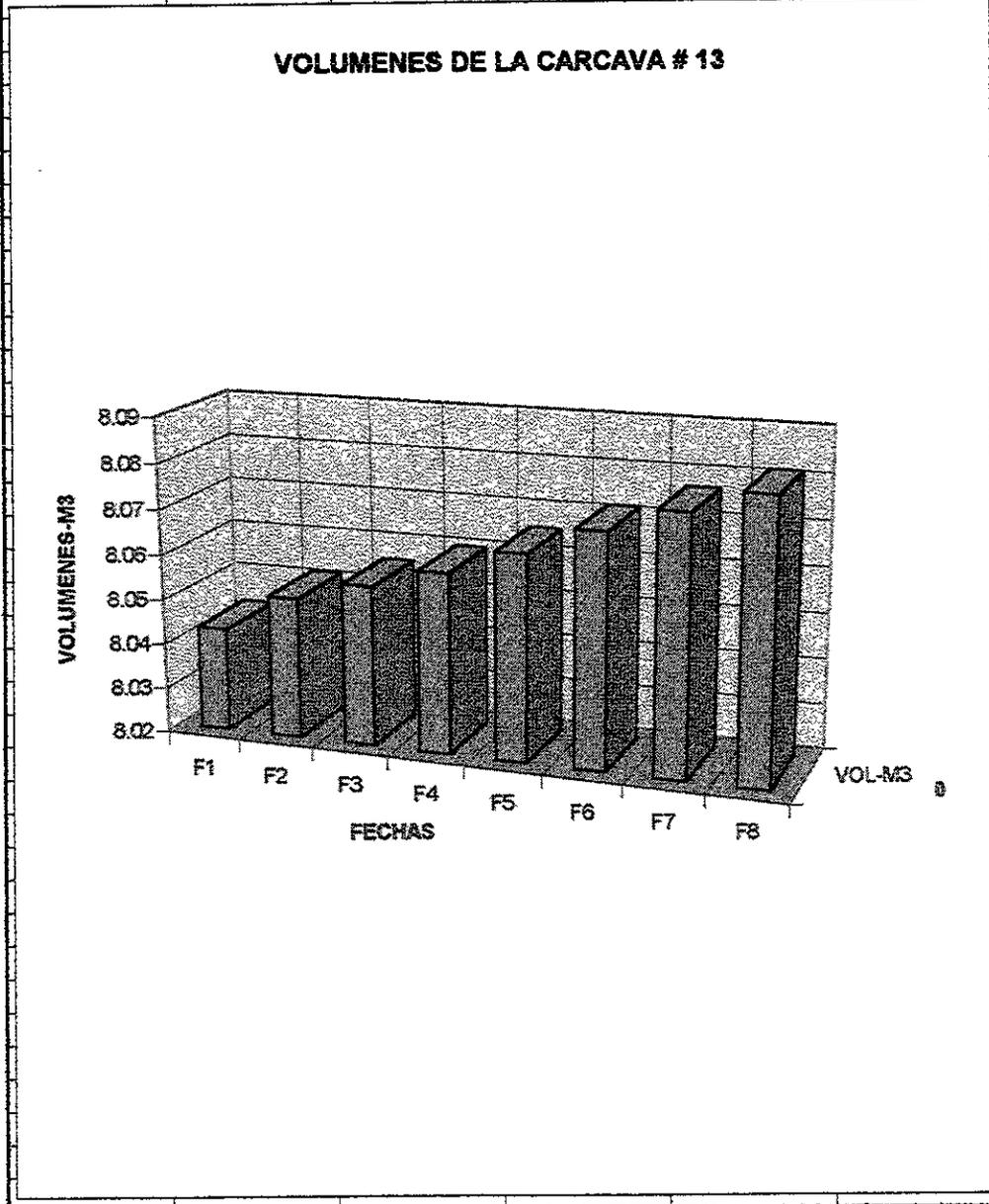
Positive Planar Area  
 (Upper above Lower): 2.79353  
 Negative Planar Area  
 (Lower above Upper): 0  
 Blanked Planar Area: 0  
 Total Planar Area: 2.79353  
  
 Positive Surface Area  
 (Upper above Lower): 3.89876  
 Negative Surface Area  
 (Lower above Upper): 0

VOLUMENES CALCULADOS PARA  
 LA CARCAVA # 13

Volúmenes en m <sup>3</sup>	Primera medición	8.04265
	Segunda medición	8.05105
	Tercera medición	8.05518
	Cuarta medición	8.0596
	Quinta medición	8.0651
	Sexta medición	8.07113
ver gráfica # 12-pg.69	Séptima medición	8.07631
	Octava medición	8.08104

Volúmenes de 13, en monitoreo.

FECHAS	VOL-M3			
F1	8.04277			
F2	8.05116			
F3	8.05536			
F4	8.05972			
F5	8.06522			
F6	8.07125			
F7	8.07643			
F8	8.08116			



Gráfica 13. de volúmenes

## GLOSARIO

- AVIOLYT BC1**- Instrumento universal de fotogrametría(aérea y terrestre) para restitución, creado en Wild -Heerbrugh, con precisión de primer orden, y con la posibilidad de aprovechar el concepto analítico.
- EPIPOLAR**- Puntos generados en la observación estereoscópica, de un par de fotografías; los puntos epipolares son los que intersectan a los dos proyecciones planas de ambas fotografías. En el caso normal ( $\phi$ ,  $\kappa$  y  $\omega$  reducidos a cero) entonces: las fotografías son paralelas a la base. A esta base o distancia entre los dos centros de exposición, se le considera igual a la base epipolar. Esta base y un punto cualquiera de la maqueta virtual, genera un plano epipolar.
- PARTENAIRE- MAQUETA VIRTUAL**- visión generada por la intersección de dos proyecciones simultáneas, de un mismo objeto, desde dos lugares diferentes en el espacio, integra a la denominada tercera dimensión
- PHOTENOT, CASSINI & BEJERHAMMAR**- Metodologías de posicionamiento clásico en Ingeniería Topográfica.
- PLEICORISMO**- Creación plena de color en una fotografía, por medios fotográficos.
- POSTERIZACION**- o separación de tonos, así se le denomina al procedimiento de reducir el rango tonal de una fotografía, a otro muy estrecho. EL resultado final es una imagen con altas luces intensas y sombras profundas, sin tonos intermedios.
- PSEUDORESTITUCION**- Corresponde a la determinación de abscisas y ordenadas por medio de direcciones. En esta operación se determinan las coordenadas  $X_n$ , y  $Z_n$ , de un plano vertical, a partir de un fotograma terrestre pero sin corregir el cono.
- RESTITUCION**- Conjunto de operaciones gráficas, mecánicas, analíticas y ópticas, que permiten pasar de la proyección cónica a la proyección ortogonal o recta (propia de un plano).
- SOBREEXPOSICIONES**- Término fotográfico que refiere el encimar varias tomas en una sola. También se le denomina sobreexposición a la indicación de que un material sensible a la luz ha recibido demasiada luz.
- SOLARIZACION**- Inversión total o parcial de las tonalidades de una imagen, a consecuencia de una fuerte sobreexposición.
- TRAMAJE**- Transformación de una imagen de tono continuo, en otra de medio tono por medio de una trama apropiada (autócroma, de contacto o de textura).
- VDP**- Video digital plotter- Instrumento de restitución analítica, con observación estereoscópica sobre pantalla, creado por Leica- Wild.
- VIÑETEADO**- Fusión al blanco o al negro, de los bordes de una fotografía. Se le puede considerar incluso viñeteado a las máscaras de vaselina sobre filtros UV, o parasoles añadidos.