

ZUBÍA (Monográfico)	5	165-186	Logroño	1993
---------------------	---	---------	---------	------

## METODOLOGÍA Y RESULTADO DEL LEVANTAMIENTO POR FOTOGRAMETRÍA TERRESTRE DEL YACIMIENTO DE HUELLAS DE DINOSAURIO DE VALDECEVILLO EN ENCISO (LA RIOJA)\*

J. M. Valle Melón \*\*

### RESUMEN

*Con este levantamiento se pretende comprobar la operatividad de la Fotogrametría terrestre aplicada al estudio de diversos aspectos (métricos, control de erosión, reconstrucción) de las icnitas de dinosaurio, como ha quedado demostrado en otras áreas, tales como Arquitectura o Arqueología. Pero en este caso adaptándola a las necesidades específicas de los yacimientos paleontológicos y a las precisiones que se desean obtener.*

*Se tomaron cuatro pares fotográficos que recubrían la totalidad de la zona objeto de estudio, apareciendo cada punto del yacimiento como mínimo en dos fotografías, requisito imprescindible de esta técnica. Con los datos obtenidos del apoyo topográfico y las fotografías, se restituyó analíticamente y se editaron posteriormente un conjunto de planos a distintas escalas (1:5, 1:2.5, 1:1) en los que el relieve queda reflejado por medio de curvas de nivel equidistantes dos milímetros. Con la realización del presente trabajo, se ha puesto de manifiesto que la Fotogrametría es un medio óptimo para el estudio y registro de yacimientos paleontológicos, ya que el método operativo es completamente inocuo para el yacimiento. La equidistancia obtenida entre curvas de nivel 2mm. es suficiente para la determinación geométrica de los yacimientos, pero en caso de ser necesaria mayor precisión se otendrá a través de la Fotogrametría. Por último, con los planos*

\* Recibido el 26 de febrero de 1993. Aprobado el 25 de enero de 1994.

\*\*Ingeniero Técnico en Topografía. Profesor Titular Interino de Fotogrametría en la E.U.I.T.I e I.T.Topográfica de Vitoria. C/ Nieves Cano nº12 01006 Vitoria (Alava).

(Este trabajo ha contado con una Ayuda a la Investigación del Instituto de Estudios Riojanos de la Consejería de Cultura, Deportes y Juventud del Gobierno de La Rioja)

*obtenidos se puede reproducir el yacimiento con la misma forma y posición que se encontraba en el momento de tomar las fotografías, lo que servirá en próximos años para determinar la evolución de la erosión y prever la vida del yacimiento.*

*Palabras clave: Fotogrametría, icnita, Enciso, La Rioja.*

*This survey attempts to confirm the functioning of close range Photogrammetry applied to the research of different aspects (metric ones, erosion control, reconstruction) related to dinosaur footprints, just as it has been shown in other fields such as Architecture and Archaeology. But in this case, it has been adapted both to the specific necessities of paleontological sites and the precision we should like to achieve.*

*Four photographic pairs that covered the whole target area were taken. The result was that every point of the site appeared in two pictures as a minimum, which is an essential requirement of this technique. The data obtained from the topographic support plus the pictures made it possible to digitally restore a group of drawings on a different scale (1:5, 1:2.5, 1:1), which were edited afterwards, in these drawings, the relief is reflected by means of contour lines which are 2 mm. from one to another. This essay shows that Photogrammetry is an optimal means to study and register paleontological sites, since the operative method is wholly iniquitous for the site. The distance among the contour lines above mentioned is enough to geometrically determine paleontological sites. If more precision is required, it will be obtained by means of Photogrammetry. Finally, thanks to the drawings we have obtained, we can reproduce the site in the same shape and position it was when the pictures were taken, which will be useful in future years to determine the evolution of the erosion besides establishing the life of the site.*

*Key words: Photogrammetry, footprint, Enciso, La Rioja.*

## 0. INTRODUCCIÓN

A principios de los años setenta se comienza a realizar estudios científicos sobre los diversos yacimientos fósiles existentes en la zona media del Sistema Ibérico. Fruto de estos estudios salieron a la luz numerosos rastros de pisadas fósiles pertenecientes a dinosaurios.

Muchos de los rastros conocidos, al ser completados con huellas que se encontraban sepultadas, (caso del yacimiento protegido de Valdececillo en Enciso), pusieron de relieve la necesidad del archivo o de la reproducción de las huellas para controlar el deterioro al que se ven sometidas las huellas cuando se encuentran a la intemperie.

Entre los agentes que contribuyen a este deterioro podemos citar:

— **Atmosféricos:** agua, hielo, viento, granizo.

— **Geológicos:** movimientos orogénicos.

— **Antropogénicos:** expolio, construcción de obras públicas, actividad agrícola y ganadera y en los últimos años la afluencia de turismo incontrolado.

Es sabido, la creciente demanda social encaminada a tener definidos, gráfica y numéricamente todos los aspectos materiales que nos rodean. Bien para su estudio, construcción, archivo,...

Dentro de los numerosos métodos utilizados para dar respuesta a esta necesidad de definiciones métricas se ha impuesto la Fotogrametría terrestre como el más adecuado para realizar el inventario de los bienes culturales. Siguiendo las recomendaciones de la UNESCO en las convenciones de La Haya, Venecia, y París.

La Fotogrametría, es la técnica, que permite levantar o restituir un objeto, utilizando perspectivas registradas fotográficamente; lo que hace de la Fotogrametría una técnica inocua para el elemento a levantar, de rápida ejecución y con impresión de una gran cantidad de información en un corto espacio de tiempo.

Por otro lado, la utilización de la Fotogrametría, permite obtener archivos de datos permanentes que pueden ser de utilidad en infinidad de aplicaciones posteriores.

Entre éstas, se citan a modo de ejemplo las siguientes:

— Reconstrucción en el caso de que sea requerida una copia o se necesite reponer el yacimiento, por haber sido destruido.

— Estudio de la evolución de la erosión con respecto al momento de la toma fotográfica.

— Determinación de aspectos métricos del yacimiento.

— Estudio de las icnitas.

Todos estos factores, condujeron a pensar en la Fotogrametría terrestre como el mejor método para tener registrados los yacimientos, dada la calidad y precisión que es posible obtener, ya demostrada en trabajos como “El levantamiento de la Sala de Pinturas de Altamira”, “ El templo de Abou Simbel” en Egipto y muchos otros.

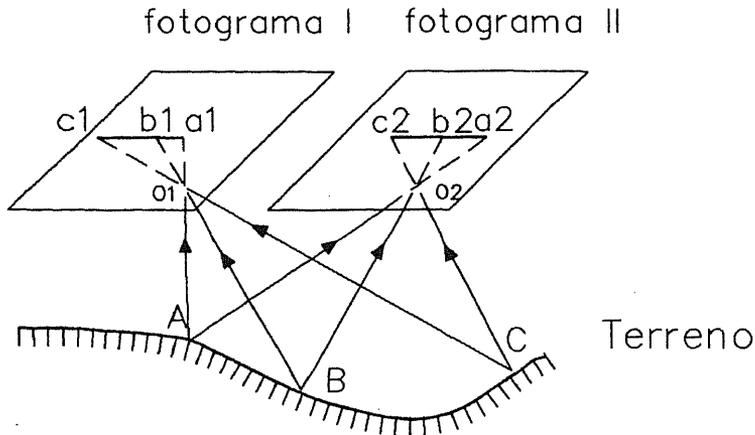
## **1. FUNDAMENTOS DE FOTOGRAMETRÍA**

La Fotogrametría se basa en la visión estereoscópica o binocular, que permite la observación tridimensional o en relieve de todo cuanto miramos con los dos ojos, ya que cada uno de ellos recibe una imagen distinta del objeto y es en el cerebro donde se fusionan, formando una sola imagen tridimensional.

La técnica concreta consiste en fotografiar el objeto del levantamiento fotogramétrico, desde dos puntos de vista distintos, con ésto se obtienen dos imágenes distintas, pero complementarias de dicho objeto, (fig.1).

## Toma fotografica

Figura 1



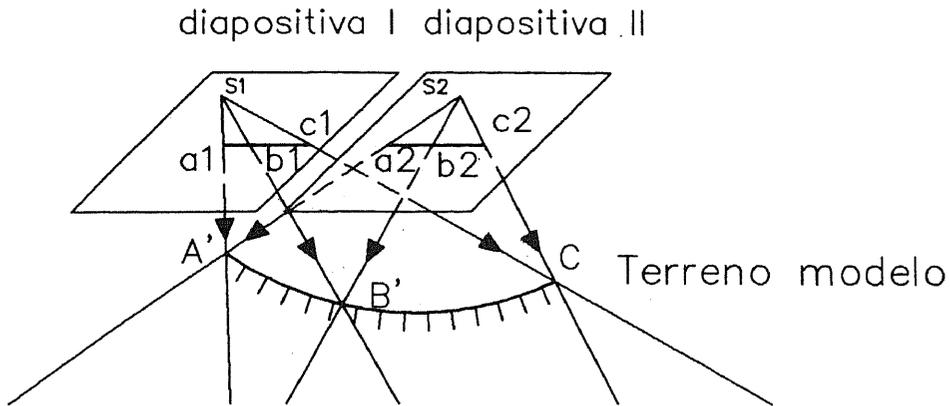
Al realizar una fotografía, los rayos luminosos atraviesan el centro óptico del objetivo de la cámara  $O_1$  y  $O_2$ , impresionando el material sensible; película o placa,  $(a_1, b_1, c_1)$  y  $(a_2, b_2, c_2)$ . Una vez revelados los fotogramas, se invierte la marcha de los rayos, colocando una fuente luminosa que genere los rayos que dieron lugar a las fotografías, pero en sentido inverso, como sucede en un proyector de diapositivas, (fig.2).

Una vez obtenidos estos dos haces de rayos, se han de colocar en la misma posición relativa que se encontraban en el momento de la toma en campo, para que los rayos procedentes de un mismo punto, se intersecten. Si ésto sucediera exactamente, lo que obtendríamos sería una imagen a tamaño natural del objeto fotografiado. Generalmente, lo que se pretende es obtener una imagen a escala del objeto, motivo por el cual, al invertir la marcha de los rayos se varía la distancia existente entre los centros ópticos,  $S_1$  y  $S_2$ , en el momento de la toma. Con esta serie de operaciones, se consigue tener una imagen virtual y a escala del objeto que habíamos fotografiado,  $A', B', C'$ .

Como lo obtenido es una imagen, no necesita espacio real para estudio o almacenamiento, como puede suceder con una maqueta. Al ser virtual, deja de existir en el momento que no se observa con los dos ojos. Pero estas aparentes desventajas, no merman a esa imagen virtual el poseer toda la información métrica, de manera que es posible realizar cualquier tipo de medida sobre ella, con la misma fiabilidad que si se hiciera sobre el objeto real.

## Restitucion

Figura 2



Como es lógico pensar, será necesario un dispositivo que plasme numérica o gráficamente la información que se toma de la imagen. Este dispositivo, es el que permite situar sobre el modelo también de forma virtual, pero con mecanismos de medida que determinan, tanto planimétrica como altimétrica, cualquier punto del objeto que aparezca en las dos imágenes fotográficas.

## 2. MÉTODO OPERATIVO

La aplicación del método fotogramétrico al levantamiento de una superficie, como la del yacimiento de huellas de dinosaurio de Valdecevillo en Enciso, requiere una serie de trabajos interdependientes, de tal modo que el fallo en la ejecución o cálculo de cualquiera de ellos impide la finalización del trabajo.

### 2.1. Trabajos previos

Antes de la ejecución del levantamiento fotogramétrico, se hace la completa planificación de las labores, ya que de ésta depende que el trabajo de campo se ejecute con fluidez, rapidez y, por lo tanto, con el consiguiente ahorro económico.

#### 2.1.1. Selección del yacimiento a levantar.

Se escogió la rastrillada Grupo C del yacimiento de Valdecevillo, formada por 4 huellas, con una longitud media del pie de 55,6 cm y anchura de 40,6.

Se pensó en este yacimiento, por ser uno de los primeros que se empezaron a estudiar y sobre el que más bibliografía se encontró. Por otro lado, en la actualidad es el que más actividad turística soporta debido a su fácil acceso y al no encontrarse protegido es posible que se deteriore antes que otros.

#### *2.1.2. Reconocimiento y croquización del yacimiento.*

Para poder planificar los pares fotográficos, así como el material de campo a utilizar, en las distintas tareas, hay que disponer de un croquis del yacimiento.

En esta fase se realizaron abundantes tomas fotográficas con el fin de poder completar el croquis y resolver los problemas que se plantearan a la hora de planificar, sin tener que volver al campo.

#### *2.1.3. Planificación de los pares fotogramétricos.*

Sobre el croquis anterior, y teniendo en cuenta la distancia focal de la cámara, la altura a la que se iba a colocar ésta y la superficie de recubrimiento entre las dos imágenes necesaria para la obtención de la visión estereoscópica, se calculó el número de fotogramas, un total de 8 fotogramas, (4 pares), con los que se recubría con holgura la zona de interés.

A continuación, se ubicaron los puntos de apoyo, homogéneamente distribuidos en las fotografías y cuyas coordenadas se precisan para el proceso de restitución.

Se proyectó un eje de tomas, que seguía la línea media de las huellas y, a ambos lados del mismo, se repartieron 18 puntos de apoyo tal y como se ha indicado anteriormente.

Se obtenía así, un rectángulo de, aproximadamente, 130 x 180 cm recubierto por cada fotograma y una superficie total de recubrimiento del 60% entre fotogramas de un mismo par. También, se consideró la importancia de la existencia de recubrimiento entre los distintos pares.

#### *2.1.4. Diseño y construcción de elementos auxiliares.*

Todo trabajo específico lleva asociada una serie de servidumbres en cuanto a material para su ejecución. La necesidad de estos elementos se detecta a medida que se avanza en el desarrollo del estudio y ha de surgir la solución antes de seguir con el proyecto.

En el caso concreto que nos ocupa se diseñaron tres elementos que no se encuentran en el mercado:

#### 2.1.4.1 Soporte para suspensión vertical de la cámara.

Seleccionada la cámara que se utilizaría en el trabajo (U.M.K. 10/1318), se comprobó que no existía ningún aparato en el catálogo de elementos auxiliares de dicha cámara, que permitiera suspenderla verticalmente, cosa lógica ya que está concebida para la aplicación fotogramétrica en el levantamiento de fachadas y elementos verticales principalmente. Por ello se preparó un aparato que permitiera suspender y nivelar la cámara, con el fin de obtener un eje, lo más perpendicular posible al plano sobre el que se proyectaría el yacimiento. Se construyó un soporte de aluminio sobre el cual la cámara podía deslizarse lo suficiente como para realizar las dos tomas correspondientes a cada par. Este soporte iba unido a una plataforma de madera, perforada en su zona central. La unión se realizaba por medio de tres largos tornillos con una rueda graneteada en cada uno, sobre los que apoya el soporte de aluminio y que permitía nivelarlo. El conjunto se fijaba a dos tablones a través de cuatro tirafondos. Por último, los tablones se colocaron sobre unos andamios portátiles y regulables en altura.

Se construyó y utilizó, comprobándose su eficacia y posibilidad de utilización en otros trabajos en los que se requiera fotografiar objetos horizontales, tanto en suelo, nuestro caso, como en techos y bóvedas.

#### 2.1.4.2 Señales de puntería.

Las señales de puntería se utilizan para la determinación correcta de los puntos de apoyo. Por otro lado, como en la restitución del plano, muy frecuentemente se utiliza directamente el negativo obtenido. Se decidió usar cinta adhesiva blanca y negra, ya que en el negativo, también aparecería como negra y blanca. Con dicha cinta, se hicieron señales cuadradas, con una forma interior de doble triángulo equilátero apuntado, que permite determinar con gran precisión un punto concreto.

El único problema que plantearon las señales de puntería, al implantarlas en el yacimiento, fue su falta de estabilidad, debida a la gran cantidad de polvo que posee la piedra, por ello se utilizó cera fundida, para lograr adherirlas.

#### 2.1.4.3. Talón para mira de nivelación.

A la hora de dar coordenadas a las señales de puntería, se decidió determinar la planimetría por medio de intersecciones directas múltiples, y la altimetría, por medio de nivelación geométrica, con nivel y mira. Pero nos encontramos con la dificultad de poder determinar con precisión un punto para poder nivelarlo, ya que las miras convencionales están dotadas de un gran base, 10 x 2 cm. Por ello, se fabricó un tacón con forma de cuña, que se acopló a la base de la mira, y que permitía determinar los puntos de apoyo con mucha más exactitud, como así se demostró.

### *2.1.5. Puesta a punto del material a utilizar.*

Una vez seleccionado, localizado y puesto a punto el material a utilizar en las fases del trabajo, se calibraron todos los aparatos de medida. Este paso fue particularmente complicado en el caso de la cámara, ya que se no se había utilizado desde hacía varios años, y tanto las baterías, como otros elementos mecánicos y eléctricos de la misma estaban deteriorados.

### *2.1.6. Ensayo general de todo el proceso.*

Con el material en perfectas condiciones de uso, se realizaron pruebas de todas las partes del proceso, tanto de campo, laboratorio y gabinete, sobre modelos teóricos y maquetas que se asemejaron a la situación con que nos íbamos a encontrar en el yacimiento.

## **2.2. Trabajos de campo**

En este apartado, vamos a incluir el conjunto de labores que fue imprescindible realizar en el yacimiento.

### *2.2.1. Preparación del yacimiento.*

Una vez desplazado todo el material al campo, se procedió, en primer lugar a limpiar las huellas por medio de un cepillo fino, que no dañara el yacimiento. Esta limpieza era necesaria, porque al realizarse toma fotográfica, todos los depósitos que había en el fondo de las huellas, falsearían su verdadera dimensión.

A continuación, se señaló mediante una cuerda el eje de la traza, a fin de poder determinar la posición de las señales de puntería, que una vez situados servirían como puntos de apoyo.

Una vez determinado la posición de los puntos de apoyo se procedió a dotarlos de coordenadas, diferenciando, entre planimetría y altimetría.

### *2.2.2. Labores topográficas.*

Estas labores, consisten fundamentalmente en determinar coordenadas x, y, z, de cada uno de los puntos de apoyo.

#### *2.2.2.1. Material.*

Para la determinación de coordenadas se utilizaron los siguientes aparatos:

— Teodolito Wild T2, aparato topográfico con precisión angular horizontal y cenital de 1 segundo centesimal.

- Equipo de Poligonación, con basadas intercambiables entre las señales de puntería y el teodolito.
- Nivel topográfico de coincidencia y mira.
- Cinta métrica y flexómetro.
- Estadillos de campo especialmente diseñados para el tipo de datos que iban a ser tomados.

#### 2.2.2.2. Ejecución.

Una vez implantadas las 18 señales de puntería, que como hemos indicado, serían los futuros puntos de apoyo. Se procedió a estacionar el equipo de poligonación, que estaba compuesto por dos señales de puntería y tres trípodes. Se dispuso una figura de triángulo sobre el yacimiento, de forma que las intersecciones de las visuales que se iban a tomar fueran en el peor de los casos tolerables.

Todas las medidas angulares se realizaron aplicando la regla de BESSEL que exige observaciones en posición de círculo directo e inverso de cada punto observado. Con la aplicación de esta regla se compensan gran parte de los errores instrumentales.

Se señalaron los tres puntos principales del triángulo y sobre ellos se estacionó el taquímetro, procediendo en primer lugar a observar los lados del triángulo que servirían como bases para dotar de coordenadas a los puntos de apoyo. La medida de ángulos se realizó con el teodolito, mientras que la distancia entre los puntos se midió con una cinta metálica tensada por dos operarios, y con las debidas reiteraciones para eliminar los posibles errores de graduación, dilatación y catenaria.

Una vez observadas las bases, se procedió a observar angularmente cada uno de los 18 puntos que habíamos implantado. Solo se realizaron observaciones angulares, ya que para la resolución de la planimetría, (x,y), por el método de las intersecciones directas múltiples es suficiente.

Estos procesos se repitieron desde cada vértice del triángulo, es decir; teníamos dos observaciones de cada uno de los lados y ángulos del triángulo y tres observaciones de cada punto de apoyo. Lo que nos permitía una gran redundancia de observaciones para poder eliminar datos en el caso de que se detectasen errores.

La última labor topográfica fue la determinación altimétrica, para ello, se procedió a nivelar tanto los puntos de la poligonal como los de apoyo, por medio del nivel de coincidencia y la mira, con el dispositivo acoplado al talón. Esta nivelación se repitió dos veces, por la misma razón: tener datos abundantes de cada observación.

### 2.2.3. Toma fotográfica.

Finalizadas las labores topográficas el siguiente paso era obtener los registros fotográficos, que nos permitieran restituir las huellas.

#### 2.2.3.1. Material.

— Cámara fotogramétrica universal U.M.K 10/1318 . Se seleccionó esta cámara, dentro de un limitada variedad de modelos disponibles, ya que: combina un gran ángulo de imagen con un gran formato (13 x 18 cm), enfoque continuo del objetivo, obturador central con amplios márgenes de tiempo de exposición y de diafragma, iluminación eléctrica de las marcas de referencia y reproducciones secundarias, y capacidad de poder separar la cámara de la infraestructura, característica esta última fundamental en este trabajo.

Junto a la cámara se utilizó otros elementos auxiliares que esta precisa, como son: trípode, soporte (del cual recibe la energía eléctrica), juego de flashes para evitar sombras, disparador (que conmuta simultáneamente la cámara y los flashes), batería de 12 voltios, cables de diversos tipos.

— Material sensible, dada la precisión que se pretende en este tipo de levantamientos, hemos de buscar la eliminación de la mayoría de las fuentes de error. Una fuente importante de error es la falta de planeidad de la película, para evitarlo se utilizó material sensible de vidrio, que por su fragilidad obliga a realizar copia de seguridad. También se realizaron tomas sobre película con soporte de poliéster, para poder comprobar diferencias de precisión entre uno y otro soporte.

— Andamios de tipo caballete, regulables en altura y plegables, de fácil transporte y manejo en campo.

— Dos tablonces de 4.5 m de longitud.

— Soporte para suspensión vertical de la cámara, ya explicado en el apartado 2.1.4.1.

#### 2.2.3.2. Ejecución.

En la realización de las tomas fotográficas es donde encontramos la mayor cantidad de problemas, debido a las necesidades que impone la Fotogrametría, en cuanto al recubrimiento entre fotogramas de un mismo par, número de puntos de apoyo por cada imagen, verticalidad del ojo óptico de la cámara, ...

Mediante una plomada se determinó el centro de la imagen a tomar y sobre él se colocó el centro de la estructura de la cámara (andamiaje, tablonces, dispositivo para suspensión vertical, equipo de iluminación, etc.). Una vez afirmada toda esta estructura se

colocaba sobre ella el cuerpo de la cámara, desplazado 30 cm, del centro de la toma. Seguidamente se miraba a través del objetivo de la cámara, por medio de un cristal esmerilado, colocado en la parte posterior de la cámara, en el lugar donde debiera ir el material sensible. Con una linterna se iluminaba las posiciones teóricas de las cuatro esquinas de la fotografía. Si eran visibles se procedía a realizar la toma fotográfica sobre placa de vidrio, si no eran visibles, se repetía todo el proceso.

Una vez tomada la primera fotografía del par, se desplazaba el cuerpo de la cámara 60 centímetros en el sentido contrario al que antes se desplazaron los 30 cm, con el fin de obtener el fotograma que forma par con el anterior y tuviera una zona de recubrimiento superior al 60 %.

En cada posición de la cámara se realizaban 3 tomas; 2 sobre placa de vidrio y una tercera sobre poliéster.

Para solucionar la presencia de sombras en el fondo de las huellas, debido a la inclinación de los rayos del Sol, todas las fotografías fueron realizadas con iluminación artificial a partir de flash.

### **2.3. Fase de Laboratorio**

Una vez realizada la toma fotográfica en campo, resulta imprescindible la obtención de los negativos antes de retirar el material del campo, ya que si las tomas fueran deficientes, tendríamos que repetir solo la parte de toma fotográficas en campo, mientras que si retiramos el material y las señales de los puntos de apoyo, tendríamos que repetir todos los trabajos de campo.

#### *2.3.1. Material.*

En el proceso de revelado se utilizaron una serie de elementos de dimensiones específicas para el tratamiento de este tipo de placas (13 x 18 cm), así como los reactivos y materiales normalmente utilizados en el procesado de negativos en blanco y negro.

### **2.4. Labores de Gabinete.**

#### *2.4.1. Cálculo de las coordenadas de los puntos de apoyo.*

Con los estadillos de campo, en los que teníamos registrados todos los datos referentes a medida de ángulos y distancias, se calcularon las coordenadas de todos los puntos utilizados en el trabajo. En primer lugar se obtuvieron las coordenadas de los tres puntos desde los que se había radiado los puntos de apoyo, tratándose el cálculo de los mismo

como una poligonal. Gracias a la utilización del equipo de poligonación, el error de cierre obtenido en el cálculo de dichas coordenadas era inferior al milímetro, suficiente para poder radiar desde ellos el resto de las coordenadas.

Para el cálculo de las coordenadas de los puntos de apoyo se desarrolló un programa en BASIC, que calcula las intersecciones directas múltiples observadas, por el método matemático de los Mínimos Cuadrados. Los resultados de este cálculo fueron más que satisfactorios, ya que se obtuvieron residuos submilimétricos en 17 de los 18 puntos observados. Como estos puntos fueron dispuestos de forma que se podían eliminar algunos de ellos si se detectaban errores, vemos que la imprecisión en la obtención de las coordenadas de uno de los puntos de apoyo entra dentro de lo previsible y en nada afecta al resultado final del trabajo.

Por otro lado, se calculó la altimetría, por nivelación geométrica de todos los puntos de apoyo. Las operaciones de cálculo, pusieron de manifiesto que el sistema de nivelación geométrica, aunque suficientemente preciso, no resulta adecuado si no se realizan más reiteraciones, por ello se piensa hacer nivelaciones trigonométricas en posteriores trabajos de este tipo.

#### 2.4.2. Restitución.

Con todas las fases anteriores concluidas y comprobadas, se obtuvo el plano de las huellas, a través de los fotogramas, mediante la restitución, proceso que a continuación se detalla.

Si una vez realizada la toma fotográfica de un objeto desde dos puntos distintos, se colocase la cámara en la misma posición relativa que se encontraba en el momento de tomar las fotografías, iluminando las placas por detrás, volveríamos a formar los mismos haces que las impresionaron, pero en sentido contrario. Aunque en ese momento el terreno ya no esté presente, los rayos se cortarían dos a dos, dándonos con su intersección una reproducción exacta del terreno. Como esta operación se realiza en gabinete, sustituyendo la cámara en sus dos posiciones por dos proyectores, habrá que reducir la distancia existente entre los proyectores, (que en el caso que nos ocupa, decíamos que era de 60 cm.) a una escala conveniente. Como no se varía ningún otro elemento, dicha reducción no produce otro efecto que la reducción a una escala determinada de la reproducción del terreno obtenida por la intersección de los dos haces de rayos.

Por tanto el problema a resolver en la restitución, consiste en conseguir en gabinete la reproducción exacta de los dos haces de rayos y su colocación respecto al terreno, en la misma posición que tuvieron al ser impresionadas ambas placas.

La operación que resuelve este problema es la *orientación*, dividida en interna y externa.

*Orientación interna*, consiste en reproducir en cada proyector y con la placa correspondiente, un haz de rayos idéntico al que, en su día la impresionó.

*Orientación externa*, por medio de ella se consigue que los haces formados en los dos proyectores mediante la orientación interna estén, con respecto al terreno, en idéntica posición a la que tuvieron al ser impresionadas las placas.

Con la orientación externa finalizada, dispondremos en el aparato de restitución de un modelo óptico, que será una reproducción a escala del terreno. Simultáneamente al terreno, se vé un índice espacial, que podemos desplazar mediante los mandos del restituidor en todas las direcciones, tanto planimétricas como altimétrica, y siempre independientemente del terreno. Con los movimientos de este índice, y al hacerlo coincidir con los puntos del terreno representados en el modelo, se efectúan todas las medidas que se deseen del mismo. Al mismo tiempo los movimientos se registran en unos contadores de coordenadas, que almacenan los datos en un fichero informático.

Para el presente trabajo, se ha utilizado un restituidor analítico KERN PG-QASCO con sistema de captura de datos KDMS (Kork Digital Mapping System). El número de puntos de apoyo utilizado fue de 5 por par, lo que garantiza la abundancia de datos. La captura de datos se realizó para escala 1:2.5 con equidistancia de curvas de nivel de 2 mm. aunque posteriormente la edición se realizó escalas 1:2.5, 1:5, 1:1.

Al ser un trabajo en el que la planimetría viene definida por las curvas de nivel, con equidistancia 2 mm., se tuvo el máximo cuidado en la restitución altimétrica y en el ajuste de los pares estereoscópicos. Los errores residuales en la orientación absoluta de los cuatro pares que recubren la zona, estuvieron dentro de los límites tolerables para realizar el proceso de la restitución con las debidas garantías.

#### 2.4.3. Edición.

Como la restitución se realiza con un restituidor analítico, que registra las coordenadas de forma numérica en un ordenador, se dispone con ella de un plano visual en la pantalla del mismo.

Dada la equidistancia de las curvas de nivel, en algunas partes de los planos se producen defectos gráficos debidos a la acumulación de las curvas de nivel; estos defectos es posible corregirlos a través de un programa informático de diseño, con el que también se distribuyen de forma estética, la rotulación de las cotas de máxima elevación y depresión, y las cotas de las curvas de nivel.

Por otro lado, la impresión de planos a escala, obliga a la redistribución de las cotas e incluso a la eliminación de información cuando la escala es pequeña (1:5).

Es también en esta fase de la edición donde se dota a los planos de las carátulas, leyendas, escalas, etc.

#### 2.4.4. Delineación.

La delineación consiste en plasmar en un soporte la información obtenida en todos los procesos anteriores. Para el dibujo de los planos que forman este trabajo, se ha utilizado un soporte indeformable, del tipo poliéster, y un trazador gráfico automático (plotter) conectado al ordenador.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como resultados definitivos del presente trabajo, se han obtenido el conjunto de planos que se detallan:

#### I.- PLANO GENERAL DEL YACIMIENTO

Número: 1 de 1

Formato: 1060 X 825 mm.

Escala: 1 : 5

Equidistancia curvas maestras: 10 mm.

Equidistancia curvas de nivel: 2 mm.

#### II.- PLANO GENERAL DEL YACIMIENTO

Número: 1 de 4

Formato: 560 X 770 mm.

Escala: 1 : 2,5

Equidistancia curvas maestras: 10 mm.

Equidistancia curvas de nivel: 2 mm.

#### III.- PLANO GENERAL DEL YACIMIENTO

Número: 2 de 4

Formato: 560 X 770 mm.

Escala: 1 : 2,5

Equidistancia curvas maestras: 10 mm.

Equidistancia curvas de nivel: 2 mm.

#### IV.- PLANO GENERAL DEL YACIMIENTO

Número: 3 de 4

Formato: 560 X 770 mm.

Escala: 1 : 2,5

Equidistancia curvas maestras: 10 mm.

Equidistancia curvas de nivel: 2 mm.

#### V.- PLANO GENERAL DEL YACIMIENTO

Número: 4 de 4

Formato: 560 X 770 mm.

Escala: 1 : 2.5

Equidistancia curvas maestras: 10 mm.

Equidistancia curvas de nivel: 2 mm.

#### VI.- PLANO GENERAL DEL YACIMIENTO

Número: 1 de 1

Formato: 560 X 770 mm.

Escala: 1 : 1

Equidistancia curvas maestras: 10 mm.

Equidistancia curvas de nivel: 2 mm.

### 3.1. Impacto sobre el yacimiento.

El impacto ejercido sobre el yacimiento para la realización del trabajo es mínimo, ya que las tareas de campo se realizaron durante un solo día y solamente fue necesario entrar en contacto con él para la implantación de señales adhesivas, que en nada dañan a las huellas, por contraposición a otros sistemas de reproducción, como los moldes de escayola.

### 3.2. Precisión y posibilidades métricas.

En el presente trabajo se ha buscado la calidad por encima de la rentabilidad. La equidistancia obtenida de curvas de nivel 2 mm., es más que suficiente para la determinación geométrica de las huellas. Por otro lado, si algún yacimiento requiriese precisión mayor, con la fotogrametría es posible obtener intervalos menores entre curvas de nivel y escala mayor, lo cual sería difícil de alcanzar con otros métodos.

Estos planos, en principio, permiten realizar, las medidas que la Paleontología exige para el estudio de estos yacimientos. Con la ventaja de poder realizarse en cualquier momento, lugar y con precisión no inferior a la que se obtendría en el campo.

### 3.3. Posibilidad de reproducción.

Con los planos obtenidos en el presente trabajo, se puede reproducir la rastrillada grupo C del yacimiento de Valdecevilla en Enciso, con las mismas características morfológicas y en la misma posición relativa que se encontraba en el momento de realizar las tomas fotográficas. Lo que resultaría de gran interés, si:

— Se destruye el citado yacimiento.

— Se requieren copias con carácter científico, divulgativo o publicitario.

### **3.4. Control de la erosión.**

La repetición de las tomas fotográficas de este yacimiento en años venideros, por comparación con los resultados del presente trabajo, pondrá de manifiesto la evolución de la erosión y permitirá prever la vida del yacimiento.

## **4. EXPECTATIVAS**

Dada la gran cantidad de yacimientos paleontológicos que se van descubriendo en los últimos años, y la imposibilidad de protegerlos. La aplicación del método aquí desarrollado, supondría una forma barata de conservación, ya que una vez descubiertas nuevas huellas, se podría realizar el inventario fotográfico y fotogramétrico, con posibilidad de reproducción y estudio del yacimiento, pudiendo ser nuevamente enterrado, para evitar su deterioro.

Por otro lado, la Fotogrametría terrestre viene siendo aplicada, con gran éxito, desde mediados de siglo en numerosos países y con menor intensidad en España, en campos tan diversos como la Arquitectura, Arqueología, industria,...

Esperemos que el presente trabajo sirva para activar, la hasta ahora, escasa producción Fotogramétrica existente en nuestra Región.

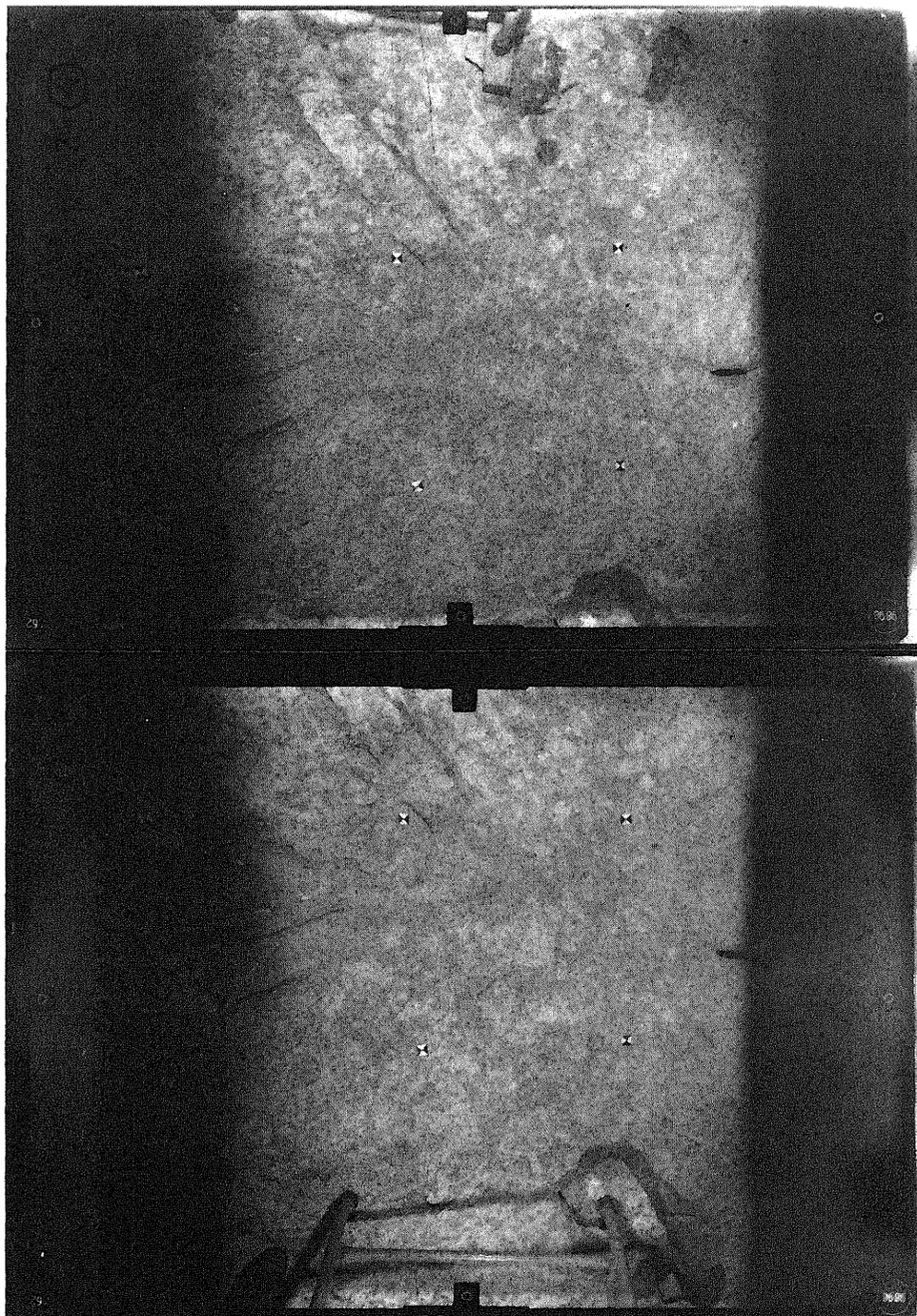
## **4. AGRADECIMIENTOS**

A D. Alfredo Llanos Viña, D. Andrés Díez Galilea y D. Emilio de Las Heras por su colaboración y apoyo en los primeros pasos por la Fotogrametría terrestre. A Augusto Sáenz, Luis Germán Valle, Oscar Valle, Agustín Hernández y José Luis del Pozo por su participación en los trabajos de campo. A D. Félix Pérez Lorente por su estímulo y colaboración en todas las fases del proyecto y revisión de este artículo. A D. Miguel Cortés Pérez y todo el personal de INTOPCAR,S.L. que de forma desinteresada realizaron un trabajo de restitución admirable.

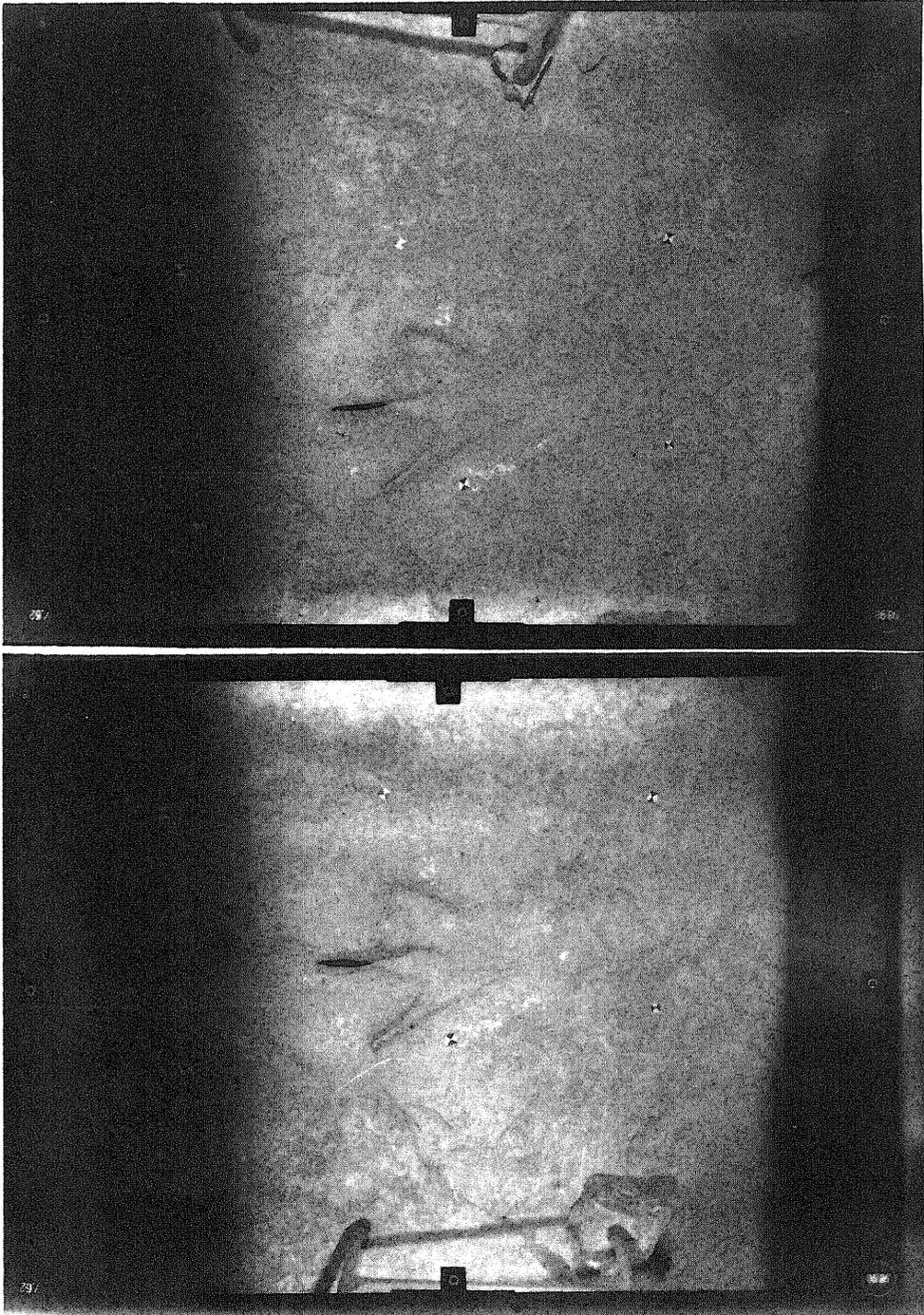
## 5. BIBLIOGRAFÍA

- Almagro, A. 1986. Estado actual de las aplicaciones arqueológicas de la fotogrametría en España. Jornadas sobre teledetección aplicadas a la Arqueología. Madrid, pp.11-14.
- American society of fotogrammetry. Handbook of non-topographic photogrammetry. 2nd,ed.
- American society of fotogrammetry. Manual of Photogrammetry. 4th,ed.
- Brancas, R., Blaschke, J., Martínez, J. 1979. Huellas de dinosaurios en Enciso. Unidad de Cultura de la Excm. Diputación de Logroño. Logroño.
- Casanovas, M.L., Santafé, J.V. 1971. Icnitas de reptiles mesozoicos en la provincia de Logroño. Acta geológica Hispánica.
- Casanovas, M.L., Santafé, J.V., Sanz, J.L. 1988. La primera resta fósil dún Terópode (saurischia, Dinosauria) en el Cretaci superior de la Conca de Tremp (Lleida, Espanya). Paleontología i Evolució.
- Charing, A. 1986. La verdadera historia de los dinosaurios. Biblioteca científica Salvat.
- Cramer, J. 1984. Levantamiento topográfico en la construcción. Gustavo Gili. Barcelona.
- Díez, R., De Saja, J.A. 1981. Conceptos técnicos para fotografía artística. Madrid.
- Domingo, L. Apuntes de Fotogrametría, I y II. Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Topográfica. Madrid.
- Guillén, V. 1986. Aplicaciones de la Fotogrametría terrestre en el levantamiento de planos de monumentos. Jornadas sobre teledetección aplicadas a la Arqueología. Madrid, pp.121-123.
- Herrera, B. 1987. Elementos de Fotogrametría. Universidad Autónoma Chapingo. Meji-co,D.F.
- Iglesias, M., García, F. 1976. Alzados de fachadas del Observatorio Astronómico obtenido por levantamientos fotogramétricos. Revista Técnica Topográfica (12). Madrid, pp 4-15.
- IshigakiI, S.,Fujisaki, T. 1989. Three Dimensional Representation of Eubrontes by the Method of Moiré Topography. Cambridge University Press.
- Jiménez, S. 1978. Los dinosaurios. Grupo Empresa Iberduero, Mineralogía y Paleontología. Madrid.

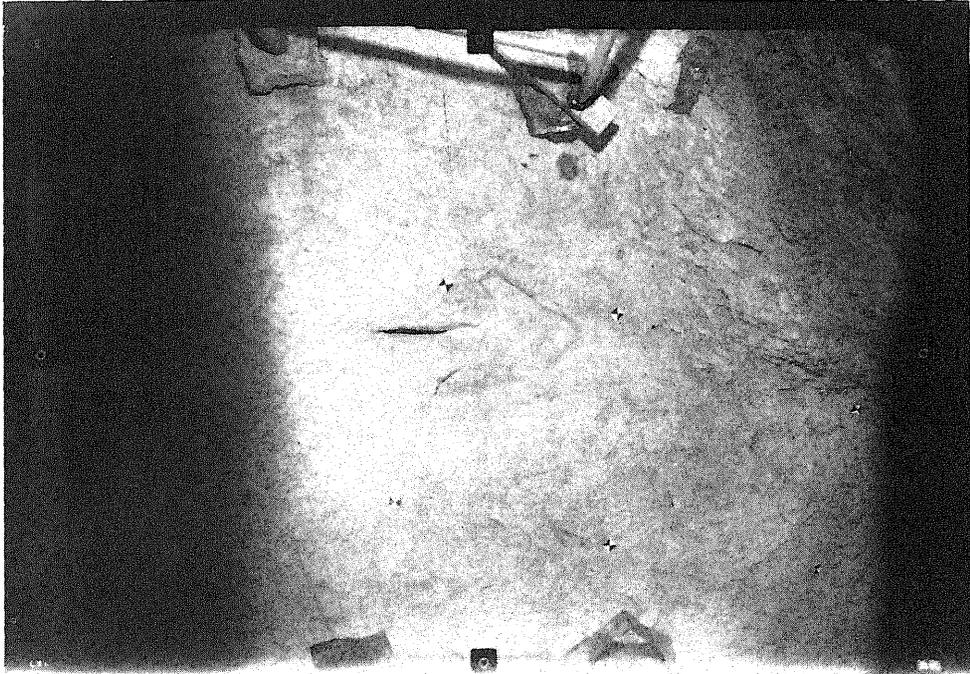
- López de Sagredo, F. 1986. Aplicaciones de la Fotogrametría a la Arqueología y la Arquitectura. Jornadas sobre teledetección aplicadas a la Arqueología. Madrid, pp.19-27.
- Llanos Viña, A., García, F. 1980. Levantamientos fotogramétricos del techo de la sala de pinturas de la Cueva de Altamira. Revista Técnica Topográfica (33). Madrid, pp. 24-46.
- Montaña, D. 1986. Orientación de fotogramas para la restitución fotogramétrica. Instituto Geográfico y Catastral. Madrid.
- Moratalla, J., Sanz, J.L. 1988. Yacimientos paleoicnológicos de La Rioja (huellas de Dinosaurios). Gobierno de La Rioja. Iberduero.
- Pérez-Lorente, F. Fernández, A. 1986. Pisadas fósiles de dinosaurios (algunos ejemplos de Enciso). Consejería de Educación, Cultura y Deportes del Gobierno de la Rioja. Logroño.
- Sarti, F., Díaz, J.J. La Fotogrametría y la configuración documental, experiencias de aplicación. IV Congreso Nacional de Topografía y Cartografía. Madrid, 1988.



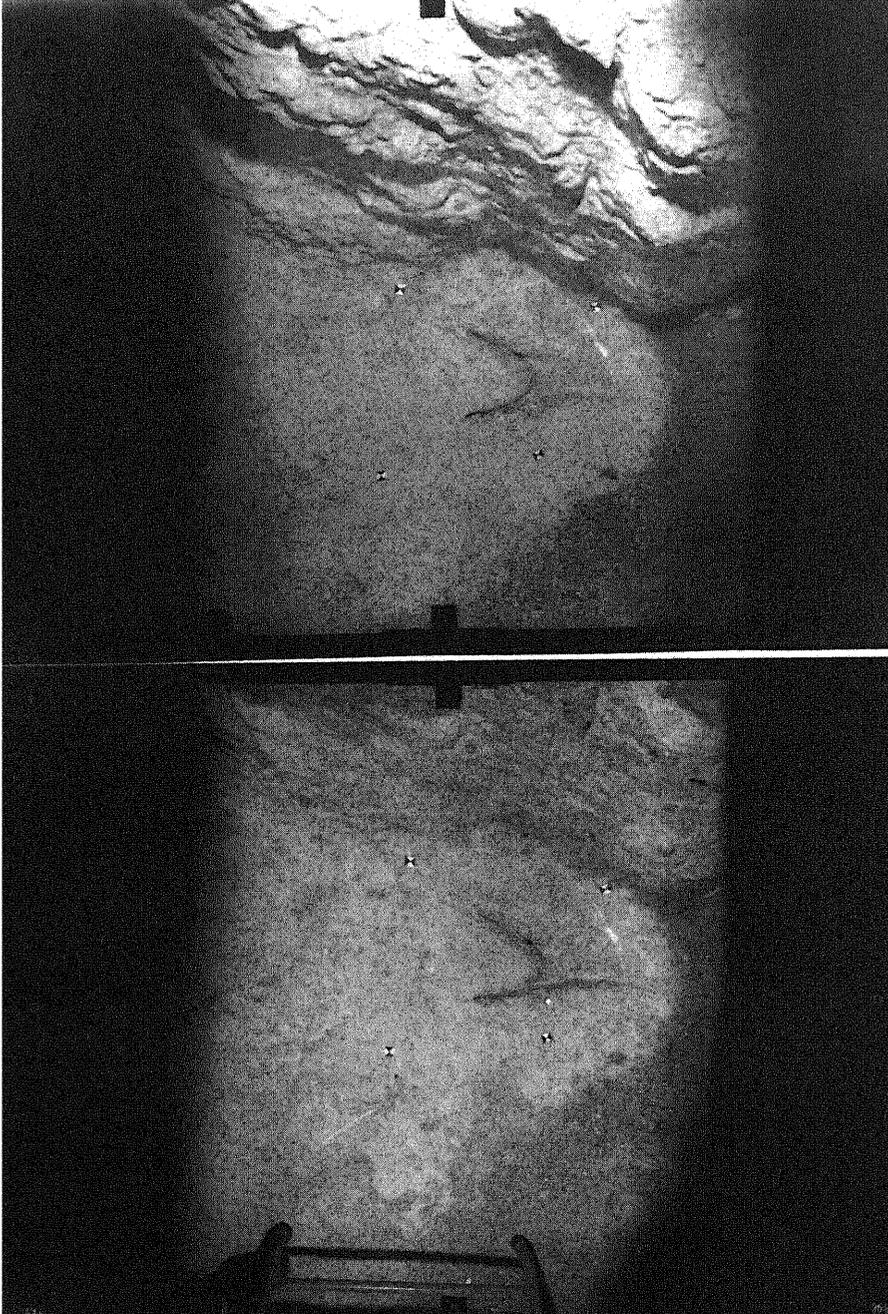
6. ANEXO (Fotogramas utilizados en la restitución).  
Par 1°



Par 2°



Par 3°



Par 4°