

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL

**VARIACIONES TEMPORAL Y ESPACIAL DE LA COBERTURA
NIVO-GLACIAR DEL NEVADO CAYAMBE USANDO
FOTOGRAFÍAS AÉREAS.**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
AMBIENTAL**

ELVIA DEL CARMEN GALLEGOS CASTRO

elvigallegos@hotmail.com

DIRECTOR: Ing. REMIGIO GALÁRRAGA SÁNCHEZ, M.Sc., Ph.D.

Remigio.galárraga@hotmail.com

Quito, Mayo 2014

DECLARACIÓN

Yo Elvia del Carmen Gallegos Castro, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

En la ciudad de Quito, a los 19 días del mes de Mayo de 2014.

Elvia del Carmen Gallegos Castro

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Elvia del Carmen Gallegos Castro bajo mi supervisión.

Ing. REMIGIO GALÁRRAGA SÁNCHEZ, M.Sc., Ph.D.
DIRECTOR DEL PROYECTO.

AGRADECIMIENTOS

A la Escuela Politécnica Nacional, por los conocimientos impartidos, al LAFSER (Laboratorio de Aerofotogrametría y Sensores Remotos) del Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, por las facilidades computacionales y el material prestado que hicieron posible culminar con este trabajo.

Al Instituto Geográfico Militar, por su colaboración con la información base para el desarrollo de la presente investigación.

Al Laboratorio Mixto Internacional GREAT-ICE (Glaciares y Recursos en Agua en los Andes Tropicales, Indicadores del Cambio Climático), financiado por el Instituto de Investigaciones para el Desarrollo de Francia (IRD), dentro del cual se realizó este estudio.

Al Dr. Remigio Galárraga por ser un gran guía a lo largo de este trabajo, por compartir sus conocimientos, experiencia y tener plena confianza en mí.

Al Dr. Antoine Rabatel, por su ayuda y gran paciencia. Al Ing. Marlon Calispa y al Sr. Danilo Álvarez por despejar mis dudas y ser de gran apoyo.

A mi equipo de trabajo: David, Don Victor, Ricardo y Cornelia, por su compañía y amistad. David gracias por los ánimos perpetuos.

A mi familia (papito, mami, ñaños y mi querido tío), por darme el apoyo incondicional de siempre y la estabilidad que me llena de fuerza diariamente y a mis querid@s amig@s, por darme siempre ánimo y alegrarme la vida. Un especial agradecimiento a Johana, por su paciencia y el apoyo desinteresado que siempre me ha brindado.

Elvia

DEDICATORIA

A mi padre, por apoyar cada uno de mis pequeños y grandes pasos.

CONTENIDO

DECLARACIÓN	II
CERTIFICACIÓN	III
CONTENIDO	VI
LISTA DE FIGURAS	IX
LISTA DE TABLAS.....	X
RESUMEN	XI
ABSTRACT	XII
PRESENTACIÓN	XIII
CAPÍTULO 1	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1. EL PROBLEMA.....	1
1.2. OBJETIVO	2
1.2.1. OBJETIVO GENERAL.....	2
1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
1.3. ALCANCE	3
1.4. RELEVANCIA DEL ESTUDIO.....	3
CAPÍTULO 2	6
RECOPILOACIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	6
2.1. DEFINICIONES GENERALES.....	6
2.1.1. GLACIARES.....	6
2.1.2. FOTOGRAMETRÍA	8
2.1.3. FOTOGRAFÍAS AÉREAS	8
2.1.4. ORTO-RECTIFICACIÓN	10
2.1.4.1. Orientación interna	11
2.1.4.2. Orientación externa	12
2.1.5. AEROTRIANGULACIÓN	13
2.1.6. MOSAICO	16
2.1.7. FOTOINTERPRETACIÓN	17
2.1.8. CLASIFICACIÓN DE IMÁGENES	18
2.1.9. SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA “SIG”	19

CAPÍTULO 3	20
METODOLOGÍA.....	20
3.1. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO	20
3.2. INFORMACIÓN DISPONIBLE	23
3.2.1. FOTOGRAFÍAS AÉREAS	23
3.2.2. CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN.....	23
3.2.3. CARTAS TOPOGRÁFICAS	24
3.2.4. PUNTOS DE CONTROL	24
3.3. ANÁLISIS TEMPORAL Y ESPACIAL DE LAS COBERTURAS NIVO- GLACIARES	25
3.3.1. RECOLECCIÓN Y SELECCIÓN DE IMÁGENES ÚTILES.....	25
3.3.2. ELABORACIÓN DE ORTOBASES	26
3.3.2.1. Generación de capas piramidales	27
3.3.2.2. Orientación interna	27
3.3.2.3. Orientación externa	28
3.3.2.4. Triangulación.....	28
3.3.2.4.1. Bloque 1978	29
3.3.2.4.2. Bloque 1993	30
3.3.2.4.3. Bloque 1999	31
3.3.2.5. Generación DTM	33
3.3.2.6. Ortorrectificación de imágenes.....	33
3.3.2.6.1. Bloque 1999	34
3.3.2.6.2. Bloque 1993	34
3.3.2.6.3. Bloque 1978	36
3.3.3. ELABORACIÓN DEL MOSAICO.....	36
3.3.4. OTOINTERPRETACIÓN DEL MOSAICO	37
3.3.5. CREACIÓN DE MÁSCARAS.....	40
CAPÍTULO 4	43
ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	43
3.4. ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA FOTOINTERPRETACIÓN.....	43
CAPÍTULO 5	48
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	48
5.1. CONCLUSIONES	48

5.2. RECOMENDACIONES	49
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51
ANEXOS	54
ANEXO N° 1	54
CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN	55
ANEXO N°2.....	72
FOTOGRAFÍAS AÉREAS	72
ANEXO N°3.....	88
PUNTOS DE CONTROL, VISTAS Y SOBREVISTAS.....	88
ANEXO N°4.....	108
REPORTES DE AEROTRIANGULACIÓN	108
ANEXO N°5.....	151
DTM	151
ANEXO N°6.....	153
MAPAS DE COBERTURA DEL SUELO	153
ANEXO N°7	154
INFORME TÉCNICO DE LA SALIDA DE CAMPO.....	154

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 2.1:CORTE TRANSVERSAL DE UN GLACIAR	7
FIGURA 2.2: RECUBRIMIENTO LONGITUDINAL Y TRANSVERSAL.....	9
FIGURA 2.3: ELEMENTOS DE UNA FOTOGRAFÍA AÉREA.....	10
FIGURA 2.4.GEOMETRÍA INTERNA.....	11
FIGURA 2.5: GEOMETRÍA EXTERIOR	12
FIGURA 2.6: OBTENCIÓN DE ORTOFOTOGRAFÍA	13
FIGURA 2.7: PRINCIPIO DEL MÉTODO DE AJUSTE POR HACES DE RAYOS	15
FIGURA 2.8: MOSAICO	16
FIGURA 3.1: NEVADO CAYAMBE	21
FIGURA 3.2: LOCALIZACIÓN DEL NEVADO CAYAMBE	22
FIGURA 3.3: RESUMEN DE TRIANGULACIÓN PARA EL BLOQUE 1978.....	29
FIGURA 3.4: RESUMEN DE TRIANGULACIÓN PARA EL BLOQUE 1993.....	31
FIGURA 3.5: RESUMEN DE TRIANGULACIÓN PARA EL BLOQUE 1999.....	32
FIGURA 3.6: MOSAICO 1978	37
FIGURA 3.7: MOSAICO 1999	37
FIGURA 3.8: COBERTURAS 1978	39
FIGURA 3.9: COBERTURAS 1999	39
FIGURA 3.10: SHAPEFILE DEFINITIVO DEL ÁREA GLACIAR CORRESPONDIENTE A 1978.....	42
FIGURA 3.11: SHAPEFILE DEFINITIVO DEL ÁREA GLACIAR CORRESPONDIENTE A 1999.....	42
FIGURA 4.1: RECESIÓN DE LA COBERTURA GLACIAR DEL NEVADO CAYAMBE EN EL PERÍODO 1978-1999	44

LISTA DE TABLAS

TABLA 3.1. FOTOGRAFÍAS AÉREAS DISPONIBLES EN EL LAFSTER.....	23
TABLA 3.2: CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN PARA LAS CÁMARAS RC10 Y RC30.	24
TABLA 3.3: FOTOGRAFÍA SELECCIONADAS PARA DESARROLLAR EL ESTUDIO.	26
TABLA 3.4: CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN UTILIZADOS PARA CADA BLOQUE.	28
TABLA 4.1: VALORES DE COBERTURA GLACIAR OBTENIDOS PARA LOS AÑOS ESTUDIADOS.....	43

RESUMEN

El cambio climático ha sido notorio alrededor del mundo y nuestro país no es la excepción. La recesión glacial en Ecuador ha sido evidente en los últimos años, lo que ha provocado la preocupación de la comunidad científica y gubernamental a fin de evaluar el cambio sufrido por las masas glaciares en los últimos años y su posible influencia sobre la disponibilidad de agua, así como su incidencia sobre las actividades humanas y ecosistémicas.

Este trabajo buscó cuantificar las variaciones temporal y espacial de las superficies glaciares y nivales del nevado Cayambe ocurridas en el período comprendido entre 1978 y 1999 mediante el uso de fotografías aéreas.

Se realizó la selección de las fotografías aéreas que cubrían la zona de estudio, se llevó a cabo una ortorrectificación de las mismas y se efectuó una clasificación de la zona para delimitar la parte correspondiente a la cobertura nivo-glacial del nevado Cayambe. Luego se extrajeron las máscaras pertenecientes al casquete glacial. Esta extracción no delimitó de la manera más adecuada el Nevado, por lo que se elaboró una delimitación manual con ayuda de un experto en el tema.

En el año 1978 el área del casquete glacial era de $23,85 \text{ km}^2$ y para el año 1999 la cobertura ha cambiado a $17,76 \text{ km}^2$, teniendo así una reducción del casquete glacial del nevado Cayambe en el período 1978-1999 del 25,53%, con una tasa de 1,21 %/año.

PALABRAS CLAVE: Cayambe, glacial, recesión glacial, aerofotogrametría, cambio climático.

ABSTRACT

Climate change has been noticeable worldwide and our country is not the exception. Glacial recession in Ecuador has been evident in the last years. This recession has caused the concern of the scientific community and governments alike to assess the changes occurring in the glacial masses in recent years and its possible influence on the availability of water and its impact on human activities and ecosystems. This study quantifies the temporal and spatial variations of the glacier and snow surface occurred in the Cayambe during the 1978 and 1999 period using aerial photography.

First, aerial photography covering the study area were selected and orthorectification of them was done. Second, the area was classified to define the snow and glacial Cayambe snow coverage. Thirdly mask belonging to the ice cap was determined. This extraction does not delineate in the most appropriate way the icecap, so a manual delineation was developed with assistance from an expert on the subject.

In 1978 the area of the icecap was $23,85 \text{ km}^2$ and in 1999 its coverage was $17,76 \text{ km}^2$ having a reduction of the icecap in the period 1978-1999 was 25,53%, with a rate of 1,21 % / year.

KEYWORDS: Cayambe, glacier, glacial recession, aerophotogrametry, climate change.

PRESENTACIÓN

El presente trabajo de investigación presenta el proceso llevado a cabo para cuantificar la recesión glaciaria ocurrida en el nevado Cayambe durante el período 1978-1999 y consta de cinco capítulos distribuidos de la siguiente manera:

En el primer capítulo se realiza una corta introducción a la temática de los glaciares, su problemática en nuestro país, las metodologías para determinar su recesión y la relevancia de estudios de este tipo.

El segundo capítulo contiene una recopilación bibliográfica con las definiciones más importantes respecto al tema.

En el tercer capítulo se desarrolla la metodología empleada para cumplir con el fin de este estudio. Se presenta una breve descripción de la zona de estudio y se explica de manera sencilla el procesamiento que se llevó a cabo con las fotografías aéreas para obtener las áreas finales, que se presentan en el capítulo cuatro junto con un análisis y discusión de los resultados obtenidos mediante la metodología utilizada.

Finalmente, en el quinto capítulo se presentan las conclusiones y recomendaciones del trabajo.

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1. EL PROBLEMA

El efecto del cambio climático sobre los nevados ecuatorianos ha sido notorio en el retroceso de los glaciares, lo cual ha provocado preocupación en la comunidad científica y gubernamental a fin de evaluar el cambio sufrido por las masas glaciares en los últimos años y su posible influencia sobre la disponibilidad de agua proveniente de estos glaciares, así como su incidencia sobre las actividades humanas y ecosistémicas (*PNUD, 2011*).

Actualmente en Ecuador ya solo quedan 7 grandes nevados cubiertos por glaciares: Chimborazo, Cotopaxi, Antisana, Cayambe, Altar, Iliniza Sur y Carihuairazo. De los resultados obtenidos sobre la evaluación de tres de estas coberturas glaciares (Cotopaxi, Chimborazo, Antisana) se puede decir que la reducción de éstas en el Ecuador es generalizada y que se ha incrementado a partir de los años ochenta (*Cáceres 2010*). Ante la situación de adversidad que ello puede generar, la obligación de las autoridades constituye asegurar el acceso y la disponibilidad de agua en el futuro. Las acciones decisivas para enfrentar el cambio climático requieren de información e investigación que permitan la formulación de políticas públicas y la toma de decisiones en todos los niveles (*PNUD, 2011*). Ecuador no dispone de un mapeo, ni de estudios completos sobre sus coberturas glaciares, aunque ya existen esfuerzos realizados en el Antisana (*Basantes, 2010; Collet 2010*), en el Cotopaxi (*Cáceres, 2004; 2008; 2010; Collet 2010*), Chimborazo (*Cáceres 2003; Jordan 2008*), Carihuayrazo (*Cáceres, 2002; 2006*), e Iliniza Sur (*Febres, 2007*).

Los glaciares del Ecuador cubren una superficie de aproximadamente 50 km² (*Cáceres, 2010*) y han sufrido un acelerado retroceso en los últimos 30 años. En

varios nevados y volcanes del país, las coberturas glaciares han ido perdiendo espacio y van cediendo terreno a las morrenas.

La falta de información acerca de los cambios ocurridos en los glaciares en los últimos años no permite tener una visión con respecto a futuros escenarios que podrían presentarse por la escasez del líquido vital, conocer la cantidad de agua que aportan los glaciares, el volumen de agua que poseen o cómo afectaría a la disponibilidad de agua en el futuro.

Los glaciares tropicales constituyen un importante indicador del cambio climático por su extrema sensibilidad a las variaciones de los parámetros meteorológicos como las temperaturas, la radiación, las precipitaciones, etc. (*Rabatel et al., 2013*). Además desempeñan un rol importante en el manejo del recurso hídrico, son proveedores de agua en regiones con escasas lluvias, regulan el régimen hidrológico en casi todas las regiones andinas y pueden ser causa directa o indirecta de catástrofes (*CAN, PNUMA, AECI, 2008*).

1.2. OBJETIVO

1.2.1. OBJETIVO GENERAL

- Cuantificar las variaciones temporal y espacial de las superficies glaciares y nivales del nevado Cayambe, ocurrida en los años 1978, 1993 y 1999 mediante el procesamiento de fotografías aéreas.

1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Revisar de bibliografía relacionada al procesamiento digital de fotografía aérea en zonas de alta montaña con cobertura glaciar y nival en los Andes

tropicales.

- Recopilar y tratar las fotografías aéreas de la zona del nevado Cayambe, así como información cartográfica relevante del área de estudio.
- Establecer las variaciones de la cobertura nival y/o glaciar durante los años de registro fotográfico aéreo y una clasificación de la cobertura del suelo.

1.3. ALCANCE

Los cambios de longitud, superficie y volumen ocurridos en el pasado proporcionan información sobre la respuesta de un glaciar a los cambios climáticos. Para medir dichos cambios glaciológicos, se utilizan métodos geodésicos de terreno, análisis de fotografías aéreas e imágenes satelitales, y reconstrucciones hechas en base a análisis geomorfológicos o de investigaciones históricas (*Pouyaud y Francou, 2004; CAN, PNUMA, AECI, 2008*).

La restitución aerofotogramétrica permite estimar los cambios de superficie de hielo a través del análisis de pares estereoscópicos compuestos por fotografías aéreas de fechas diferentes. Los estudios multitemporales presentan la ventaja de incrementar la cantidad de información susceptible de comparación respecto a uno del que dispone información solo para una fecha (*Febres, 2007*).

Esta investigación determina, mediante el uso de la fotointerpretación, si en los últimos años ha existido una variación en el área de cobertura nivo-glaciar sobre el nevado Cayambe y estima la tasa de esta variación.

1.4. RELEVANCIA DEL ESTUDIO

En 1994, el Institut de Recherche pour le Développement (IRD-Francia) tomó la iniciativa de crear un programa para estudiar los glaciares del Ecuador como extensión del programa fundado en Bolivia en 1991. El Volcán Antisana fue el

primero en ser investigado por su vinculación con el proyecto La Mica Quito-Sur de la EMAAP-Q (actual EPMAPS). A partir de 1997, y más activamente a partir de 2008, la EPN a través de su Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental se unió a este programa. En el 2011 el IRD financió la creación del Laboratorio Mixto Internacional, el LMI Great Ice a fin de estructurar el programa a nivel de toda la región de los Andes Centrales (Ecuador, Perú, Bolivia y Colombia) (*Francou, et al., 2011*). En este contexto el presente estudio aportará con valiosa información base al programa de investigación de los glaciares andinos, y de manera específica en el caso del nevado Cayambe.

Los glaciares tropicales son excelentes indicadores de la evolución del clima por su extrema sensibilidad a las variaciones de los parámetros meteorológicos como la temperatura, precipitación, radiación, etc. Bajo este concepto, han registrado las implicaciones climáticas de los fenómenos El Niño-Oscilación del Sur (ENSO) y pueden proporcionar valiosa información sobre su frecuencia y su magnitud. Son también objetos hidrológicos, cuyos recursos son aprovechados por las sociedades andinas, susceptibles de evoluciones futuras muy rápidas (*Pouyaud et al., 1998*).

Los glaciares andinos, además tienen una importancia económica considerable, pues sus aguas de deshielo proveen de agua potable e industrial a las principales capitales y algunas ciudades andinas (*Pouyaud et al., 1998*). En Quito el aporte de una cuenca del nevado Antisana con un área de 15,1 km, cuya cobertura glaciar es del 15% y cuyo cierre se ubica a 4000 m.sn.m de altitud, la presencia de glaciar permite un aporte adicional del 35% durante el período noviembre-febrero y del 10% en el período mayo-agosto. A nivel anual la contribución del glaciar es del 24% (*Villacís et al., 2009*). Por ello la reducción del aporte glaciar podría perjudicar de manera negativa a la disponibilidad de recursos hídricos en la ciudad de Quito. Situación que podría darse en los alrededores de los volcanes Cotopaxi, Chimborazo y Cayambe.

Por encontrarse los glaciares del Cayambe sobre un volcán activo, se presenta un riesgo en el caso de producirse un fenómeno volcánico eruptivo de mediana o

gran magnitud que podría generar lahares (flujos de lodo y escombros), fenómeno que por referencias históricas ha causado grandes daños en los valles cercanos al volcán donde se produjeron (*Cáceres, 2010*).

Considerando los factores relacionados con la variabilidad climática, la disponibilidad del recurso agua en relación con las coberturas glaciares y el riesgo que su deshielo representa, es necesario conocer cuáles son sus extensiones y distribución espacial (*Cáceres, 2010*). Por ello, con este estudio se busca determinar, mediante la fotointerpretación, si en los últimos años ha existido una variación en el área de cobertura nivo-glaciar del nevado Cayambe.

CAPÍTULO 2

RECOPILOCIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. DEFINICIONES GENERALES

2.1.1. GLACIARES

Un glaciar es un cuerpo permanente de hielo que se origina en la tierra, por la acumulación, compactación y recristalización de la nieve, muestra señales de movimiento por acción de la gravedad. Algunos creen que un glaciar debe mostrar algún tipo de movimiento para ser llamado glaciar, otros creen que un glaciar puede mostrar evidencia de un movimiento pasado o presente (*NSIDC, 2013*).

Para que ocurra acumulación de hielo la cantidad de nieve caída debe exceder a la cantidad de nieve/hielo fundida y sublimada, a medida que la nieve se va compactando, se transforma en hielo granular. Este hielo sufre la compresión de toda la masa que yace sobre él convirtiéndolo en hielo cristalino (*Córdova, 2002*).

La parte alta del glaciar se denomina zona de acumulación, pues ésta se encuentra sometida a las nevadas, mientras que su zona baja, donde las pérdidas se hacen más importantes, es la zona de ablación. Entre las dos, está la línea de equilibrio que es donde existe un balance entre los aportes y las pérdidas (*Franco, 2012*). El proceso de estabilidad depende del balance de masa, término que hace referencia a la diferencia entre la cantidad de hielo ganada por un glaciar mediante la acumulación y la pérdida causada por la ablación. Cuando este balance de masa es positivo aumenta el volumen, de lo contrario éste disminuye. Estos cambios tienen estrecha relación con el clima, por lo que un glaciar puede indicar períodos más húmedos o más secos (*Córdova, 2002*).

Los glaciares se mueven por gravedad triturando el suelo, raspando y puliendo las rocas duras. Los fragmentos de roca que se encuentran en la superficie vienen de los derrumbes en las paredes que rodean la zona de acumulación. Además éstos transportan una enorme cantidad de material detrítico de distinta granulometría, que se va situando en las márgenes o en el frente del glaciar, este material constituye lo que se conoce como “morrena” (Córdova, 2002).

FIGURA 2.1: CORTE TRANSVERSAL DE UN GLACIAR



Fuente: World Glacier Monitoring Service (WGMS), 2011.

Los países de la Comunidad Andina concentran el 95% de los glaciares tropicales del mundo, los cuales cubren hoy una superficie estimada en aproximadamente 2000 km^2 . El 71% de los mismos están ubicados en Perú, el 22% en Bolivia, el 4% en Ecuador y el 3% en Colombia. Los Andes Centrales albergan el 99% de los glaciares tropicales del mundo (CAN, PNUMA y AECI, 2008).

Los glaciares situados entre el trópico de Cáncer y el trópico de Capricornio son poco habituales, en especial aquellos que están próximos a la latitud cero. Existen varias razones para ello: es una de las regiones más cálidas del planeta, en la latitud ecuatorial las estaciones no existen y el clima va de templado a cálido todo el año, por lo que las nevadas son escasas y por lo tanto no se puede dar mucha acumulación de nieve. Las montañas en la trayectoria ecuatorial deben llegar a

cierta altura para mantener temperaturas que permitan a un glaciar establecerse. Por esta razón es que son especialmente sensibles al cambio climático (*Montero, 2010*) y constituyen indicadores ambientales de gran interés.

Los glaciares en Ecuador se encuentran muy próximos a la línea ecuatorial y se los puede tomar como un buen ejemplo para estudiar el comportamiento de los glaciares tropicales. Se ubican sobre las dos cordilleras en las cuales se dividen los Andes en el Ecuador. Los rangos de altitud varían entre los 4000 a 6300 m.s.n.m. Actualmente sobre la Cordillera Occidental se tienen 3 coberturas glaciares (Iliniza, Carihuayrazo, Chimborazo) (*Cáceres, 2010*) y sobre la Cordillera Oriental se tienen 4 coberturas glaciares (Cayambe, Antisana, Cotopaxi, Altar). De las coberturas mencionadas, el Cayambe es el único nevado atravesado por la línea ecuatorial y la cumbre más alta de esta latitud.

2.1.2. FOTOGRAMETRÍA

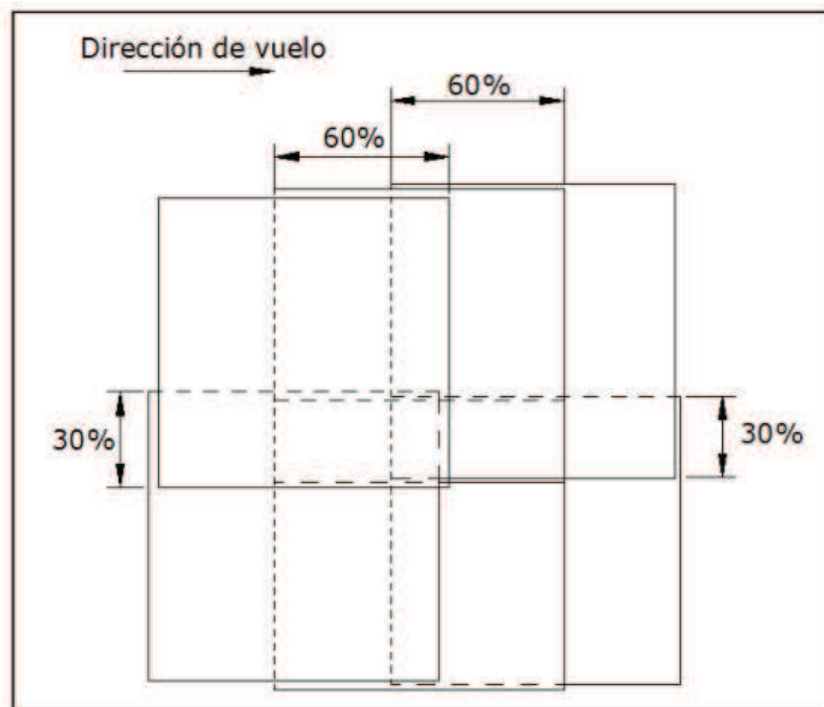
La fotogrametría según la American Society for Photogrammetry and Remote Sensing (1983) (ASPRS) es el arte, ciencia y tecnología para obtener información acerca de los objetos físicos y el medioambiente a través de procesos de registro, medición e interpretación de imágenes fotográficas y patrones de energía electromagnética radiante y otros fenómenos.

2.1.3. FOTOGRAFÍAS AÉREAS

Las fotografías aéreas son imágenes verticales captadas por cámaras fotográficas que sobrevuelan a cierta altura de la superficie (*Febres, 2007*). Para obtener imágenes fotográficas aéreas se realiza un vuelo fotográfico a una altitud que debe calcularse en función de la escala deseada y de la distancia focal de la cámara, pero además debe cubrir un cierto porcentaje de un territorio, el recubrimiento o traslape lateral debe ser mayor del 50% para que en cada foto aparezcan los puntos centrales de las dos imágenes contiguas. Son frecuentes

los recubrimientos del 60%. También las pasadas deben traslaparse, este recubrimiento puede ser de preferencia del 20% y en ocasiones se acepta un 10% (Figura 2.2).

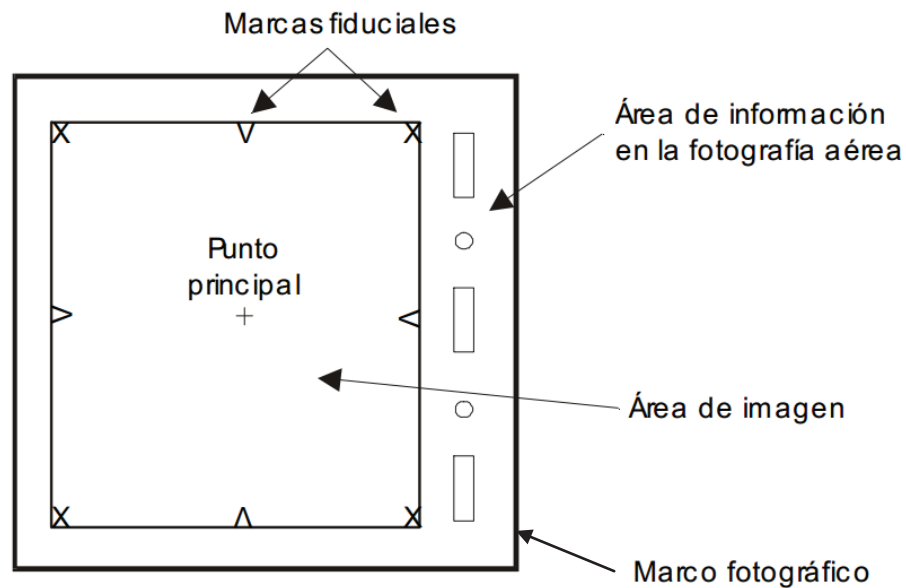
FIGURA 2.2: RECUBRIMIENTO LONGITUDINAL Y TRANSVERSAL



Fuente: Chacón, 2010.

Entre los elementos básicos de una fotografía aérea (Figura 2.3.) constan:

- Punto principal que es el punto de intersección de un eje perpendicular al plano terrestre sobre la fotografía.
- Marcas fiduciales que son señales impresas cuya intersección define el punto principal, pueden ser cuatro u ocho marcas.
- Área de información de la fotografía, donde se encuentran datos como la altura de vuelo, la distancia focal de la cámara, entre otros.
- Área de la imagen

FIGURA 2.3: ELEMENTOS DE UNA FOTOGRAFÍA AÉREA

Fuente: Otero et al., 2008

La obtención de las fotografías aéreas verticales se realiza mediante cámaras especiales, que difieren en algunas particularidades de las normales, estas particularidades tienen que ver con la precisión que se requiere en las fotografías aéreas dependiendo del trabajo que vaya a llevarse a cabo. Es preciso destacar que las características más importantes son internas y están relacionadas con las condiciones que las fotos deben cumplir para su empleo.

2.1.4. ORTO-RECTIFICACIÓN

Para la realización de un análisis multitemporal de la recesión glaciar no se pueden utilizar las fotografías aéreas en su estado original, pues deben pasar por un proceso que permite transformar las imágenes a coordenadas reales, proceso conocido como orto-rectificación. La rectificación diferencial de la fotografía consiste en enderezar y poner en escala pequeñas unidades geométricas de terreno, que ensambladas perfectamente dará como resultado una imagen fotográfica del terreno denominada ortofotografía que tiene la precisión de un mapa. La rectificación corrige los desplazamientos existentes en la imagen

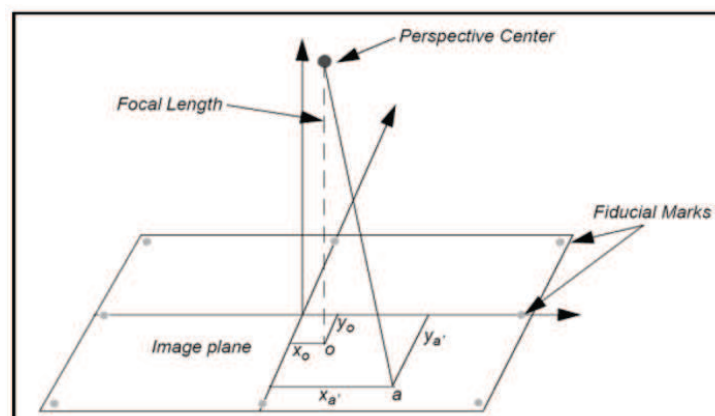
fotográfica original producidos por la inclinación del eje de la toma (Pérez, 2001).

La ortofotografía es un documento fotográfico que permite aprovechar el contenido informativo de una fotografía aérea. La ortofotografía digital parte de la imágenes generadas en forma digital o previamente escaneadas, divididas en elementos rectangulares denominados píxeles. Para generarla se debe disponer de la imagen digital, del certificado de calibración de la cámara con que fue tomada la foto y de un Modelo Digital de Terreno (DTM). Existen dos procesos importantes en la orto-rectificación: la orientación interna y la orientación externa.

2.1.4.1. Orientación interna

Esta operación permite la reconstrucción de la forma del haz proyectivo o, dicho de otra manera, permite la recuperación de la geometría en el instante de la toma del fotograma. Para ello es necesario conocer los parámetros internos de la cámara proporcionados por el certificado de calibración de la misma. Un certificado de calibración es el resultado visible de un laboratorio de calibración, el documento complementario a un experimento de calibración (Tierra, 2012). Los valores que serán necesarios para el proceso son: las coordenadas del punto principal, las coordenadas de las marcas fiduciales, la distancia focal y la función de distorsión (ver Figura 2.4).

FIGURA 2.4: GEOMETRÍA INTERNA

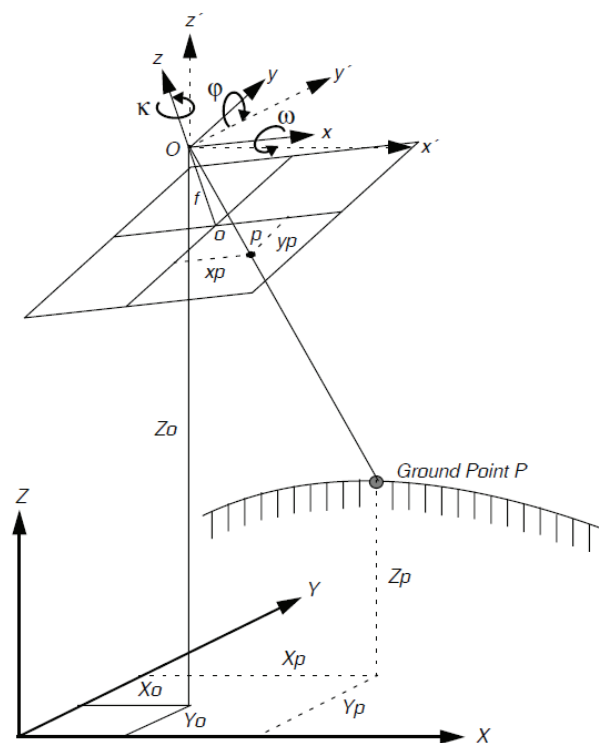


Fuente: ERDAS imagine User's Guide, 2002

2.1.4.2. Orientación externa

Permite definir la posición y la orientación angular de la imagen con respecto al terreno (Figura 2.5). Dependiendo del método de cálculo empleado se la puede realizar en un solo paso mediante una ecuación de colinealidad o con dos pasos a través de la orientación relativa y absoluta.

FIGURA 2.5: GEOMETRÍA EXTERIOR



Fuente: ERDAS Field Guide, 1999

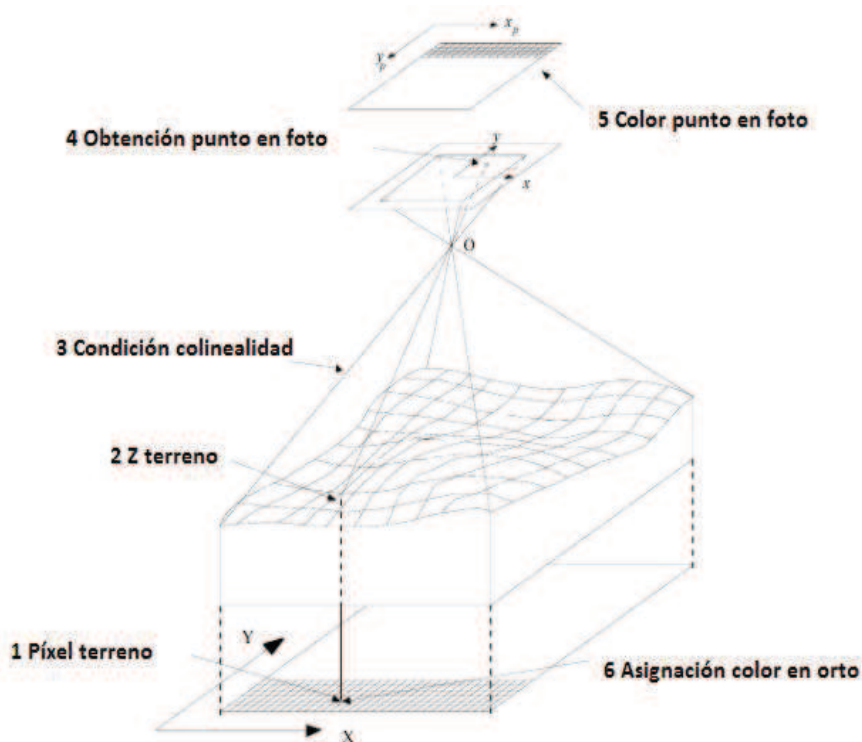
La precisión en la medición de las superficies glaciares dependerá del trabajo de campo a través de la obtención de los puntos de control. Un punto de control es un punto de coordenadas X , Y , Z conocidas que permite realizar un control del error que puede resultar de los procesos de orientación interna y externa que se acaba de mencionar. Estos puntos también pueden ser obtenidos de cartografía previamente tratada.

Se parte de una posición de cualquier punto sobre el terreno, de coordenadas X e

Y conocidas y con el DTM se obtiene Z de dicho punto. Con estas coordenadas, los parámetros de orientación externa y las ecuaciones de colinealidad se obtiene analíticamente la posición del punto sobre la imagen, como si se hubiese reconstruido el rayo luminoso que lo impresionó.

A partir de la orientación interna se identifica dicha posición y su tonalidad, en escala de grises o en color, pero la posición de los píxeles proyectados no coincide con la posición inicial de los mismos, por lo que es necesario combinar la información con la de los vecinos más cercanos, de tal manera que los píxeles resultantes tengan su nivel de gris (ver Figura 2.6).

FIGURA 2.6: OBTENCIÓN DE ORTOFOTOGRAFÍA



Fuente: Sánchez et al., 2012.

2.1.5. AEROTRIANGULACIÓN

Consiste en la determinación de puntos en el terreno u objeto a tratar mediante métodos fotogramétricos (*Kollner, 2008*), su principal utilidad es conseguir el

número suficiente de puntos de apoyo para poder orientar todos los pares estereoscópicos que intervengan en un proyecto. El proceso tiene una considerable disminución de los puntos que se requerirían tomar en campo, reduciendo los costos. Además permite una homogeneización de todo el bloque fotogramétrico. Del bloque de fotogramas se conocen:

- Las coordenadas imagen de los puntos medidos en el bloque.
- Las coordenadas modelo de los puntos pertenecientes al bloque considerado. Las cuales se obtienen a partir del cálculo de la orientación relativa.
- Las coordenadas terreno de cuatro puntos de apoyo dispuestos en las esquinas del bloque (de preferencia, pues esto da un menor error a la hora de la aerotriangulación).

La metodología para realizar una aerotriangulación consiste en calcular las coordenadas modelo de todos los puntos en un sistema de referencia "modelo" único para todo el bloque, para lo cual se llevan a cabo sucesivas transformaciones de coordenadas tridimensionales.

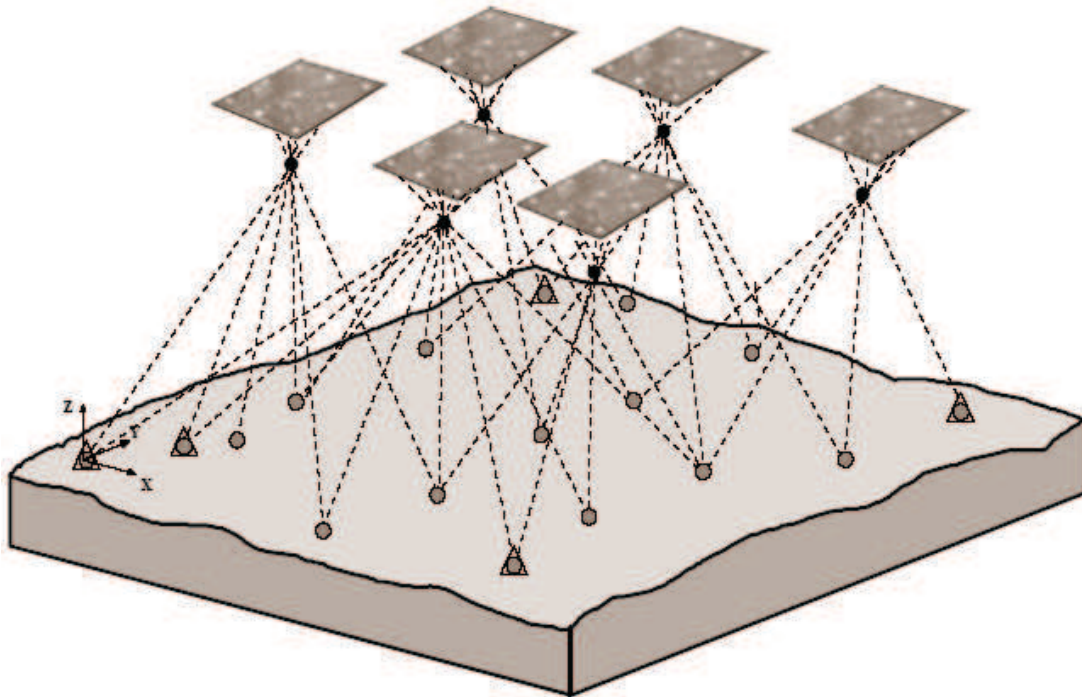
A partir de las coordenadas obtenidas anteriormente se hallan las coordenadas de terreno aproximadas de todos los puntos que sean objeto de compensación. Aquí también se utiliza una transformación de coordenadas tridimensional.

Finalmente se realiza la compensación del bloque mediante el método de los modelos independientes o por el método de haces de rayos (ver Figura 2.7). El método de los haces de rayos considera el rayo óptico espacial como una unidad y formula el sistema de ecuaciones utilizando la condición de colinealidad, es decir que el punto sobre el terreno, el punto imagen y el centro de proyección están alineados.

El principio se basa en el desplazamiento y rotación de los haces de rayos, de modo que intersectan los puntos de paso tan bien como pueden y pasan tan cerca de los puntos de apoyo como les es posible. Se requieren los siguientes

datos: parámetros de orientación interna, parámetros de orientación externa y coordenadas imagen de los puntos.

FIGURA 2.7: PRINCIPIO DEL MÉTODO DE AJUSTE POR HACES DE RAYOS



Fuente: Lerma, 2009.

La resolución de todos los cálculos y compensaciones exige la aplicación del algoritmo de los mínimos cuadrados, haciendo mínimo el sumatorio de los cuadrados de los residuos del ajuste en cuestión, obteniéndose la mejor solución para los parámetros buscados. Sin embargo, estos métodos contienen un error que puede deberse a la falta de correspondencia entre el modelo matemático y el fenómeno real que se estudia, a errores de los datos iniciales, a un error del método de solución que dependerá de la estabilidad de algoritmo utilizado o a errores de redondeo de los números utilizados en las operaciones. Este problema se minimiza mediante la realización de un cierto número de iteraciones en la resolución de los sistemas de ecuaciones planteados (Lerma, 2009).

2.1.6. MOSAICO

Es un conjunto de fotografías agrupadas con el fin de obtener la representación de una determinada área de terreno (ver Figura 2.8), las fotografías se unen a partir de puntos conocidos, obteniendo al final una sola fotografía (*Chacón, 2010*).

Para la formación de mosaicos se tienen en cuenta las zonas de recubrimiento entre las ortofotos usadas. Con la corrección respectiva se logra eliminar las discontinuidades y crear una representación homogénea de color y tonalidad en la producción de los mosaicos.

FIGURA 2.8: MOSAICO



Fuente: Fuica, 2012

2.1.7. FOTOINTERPRETACIÓN

La fotointerpretación es la técnica de examinar una fotografía a fin de identificar los diferentes componentes del paisaje. Comprende un estudio detallado de los elementos que aparecen en las fotografías para llegar a una correcta evaluación de los mismos.

La fotografía aérea en blanco y negro representa el terreno en diferentes tonalidades de gris, para lo cual es necesario considerar una serie de elementos: tamaño, forma, tono y color, textura, patrón y patrones de interpretación (Rodríguez, 2013).

- El tamaño observado puede ser de ayuda en el caso de que dos elementos parecidos aparezcan en la imagen, siendo su tamaño el factor decisivo.
- La forma de los objetos contribuye a delimitar la clase a la que pertenece un objeto y en muchos casos permite su clara e inequívoca identificación.
- El color contribuye positivamente si las imágenes son en color, cosa que se minimiza cuando las imágenes son en blanco y negro. Para usar correctamente las diferencias en la tonalidad de las fotografías es necesario conocer los factores que tienen influencia sobre los tonos. Por ejemplo, un río puede aparecer en una fotografía de color y en otra de color negro a causa de la reflectividad del agua o a causa del ángulo de incidencia de los rayos solares. Sin embargo, el proceso de revelado permite cambiar tonalidades a una fotografía, por lo que no siempre se debe prestar atención tan solo a este factor.
- La textura se puede definir como la distribución de tonos que representan un conjunto de unidades muy pequeñas para ser identificadas individualmente. El tamaño varía con la textura y con la escala, y en algunos elementos es suficiente para identificar los objetos. Por ejemplo,

las hojas no pueden ser vistas, pero le dan una textura especial a la zona de bosques.

- El patrón se refiere a la agrupación ordenada de ciertos elementos con características especiales. El tipo, densidad, forma del drenaje puede indicar claramente el tipo de terreno o roca.
- Un patrón de fotointerpretación está constituido por fotografías individuales o pares estereoscópicos, donde se muestran características de un objeto que se desea identificar y que permiten organizar la información.

2.1.8. CLASIFICACIÓN DE IMÁGENES

Clasificación es el proceso de ordenar píxeles en un número finito de clases individuales, o en categorías de datos basados en sus valores. Si un píxel satisface una serie de criterios, entonces se le asigna a dicho píxel la clase que corresponde a ese criterio (*Aviles, 2007*). La clasificación puede ser de dos tipos: clasificación no supervisada y clasificación supervisada.

La clasificación no supervisada es automatizada y permite especificar parámetros que la computadora acostumbra a usar como pautas para revelar modelos estadísticos en los datos (*Aviles, 2007*). No implica un conocimiento del área de estudio, por lo que se basa únicamente en interpretación. Se puede tomar a este método como exploratorio, es decir que estará dirigido a deducir las clases que se encuentran en la imagen (*Chuvienco, 1990*).

La clasificación supervisada requiere de cierto conocimiento previo del terreno y de los tipos de coberturas presentes en el área de estudio por medio de trabajo de campo, lo cual permitirá delimitar zonas representativas de los usos o coberturas que se quiere abstraer, comúnmente llamado “sitios de entrenamiento” o “campos de entrenamiento”.

A partir de esos sitios de entrenamiento, denominados “Region of Interest” o ROI’s en la imagen se está obteniendo los niveles digitales que le corresponde a cada clase. Se identifican los pixeles con características similares. Si la clasificación es exacta, entonces cada clase resultante corresponde a un modelo identificado originalmente. Acabada la delimitación de un campo de entrenamiento, pueden definirse otros para la misma categoría. En general, resulta conveniente seleccionar varios campos por cobertura, a fin de reflejar adecuadamente su variabilidad en la zona de estudio (*Chuvienco, 1990*). La clasificación supervisada ofrece un mayor control que la clasificación no supervisada.

2.1.9. SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA “SIG”

Los SIG son bases informatizadas de datos con algún tipo de componente espacial. Entre sus funciones, se encuentra el proporcionar un almacenamiento coherente de la información espacial, que puede ser manipulada con el mínimo esfuerzo. Permite obtener modelos cartográficos, facilita la presentación gráfica de resultados y también sirve como herramienta de simulación (*Chuvienco, 1990*).

CAPÍTULO 3

METODOLOGÍA

3.1. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

El nevado Cayambe se encuentra ubicado sobre la Cordillera Oriental de los Andes, en la provincia de Pichincha al Nororiente de la ciudad de Quito. Su latitud es 0°1'30" N y su longitud es 77°59'13,2" W. Según el sistema de coordenadas UTM, datum WGS84, la zona en la que se encuentra se reparte entre la zona 17S y 18S. Con una elevación de 5790 m.s.n.m. es la tercera montaña más alta del Ecuador. Se ha clasificado como un estratovolcán cónico y su estado es activo con una importante actividad en los últimos miles de años (*Samaniego et al., 2007*). Sobre los 4800 m.s.n.m está cubierto por un importante casquete glacial que cubre un área aproximada de 22 km^2 y que alcanza un espesor de alrededor de 30 a 50 m en la cumbre (*Samaniego et al., 2004*) del cual descienden lenguas glaciares hasta los 4400 m.s.n.m. en el flanco oriental, mientras que en el flanco occidental los glaciares llegan a una altura de 4800 a 5000 m.s.n.m. (*IGEPN, 2010*). De las referencias históricas se puede ver que la glaciación en el Cayambe ha sido más amplia en el pasado, evidencia de esto son las abundantes morrenas que se extienden más allá de los actuales límites del hielo (*Montero, 2010*).

En lo que respecta al clima, el período lluvioso comienza entre los meses de abril y mayo, los caudales máximos se registran en los meses de junio y julio. El período menos lluvioso va desde agosto hasta abril, en el cual los caudales de los ríos descienden significativamente. Las precipitaciones registradas son variables durante todo el año y sus totales anuales varían entre los 800 y 2000 mm dependiendo de la altura. Los caudales de alta montaña se registran constantes casi todo el año por efecto del deshielo de los glaciares. Las temperaturas oscilan entre 0°C y 20°C. La humedad relativa es casi siempre mayor al 80% (*Montero, 2010*).

La vegetación natural del piso más bajo es de tipo arbóreo bajo o matorral y en el piso inmediato es sustituida por el páramo con una capa herbácea saturada. Se pueden observar en la zona cóndores, gaviotas, venados. Existen especies en peligro de extinción como el tapir o danta de montaña, osos de anteojos y el cóndor andino. Sorprendentemente existen ranas acuáticas, sapos de páramo, ranas marsupiales. Del grupo de los reptiles, su único representante son las lagartijas. Los mamíferos son difíciles de observar, los más comunes de ver son los conejos; se pueden encontrar osos de anteojos, venados, tapires, lobos de páramo, zorros andinos, pumas, llamas, entre otros (*Montero, 2010*). Por todos estos valores naturales, el sector se encuentra protegido y forma parte de la Reserva Ecológica Cayambe-Coca.

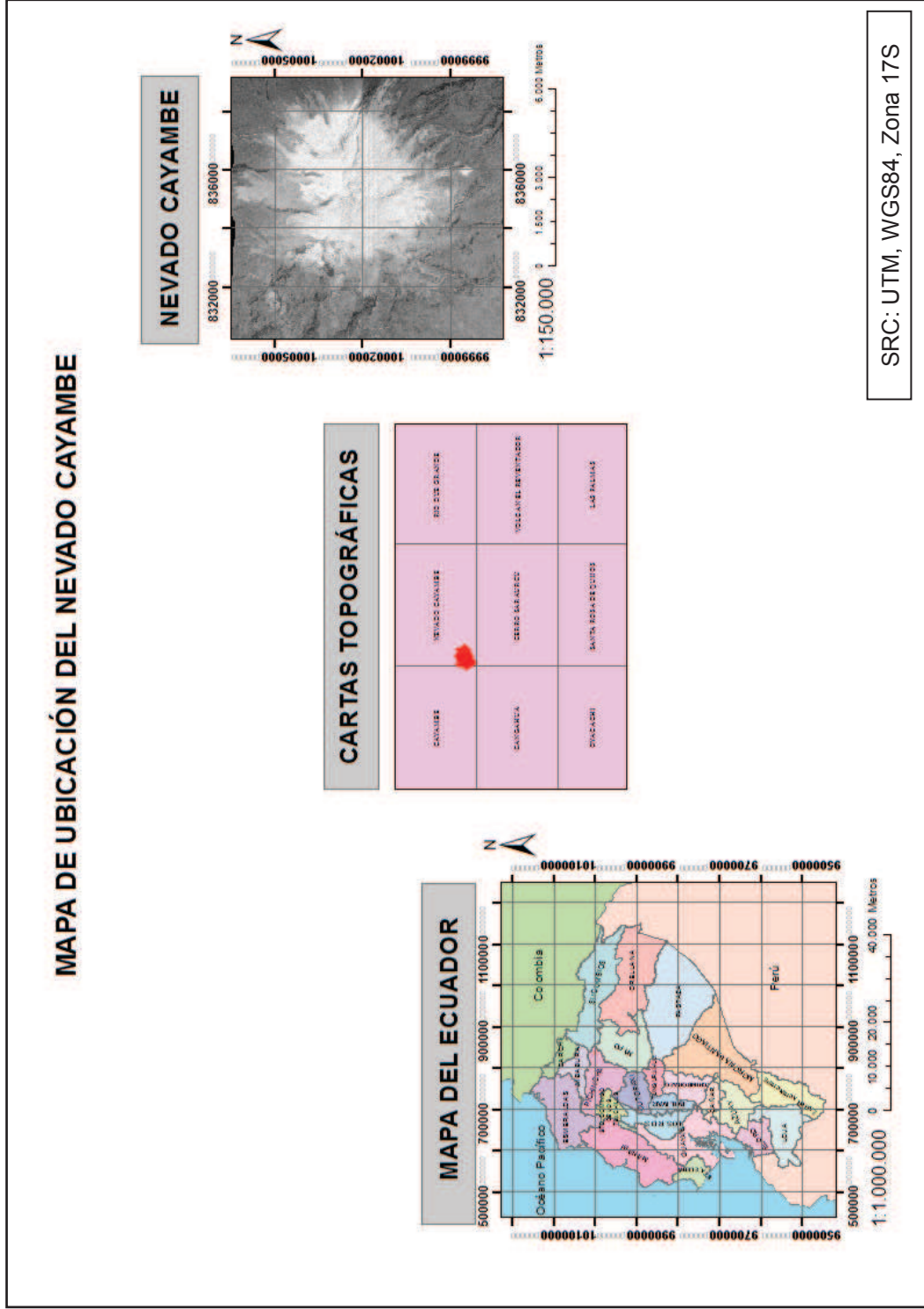
A 15 km del nevado Cayambe (Figura 3.1) se ubica 15 km la ciudad de Cayambe (Fig 3.2), llamada así por el nombre del volcán. Sus valles aledaños son de buena fertilidad, lo que ha permitido el desarrollo de la agricultura intensiva, dedicada principalmente a la floricultura y a la producción lechera. Estas actividades constituyen un gran consumo de agua, por lo que es de interés de la población conocer que está ocurriendo con sus suministros.

FIGURA 3.1: NEVADO CAYAMBE



Autor: Elvia Gallegos, 2013

FIGURA 3.2: LOCALIZACIÓN DEL NEVADO CAYAMBE



Elaborado por: Elvia Gallegos, 2014

3.2. INFORMACIÓN DISPONIBLE

3.2.1. FOTOGRAFÍAS AÉREAS

El Laboratorio de Aerofotogrametría y Sensores Remotos (LafSER) del Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental de la Escuela Politécnica Nacional, cuenta con fotografías aéreas correspondientes a la región del nevado Cayambe desde el año 1965 hasta el año 2009, adquiridas en el Instituto Geográfico Militar (IGM) en el marco de un proyecto previo llamado PIC 08-506. Éstas se muestran continuación (Tabla 3.1):

TABLA 3.1. FOTOGRAFÍAS AÉREAS DISPONIBLES EN EL LafSER.

AÑO	CAMARA	# FIDUCIALES	FOCALES	ROLLO	LINEA	No. DE FOTO		TOTAL
						DESDE	HASTA	
08/02/1965	USAF	4	151.68	78	54	7176	7178	3
17/02/1966	USAF	4	151.986	83	56	7596	7598	3
31/05/1978	JET	4	152.68	33	30	6784	6786	3
31/05/1978	JET	4	152.68	33	29D	6764	6766	3
31/05/1978	JET	4	152.68	33	33	6762	6763	2
18/01/1979	JET	4	152.68	43	29B	8841	8843	3
02/08/1993	JET	4	153.03	160	37	31579	31581	3
03/08/1993	JET	4	153.03	160		31604	31606	3
14/11/1999	RC-30	8	152.92	37	37	8944	8946	3
14/11/1999	RC-30	8	152.92	37	38	8976	8979	4
13/09/2009	RC-30	8	152.92	111	12	5825	5827	3
TOTAL DE FOTOGRAFÍAS								33

Fuente: Instituto Geográfico Militar, 1965-2009

Elaboración: Elvia Gallegos

3.2.2. CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN

Los certificados de calibración de las cámaras (Anexo N° 1) con las que fueron tomadas las fotografías con las que cuenta el LafSER fueron adquiridos en el IGM y se presentan a continuación (Tabla 3.2):

TABLA 3.2: CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN PARA LAS CÁMARAS RC10 Y RC30.

CÁMARA	FECHA DE CALIBRACIÓN
RC10	24/10/1974
	10/03/1976
	26/06/1982
	30/09/1985
RC30	29/05/1995
	22/06/2002
	20/08/2007

Fuente: Instituto Geográfico Militar, 1974-2007
Elaboración: Elvia Gallegos

3.2.3. CARTAS TOPOGRÁFICAS

Se descargaron 4 cartas topográficas a escala 1:50000 del sitio web del IGM (<http://www.geoportalignm.gob.ec/portal/>), estas fueron:

- Nevado Cayambe
- Cayambe
- Cangahua
- Cerro Saraurcu.

3.2.4. PUNTOS DE CONTROL

Los puntos de control (PC) utilizados para el desarrollo de este proyecto fueron obtenidos de distintas fuentes. Algunos fueron adquiridos por el IGM y corresponden al año 1975. En el caso del año 1993 se realizaron pruebas con algunas fuentes para determinar la más adecuada y que brinde menor error, sin embargo, este año presentó varios problemas en lo que concierne a calidad de las fotografías tomadas; problemas que se explicarán a detalle más adelante en este trabajo. Los puntos de control utilizados para cada bloque se encuentran presentes en el Anexo N° 3.

3.3. ANÁLISIS TEMPORAL Y ESPACIAL DE LAS COBERTURAS NIVO-GLACIARES

Para el procesamiento de las fotografías aéreas se siguió la metodología propuesta en la tesis de Alexandra Febres (Análisis Tempo-Espacial de la cobertura nivo-glaciar del nevado Iliniza Sur, 2007) mediante la utilización del módulo LPS del software ERDAS IMAGINE 10 y para la extracción de máscaras mediante un SIG.

3.3.1. RECOLECCIÓN Y SELECCIÓN DE IMÁGENES ÚTILES

Las fotografías fueron recolectadas y revisadas para verificar que puedan ser usadas en la elaboración de los mosaicos. Para empezar, se chequeó que las fotografías cubrieran el área de estudio. De este chequeo se determinó que, de las fotografías con las que cuenta el LAFSER, las que cubrían completamente el área correspondiente al nevado Cayambe fueron aquellas pertenecientes a los años 1978, 1993 y 1999. Para los años 1965-66 y 2009 no existen fotografías para la parte Oeste y Este respectivamente.

Las fotografías correspondientes al año 1965 poseían nubosidad en los márgenes del glaciar, lo que implica que podrían generar problemas a la hora de la fotointerpretación de las mismas. Algunas de las fotografías del año 1966 y 1993 no se encontraban en la zona de interés de este estudio, por lo que no fueron usadas.

En el caso del año 1993 se contaba con 6 fotografías aéreas que cubrían todo el área por estudiar, pero las 3 fotografías correspondientes a la parte Este del Nevado presentaban demasiado brillo, lo que podría generar problemas posteriores en el momento de fotointerpretar. Por otro lado, presentaban un traslape menor al 10%, aun así se las utilizó para observar qué tipo de resultados nos podrían ofrecer y si estos serían válidos para este trabajo, es importante disponer de datos para poder desarrollar una investigación, ya sea para

aceptarlos o rechazarlos en función de su bondad.

Debido a todos los problemas mencionados, finalmente se decidió trabajar con los años 1978, 1993 y 1999. Las fotografías seleccionadas fueron:

TABLA 3.3: FOTOGRAFÍAS SELECCIONADAS PARA DESARROLLAR EL ESTUDIO.

FECHA	CAMARA	ROLLO	LINEA	No. DE FOTO	
				DESDE	HASTA
31/05/1978	JET	29D	33	6764	6766
02/08/1993	JET	160		31579	31581
03/08/1993	JET	160	37	31604	31606
14/11/1999	RC-30	37	37	8944	8946
14/11/1999	RC-30	37	38	8977	8979
TOTAL DE IMÁGENES SELECCIONADAS				15	

Fuente: Instituto Geográfico Militar, 1978-1999

Elaboración: Elvia Gallegos

3.3.2. ELABORACIÓN DE ORTOBASES

Para la elaboración de las ortobases correspondientes a los años 1978, 1993 y 1999 se crearon los bloques para cada año definiendo el dispositivo de cada uno como "Frame Camera", después se especificó el sistema de coordenadas, el datum y la zona en los que se trabajaría. A causa de que los puntos de control entregados para las diferentes fotografías escogidas se encontraban en WGS 84 zona 18S y en PSAD56 zona 17S, el bloque correspondiente al año 1999 se ubicó en WGS84 18S, el bloque del año 1993 en WGS84 17S y el bloque del año 1978 WGS84 17S. En el caso de las coordenadas proporcionadas en PSAD56 que pertenecían al año 1993 se realizó una transformación a WGS84 en la zona 17S mediante el uso de una calculadora geodésica, lo cual será de utilidad posteriormente para asegurar la validez de las coordenadas cuando se ingresen los puntos de control al programa. En el caso del año 1999 subsiguientemente se realizará una proyección para la zona 17S. Además se añadió la altura de vuelo

de cada bloque, información obtenida de las fotografías aéreas.

Consecutivamente se definieron las características para el dispositivo que tomó las fotografías: las coordenadas del punto principal, las coordenadas de las marcas fiduciales, la distancia focal y la función de distorsión, las cuales se guardaron como archivo .cam y serán utilizadas para definir la orientación interior.

Finalmente se cargaron las fotografías correspondientes a cada año.

3.3.2.1. Generación de capas piramidales

Una vez añadidas las fotografías, las capas piramidales que permiten acelerar los procesamientos y preservar los contenidos de las imágenes se efectuaron de manera automática. El objetivo de las capas piramidales es la compresión de las imágenes digitales, la idea básica es la eliminación de la redundancia de la imagen original.

Inmediatamente, se colocaron los datos correspondientes a las orientaciones interna y externa. En el caso de las imágenes en las que no se efectuó automáticamente este proceso, se lo realizó manualmente.

3.3.2.2. Orientación interna

La información de la orientación interna fue obtenida de los certificados de calibración de la cámara (Anexo N°1). Estos certificados proporcionan la información correspondiente a la distancia focal, coordenadas del punto principal, coordenadas de las marcas fiduciales y funciones de distorsión, datos que son requeridos por el programa. Posteriormente se marcaron los puntos fiduciales de cada una de las fotografías. El Error Cuadrático Medio (Root Mean Square Error o RMSE) obtenido en cada uno de los bloques elaborados fue menor a 0.5 píxeles.

Con este valor, se puede calcular el RMSE real, que está dado en cm y se obtiene mediante la ecuación (1):

$$\text{Valor real del RMSE} = \frac{\text{RMSE} * \text{Valor de la escala}}{100} \quad (1)$$

Los certificados de calibración (Anexo N° 1) utilizados fueron (Tabla 3.4):

TABLA 3.4: CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN UTILIZADOS PARA CADA BLOQUE.

CÁMARA	FECHA DE CALIBRACIÓN	BLOQUE
RC10	10/03/1976	1978
	30/09/1985	1993
RC30	29/05/1995	1999

Fuente: Instituto Geográfico Militar, 1976-1995
Elaboración: Elvia Gallegos

En el caso del bloque 1993 se usó un certificado con un tiempo bastante alejado del año en cuestión (1985), pues no se disponía de información más reciente, sin embargo en ese bloque el RMSE obtenido también fue menor a 0.5 por lo tanto se continuó con el proceso y se aceptó el uso de este certificado.

3.3.2.3. Orientación externa

En lo que respecta a la información externa, ésta se dejó como “Unknown”, es decir como información desconocida, información que el programa generará en el proceso de aerotriangulación y se la podrá ver en los reportes que se presentan en el Anexo N°4.

3.3.2.4. Triangulación

Para proceder con la aerotriangulación se colocaron los puntos de control en cada una de las fotografías en parte tratadas. Se empezó por el bloque del año 1999,

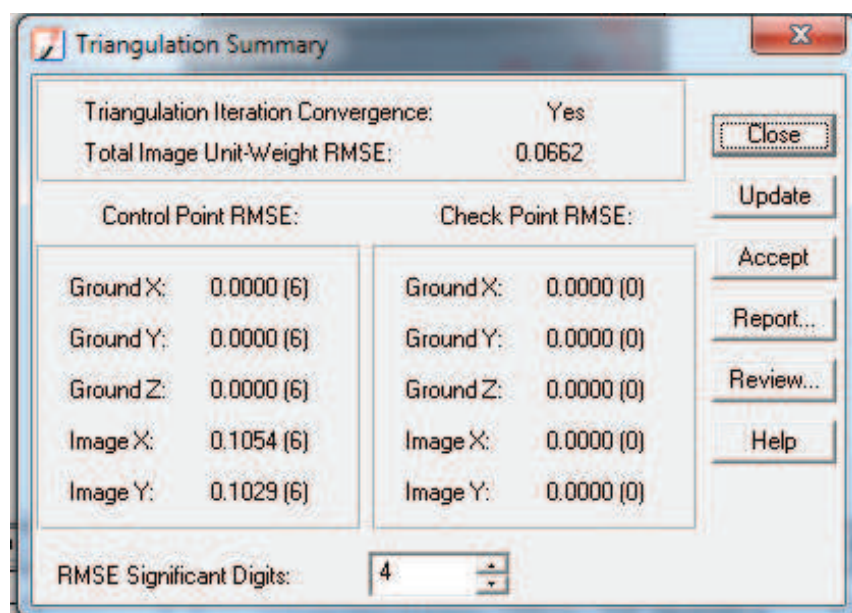
que es el bloque del que se tenía mayor información. Continuando con el año 1993 y se finalizó con el bloque correspondiente al año 1978.

3.3.2.4.1. *Bloque 1978*

Para el año 1978 se obtuvieron puntos de un ortofotomosaico correspondiente al año 1975 que fue comprado al IGM, los puntos que se tomaron junto con las coordenadas fueron 9, los mismos que se encuentran en el Anexo N° 3. No fue posible encontrar una mayor cantidad de puntos, puesto que la ubicación de sectores que no cambien con los años es complicada. Se prefirió localizaciones fáciles de identificar y que no varíen a lo largo del tiempo.

El RMSE resultante del proceso de aerotriangulación fue de 0,176 mm. Se revisó el reporte de aerotriangulación y se encontró que los puntos 21, 23 y 24 presentaban valores de residuales muy altos, por lo que fueron eliminados. Así, se consiguió un resultante del RMSE de 0.066 mm, que según la ecuación (1) es 39,72 cm o 0,39 m, el valor fue admitido por no tratarse de puntos tomados en campo.

FIGURA 3.3: RESUMEN DE TRIANGULACIÓN PARA EL BLOQUE 1978



Elaboración: Elvia Gallegos

3.3.2.4.2. *Bloque 1993*

En el caso del bloque correspondiente al año 1993 se usaron 12 puntos de control proporcionados por el IGM y se utilizaron los parámetros mencionados anteriormente. Sin embargo, en este bloque se dieron una serie de problemas, empezando por su ubicación, pues como se creó un bloque con datum PSAD56 en la zona 17S que coincidía con el sistema de las coordenadas entregadas por el IGM se procedió con el proceso de triangulación, pero el RMSE calculado por el programa fue de aproximadamente 3, por ello se hizo uso de la calculadora geodésica y se transformó estas coordenadas a WGS84 en la zona 17S, pero estas coordenadas tampoco presentaron valores favorables. Al principio se obtuvo un RMSE de 1,5 mm para este bloque, por lo que se borraron los puntos que causaban problemas para disminuir este error, siendo estos puntos 31604A, 31604C, 31605A, 31605C, 31606A, 31606C y 31581A. Luego se cambiaron algunos puntos de unión bien distribuidos en las fotografías a puntos de control, estos puntos fueron: 13, 14, 22, 25, 28, 33, 49, 58, 59, 63 y 67. De esta manera el RMSE fue de 0,2485 mm, que según la ecuación (1) es equivalente a 149,1 cm o 1,49 m. Este valor puede explicarse porque no se trata de puntos tomados por la autora y por haber realizado un cambio de coordenadas. A pesar de que el error asociado es significativo, en cualquier caso, es el mínimo existente, motivo por el cual debe aceptarse como válido.

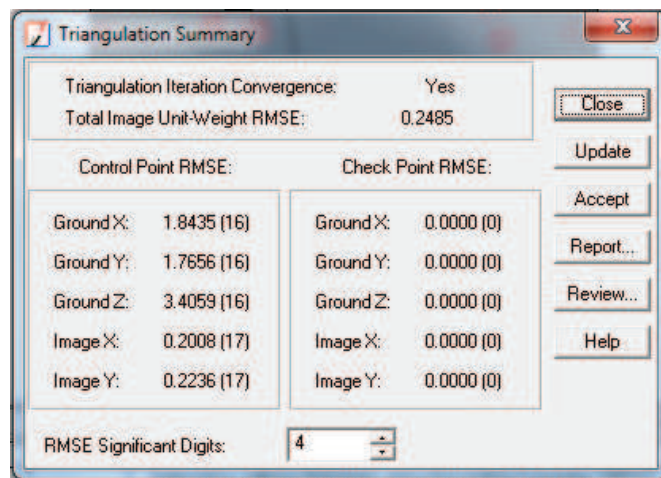
Más adelante, este bloque generó problemas en lo que respecta a la ortorrectificación de las fotografías, problemas causados por los puntos de control utilizados. Para dar solución a estos problemas, se llevaron a cabo algunos procesos:

- Se colocaron puntos de control tomados de una carta topográfica de la zona, lo que no reflejó resultados confiables.
- Como otra opción, se obtuvieron puntos de control del ortofotomapa de 1975 (adquirido en el IGM), lo cual brindó un RMSE menor a 0,2 mm, pero presentó problemas posteriores al ortorrectificar.

- Finalmente, se tomaron puntos del mosaico de 1999 (elaborado por la autora), de lo cual se obtuvo un RMSE menor a 0,2 mm, pero al realizar el paso siguiente, que corresponde a la ortorrectificación de las imágenes, se presentaron distorsiones de las cuales se hablará más adelante.

Por otro lado, hubo una advertencia del contraste bajo de las imágenes 31579 y 31580, lo cual incidiría en la generación de los puntos de unión entre imágenes, teniendo una baja cantidad de puntos y una cobertura pobre para las fotografías mencionadas. Este año resultó ser el más conflictivo en lo que concierne al tratamiento de las fotografías aéreas, a causa de la calidad de los datos disponibles.

FIGURA 3.4: RESUMEN DE TRIANGULACIÓN PARA EL BLOQUE 1993



Elaboración: Elvia Gallegos

3.3.2.4.3. *Bloque 1999*

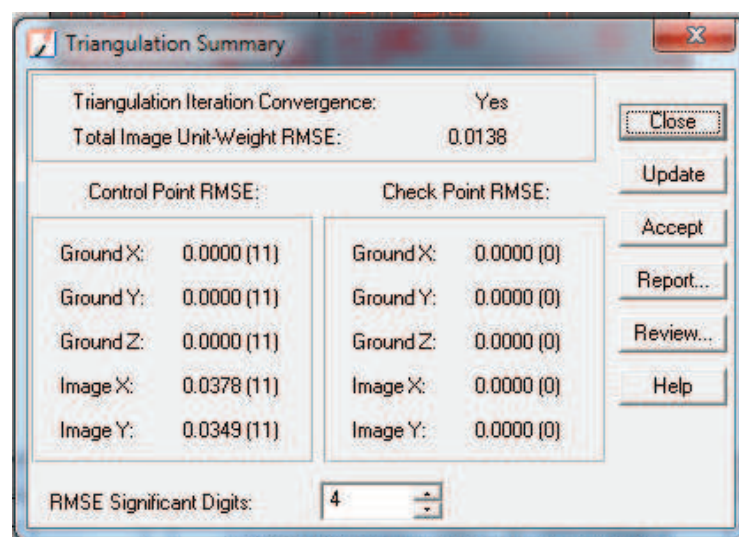
Para el bloque del año 1999 se usaron 12 puntos de control proporcionados por el IGM (Ver Anexo N° 3), los mismos que sirvieron como base para la generación de los “tie points” o puntos de unión que cubrieron de un 60% a un 100% de las fotografías. Una vez generados los tie points de cada fotografía, se procedió a realizar la aerotriangulación. Para llevarla a cabo se colocó un número de 10

iteraciones para tener una convergencia con el error mínimo y se especificó un valor límite para el error, que fue de 0,001 m, además de la unidad en que se presentaría el error, que en este caso fue milímetros.

Se definió por defecto un tamaño de celda de 0,33 pixeles tanto para X, como para Y y el tipo de punto de control y desviación estándar como “Fixed values”, es decir valores fijos para los puntos de control. En lo que respecta a la desviación estándar de los parámetros internos se eligió “Fixed for all images”, es decir fijo para todas las imágenes, mientras que para los parámetros externos se definió “No weight” es decir sin ponderación, para que el programa estime sus parámetros.

Se procedió a correr la aerotriangulación, que dio un valor del RMSE de 0,122 mm, valor que puede ser aceptable, pero se revisó el reporte (Anexo N° 4), para observar potenciales problemas con los puntos y se borraron los puntos problemáticos con base en los residuales generados, el punto causante de problemas fue el punto 4, que fue eliminado, así se obtuvo un RMSE de 0.0138 mm para el año 1999 (Figura 3.3.) equivalente a 8,28 cm o 0,08 m según la ecuación (1).

FIGURA 3.5: RESUMEN DE TRIANGULACIÓN PARA EL BLOQUE 1999



Elaboración: Elvia Gallegos

3.3.2.5. Generación DTM

Para la creación de una ortofoto se requiere de un Modelo Digital de Terreno (DTM), este puede ser generado una vez realizada la aerotriangulación en el módulo LPS del programa ERDAS Imagine 10, sin embargo no se contaba con esta herramienta en el LAfSER. Por ello se generó un DTM con las curvas de nivel y los puntos acotados de las cuatro cartas topográficas descargadas del IGM por medio de un SIG. La resolución del DEM resultante fue de 60 m.

El DTM usado para la generación de las ortofotografías se encuentra en el Anexo N° 5.

3.3.2.6. Ortorrectificación de imágenes

En la realización de una ortofoto se hace uso de la herramienta “Start orthoresampling process”, en este caso lo que ocurrirá es la modificación de la fotografía aérea inicial por una corregida geométricamente. En la ventana que aparece se procede a especificar los parámetros para asegurar un adecuada ortocorrección.

Se coloca el nombre que tendrá la imagen generada al final del proceso, se asigna el DTM a utilizarse para la operación, que en este caso será el que se generó anteriormente, el terreno sobre el que se trabaja presenta fuertes variaciones por lo que la aplicación de un DTM es recomendable y no se puede hacer uso de un valor constante.

El “Resampling Method” o método de remuestreo nos permite escoger el tipo de cálculo que se desea aplicar, para este caso se trabajó con “Nearest neighbor” es decir con el método conocido como “Vecino más cercano”, que utiliza en el cálculo los pixeles conexos al pixel sometido a cálculo, este método fue escogido debido a que con él no existen pérdidas de la información y porque es el método más rápido. En lo que respecta al “Output Cell Sizes”, es decir el tamaño de las

celdas de salida se especificó 1 m, ya que la resolución debe estar entre 0,5 y 1 metro (Caimel, 2002).

En "Active Used Area" se define el área activa utilizada que tendrá un porcentaje del 100% si queremos que aparezca toda la imagen, pero para eliminar los marcos de las fotografías se recomienda un porcentaje del 80%, que fue el porcentaje utilizado en este proceso. El Límite de superposición con el DEM define el porcentaje que dispone el DTM y la imagen, lo que concretará el área sobre la cual se lleve cabo la rectificación, se colocó un límite del 30%.

Finalmente se llevó a cabo la ortorrectificación de las imágenes. Es recomendable realizarla de tres en tres o de dos en dos, puesto que se pueden generar problemas con las ortofotografías generadas por el programa si se lo hace con el bloque completo.

3.3.2.6.1. Bloque 1999

Para el año 1999 se obtuvieron ortofotos con una leve distorsión en los bordes. Al inicio existieron problemas con la georeferenciación de estas imágenes, pues a pesar de que se encontraban trianguladas de manera correcta, el resultante presentaba coordenadas de la imagen, más no coordenadas reales. El problema se solucionó colocando las fotografías iniciales en una carpeta con una dirección más corta, para que puedan ser halladas con mayor facilidad por el programa.

3.3.2.6.2. Bloque 1993

En el año 1993 se creyó que al tener un RMSE menor a 0,2 mm los resultados de la ortorrectificación serían favorables, pero al generarse las ortofotos, estas presentaron una gran distorsión desde el principio. Al inicio se cambió de sistema de referencia, lo cual no funcionó, porque dio resultados poco satisfactorios en lo que respectaba a la triangulación del bloque. Se procuró borrar los puntos problema del bloque, como se había hecho en los casos anteriores, pero esto

tampoco funcionó.

Al creer que el problema de este bloque radicaba en los puntos de control y por ende en su fuente, se decidió cambiar la fuente y buscar que ellos tengan una distribución espacial homogénea. Se tomaron en cuenta tres posibles fuentes:

- Cartas topográficas de la zona.
- Mosaicos de años anteriores o posteriores elaborados por el IGM.
- Mosaicos de años anteriores o posteriores elaborados por la autora.

La posibilidad del uso de cartas topográficas fue descartada, a causa de que esta alternativa estaría sujeta a mediciones subjetivas con un escalímetro. Para la segunda opción, sólo se poseía un mosaico del año 1975, año que se encontraba muy lejano (18 años). Por lo tanto se hizo uso del mosaico correspondiente al año 1999. Sin embargo, el problema persistió, y si ahora uníamos estas fotografías para formar un mosaico, este tenía una distorsión en el centro, distorsión que pudo deberse a la falta de puntos en la parte central del glaciar.

Se cree que la distorsión se debió a que las coordenadas utilizadas fijan un punto conocido sobre el territorio y "halan" la fotografía hacia él. Al no haber puntos conocidos en la cúspide del glaciar, esta zona queda libre de coordenadas y se deja arrastrar por coordenadas conocidas. Este hecho se encuentra acentuado por el relieve del Cayambe y por los fuertes contrastes topográficos entre la parte alta y la baja de la montaña.

Para dar solución al problema, se colocó una nube de puntos (alrededor de 20 puntos) alrededor del glaciar y en el centro del mismo con el objetivo de lograr que la fotografía tenga una menor distorsión, pero no se obtuvieron resultados favorables. La distorsión tan sólo fue un poco menor, pero no lo suficiente para poder analizar el área con éxito.

Al inicio de este estudio se observó que el área de traslapo no era muy grande

entre los fotogramas y al final de él se reiteró la superposición de estas imágenes no fue suficiente y que, a pesar de tener los puntos necesarios para llevar a cabo el proceso, el programa no iba a poder unirlos con éxito, debido a que su traslape era menor al 10%, además de que generar puntos de unión en un área completamente blanca es un trabajo complicado para el programa.

Finalmente se decidió que no se continuaría con el tratamiento de las fotografías aéreas de 1993 quedando para el análisis tan solo los años 1978 y 1999. A pesar de que hubiera sido interesante disponer de datos para el año 1993, fue preferible prescindir de esta información antes que utilizarla.

3.3.2.6.3. Bloque 1978

Para el año 1978 también existió una distorsión en los bordes de las fotografías, pero estas distorsiones no se presentan en el área de estudio por lo que se le restó importancia.

3.3.3. ELABORACIÓN DEL MOSAICO

Para la elaboración del mosaico se hizo uso de las fotografías corregidas geoméricamente pertenecientes a cada bloque, éstas se colocaron conforme su mejor disposición mediante la opción Arrange Layers.

Para la creación de mosaico se accedió a la herramienta “Data Prep” y en ella a la opción “Mosaic Images” y se escogió la opción “Mosaic Tool”, se procedió a añadir las fotografías correspondientes a los bloques creados.

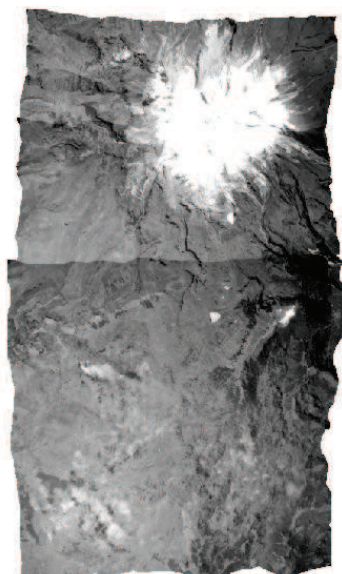
Para poder correr el mosaico se revisó primero en la pestaña “Edit” la función “Set Overlap Function” en la que se define el tipo de intersección a realizar. Para este caso se eligió “No Outline Exist” pues no se cortaron las imágenes, en la función se seleccionó “Overlay” que tan solo superpone las imágenes para no cambiar el

valor de los píxeles originales, cosa que ocurre si se utiliza cualquier otra función.

En la tabla mostrada en la parte inferior de la ventana correspondiente a “Mosaic Tool” se muestra el estado de características del mosaico, como área, el método de remuestreo a utilizarse, si se excluirán o no, balance de color, entre otras; aquí se pudo observar el estado de cada una de las imágenes pertenecientes al mosaico y cualquier cambio que se le pudo haber hecho respecto a las características mencionadas. Lo que se hizo en estos mosaicos es únicamente una corrección automática del color.

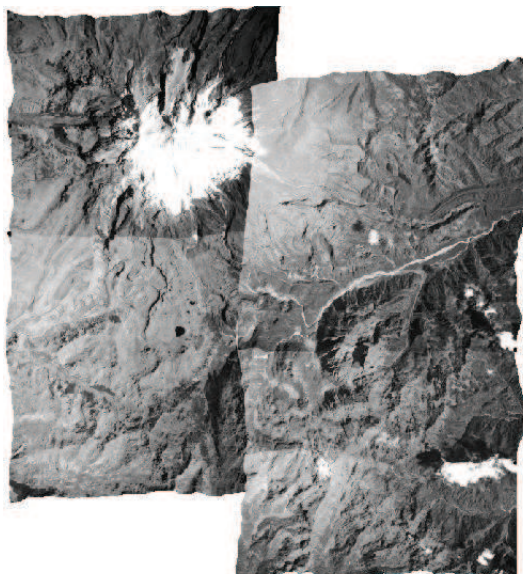
Finalmente se desplegó la opción “Run Mosaic” y se obtuvieron los mosaicos correspondientes a cada año. No se encontraron mayores dificultades en lo que refiere a la elaboración de los mosaicos. Los mosaicos obtenidos para cada año se presentan a continuación:

FIGURA 3.6: MOSAICO 1978



Elaboración: Elvia Gallegos

FIGURA 3.7: MOSAICO 1999



Elaboración: Elvia Gallegos

3.3.4. FOTOINTERPRETACIÓN DEL MOSAICO

Habiendo creado los mosaicos se puede proceder a realizar la fotointerpretación

de los mismos. Primero se detectó el tipo de zona en la que se trabajará, siendo esta de tipo montañoso. El área del nevado Cayambe posee una topografía bastante irregular, en especial en la parte oriental, lo que hace que sea una zona de difícil análisis por encontrarse sus rangos de altitud entre los 4000 y 5800 m.s.n.m.

Luego se definió la escala, que será la misma que la de la fotografía, es decir 1:60000. Inmediatamente, se delimitaron las coberturas a estudiarse mediante el reconocimiento de áreas homogéneas en las fotografías, que debido a la definición de las fotografías aéreas y a las visitas de campo realizadas no fue complicado de precisar.

Así, para este estudio se precisaron tres coberturas principales:

- Glaciar
- Morrena
- Vegetación

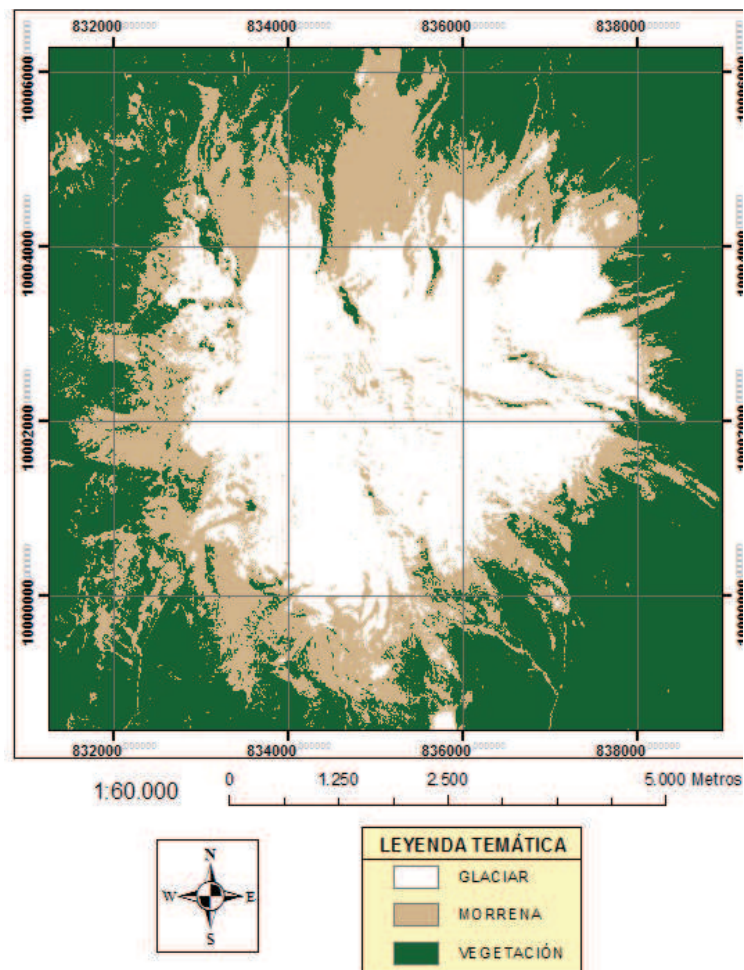
Una vez definidas estas coberturas se tomaron varias muestras para cada una de ellas. Previamente se creó un documento de extensión .sig por medio de la herramienta "Signature Editor", que contiene las muestras tomadas en el mosaico para llevar a cabo posteriormente la clasificación supervisada. Se realizó la toma de muestras por medio de la selección de áreas de influencia AOI o regiones de influencia ROI. Se eligió una región poligonal y se generaron varios polígonos para cubrir las tres clases y algunas variaciones de las mismas.

En el programa ERDAS Imagine 10 se puede realizar la clasificación supervisada de los mosaicos formados acudiendo a la herramienta "Supervised Classification", del menú "Classifier", la cual pide que se ingrese el documento sobre el cual se llevará a cabo la clasificación, el nombre del documento de salida, el documento creado previamente que contiene las muestras homogéneas del terreno tomadas como patrón de fotointerpretación o referencia para que se lleven a cabo las clasificaciones respectivas.

En el caso del año 1999 y 1978 al tener un área bastante homogénea se tomaron 4 muestras para el glaciar, 3 para morrena y 2 para vegetación.

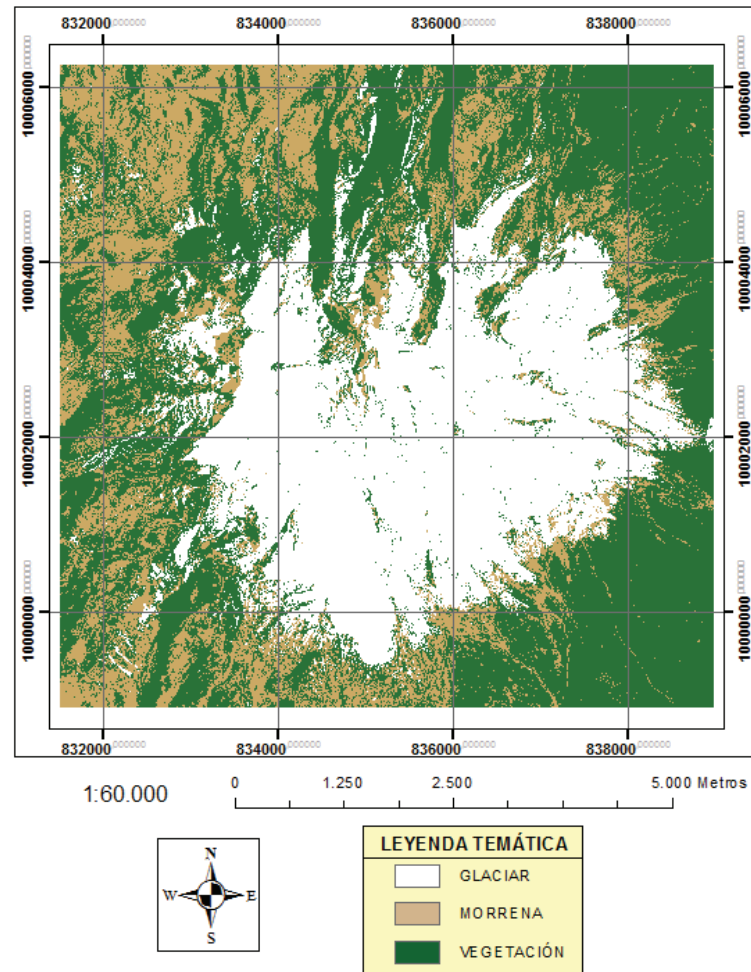
Las imágenes obtenidas para ambos años presentaban un efecto sal y pimienta, es decir se formaron pixeles diferentes en color e intensidad a los pixeles circundantes, haciendo se aparezcan puntos blancos sobre puntos de color o puntos de color sobre puntos blancos. Este efecto fue retirado realizando una operación de vecindad (Neighborhood) varias veces (seis ocasiones) hasta obtener una imagen más homogénea. En las Figuras 3.8 y 3.9 se observan los resultados correspondientes a la clasificación y en el Anexo N° 6 se pueden observar los mapas correspondientes a la cobertura del suelo en los años 1978 y 1999.

FIGURA 3.8: COBERTURAS 1978



Elaboración: Elvia Gallegos

FIGURA 3.9: COBERTURAS 1999



Elaboración: Elvia Gallegos

3.3.5. CREACIÓN DE MÁSCARAS

Habiendo realizado la clasificación se procede a cortar la imagen para enfocarse en la zona de interés, que es la parte correspondiente al glaciar del nevado Cayambe, para que al realizar los procesos posteriores, estos lleven menos tiempo.

Se realizó una reclasificación, el ráster resultante fue transformado a vector, el polígono resultante de esta transformación tenía pequeños polígonos en su interior, los mismos que fueron eliminados.

En las clasificaciones realizadas además se obtuvieron coberturas pertenecientes a la clase glaciar, que no contenían todo el área, esto fue causado por sombras de pequeñas elevaciones, grietas y nubes o niebla en los márgenes del glaciar presentes en la zona según el período en el que fueron tomadas las fotografías.

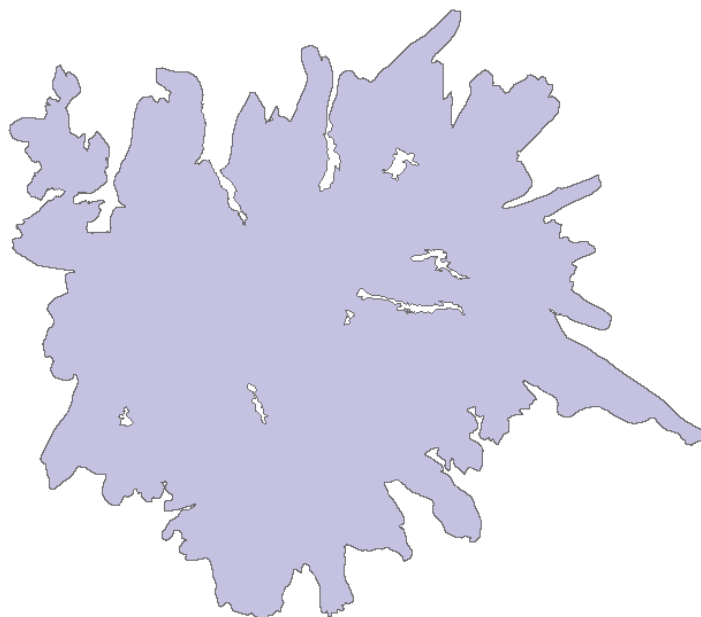
Las máscaras resultantes de este proceso fueron modificadas manualmente, logrando así un solo polígono del cual se puede calcular el área. Cabe mencionar que siempre que existe un cambio de formato o de modelos de datos (ráster/vector) hay una pérdida de información asociada a estos cambios. Las áreas obtenidas y que serán presentadas en el análisis de resultados no representan un dato real de la recesión glaciar por ser obtenidas de un método automático. Para dar solución a este inconveniente, se acudió al Dr. Antoine Rabatel, experto en el tema.

La sugerencia del Dr. Rabatel fue la delimitación manual del casquete glaciar y se contó con su colaboración para poder llevar a cabo la correcta fotointerpretación del mosaico obtenido anteriormente. En ciertas áreas, el glaciar se encontraba cubierto por detritos morrénicos, dando lugar a que parezcan rocas y no glaciar, estas áreas fueron las que trajeron mayor cantidad de problemas al momento de definir los límites de la cobertura. Los factores que ayudaron en este caso para definir adecuadamente las áreas fueron las grietas que forman parte del glaciar y los escurrimientos de agua que salen del mismo.

Además se eliminaron ciertas áreas internas del glaciar en las cuales no existe glaciar, sino roca. Para comprobar la existencia de rocas en la parte alta del Nevado se realizó la revisión de los mosaicos obtenidos y se descargaron algunas imágenes Landsat 8 para compararlas con las delimitaciones obtenidas. Esta revisión se llevó a cabo con fines netamente orientativos, puesto que las imágenes satelitales Landsat no ofrecen una resolución mayor a la que ofrecen las fotografía aéreas.

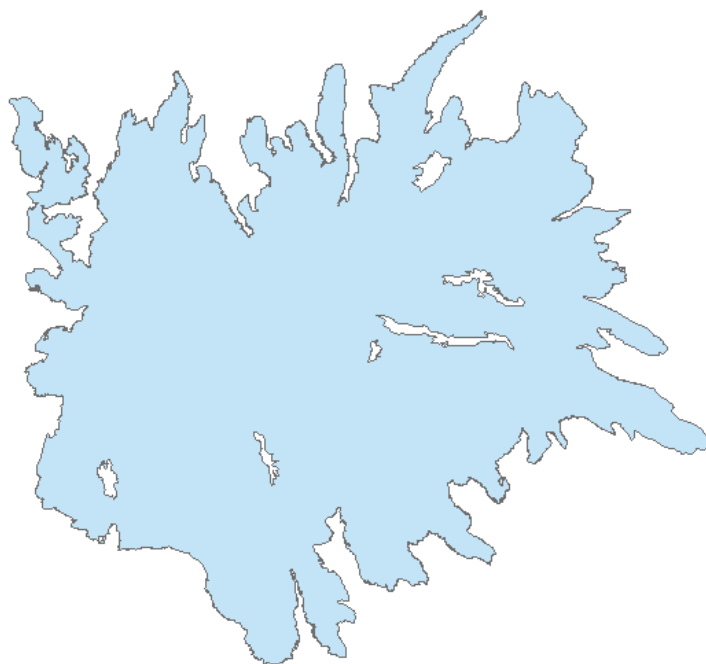
Finalmente, se generaron las áreas definitivas para el glaciar en los respectivos años:

FIGURA 3.10: LÍMITE DEFINITIVO DEL ÁREA GLACIAR CORRESPONDIENTE A 1978



Elaboración: Elvia Gallegos

FIGURA 3.11: LÍMITE DEFINITIVO DEL ÁREA GLACIAR CORRESPONDIENTE A 1999



Elaboración: Elvia Gallegos

CAPÍTULO 4

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA FOTOINTERPRETACIÓN

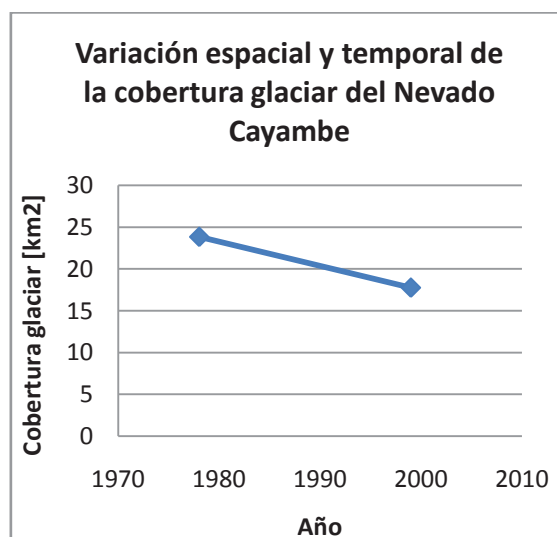
Los resultados obtenidos mediante el uso de fotografías aéreas para el año 1978 señalan un valor de 23,85 km² de cobertura nivo-glacial y para 1999 una cobertura de 17,76 km² (Gráfico 4.1) es decir, un retroceso entre el periodo inicial y el final del 25,53%. Lo que representa una tasa de retroceso de 1,21%/año. Cabe mencionar que esta tasa no es constante, pues no se tiene información de años intermedios y podría variar acorde con ello.

TABLA 4.1: VALORES DE COBERTURA GLACIAR OBTENIDOS PARA LOS AÑOS ESTUDIADOS

Cobertura [km ²]	Año
23,85	1978
17,76	1999

Elaboración: Elvia Gallegos

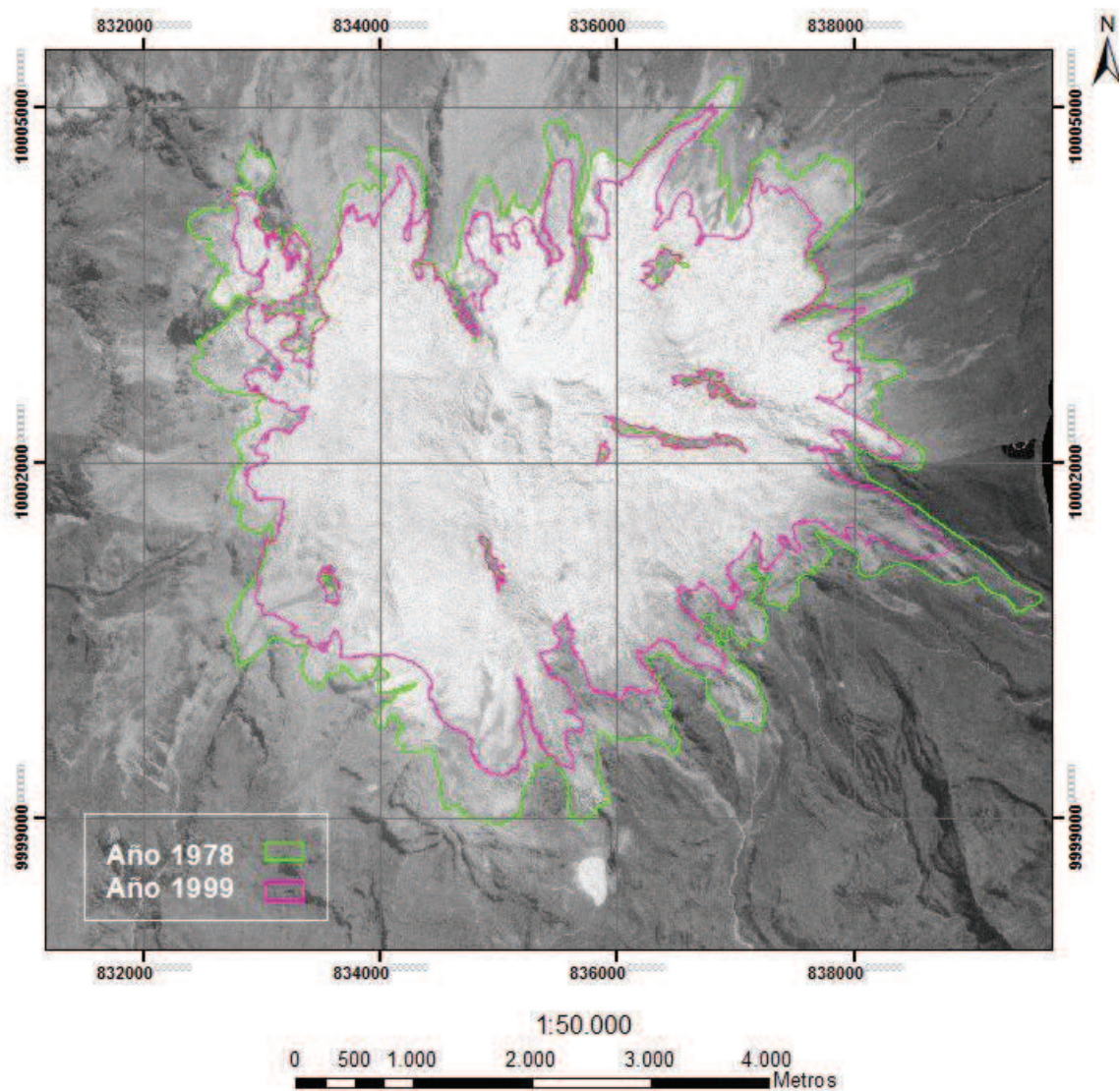
GRÁFICO 4.1: VARIACIÓN ESPACIAL Y TEMPORAL DE LA COBERTURA GLACIAR DEL NEVADO CAYAMBE



Elaboración: Elvia Gallegos

La zona con mayor receso glaciar en el nevado Cayambe corresponde a la zona Sur, como se observa en la Figura 4.1.

FIGURA 4.1: RECESIÓN DE LA COBERTURA GLACIAR DEL NEVADO CAYAMBE EN EL PERÍODO 1978-1999



Elaboración: Elvia Gallegos

Si se realiza una comparación con los estudios realizados en otros casquetes glaciares del Ecuador se puede observar que el nevado Cayambe presenta un proceso de recesión similar en el período de tiempo analizado. Por ejemplo, el glaciar del Cotopaxi se mantuvo estable entre los años de 1956 y 1976, pero a

partir de esta fecha y hasta 1997 experimentó una disminución del 30% de su masa (*Jordan, 2005*). Durante el período 1979-2007 el glaciar del Antisana disminuyó cerca del 37%, mientras que el Chimborazo lo hizo en un 33% (*Cáceres 2010*). En otro estudio, se señala que en este período se perdió un 40,26% de la cobertura glaciar del nevado Antisana y 37,10% de la cobertura glaciar del Nevado Cotopaxi (*Collet, 2010*). En el caso del Iliniza Sur la recesión fue de 41% entre 1956 y 2000. Aunque se señala una tendencia, no podemos establecerlo como constante, a causa de que resulta fácil tener alteraciones en su dinámica (*Rabatel et al., 2013*).

En lo concerniente a la extracción de las máscaras, por una parte no siempre resultó fácil discriminar la ocupación nivo-glaciar y por otra, existieron problemas con el ruido asociado a la nubosidad.

Al tratar de hacer una diferenciación entre nieve y glaciar, si bien es cierto que existen procedimientos para discriminar ambos tipos de clases, estos únicamente se pueden aplicar a las imágenes satelitales, por lo que para éste procedimiento no se pudo realizar una clara diferenciación. Por ello, no se discriminó entre estas coberturas y se clasificó como una sola capa nivo-glaciar; habiendo seleccionado las fotografías adecuadas (procurando que no presenten nieve en demasía en la medida de lo posible).

Hay que prestarle especial atención a la gran variabilidad climatológica de la Cordillera de los Andes. Los Andes equinocciales presentan una variación interanual de precipitación y temperatura casi inexistente, pero la variación estacional y la variación diaria son notablemente elevadas. Así, una superficie puede aparecer llena de nieve como consecuencia de un episodio reciente de precipitación nivosa y la fotografía puede ser tomada en ese momento, por lo que un resultado sería representativo, pero no del todo verídico.

La cubierta nubosa, particularmente cuando se encuentra localizada en los márgenes del casquete, fue la causante de que no se pueda distinguir claramente la cubierta nivo-glaciar. En otros casos, las nubes que se encontraban en el cielo

en el momento de la toma de la fotografía creaban una sombra en la fotografía, esta sombra hacía que la ocupación del suelo por glaciar se clasificara como otro tipo de ocupación (roca o morrena).

Por otro lado, las sombras creadas en grietas y elevaciones que forman parte del glaciar también se clasificaban incorrectamente, pues, siendo glaciar, formaban parte de la cubierta vegetal. Por ello, se procedió a revisar cada clasificación y modificarla manualmente, de tal manera que las ocupaciones mejoren. Empero, no se lograron resultados que se acerquen a la realidad, por lo tanto se procedió con la delimitación manual.

En lo que respecta a la delimitación manual, en ciertas áreas el glaciar se encontraba cubierto por detritos morrénicos, dando lugar a que parezcan rocas y no glaciar, estas áreas fueron las que trajeron mayor cantidad de problemas al momento de definir los límites del glaciar. Los factores que ayudaron en este caso para definir adecuadamente las áreas fueron las grietas que forman parte del glaciar y los escurrimientos de agua que salen del glaciar. La detección de rocas en la parte alta del Nevado se elaboró en base en los mosaicos obtenidos y algunas imágenes Landsat 8 descargadas, para corroborar la presencia de ellas. El uso de las imágenes satelitales Landsat fue netamente orientativo, pues no brindan la misma resolución de las fotografía aéreas.

El área de trabajo presenta una variación topográfica que va de los 4000 a los 5800 m.s.n.m. lo que hace el área de estudio complicada de corregir y de identificar, esto se evidencia en las irregularidades ocurridas en la clasificación de la cubierta glaciar.

Con respecto al material utilizado, las fotografías aéreas seleccionadas inicialmente fueron las de los años 1978, 1993 y 1999. Siendo aquellas pertenecientes al año 1993 las que presentaban mayores problemas.

Para el año 1993 se presentaron problemas a causa de la calidad de las fotografías, estas mostraban brillo y en el momento de su procesamiento el

programa daba una advertencia de bajo contraste entre imágenes, lo cual incide en la generación de los puntos de unión entre imágenes, teniendo una baja cantidad de puntos y una cobertura pobre para las fotografías mencionadas.

En la aerotriangulación se creyó que al tener un RMSE menor a 0,2 mm los resultados en la ortorrectificación serían favorables, no obstante, las ortofotos generadas presentaron una gran distorsión en la parte central del mosaico. Se buscaron varias soluciones, entre ellas, colocar una nube de puntos alrededor de glaciár (aproximadamente 20) con base en un ortofotomapa de 1975 adquirido en el IGM y con base en el mosaico correspondiente al año 1999 elaborado para este estudio. De las soluciones mencionadas ninguna fue satisfactoria. La causa fundamental de este problema fue la insuficiente área de traslape (<10%), por lo que el programa no pudo generar los puntos de enlace, hacer una correcta triangulación, ni llevar a cabo una correcta ortorrectificación.

Finalmente, en este tipo de procesamientos, se va a tener algún tipo de pérdida de información. En este caso, las pérdidas vienen dadas por los cambios de formato entre aplicaciones, por los cambios de modelo ráster a modelo vector y por pequeños cambios que se dan en los bordes del polígono en el momento de realizar la operación de extracción.

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. CONCLUSIONES

En el año 1978 la cobertura glaciar del Cayambe era de $23,85 \text{ km}^2$ y para el año 1999 la cobertura ha cambiado a $17,76 \text{ km}^2$, teniendo así una reducción del casquete glaciar del nevado Cayambe en el período 1978-1999 del 25,53%, con una tasa de 1,21%/año. Siendo la parte Sur la que presenta una reducción mayor.

Cabe mencionar que esta tasa no es constante, pues no se tiene información de años intermedios y podría variar acorde con ello.

La recesión glaciar en el Ecuador es generalizada, presentando en el Cayambe una recesión similar a la de los otros casquetes glaciares en el período de tiempo analizado. Los resultados coinciden con la tendencia de los Andes y concuerdan con los estudios realizados en otros lugares, pudiendo ser el causante de estas variaciones el cambio climático.

Este estudio servirá como base para investigaciones futuras acerca de la disponibilidad de los recursos hídricos en relación con las coberturas glaciares en el país.

Se ha realizado trabajos semejantes utilizando fotografías aéreas e imágenes satelitales. En este caso la metodología utilizada para el estudio de las superficies glaciares comprende el uso de fotografías aéreas, por ser esta una resolución espacial más precisa y, por lo tanto con una veracidad superior a los datos que aportan, aunque no exista información suficiente y no se pueda realizar el estudio para una mayor cantidad de períodos.

El receso es marcado en general en todo el casquete glaciar. En los glaciares andinos se ha observado que la parte occidental presenta mayor recesión que la parte oriental por causas climáticas, sin embargo en este estudio se observa que no se presenta tal tendencia, esto se puede deber a la geometría de las lenguas glaciares, ya sea en términos de pendiente, acumulación en la superficie o la posición del frente de los glaciares. Con la información generada en este trabajo se podrían delimitar las distintas lenguas glaciares del Cayambe basándose en la cartografía existente, obtener los parámetros morfológicos de dicha zona y analizar las pérdidas entre las lenguas glaciares con base a estos parámetros.

7.3. RECOMENDACIONES

Para estudios posteriores se recomienda complementar esta información con estudios multitemporales con fotografías aéreas de años recientes. En el caso de las fotografías aéreas se requiere además información de buena calidad en la zona.

Es necesario realizar estudios de tipo climatológico en la zona, para relacionar los cambios ocurridos en la superficie glaciar con las variaciones de este tipo en el sector y atribuirle o no su cambio al calentamiento global. Además conviene relacionar las variables hidrometeorológicas con los cambios que se producen en la cobertura nivo-glaciar del Nevado.

En el caso de trabajar con fotografía aéreas se recomienda cerciorarse de que se cuenta con puntos de control de la zona o tomar los puntos en campo con un GPS de alta precisión para tener resultados más precisos.

Una expedición de campo siempre es necesaria en este tipo de estudios tanto para reconocer el terreno y saber dónde se va a trabajar, como para verificar la información que se ha obtenido en los resultados finales de la investigación, por lo

tanto se recomienda mayor cantidad de visitas de campo en investigaciones posteriores.

Dado el preocupante receso de los glaciares es necesario ampliar este estudio a la estimación de los volúmenes de masa perdidos en ese periodo y compararlos, si fuera el caso, con los volúmenes de agua evacuados en una zona donde se haya monitoreado caudales, como el caso de la vertiente del río Blanco.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Buill F., Núñez A., y Jorge Rodríguez. (2003). Fotogrametría analítica. Primera edición. España. Edicions UPC
- Cáceres B. y Bernard Francou (2008). Programa Glaciares Ecuador. INAMHI.
<http://www.inamhi.gob.ec/Glaciares/CONCLUSION/conclusion.htm>
- Cáceres, B. (2010). Actualización del inventario de tres casquetes glaciares del Ecuador. Quito. 2010.
- Córdova H. (2002). Naturaleza y Sociedad: Una introducción a la geografía. Primera edición. Perú. Editorial de la Pontificia Universidad Católica de Perú.
- Chacón N. (2010). Fotogrametría. UTPL. <http://ocw.utpl.edu.ec/ingenieria-civil/topografia-aplicada/unidad-6-fotogrametria.pdf>
- Chuvieco, E. (1990). Fundamentos de teledetección espacial. Prmera edición. Madrid. Editorial Rialph.
- Collet, M. (2010). Suivi spatio-temporel des calottes glaciaires de l'Antisana et du Cotopaxi (Equateur), Analyse par tél' ed' etection 'dans un contexte de changement climatique. Tesis para optar por el título de máster. Universidad Rennes. Francia.
- Francou, B., Cáceres, B., Villacís, M., Basantes, R., Maisincho, L., Galárraga, R., Romero, J.C. (2011). Analizando el cambio climático a partir de los glaciares del Ecuador, IRD, SENESCYT, EPMAPS, INAMHI, EPN, Quito, Ecuador.
- Febres, A. (2007). Análisis tempo-espacial de la cobertura nivoglaciar del volcán Iliniza Sur. Tesis para optar al título de Ingeniero Civil, Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental. Escuela Politécnica Nacional. Quito, Ecuador.

- Instituto Geofísico Escuela Politécnica Nacional. (2008). *Información general del Nevado Cayambe*. <http://www.igepn.edu.ec/index.php/volcan-cayambe/informacion-general.html>
- Instituto Geográfico Militar. (2013). *Especificaciones técnicas para ortofotos digitales*. http://www.geoportalmgm.gob.ec/portal/?wpfb_dl=43
- Jordan, E., Ungerechts, L., Caceres, B., Penafiel, A., and Francou, B. (2005). *Estimation by photogrammetry of the glacier recession on the Cotopaxi Volcano (Ecuador) between 1956 and 1997*. Hydrol. Sci. J., 50, 949–961.
- Kollner Labraña. (2008). *Aerotriangulación analítica: Metodologías y aplicaciones*. http://www.kollnerlabrana.cl/PDF/418_AEROTRIANGULACION%20ANALITICA.pdf
- Lerma J. (2009). *Aerotriangulación: Cálculo y compensación de un bloque fotogramétrico*. Escuela Politécnica de Valencia. http://jllerma.webs.upv.es/Lerma_AT_1999_UPV_p.pdf
- Montero I. (2010). *En el Vértice del Ecuador: El descubrimiento del sitio a más latitud en el globo terráqueo, por donde cruza la línea ecuatorial*. Primera edición. México. Am&Am.
Versión electrónica:
<http://www.montero.org.mx/libros/vertice/LIBRO.html>
- National Snow and Ice Data. (2013). *What is a glacier?*. <http://nsidc.org/cryosphere/glaciers/questions/what.html>
- Pérez J. (2001). *Apuntes de fotogrametría III*. Mérida, España.
- PNUD. (2011). *Tras la huella del cambio climático en Bolivia*. <http://cambioclimatico-pnud.org.bo/paginas/admin/uploaded/trashuellas.pdf>
- Pouyaud, B., Francou, B., Chevallier, P., Ribstein, P. (1997). *Bulletin de l'Ifea. Contribución del programa "Nieves y Glaciares tropicales" (NGT) al conocimiento de la variabilidad climática de los Andes*. 27. Lima. 1998.

- Pouyaud, B., Francou, B. (2004). Métodos de observación de glaciares en los Andes Tropicales: Mediciones de terreno y procesamiento de datos, p 103-107.
- Rabatel, A., B. Francou, A. Soruco, J. Gomez, B. Caceres, J.L. Ceballos, R. Basantes, M. Vuille, J.-E. Sicart, C. Huggel, M. Scheel, Y. Lejeune, Y. Arnaud, M. Collet, T. Condom, G. Consoli, V. Favier, V. Jomelli, R. Galarraga, P. Ginot, L. Maisincho, M. Ménégos, J. Mendoza, E. Ramirez, P. Ribstein, W. Suarez, M. Villacis, P. Wagnon. (2013). Current state of glaciers in the tropical Andes: a multi-century perspective on glacier evolution and climate change. The Cryosphere. 7, 81-102. doi:10.5194/tc-7-81-2013.
- Rodríguez J. (2013), “Práctica 4: Identificación de objetos”, <http://es.scribd.com/doc/170085381/Practica4-Identificacion-de-Objetos-1>
- Samaniego P., Eissen J., Monzier M., Robin C., Alvarado A., Yepes H. (2004). Series los peligros volcánicos en el Ecuador: Los peligros volcánicos asociados al Cayambe. Corporación Editora Nacional. Ecuador.
- Samaniego P., Robin C., Monzier M., Eissen J., Mothes P., Hall M. (2004). El complejo volcánico Cayambe: Síntesis geológica, actividad holocénica y evaluación de los peligros volcánicos, <http://cidbimena.desastres.hn/docum/crid/Septiembre2007/CD3/pdf/spa/doc15665/doc15665-a.pdf>
- Secretaria General de la Comunidad Andina, Programa de las Naciones Unidas para el medio Ambiente, Agencia Española de Cooperación Internacional. (2008). ¿El fin de las cumbres nevadas?. <http://www.pnuma.org/deat1/pdf/glaciaresandina.pdf>
- Tierra A. (2012). Ortorrectificación de imágenes. Quito, Ecuador.
- Villacís M., Cadier E., Pouyaud B., Cáceres B., Núñez J., Galárraga R., Francou. (2009), ¿Por qué estudiar la interacción entre los aportes de agua de origen glaciar y del páramo en cuencas hidrográficas del Ecuador? Actas PARAMUNDI. Loja. 2009

ANEXOS

ANEXO N° 1
CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN

1.1. Certificado de calibración utilizado para el año 1978

Año 1978-79

WILD

Lens Test *Fecha de calibración*
24 - Octubre - 74

Calibration Certificate

Wild Lens Cone / ~~Camera~~

No. 15 UAg. II No. 3047

Type: RC 10

1. aplicaciones de imagen 25 km (Jolomancia)

Lens Cone / Camera

Type: RC 10
 No.: 15 UAg. II 3047
 Format: 9" x 9"

Lens Calibration date: 24.10.74

Type: Universal - Aviogon II
 No.: 3047
 f = 152.68 mm
 max. aperture: f/4.0

Resolving Power (Lines per millimeter)

High contrast and max. aperture f/4.0

Film: Agfapan 25 Professional

Glass plate:

	0°	5°	10°	16°	20°	25°	30°	35°	40°	45°	60°	65°	60°
rad.	83	106	104	80	44	34	65	78	26	12			
tang.	83	83	57	49	47	49	49	56	44	30			

rad.													
tang.													

Distortion in millimeters

The given distortion is the arithmetic mean of the four semi-diagonals. Positive values denote image displacement away from center.

goniometer measurements made with no filter on Lens Cone ~~XXXXXX~~

Calibrated focal length: 152.68 mm

Radius	20	40	60	80	100	120	140	148
Distortion	0.000	0.000	0.000	+0.004	+0.001	-0.002	-0.003	+0.001

The displacement of the principal point of autocollimation from the intersection of the diagonals (fiducial center) is within 0.01 mm.

Date of Dispatch: 9.11.74

WILD HEERBRUGG LTD

jam.

Lens Cone/Camera Lens Calibration date: 24.10.74

Type: HC 10 Type: Universal - Aviogon II
 Format: 9" x 9" No.: 3047 f = 152.68 mm

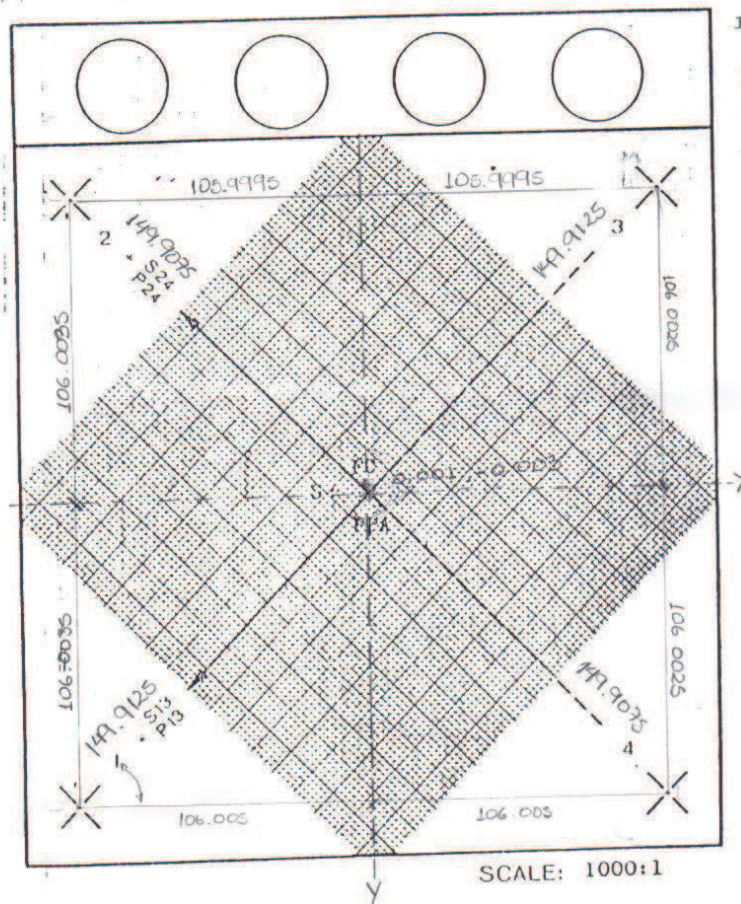
Coordinates (Origin: Fiducial Center) of 0.004 mm 0.004 mm

Point of best Symmetry (S): S13 = +4 μm S24 = +4 μm

Principal Point of Autocollimation (PPA): P13 = +1 μm P24 = -3 μm

(Calibration without filter)

(Seen on Focal Plane Frame)



Distances between Fiducial Marks in mm: ± 0.005 mm

- | | |
|-----------------|-----------------|
| 1 - 2 = 212.007 | 1 - 3 = 299.825 |
| 2 - 3 = 211.399 | 2 - 4 = 299.815 |
| 3 - 4 = 212.005 | |

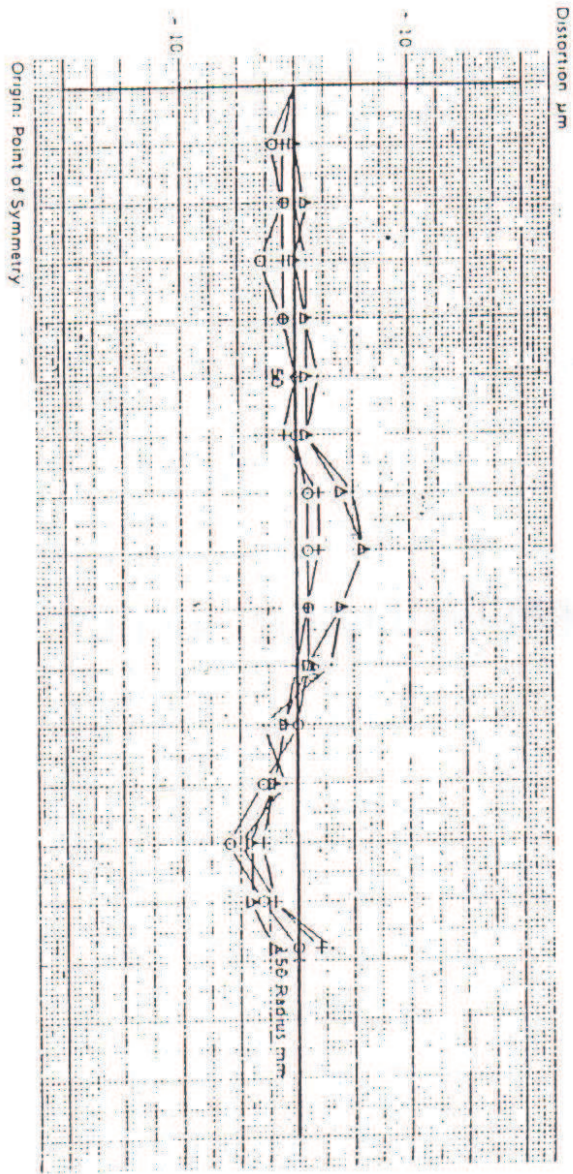
WILLY HERRINGHOFF LTD

WILD RC10 UNIVERSAL-AVIODON II

Lens Cone 9" x 9"

15 UAg. II 3047

f = 152.58 mm



WILD HEERBRUGG LTD
24.10.74 *gsm*

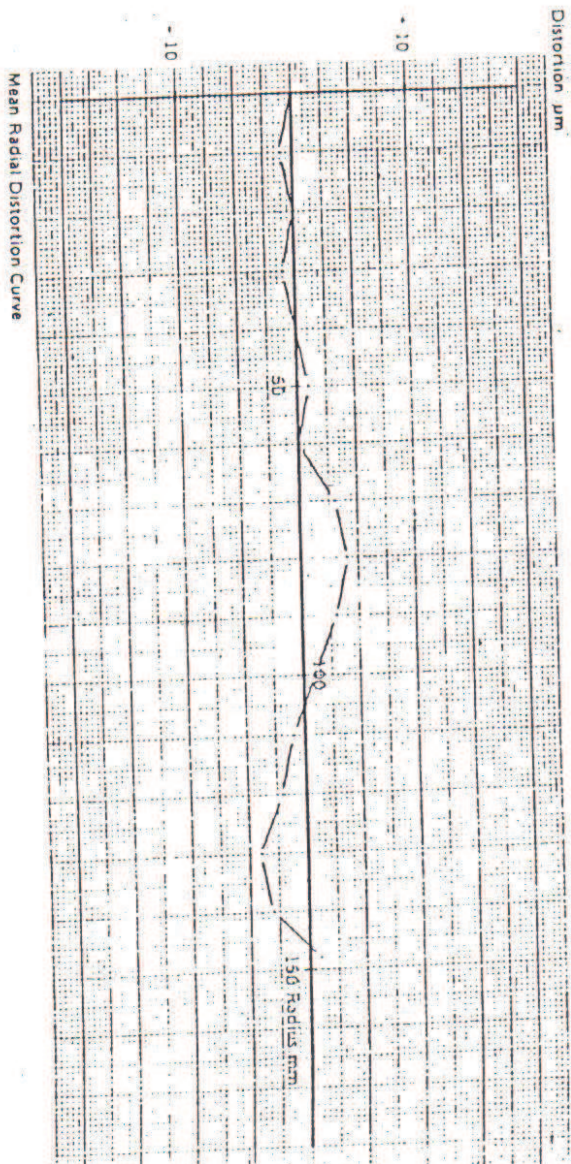
WILD RC10

UNIVERSAL-AVIOGON II

Lens Cone 9" x 9"

15 UAg. II 3047

f = 152.68 mm



WILD HEERBRUGG LTD
24.10.74 *gsm*

1.2. Certificado de calibración utilizado para el año 1993



USGS Report No. RSAS/1105

United States Department of the Interior

GEOLOGICAL SURVEY
RESTON, VA. 22092REPORT OF CALIBRATION
of Aerial Mapping Camera

September 30, 1985

Camera type: ~~Wild Universal~~
 Lens type: Wild Universal Aviogon II
 Nominal focal length: 153 mm
 Camera serial no.: 1932
 Lens serial no.: UAg II 3080
 Maximum aperture: f/4
 Test aperture: f/4

Submitted by: Instituto Geografico Militar
 Quito, Ecuador

Reference: Letter dated September 25, 1985, from Mr. William C. Rhinehart,
 Chief, DMA IAGS Liaison Office.

These measurements were made on Kodak Micro-flat glass plates, 0.25 inch thick, with spectroscopic emulsion type V-F Panchromatic, developed in D-19 at 68° F for 3 minutes with continuous agitation. These photographic plates were exposed on a multicollimator camera calibrator using a white light source rated at approximately 5200K.

I. Calibrated Focal Length: 153.032 mm

This measurement is considered accurate within 0.005 mm

II. Radial Distortion

Field angle	\bar{D}_c	D_c for azimuth angle			
		0° A-C	90° A-D	180° B-D	270° B-C
degrees	um	um	um	um	um
7.5	-2	0	-2	-3	-3
15	-1	0	-2	-3	0
22.5	0	-1	1	-2	0
30	3	3	2	3	2
35	1	3	0	0	1
40	-2	-3	-3	1	-3

The radial distortion is measured for each of four radii of the focal plane separated by 90° in azimuth. To minimize plotting error due to distortion, a full least-squares solution is used to determine the calibrated focal length. \bar{D}_c is the average distortion for a given field angle. Values of distortion D_c based on the calibrated focal length referred to the calibrated principal point (point of symmetry) are listed for azimuths 0°, 90°, 180° and 270°. The radial distortion is given in micrometers and indicates the radial displacement away from the center of the field. These measurements are considered accurate within 5 um.

[Handwritten signature]
 O.A.4.

(1 of 4)

III. Resolving Power in cycles/mm

Area-weighted average resolution: 54.2

Field angle:	0°	7.5°	15°	22.5°	30°	35°	40°
Radial lines	113	113	57	48	67	67	20
Tangential lines	113	67	57	48	48	57	48

The resolving power is obtained by photographing a series of test bars and examining the resultant image with appropriate magnification to find the spatial frequency of the finest pattern in which the bars can be counted with reasonable confidence. The series of patterns has spatial frequencies from 5 to 268 cycles/mm in a geometric series having a ratio of the 4th root of 2. Radial lines are parallel to a radius from the center of the field, and tangential lines are perpendicular to a radius.

IV. Filter Parallelism

The two surfaces of the Wild 525 Pan No. 5126 filter accompanying this camera are within 10 seconds of being parallel. This filter was used for the calibration.

V. Shutter Calibration

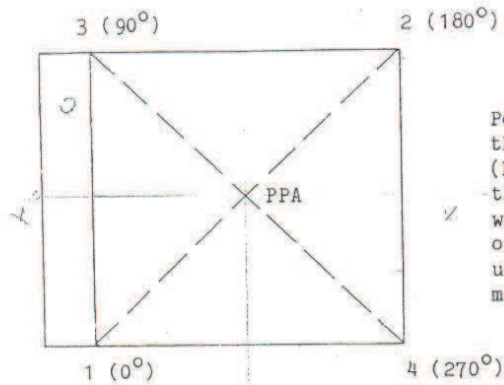
<u>Indicated shutter speed</u>	<u>Effective shutter speed</u>	<u>Efficiency</u>
1/200	4.75 ms = 1/210 s	75%
1/400	2.25 ms = 1/440 s	75%
1/600	1.50 ms = 1/670 s	75%
1/800	1.12 ms = 1/890 s	75%
1/1000	0.90 ms = 1/1110 s	75%

The effective shutter speeds were determined with the lens at aperture f/4. The method is considered accurate within 3 percent. The technique used is Method I described in American National Standard PH3.48-1972(R1978).

VI. Film Platen

The film platen mounted in Wild RC10 drive unit No. 1932-206 does not depart from a true plane by more than 13 μ m (0.0005 in).

This camera is equipped with a platen identification marker that will register "206" in the data strip area for each exposure.

VII. Principal Point and Fiducial Coordinates

Positions of all points are referenced to the principal point of autocollimation (PPA) as origin. The diagram indicates the orientation of the reference points when the camera is viewed from the back, or a contact positive with the emulsion up. The direction-of-flight fiducial marker or data strip is to the left.

	<u>X coordinate</u>	<u>Y coordinate</u>
Indicated principal point, corner fiducials	0.002 mm	-0.004 mm
Principal point of autocollimation	0.0	0.0
Calibrated principal point (point of symmetry)	-0.011	0.000

Fiducial Marks

1	-105.991 mm	-106.004 mm
2	105.999	105.999
3	-106.004	105.996
4	106.008	-106.004

VIII. Distances Between Fiducial Marks

Corner fiducials (diagonals)

1-2: 299.808 mm 3-4: 299.821 mm

Lines joining these markers intersect at an angle of 89° 59' 59"

Corner fiducials (perimeter)

1-3: 212.000 mm 2-3: 212.003 mm

1-4: 211.999 mm 2-4: 212.003 mm

The method of measuring these distances is considered accurate within 0.005 mm

USGS Report No. RSAS/1105

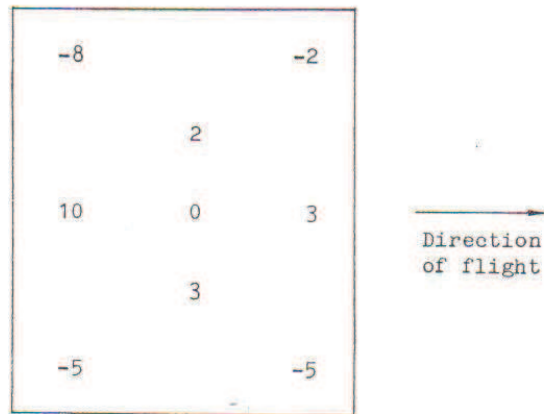
IX. Stereomodel Flatness

Drive unit No.: 1932-206

Base/Height ratio: 0.6

Platen ID: 206

Maximum angle of field tested: 40°



Stereomodel
Test point array
(values in micrometers)

The values shown on the diagram are the average departures from flatness (at negative scale) for two computer-simulated stereomodels based on comparator measurements on contact glass (Kodak Micro-flat) diapositives made from Kodak 2405 film exposures. These measurements are considered accurate within 5 μm .

X. Resolving Power in cycles/mm

Area-weighted average resolution: 34.8

Film: Type 2405

Field angle:	0°	7.5°	15°	22.5°	30°	35°	40°
Radial lines	67	57	48	28	34	40	17
Tangential lines	67	48	40	34	34	34	34

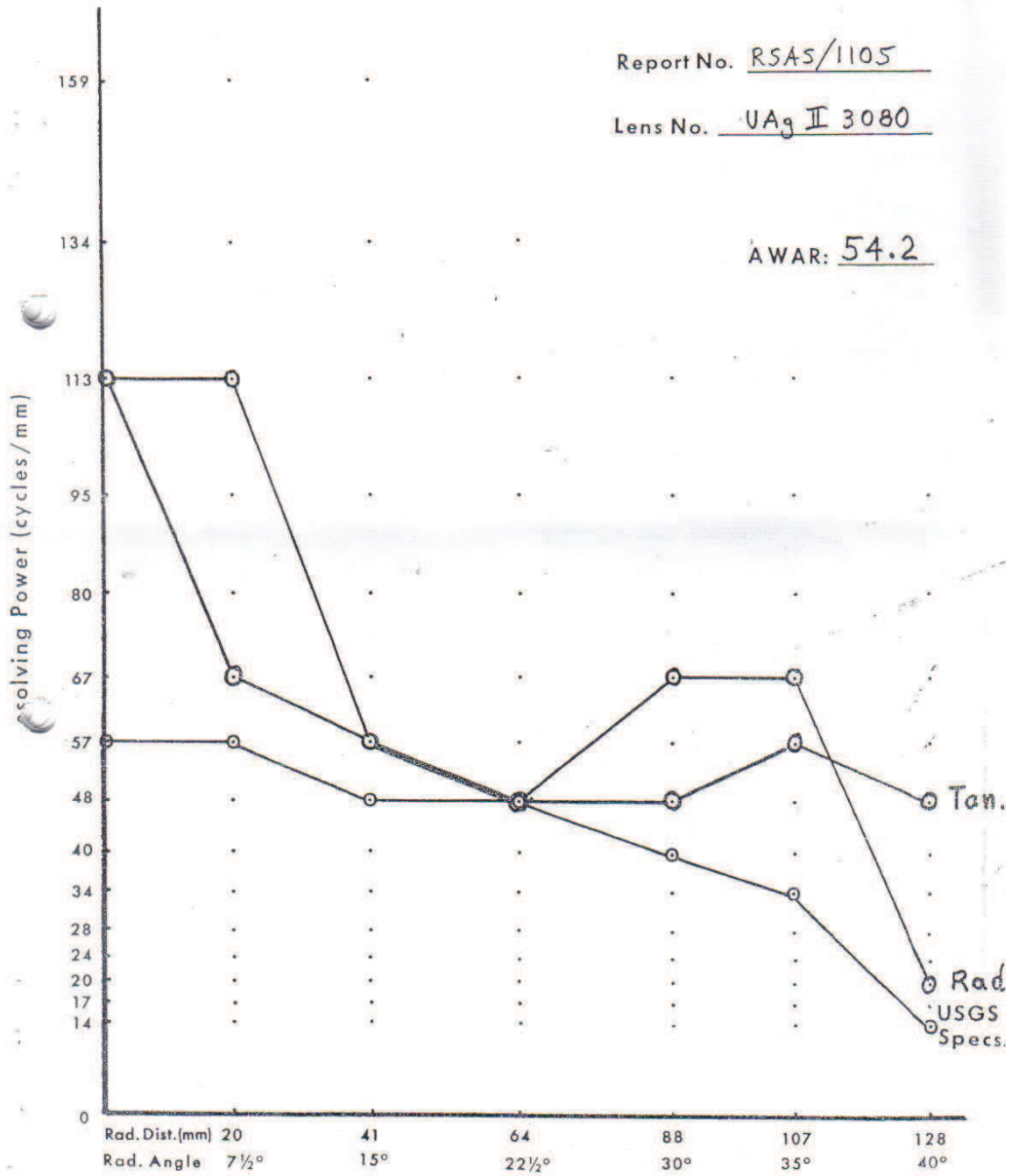
Eberhard G. Schirmacher
Eberhard G. Schirmacher
Acting Chief, Optical Science Section
National Mapping Division

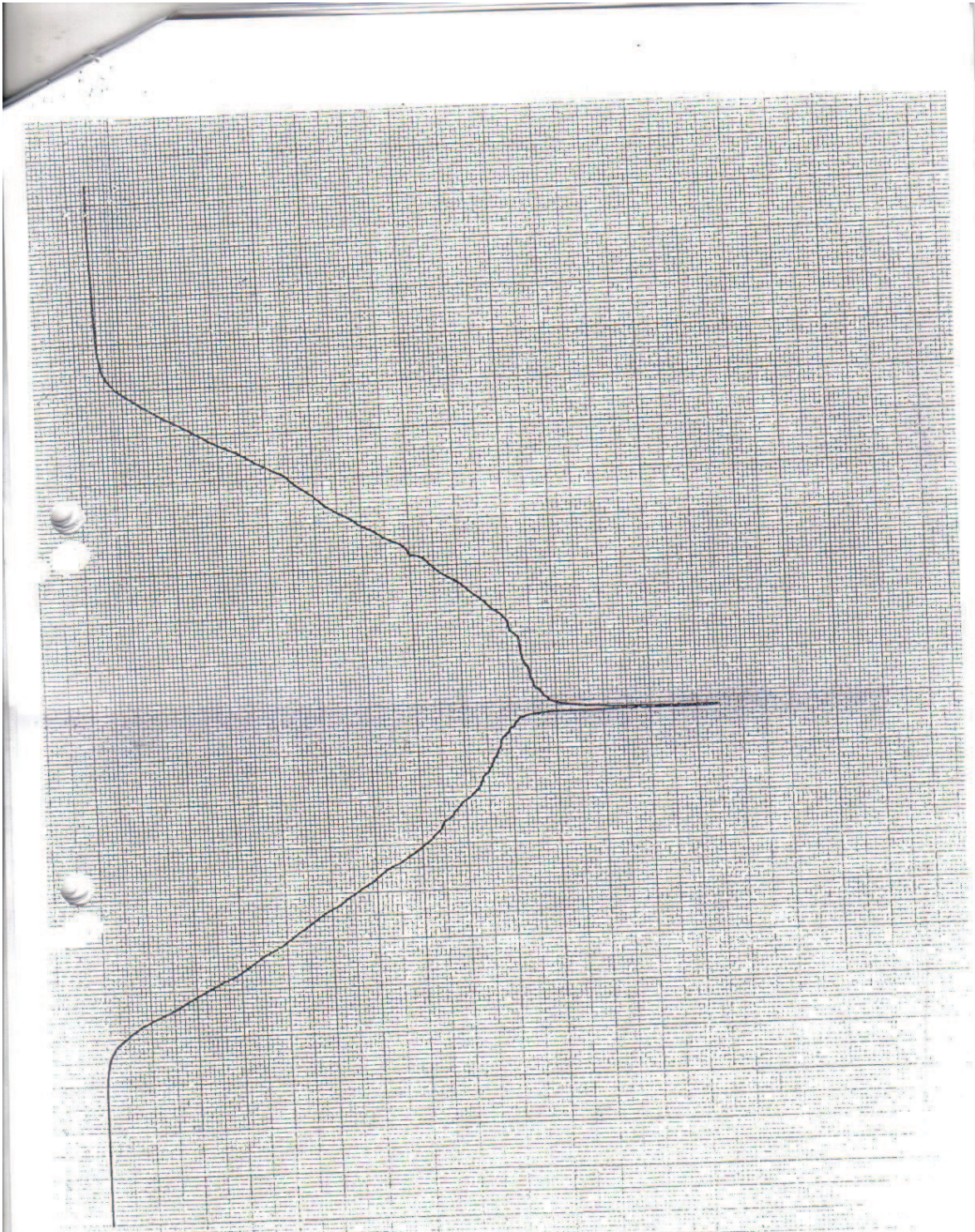
LENS RESOLVING POWER

Report No. RSAS/1105

Lens No. UAg II 3080

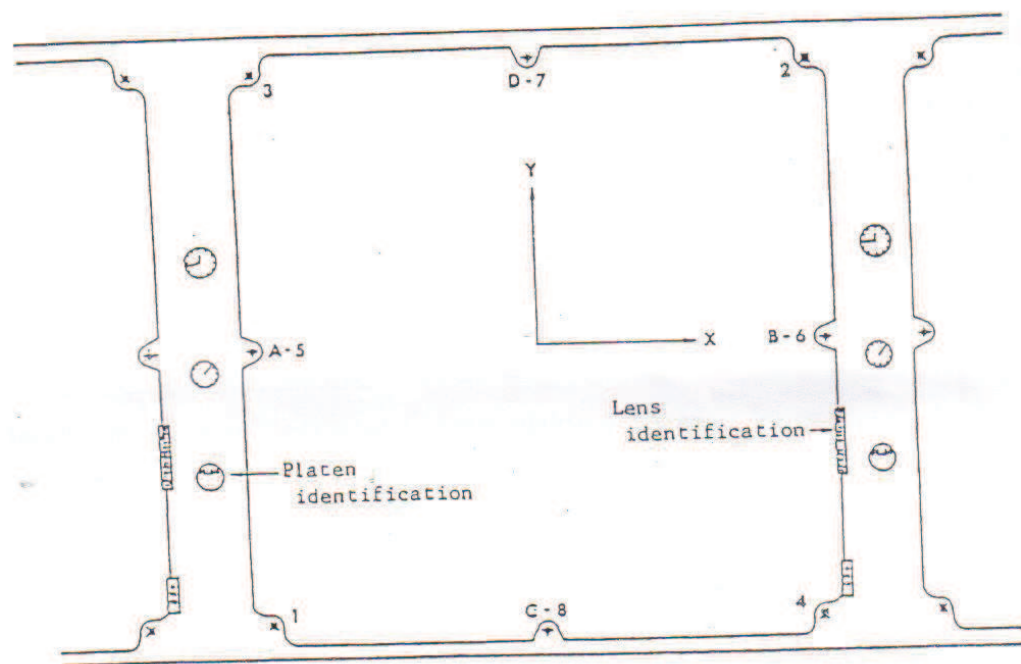
AWAR: 54.2





JOYCE DEBL <small>PRECISION</small> <small>SCANNING</small> <small>PHOTOMETER</small>	OPTICAL MAGNIF. =	PROPORT. CONTR.	WEDGE RANGE	SAMPLE	DATE
	OBJECTIVE POWER * 23	S-6	.300	$\lambda 50 = 525 \text{ nm AV2X}$	9/20/85 R110
SPLIT-FACTUAL	FEEDBACK SETTING	RATIO	REMARKS:		
2mm X 112mm	S-6	1:1	# 5126 U. AUGONII VAR # 3080		

Wild Heerbrugg RC10 Camera.



The camera is viewed from the back, or a contact positive viewed with the emulsion up. The data strip is to the left, with the platen identification located on the camera drive unit data card. The film platen is an integral part of the camera drive unit. For this orientation the film transport is from left to right. The lens identification panel and the frame sequence number panel are used for positive orientation identification.

1.3. Certificado de calibración utilizado para el año 1999


CAMERA CALIBRATION CERTIFICATE

CAMERA TYPE : ~~13265~~ ✓

LENS TYPE : 15/4 UAG-S ✓

LENS NO. : 13265 ✓

Calibration date: 29.05.1995 ✓ LEICA AG, HEERBRUGG

Leica
Leica Heerbrugg Ltd
CH-9435 Heerbrugg
Calibration Department
Supervisor 

[Handwritten Signature]

Billb

RC30

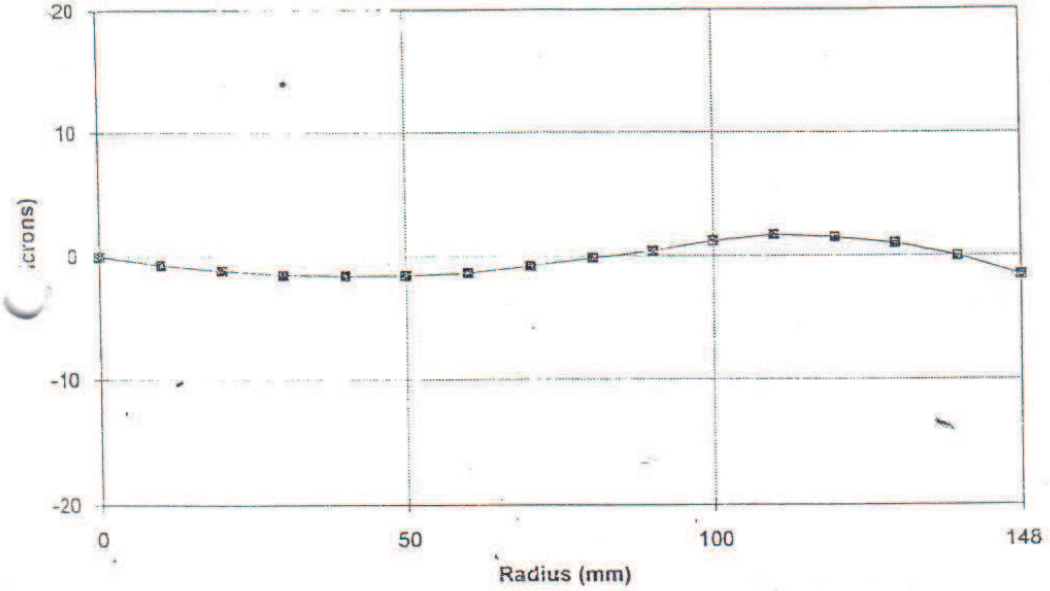
15/4 UAG-S

No. 13265

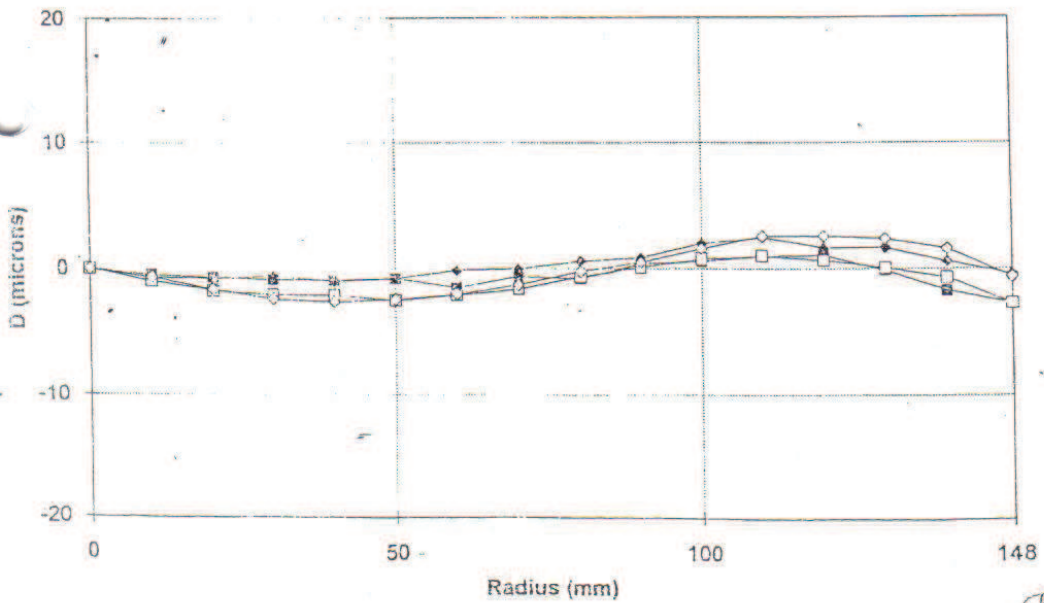
29.05.1995

Aperture: 4.0
 Filter on goniometer: VIS (400 - 700 NM)
 Filter on camera: -
 C.F.L.: 152.92 mm

Mean radial distortion
(distortion readed under.)



Radial distortion for semi-diagonals referred to PPS



—■— 1 —□— 3 —♦— 2 —◇— 4

(Handwritten mark)

RC30

15/4 UAG-S

No. 13265

29.05.1995

Aperture: 4.0
 Filter on goniometer: VIS (400 - 700 NM)
 Filter on camera: -
 C.F.L.: 152.92 mm

Radial distortion (micrometers) referred to principal point of symmetry (PPS)
 (Positive values denote image displacement away from center)

Radius mm	Half - Sides				Mean
	1	3	2	4	
10	-0.5	-1.0	-0.7	-0.7	-0.7
20	-0.7	-1.7	-0.8	-1.6	-1.2
30	-0.9	-2.1	-0.6	-2.4	-1.5
40	-0.9	-2.1	-1.0	-2.6	-1.6
50	-0.8	-2.5	-0.8	-2.4	-1.6
60	-1.5	-2.1	-0.1	-2.0	-1.4
70	-0.6	-1.6	0.0	-1.3	-0.8
80	-0.8	-0.6	0.6	-0.2	-0.2
90	0.4	0.1	0.9	0.5	0.4
100	0.6	0.8	2.0	1.6	1.2
110	1.0	1.0	2.5	2.6	1.7
120	1.1	0.7	1.7	2.6	1.5
130	-0.1	0.1	1.7	2.4	1.0
140	-1.7	-0.7	0.6	1.6	0.0
148	-2.7	-2.7	-0.4	-0.6	-1.6

Photographic resolution (line pairs per millimeter)

International 3-line test-chart, contrast (log): 2.0
 Aperture: 4.0
 Filter: 450 NM
 Film: KODAK PANATOMIC X 2412
 Developer: KODAK HC110

Angle (deg)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45
Radial:	117	117	92	90	78	106	128	121	101	74
Tangential:	117	116	114	87	103	96	111	99	77	41

AWAR (Area weighted average resolution) in lp/mm:

102 (Combined: 1.4 x 10²)
 I sym. resolution (100)

RC30

15/4 UAG-S

Nº. 13265

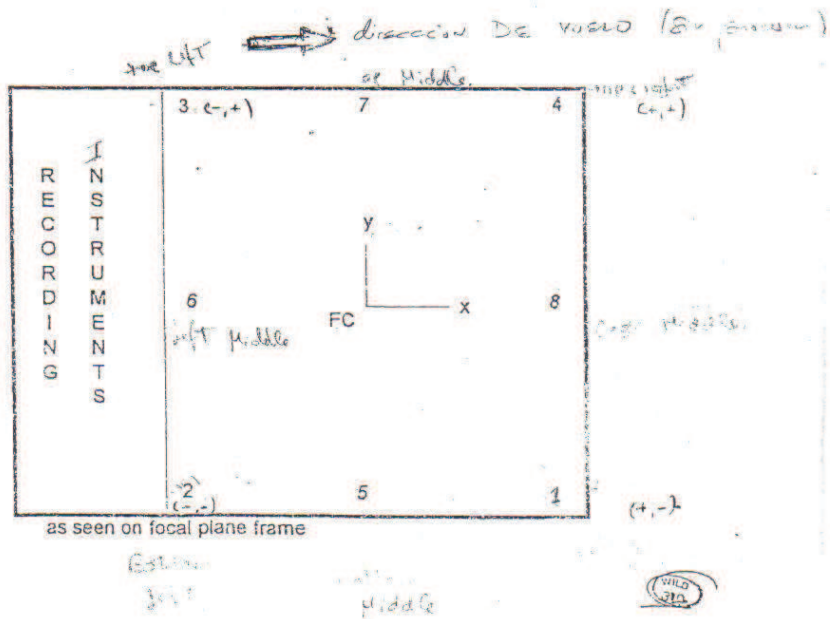
29.05.1995

Principal point of autocollimation (PPA) and principal point of symmetry (PPS) referred to central cross (FC), see diagram

	x (mm)	y (mm)
PPA	0.004	0.002
PPS	-0.006	0.004

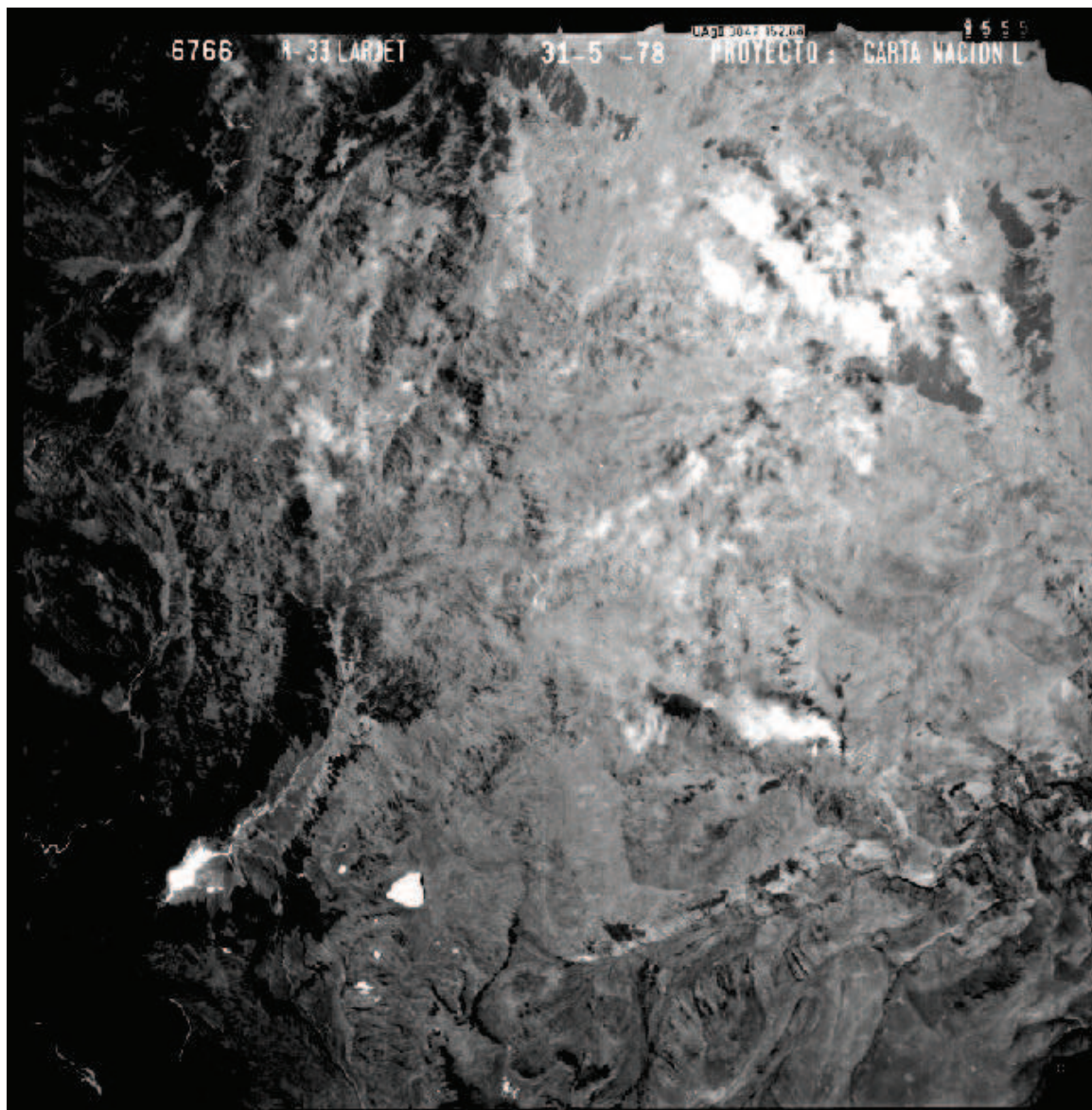
Fiducial marks, referred to central cross (FC)

	x (mm)	y (mm)		x (mm)	y (mm)
1	106.002	-106.003	5	0.004	-112.001
2	-106.001	-106.001	6	-111.994	0.001
3	-106.001	106.002	7	-0.003	112.002
4	106.001	106.000	8	111.998	-0.003



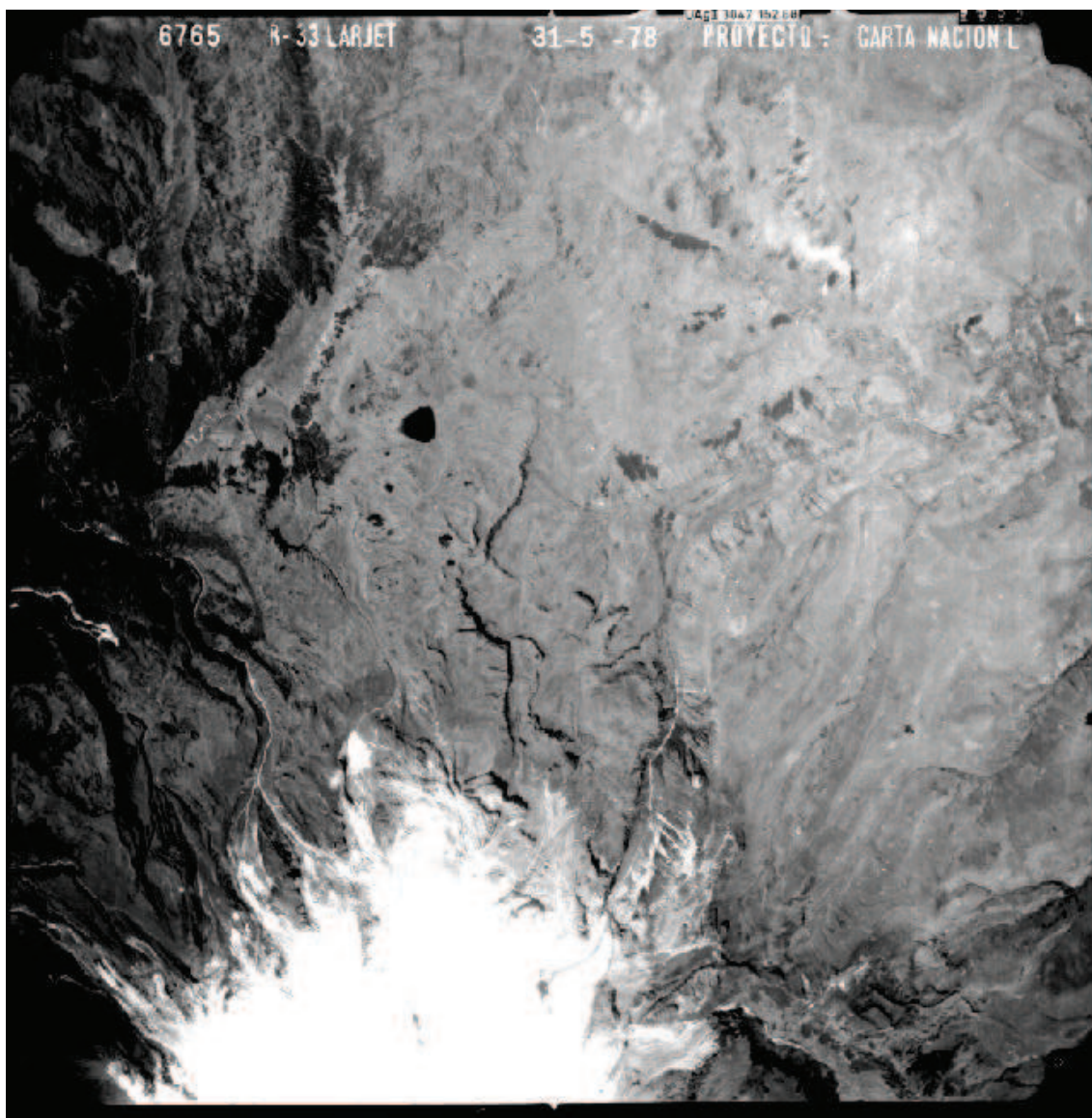
ANEXO N°2
FOTOGRAFÍAS AÉREAS

2.1.



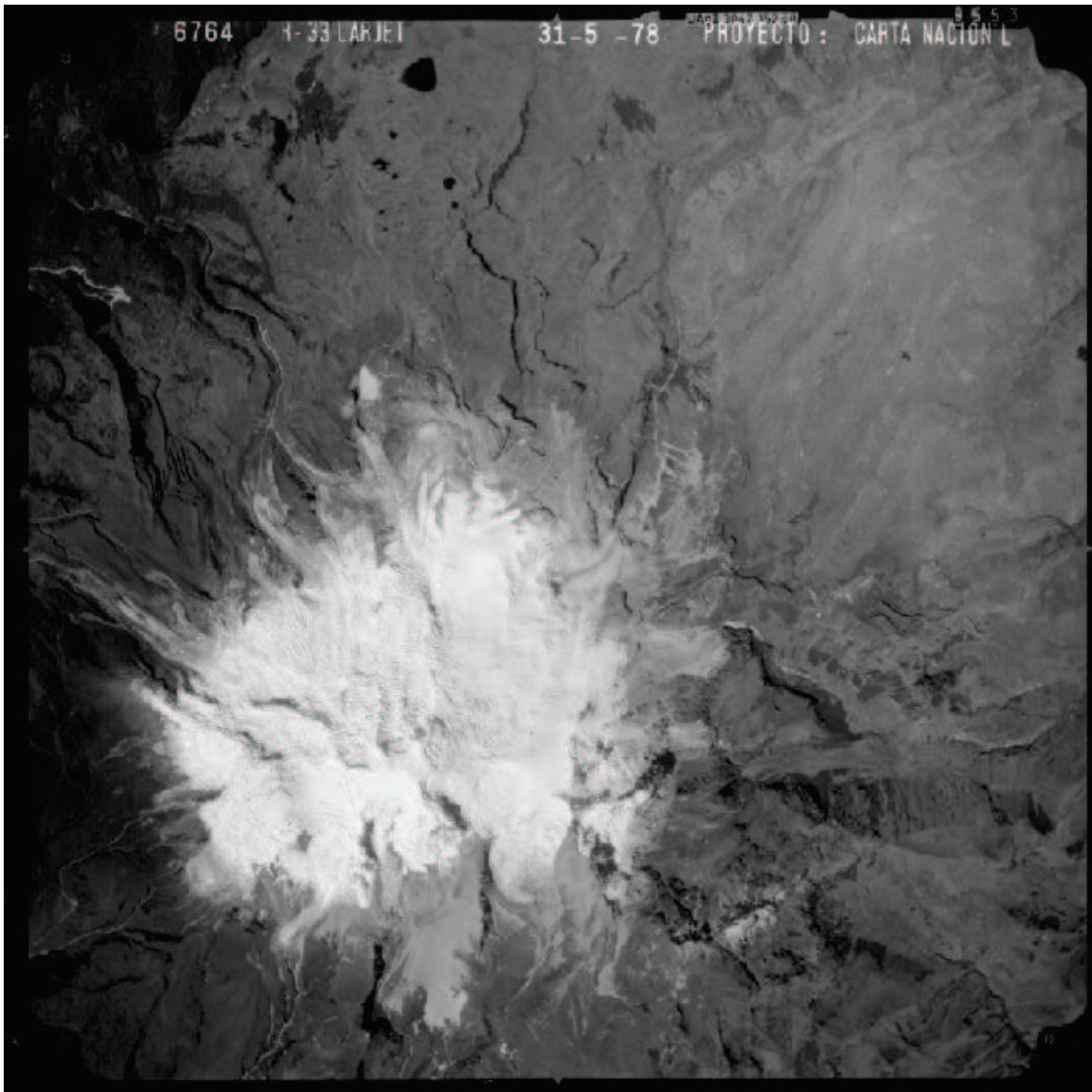
Fotografía aérea 6766 correspondiente al año 1978

2.2.



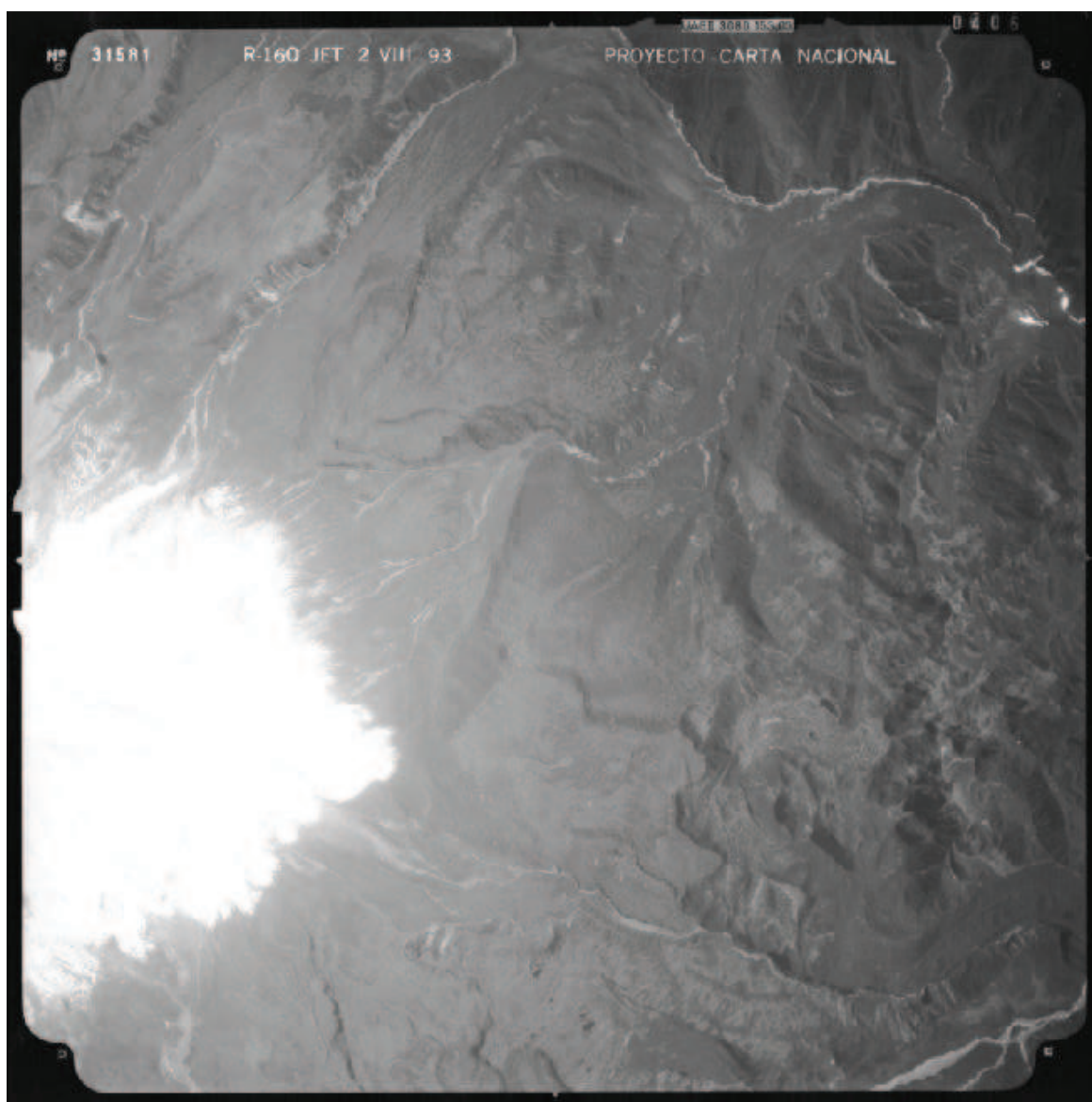
Fotografía aérea 6765 correspondiente al año 1978

2.3.



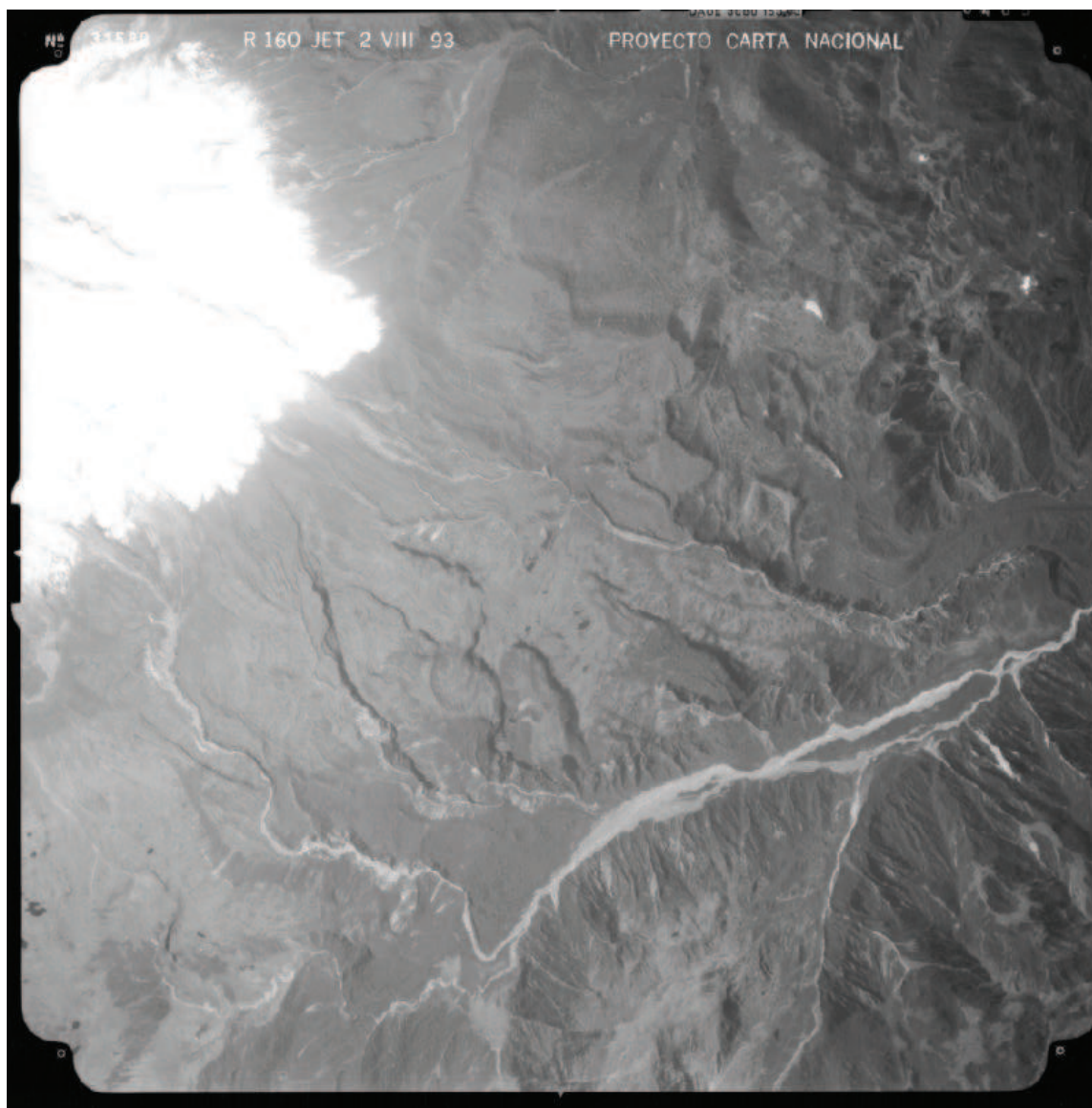
Fotografía aérea 6764 correspondiente al año 1978

2.4.



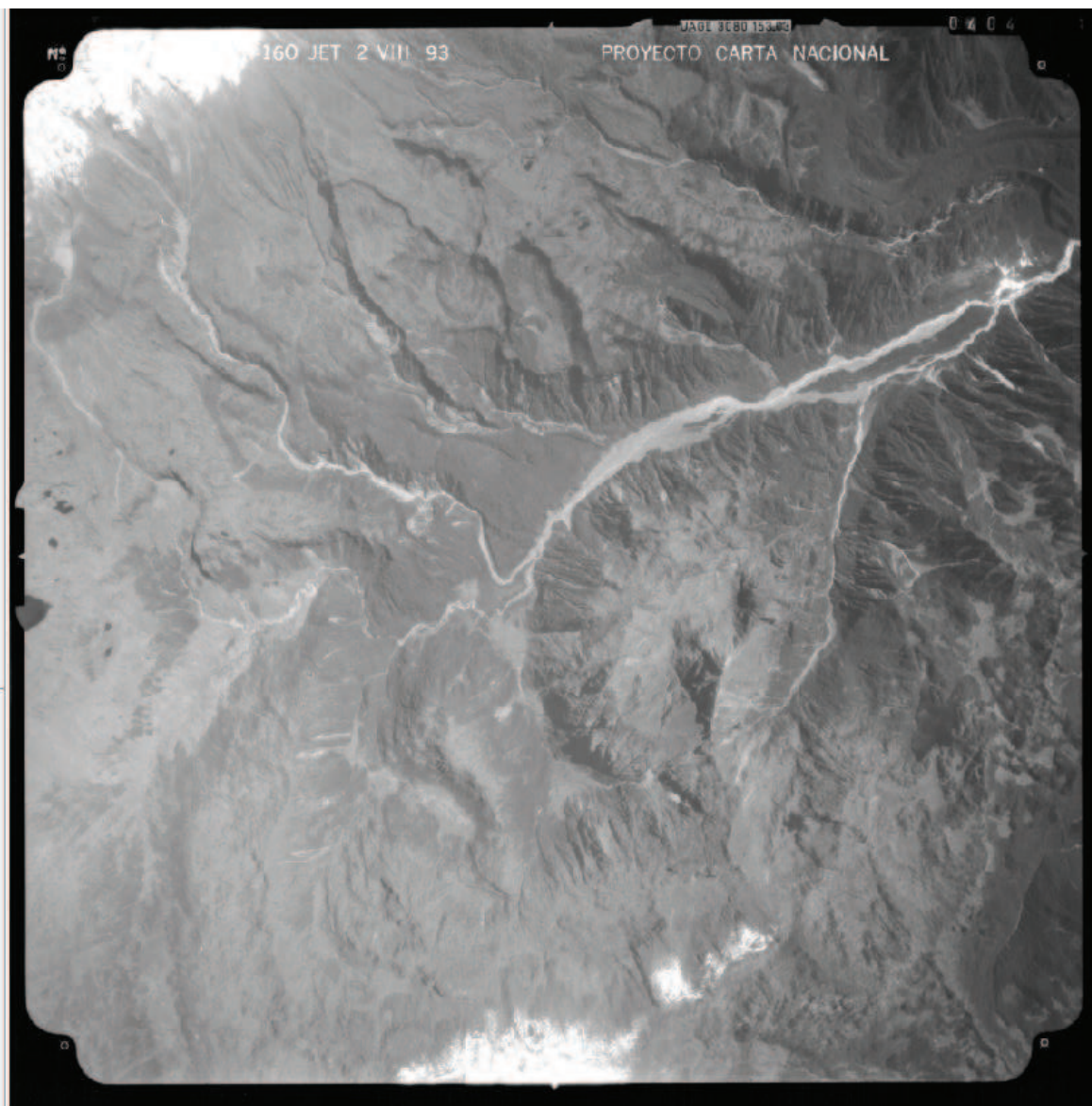
Fotografía aérea 31581 correspondiente al año 1993

2.5.



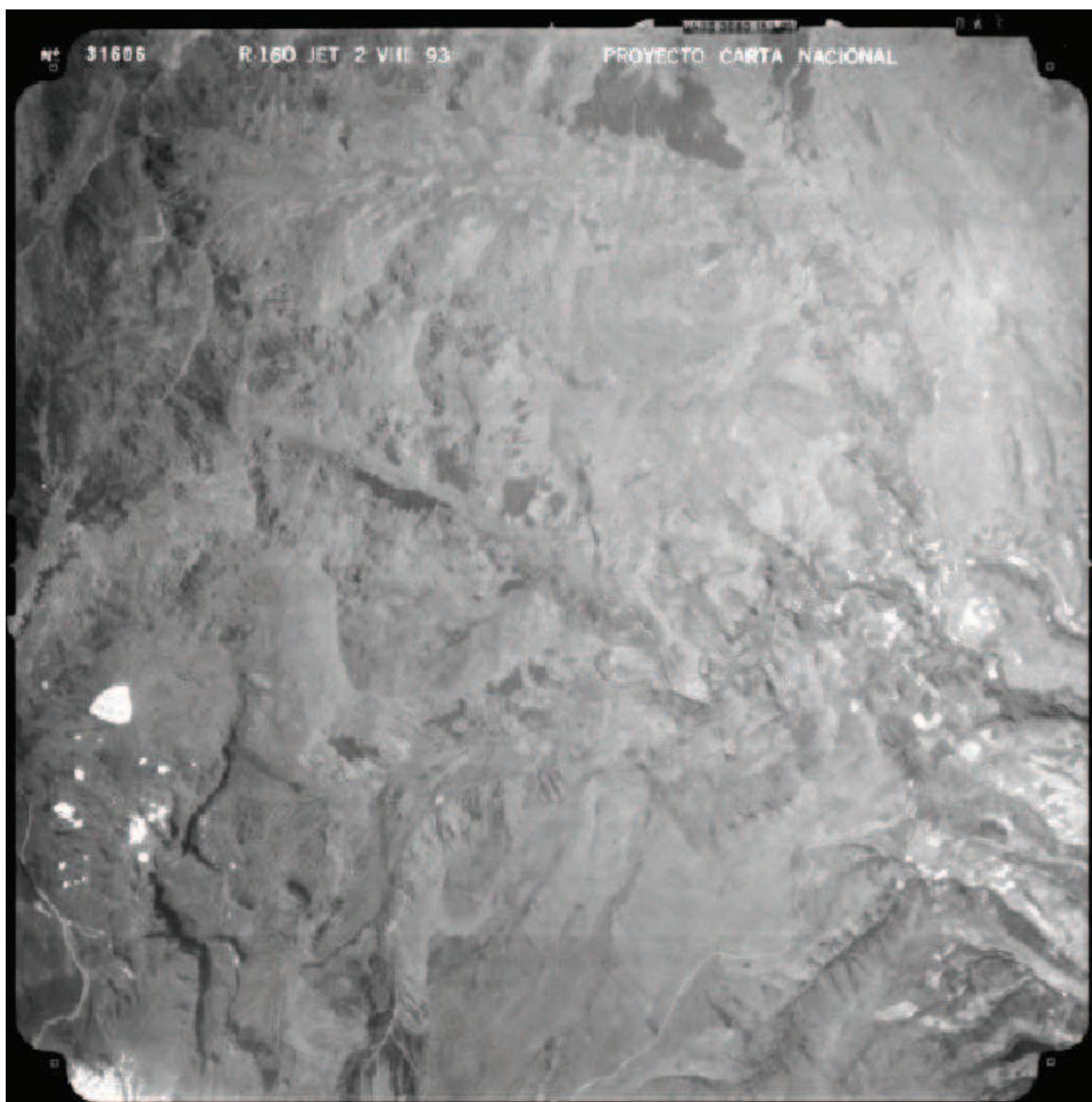
Fotografía aérea 31580 correspondiente al año 1993

2.6.



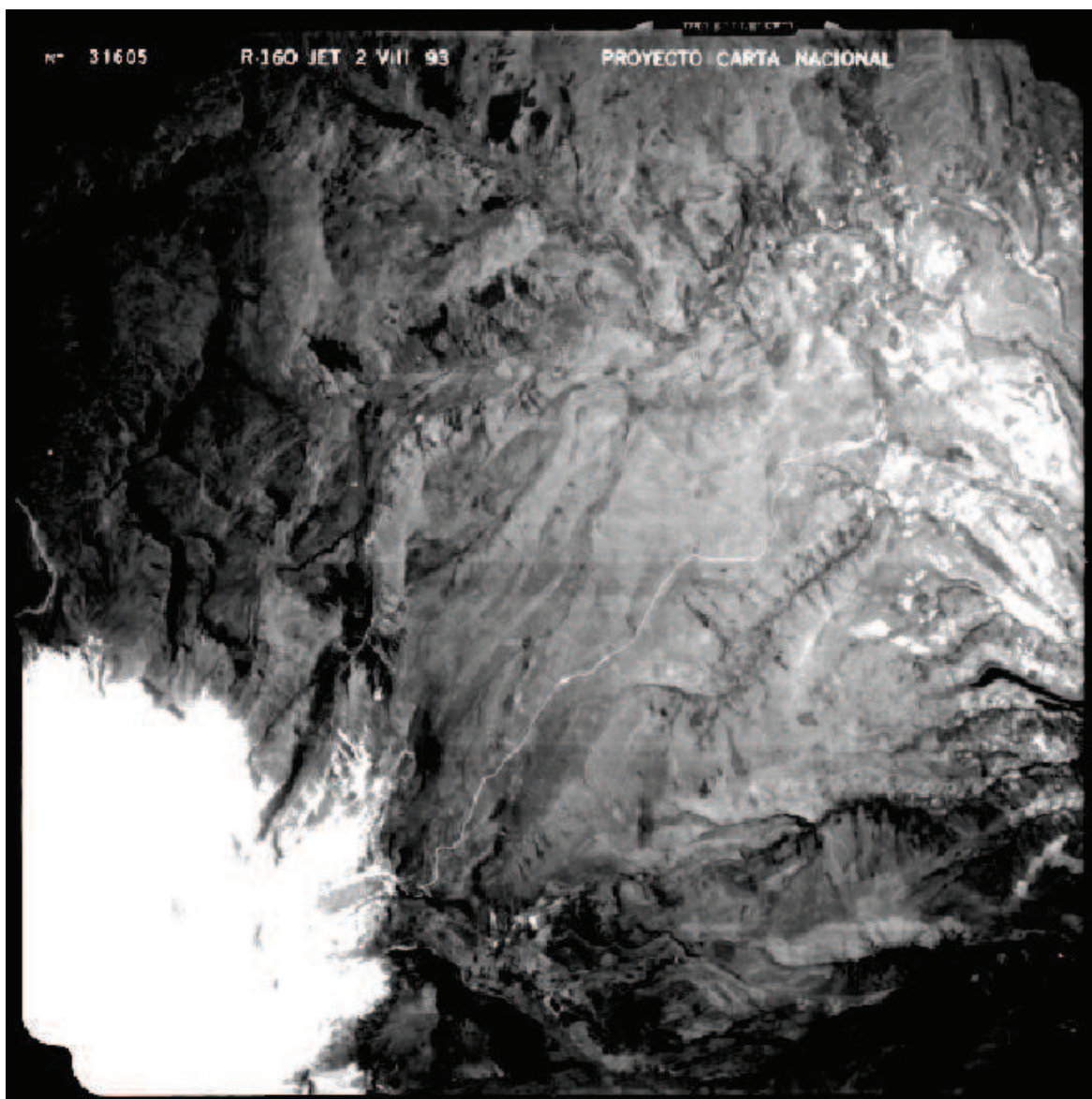
Fotografía aérea 31579 correspondiente al año 1993

2.7.



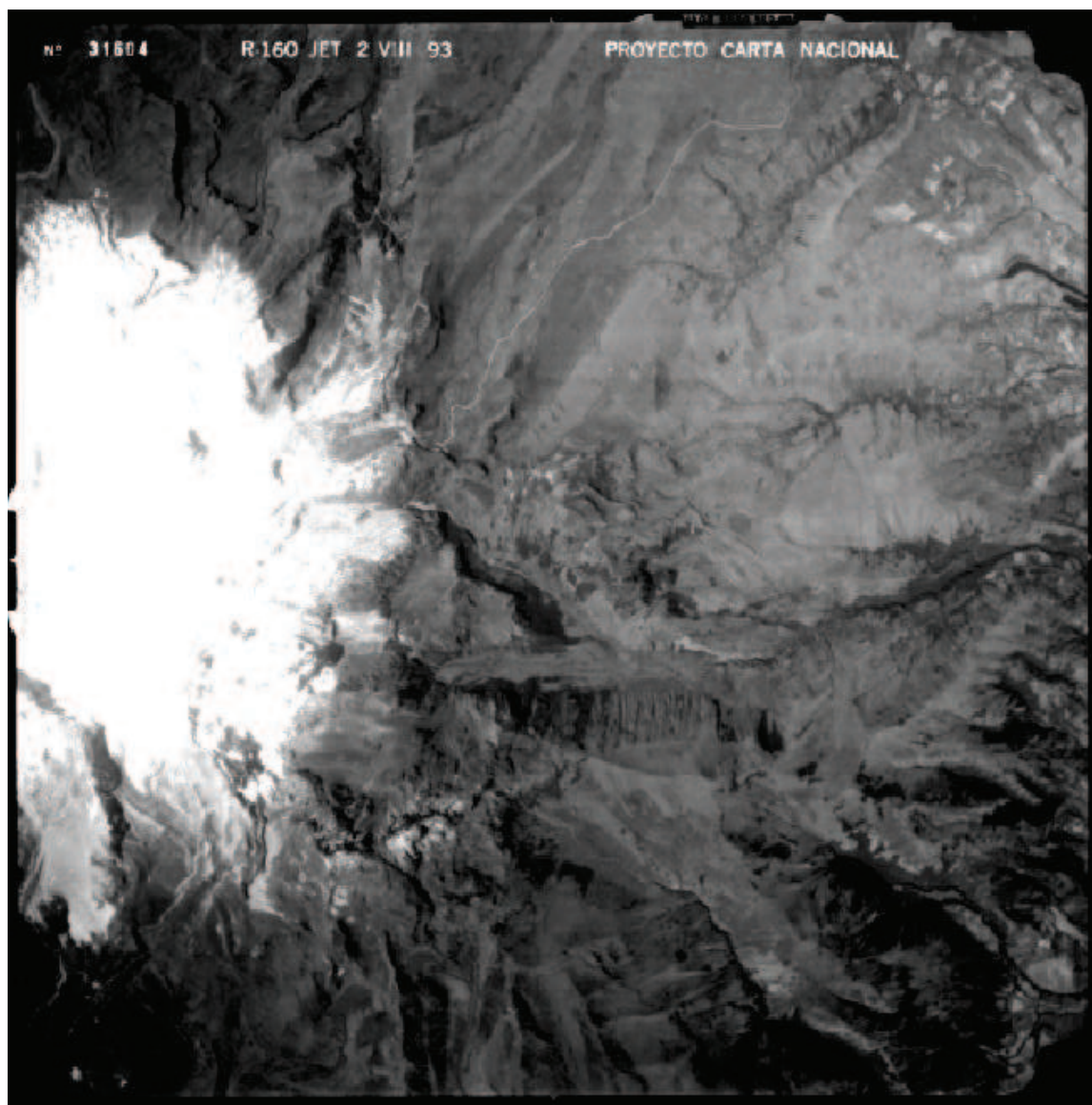
Fotografía aérea 31605 correspondiente al año 1993

2.8.



Fotografía aérea 31605 correspondiente al año 1993

2.9.



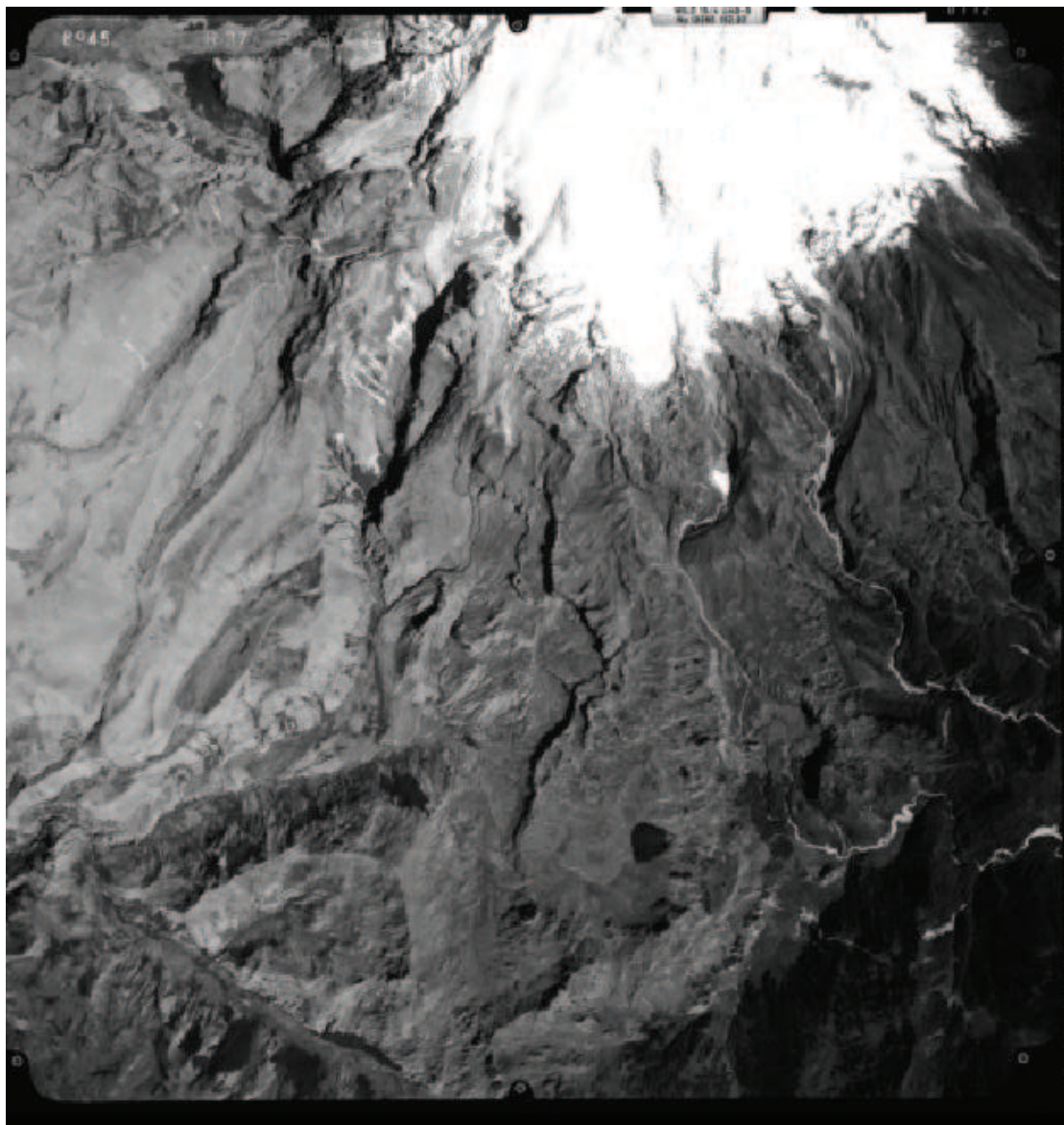
Fotografía aérea 31604 correspondiente al año 1993

2.10.



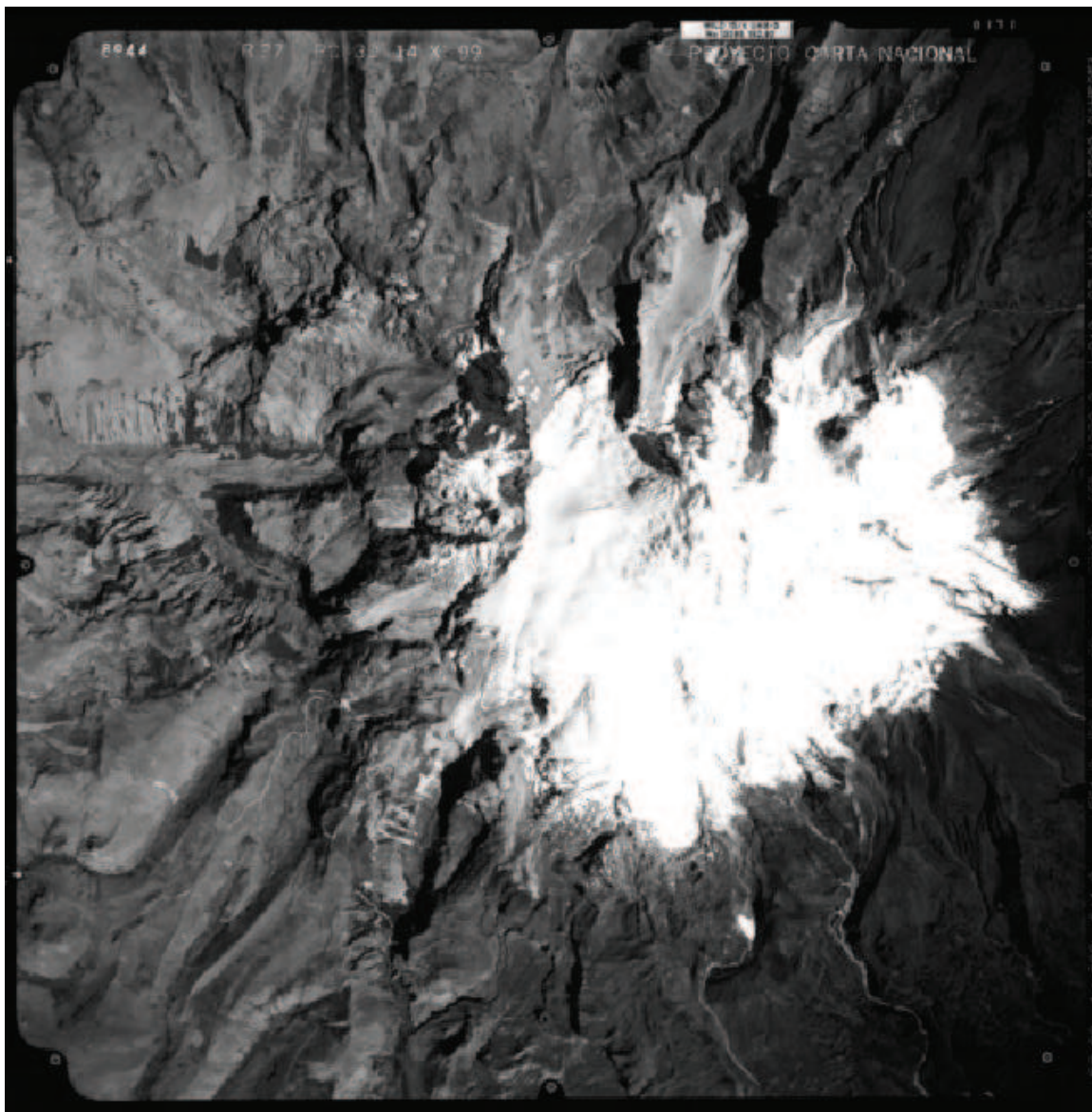
Fotografía aérea 8946 correspondiente al año 1999

2.11.



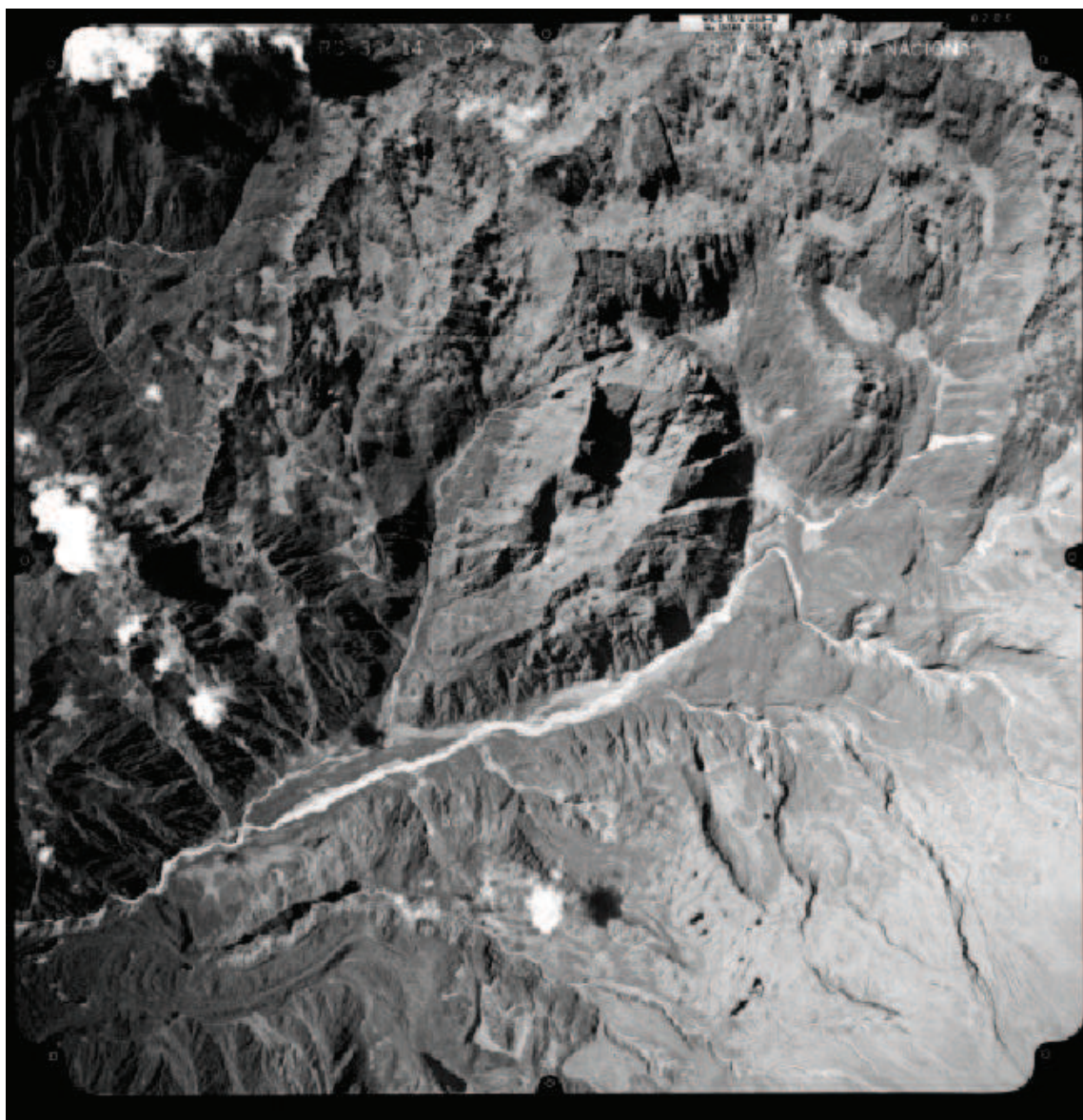
Fotografía aérea 8945 correspondiente al año 1999

2.12.



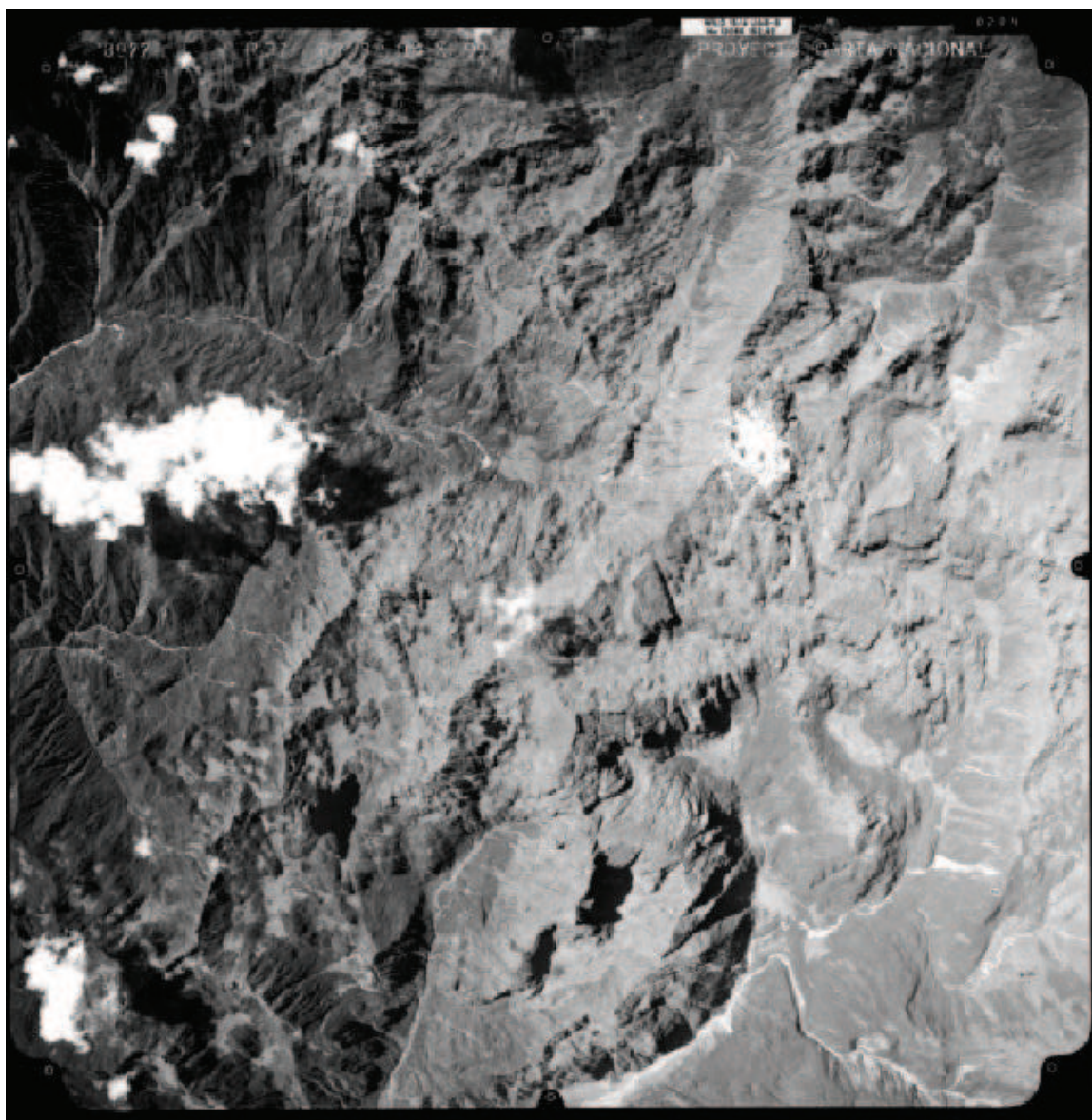
Fotografía aérea 8944 correspondiente al año 1999

2.13.



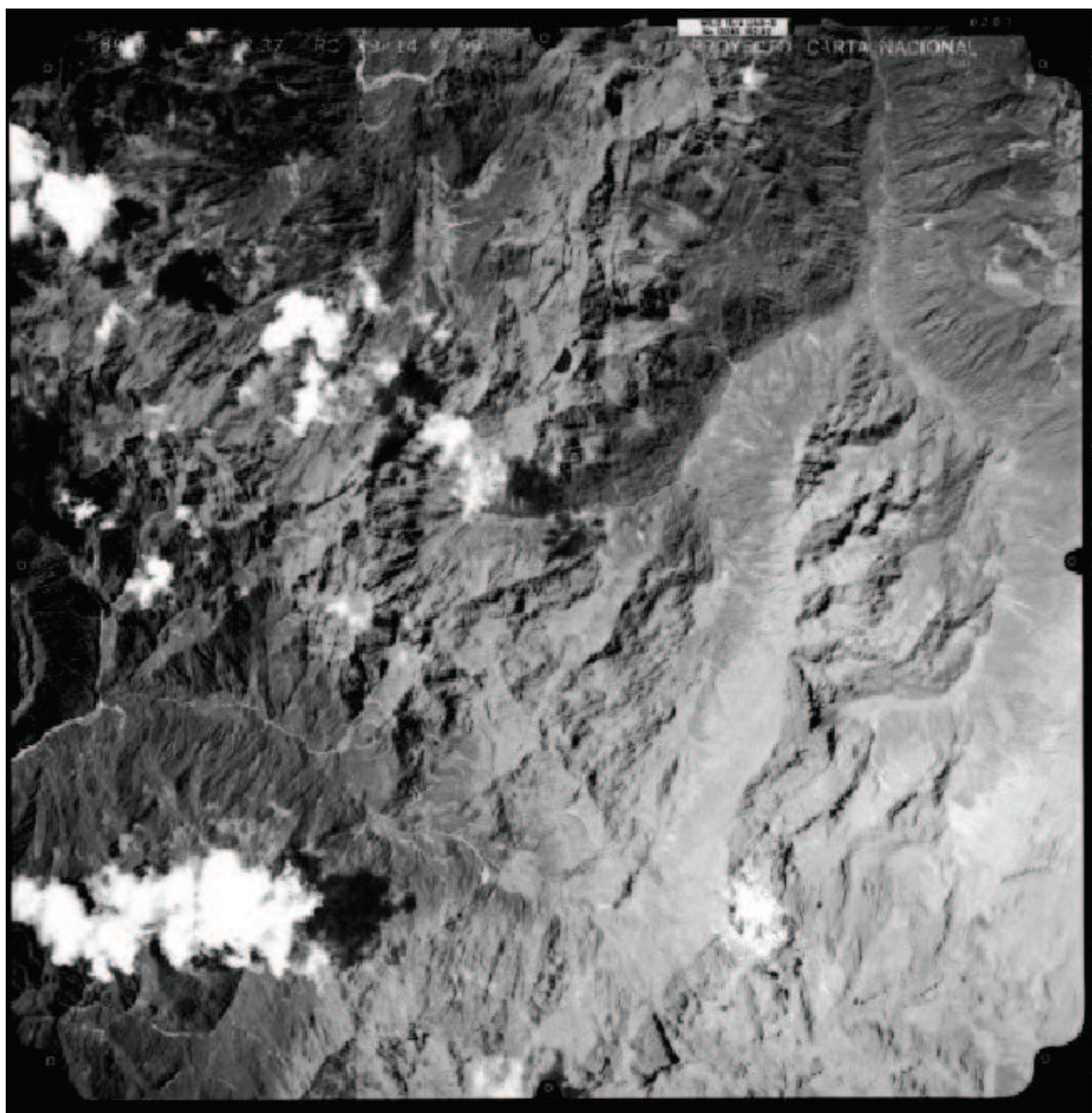
Fotografía aérea 8976 correspondiente al año 1999

2.14.



Fotografía aérea 8977 correspondiente al año 1999

2.15.



Fotografía aérea 8978 correspondiente al año 1999

ANEXO N°3
PUNTOS DE CONTROL, VISTAS Y SOBREVISTAS

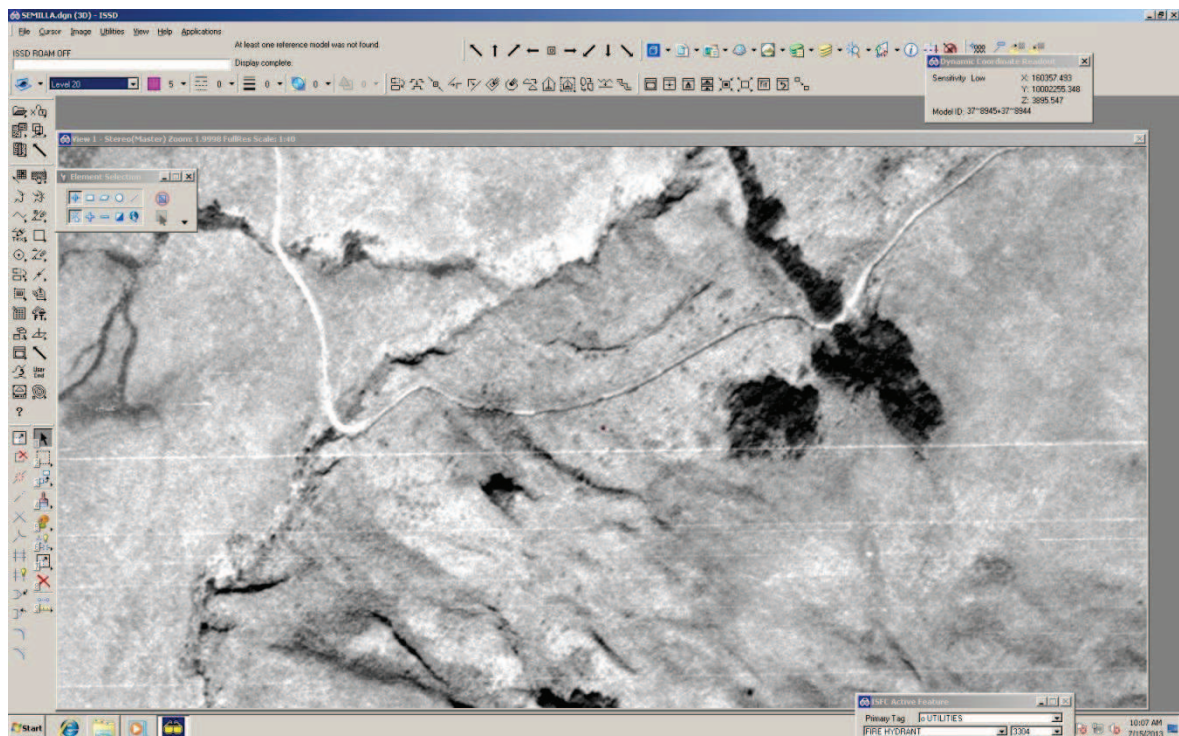
3.1 Elenco de coordenadas de los puntos de control del año 1999 entregadas por el IGM

WGS84 zona 18S

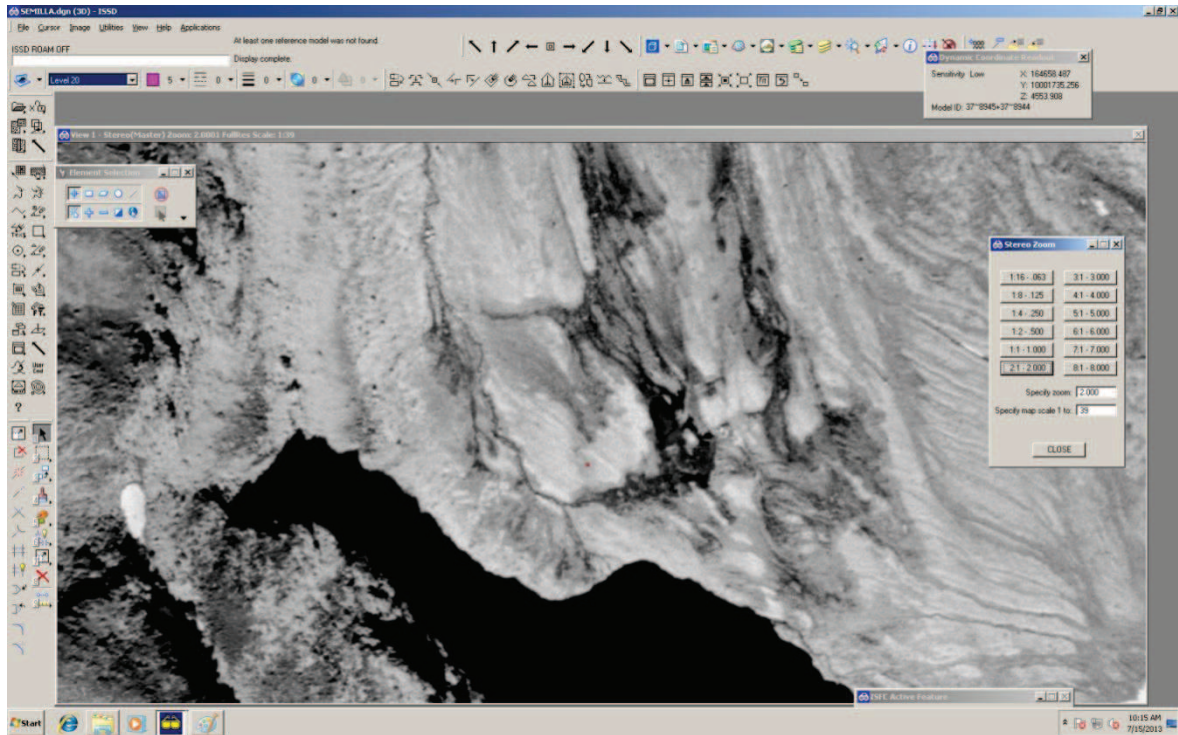
Punto	X	Y	Z
8944-A	160357,49	10002255,35	3895,55
8944-C	164658,49	10001735,26	4553,91
8945-A	160448,84	9997568,21	3886,25
8945-C	171031,87	9997679,57	3830,76
8946-A	160184,28	9992982,96	3703,37
8946-C	169558,01	9992982,96	37033,69
8979-A	169733,05	9994578,08	3487,63
8979-C	181662,13	10000407,72	2766,89
8978-A	169732,60	9994578,53	3487,77
8978-C	180671,13	9996034,64	3477,87
8977-A	170616,85	9990936,80	3853,34
8977-C	179935,48	9991008,78	3012,82

3.2 Vistas de los puntos de control del año 1999 entregadas por el IGM

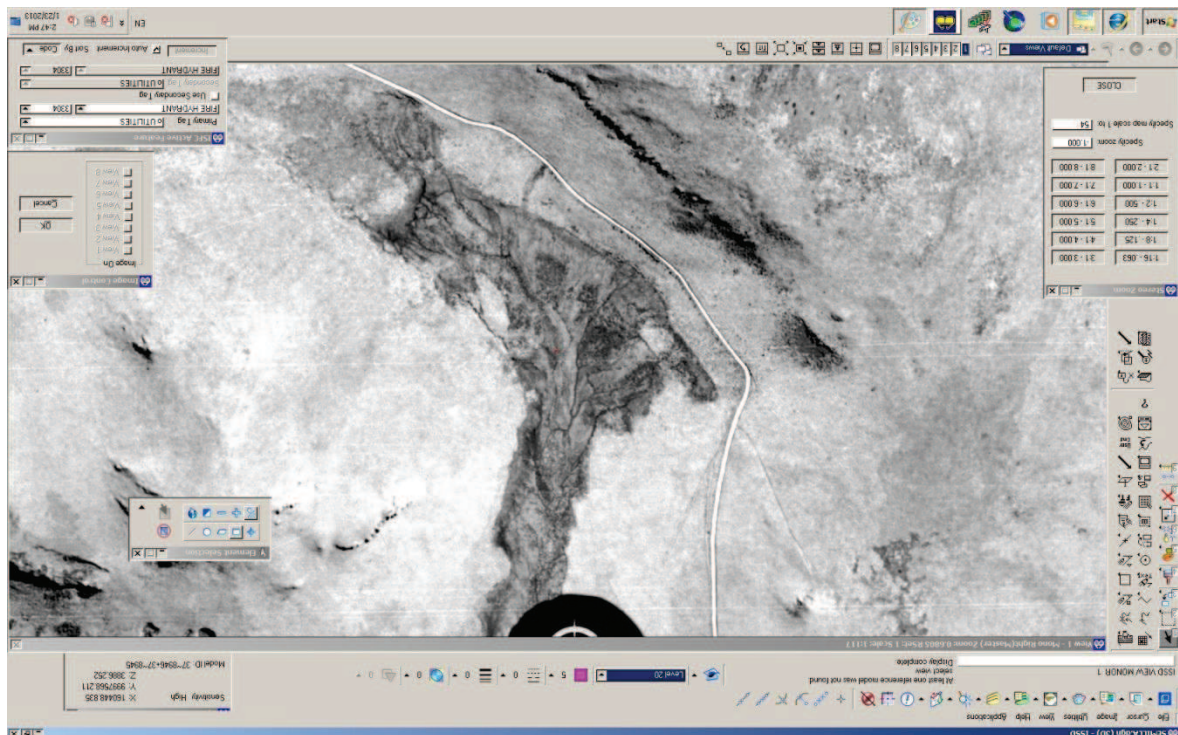
Vista del punto 8944-A



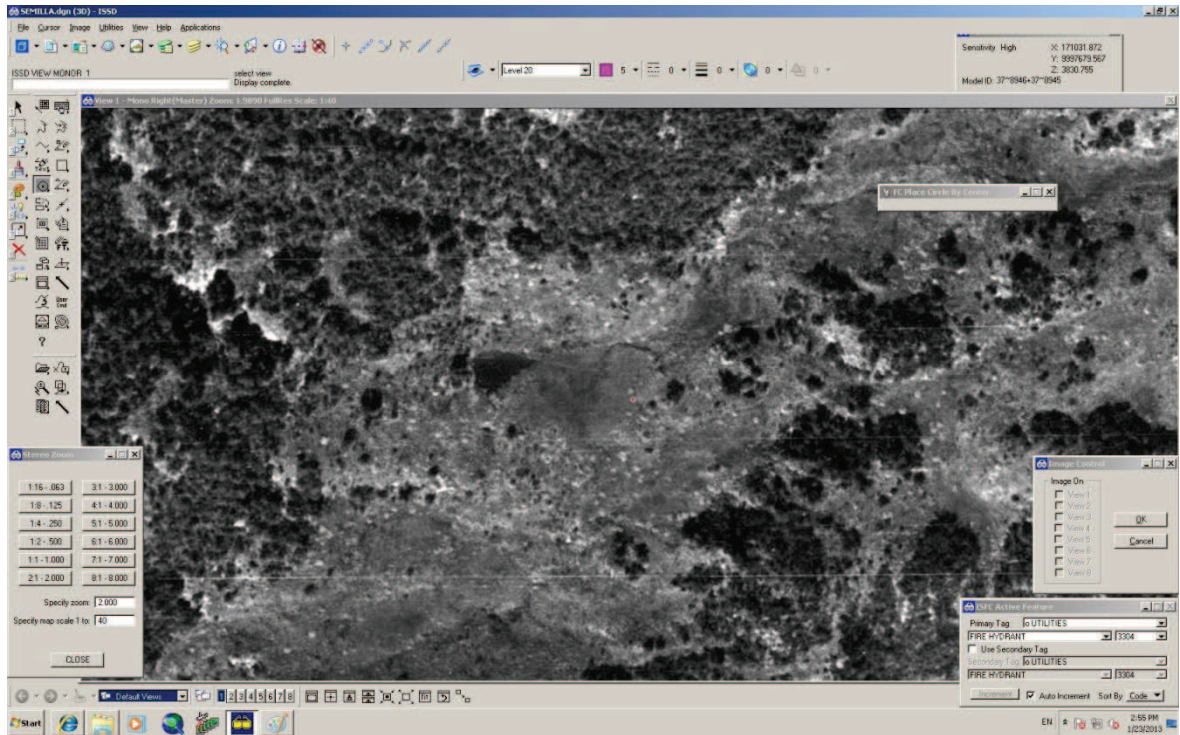
Vista del punto 8944-C



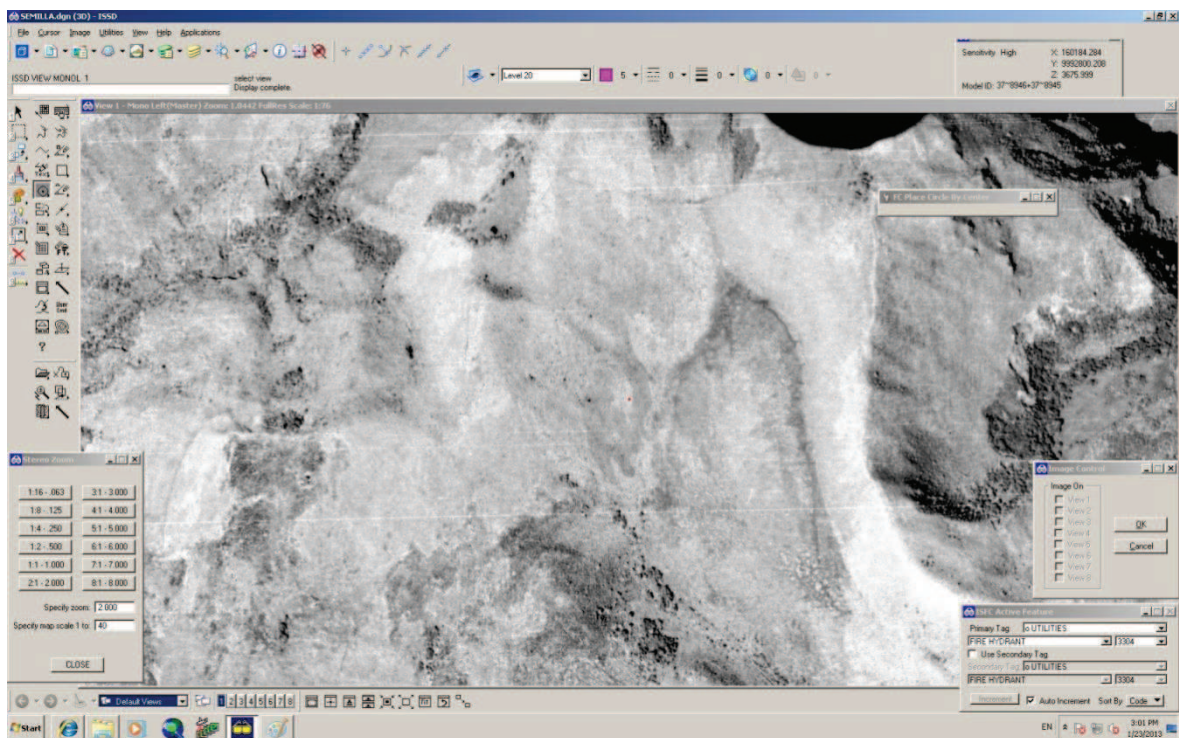
Vista del punto 8945-A



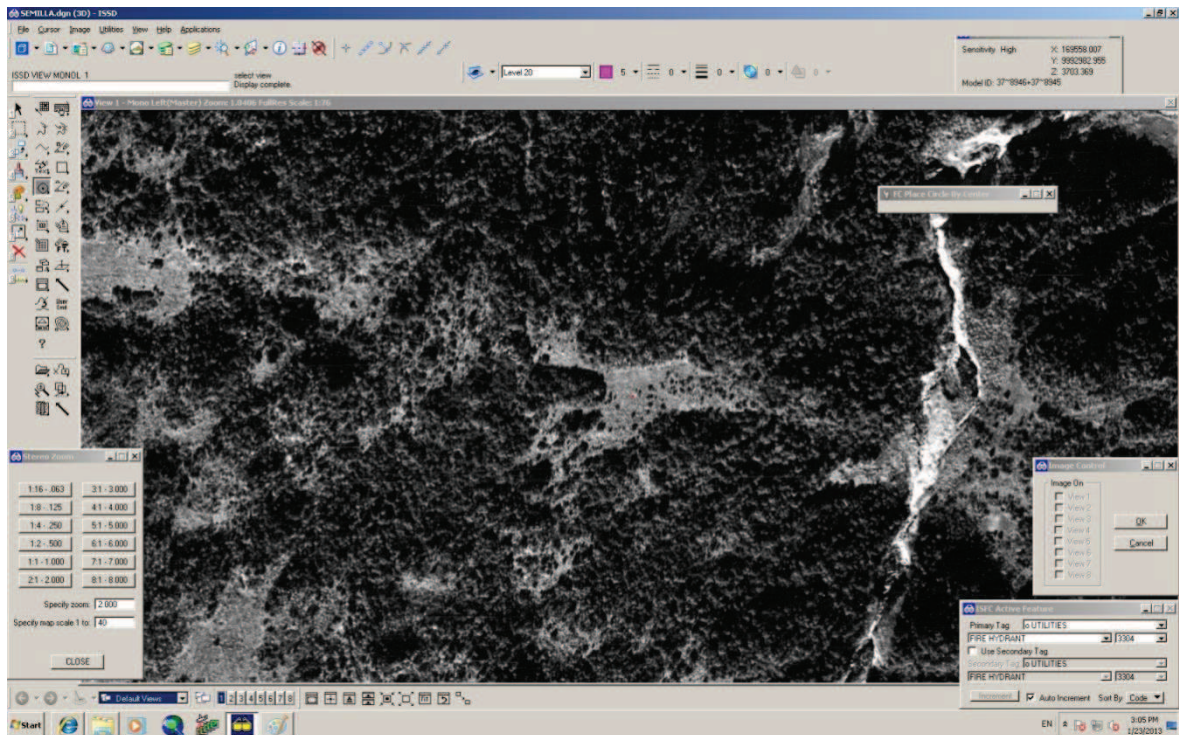
Vista del punto 8945-C



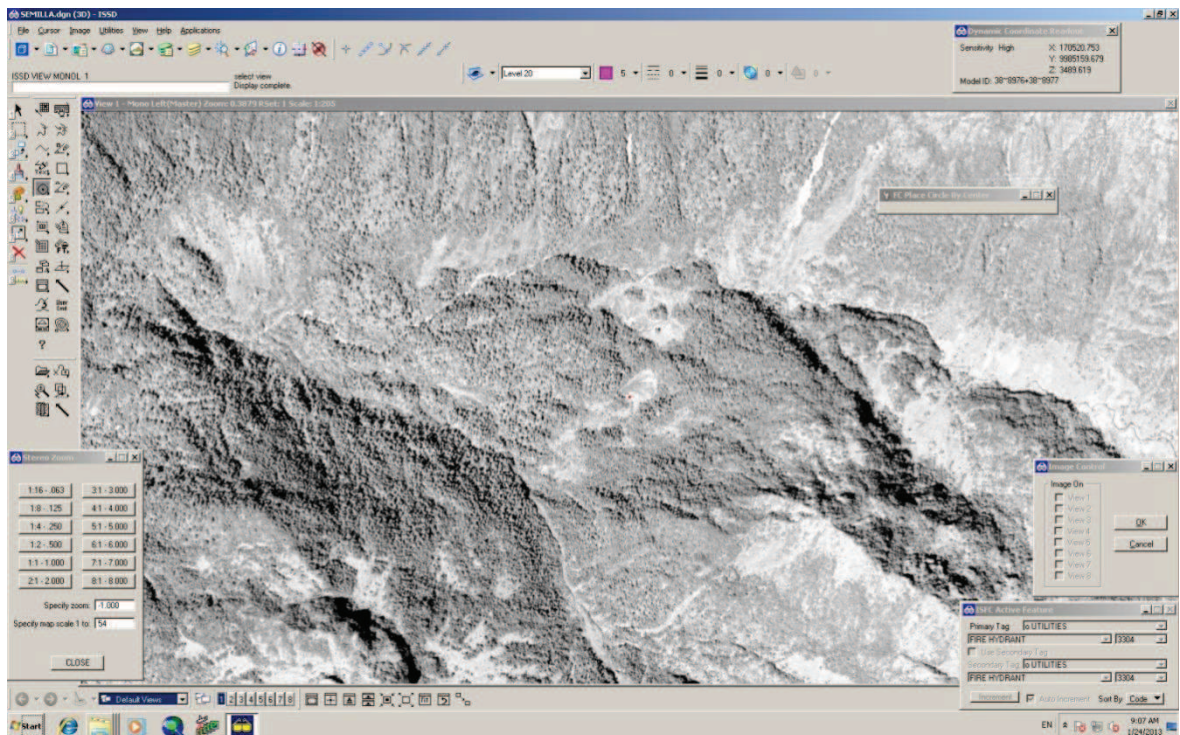
Vista del punto 8946-A



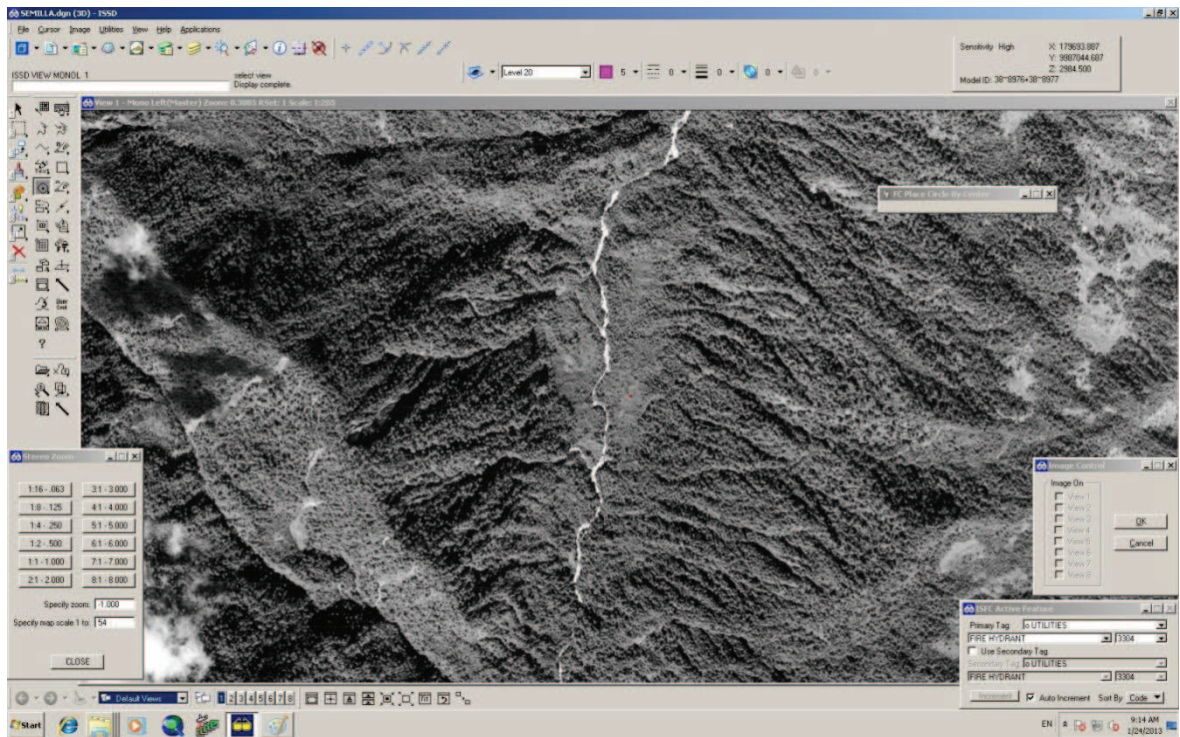
Vista del punto 8946-C



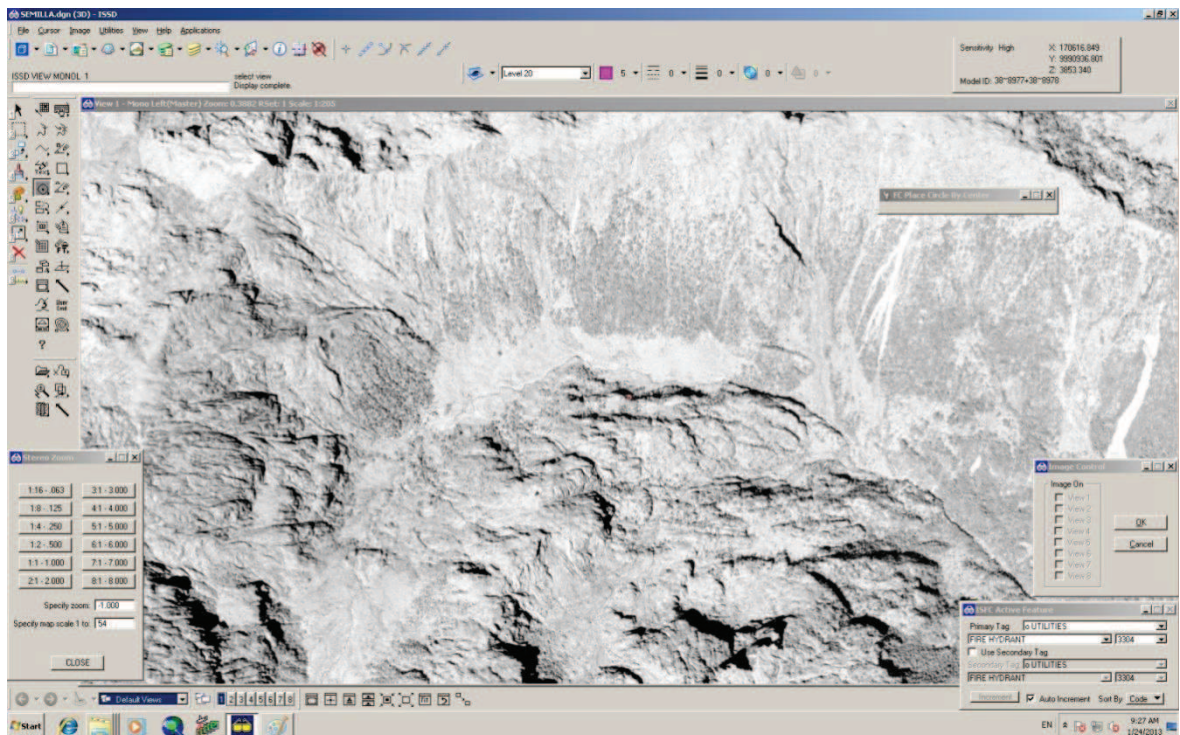
Vista del punto 8976-A



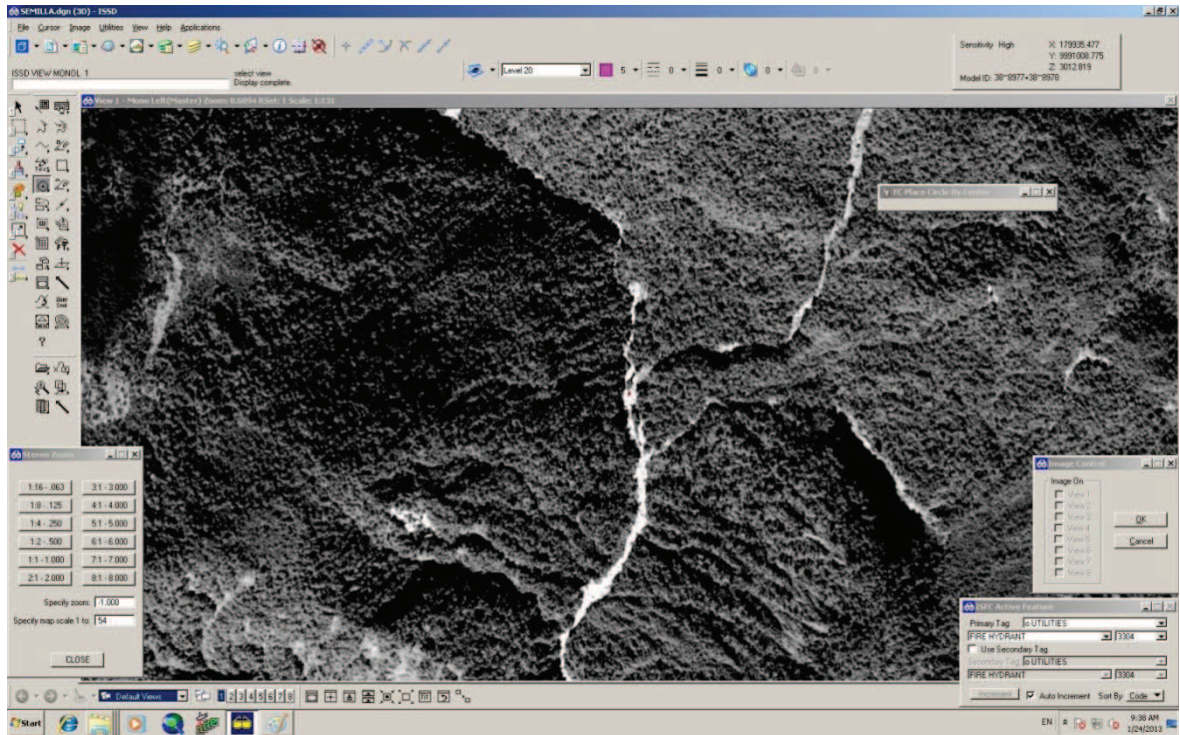
Vista del punto 8976-C



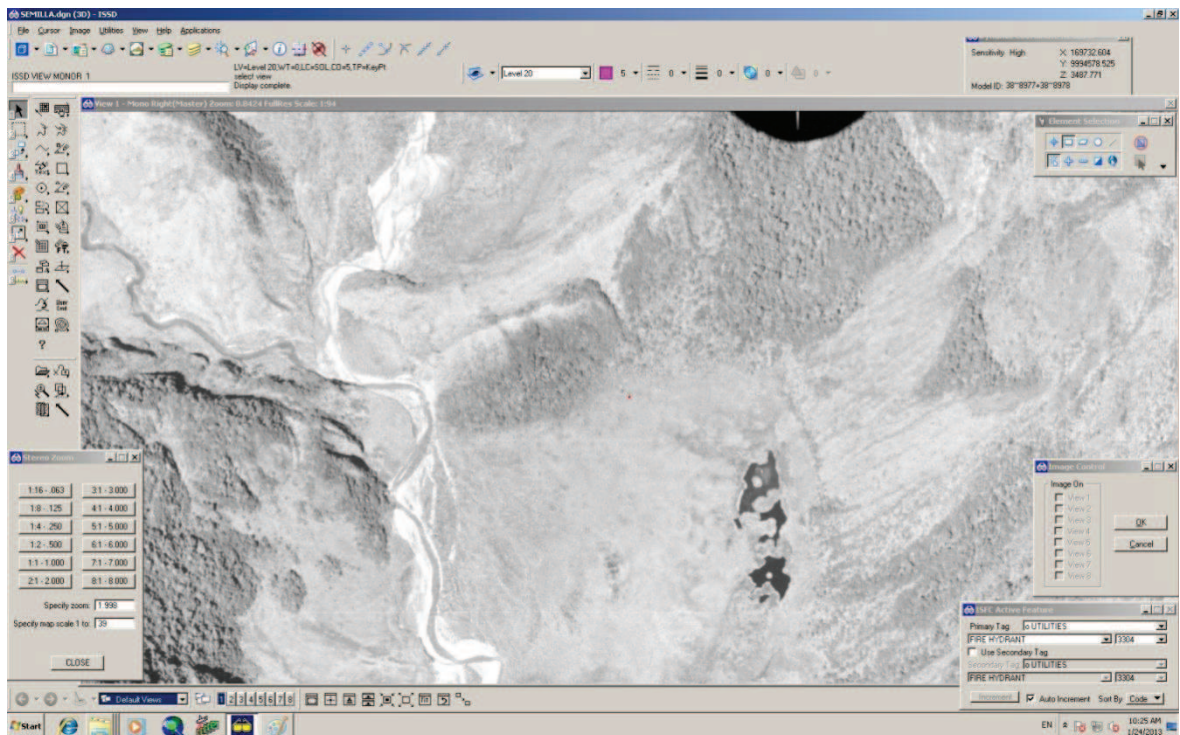
Vista del punto 8977-A



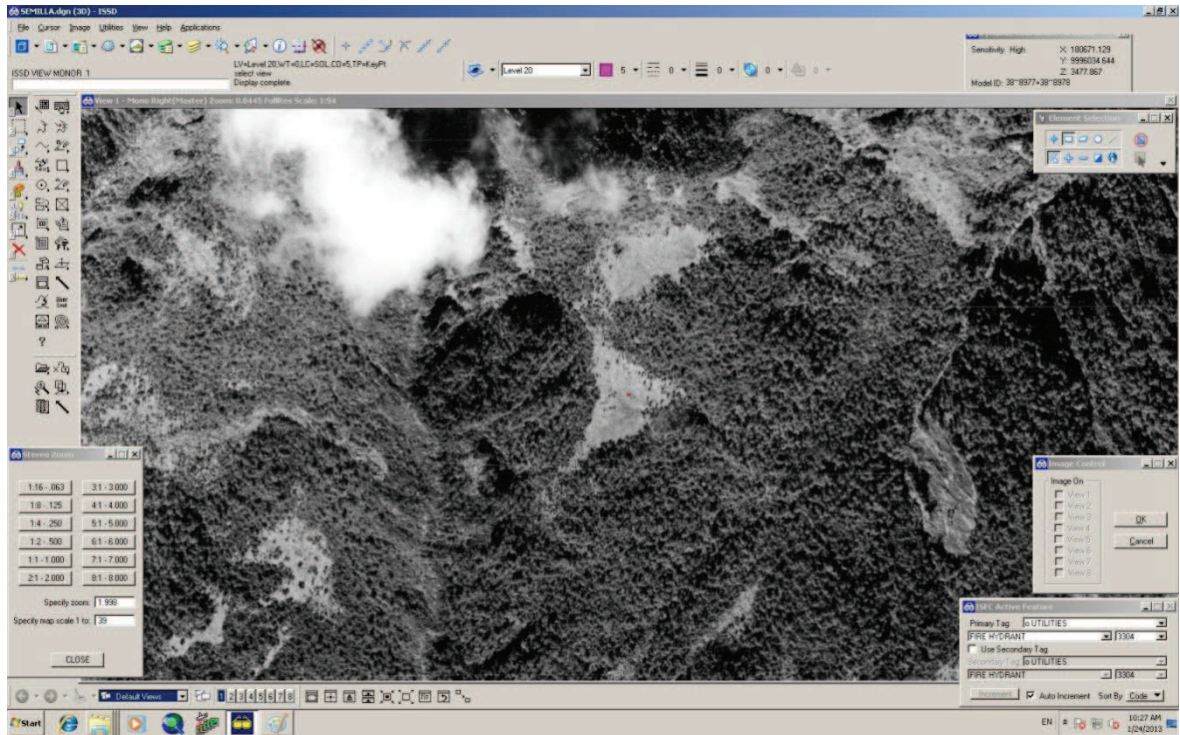
Vista del punto 8977-C



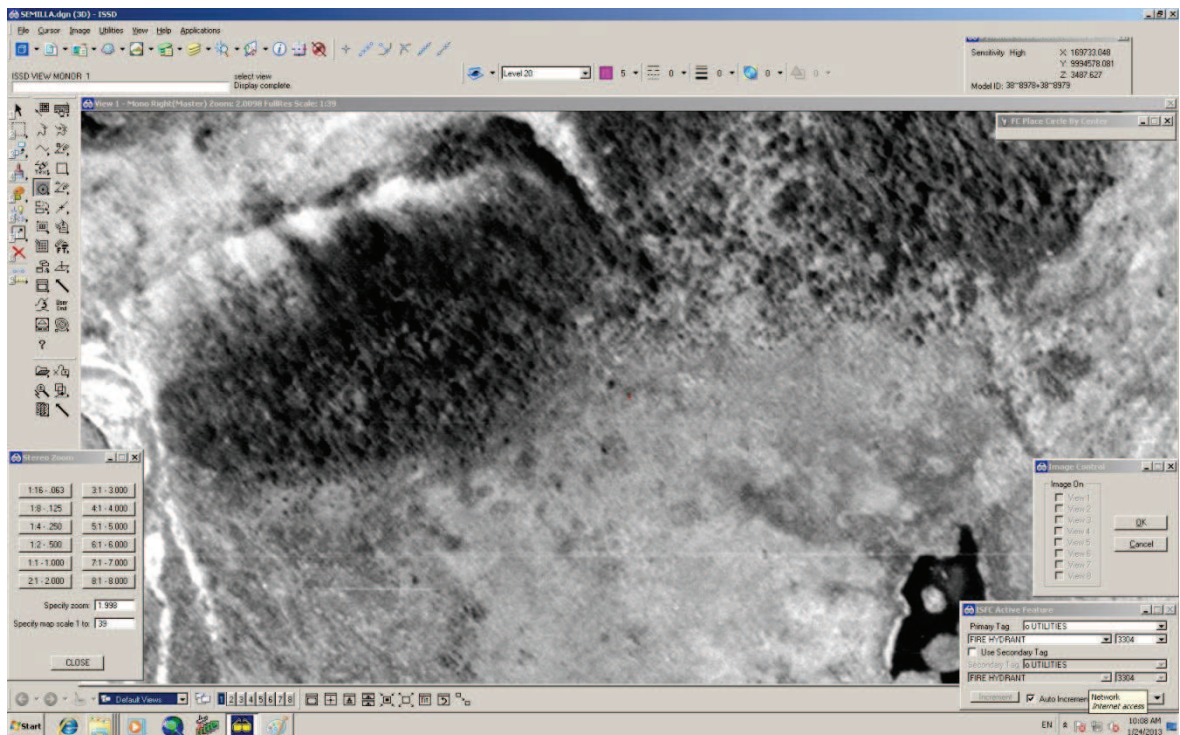
Vista del punto 8978-A



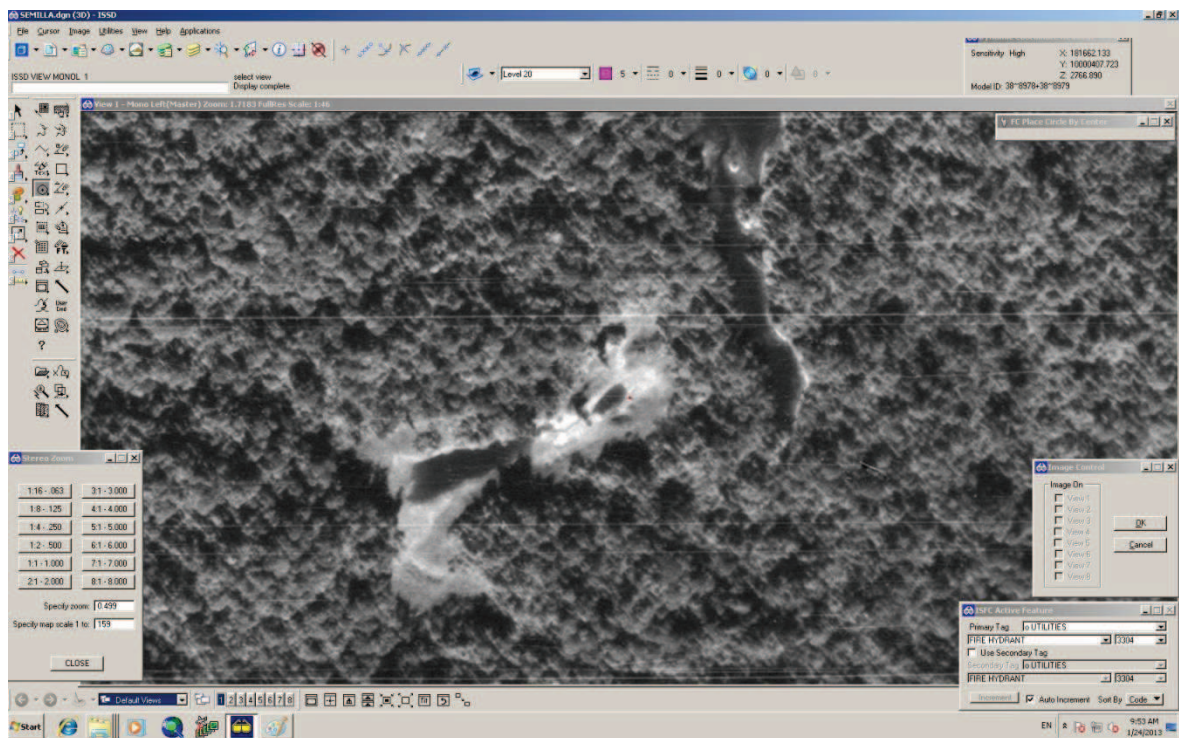
Vista del punto 8978-C



Vista del punto 8979-A

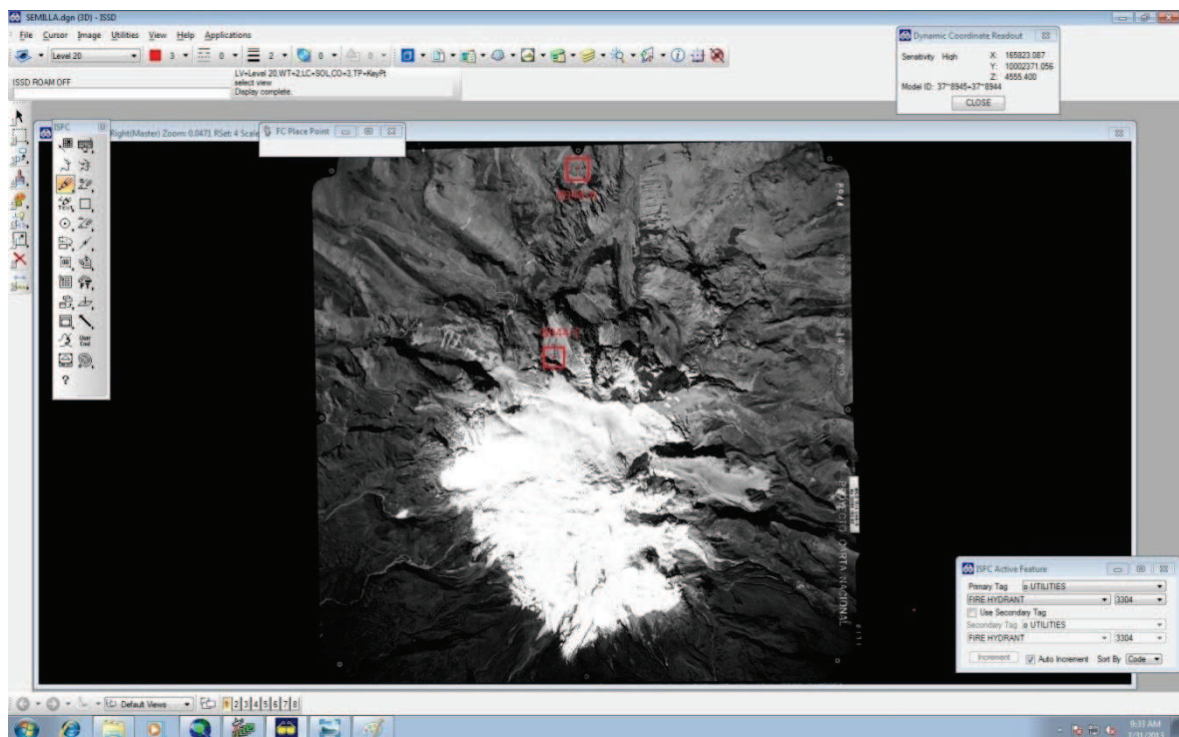


Vista del punto 8979-C

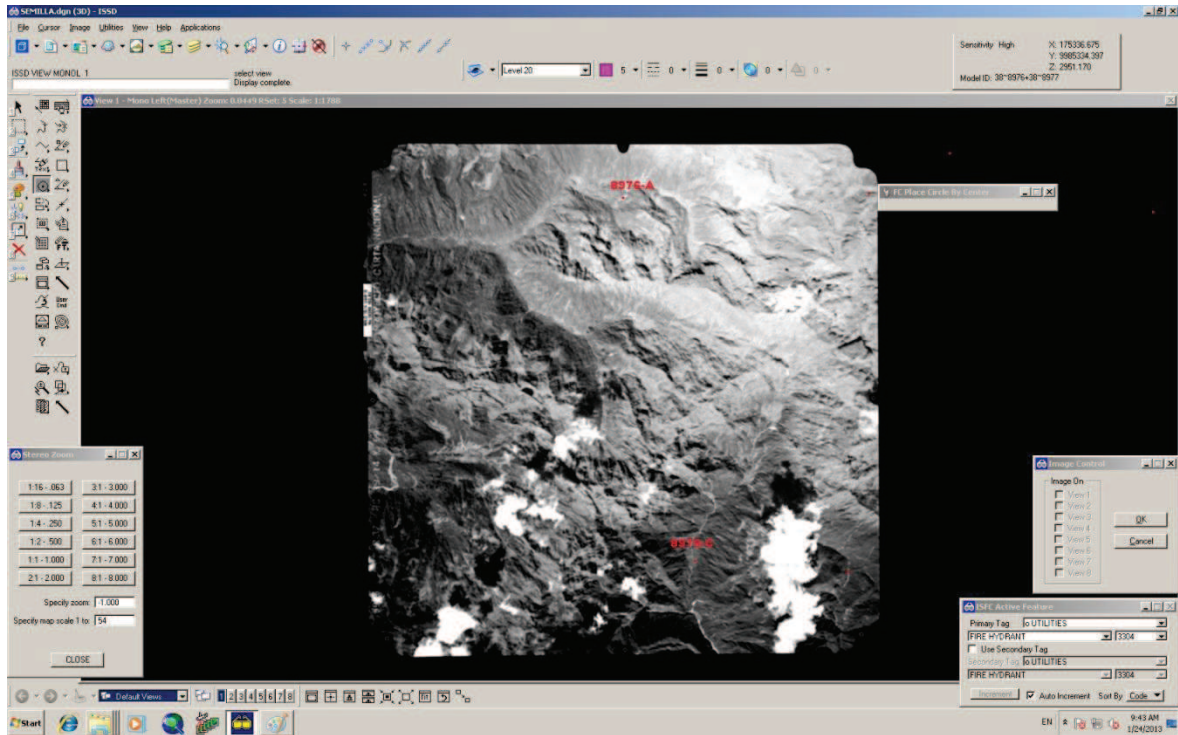


3.3 Sobrevistas de los puntos de control del año 1999 entregadas por el IGM

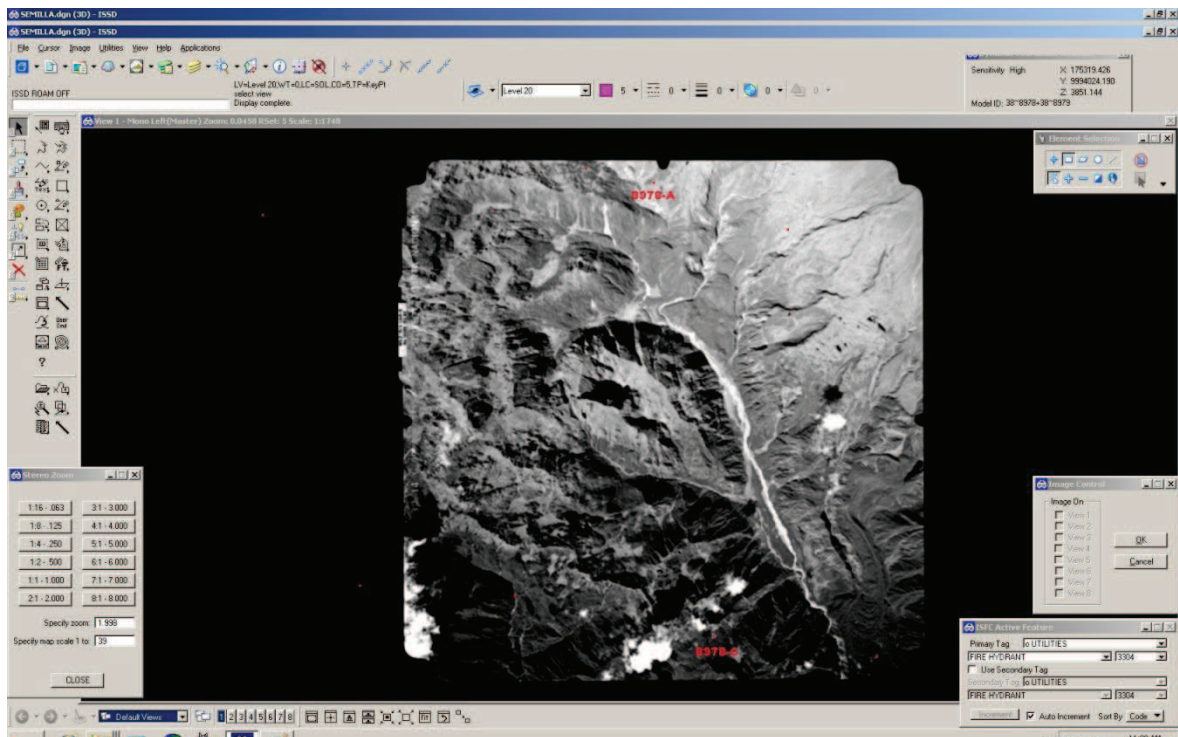
Sobrevista de la fotografía 8944



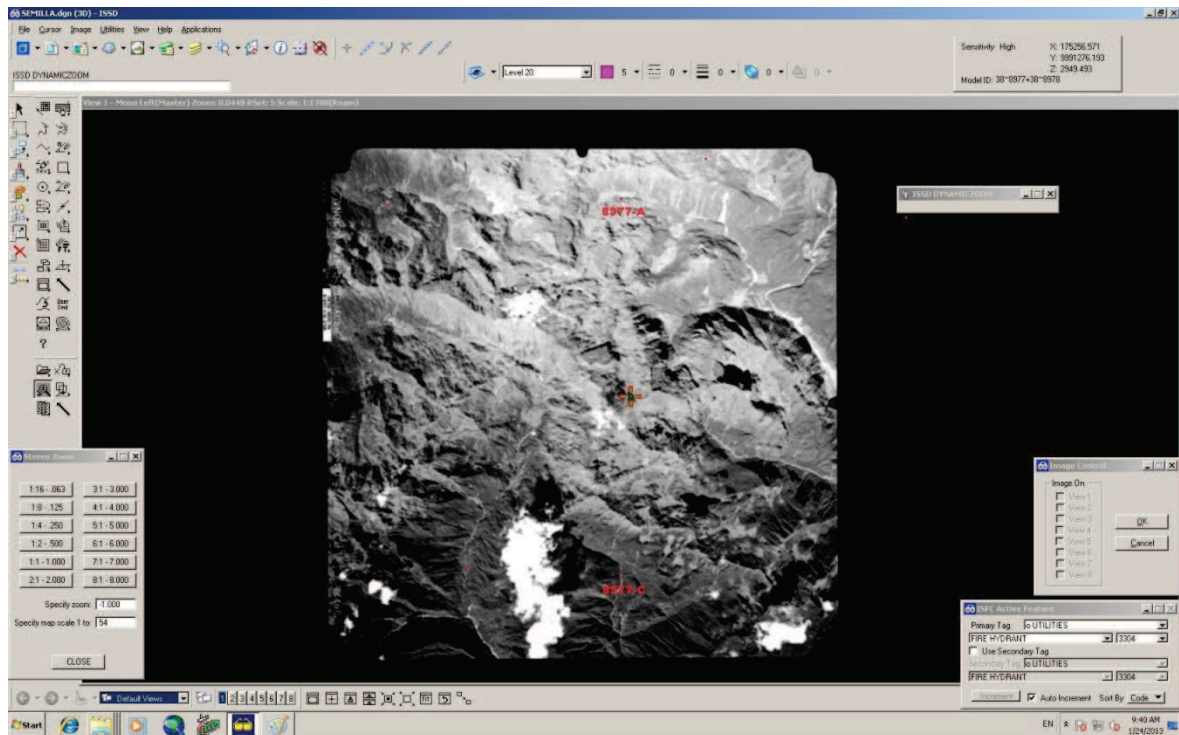
Sobrevista de la fotografía 8979



Sobrevista de la fotografía 8978



Sobrevista de la fotografía 8977



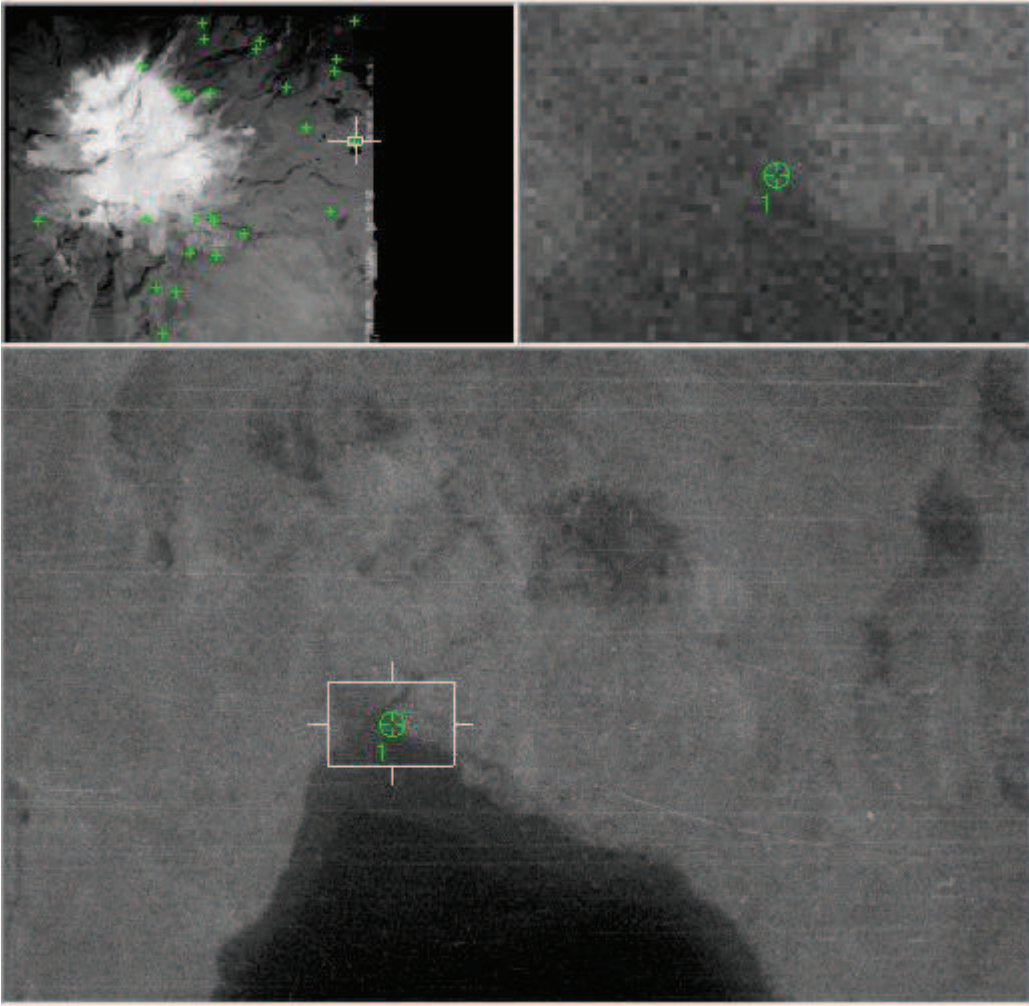
3.4 Elenco de coordenadas del año 1978 obtenidas del ortofotomapa correspondiente al año 1975

WGS84 zona 17S

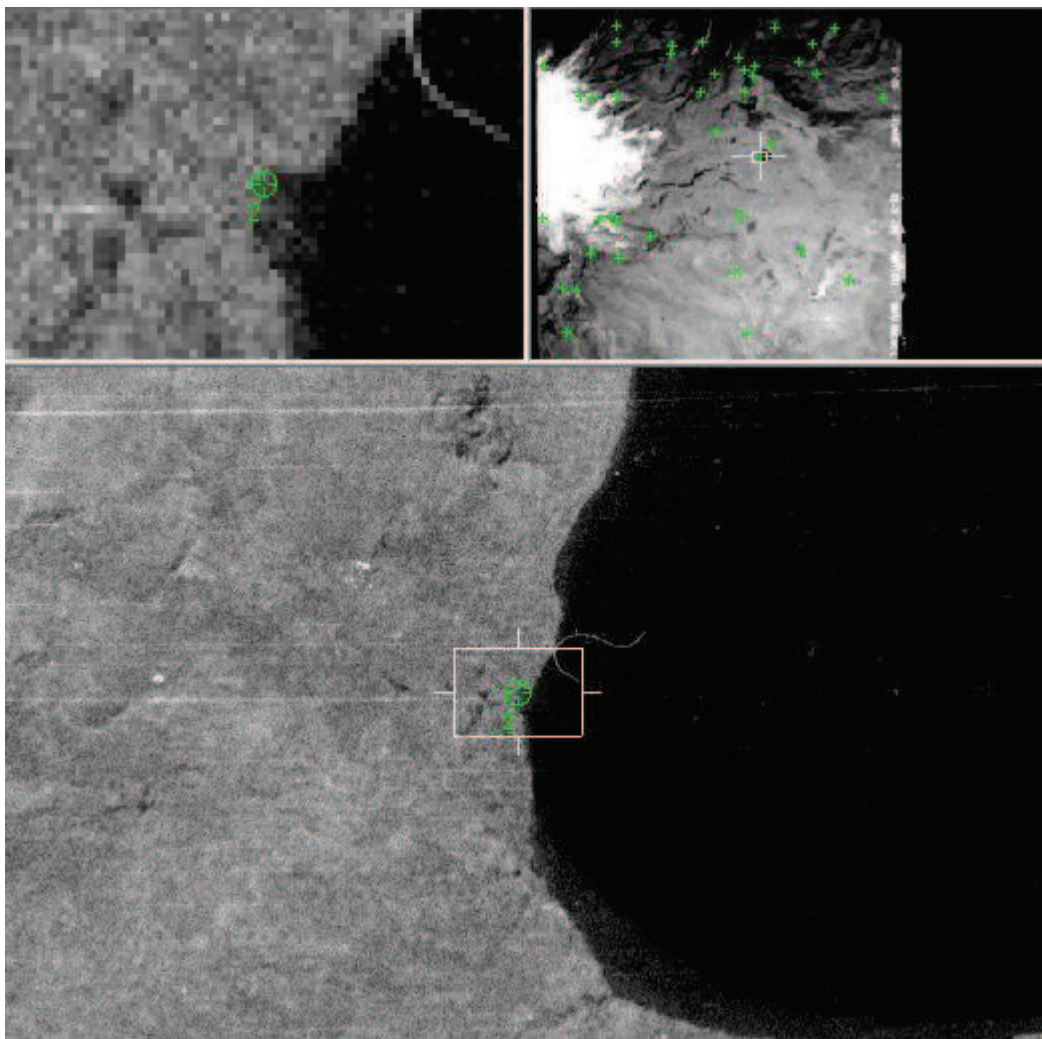
Punto	X	Y	Z
1	835406,04	9994582,52	3931,08
2	835077,83	99947330,14	3940,00
3	832860,06	1000591588,10	4440,00
4	828191,58	99879084,54	3584,06
5	832629,93	99847599,86	3880,94
6	832138,50	99986980,96	4038,31
7	837622,00	99969820,00	3701,11
8	830251,62	100020070,68	3930,06
9	836415,04	9992674,39	3500,00

3.5 Vistas y Sobrevistas de los puntos de control el año 1978

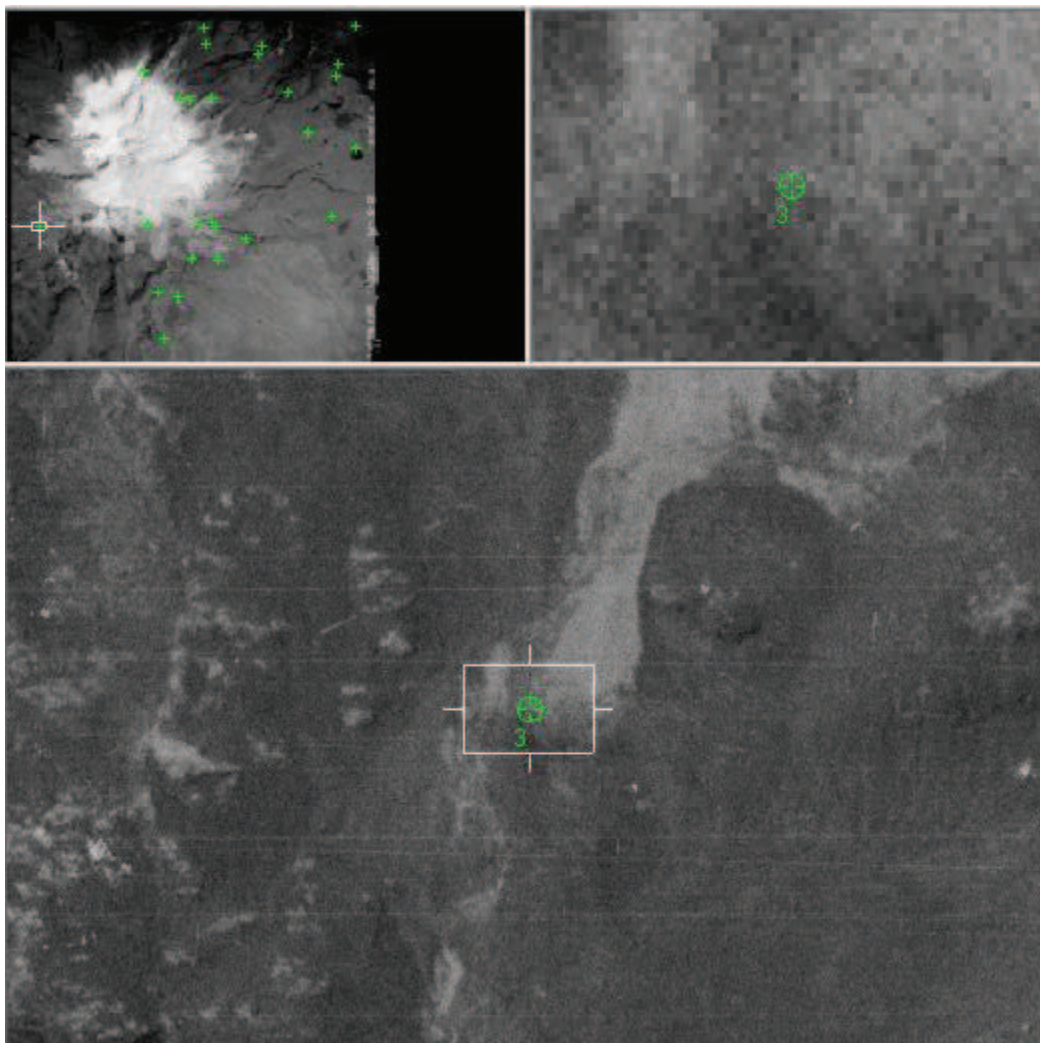
Vista y sobrevista del punto 1



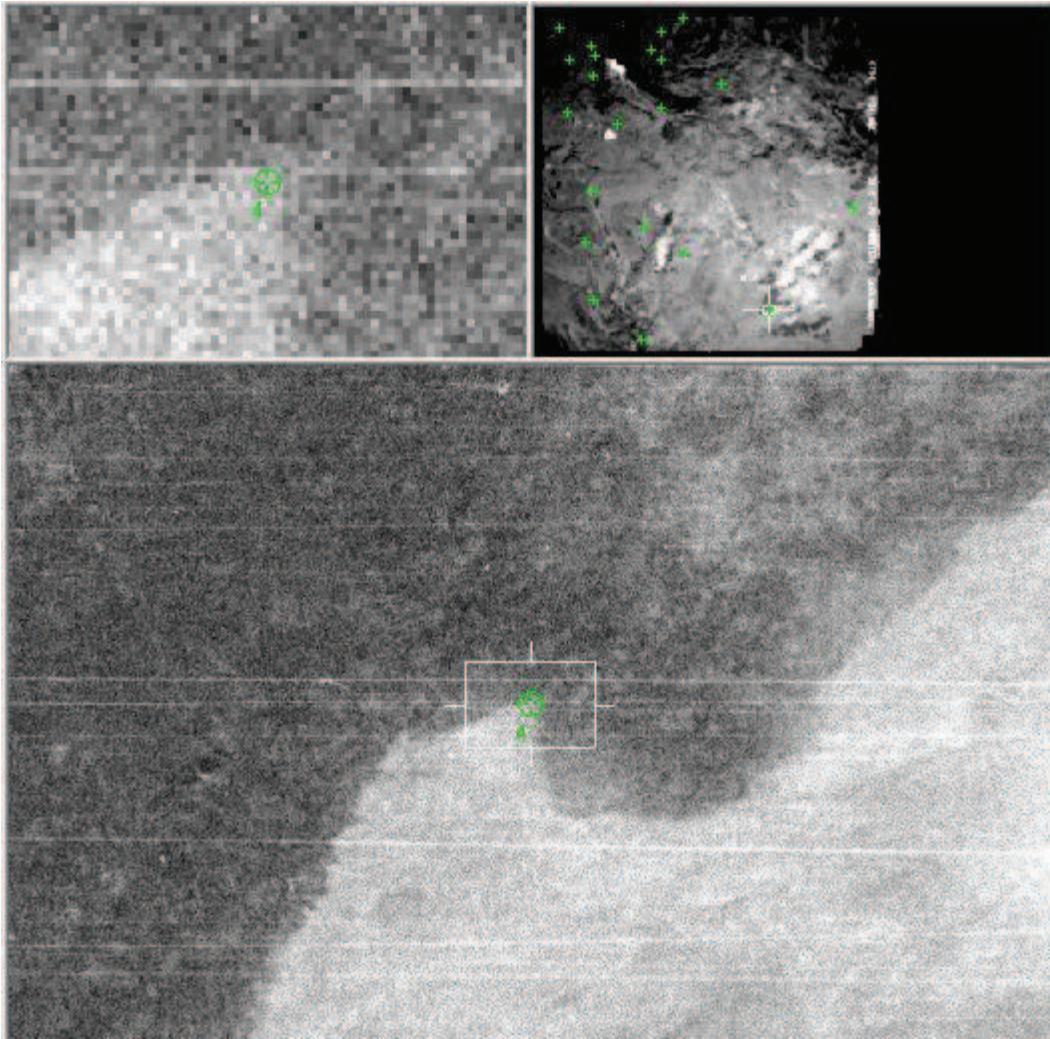
Vista y sobrevista del punto 2



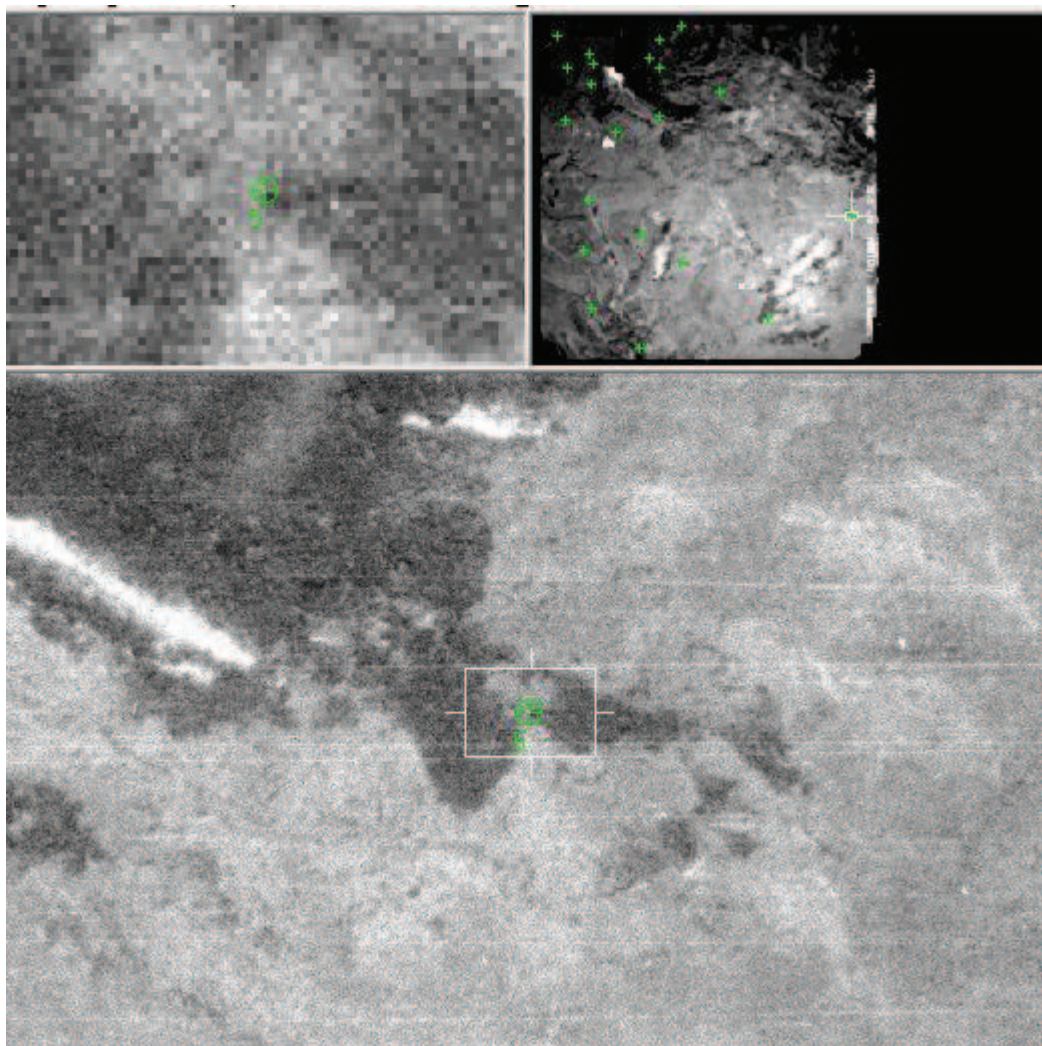
Vista y sobrevista del punto 3



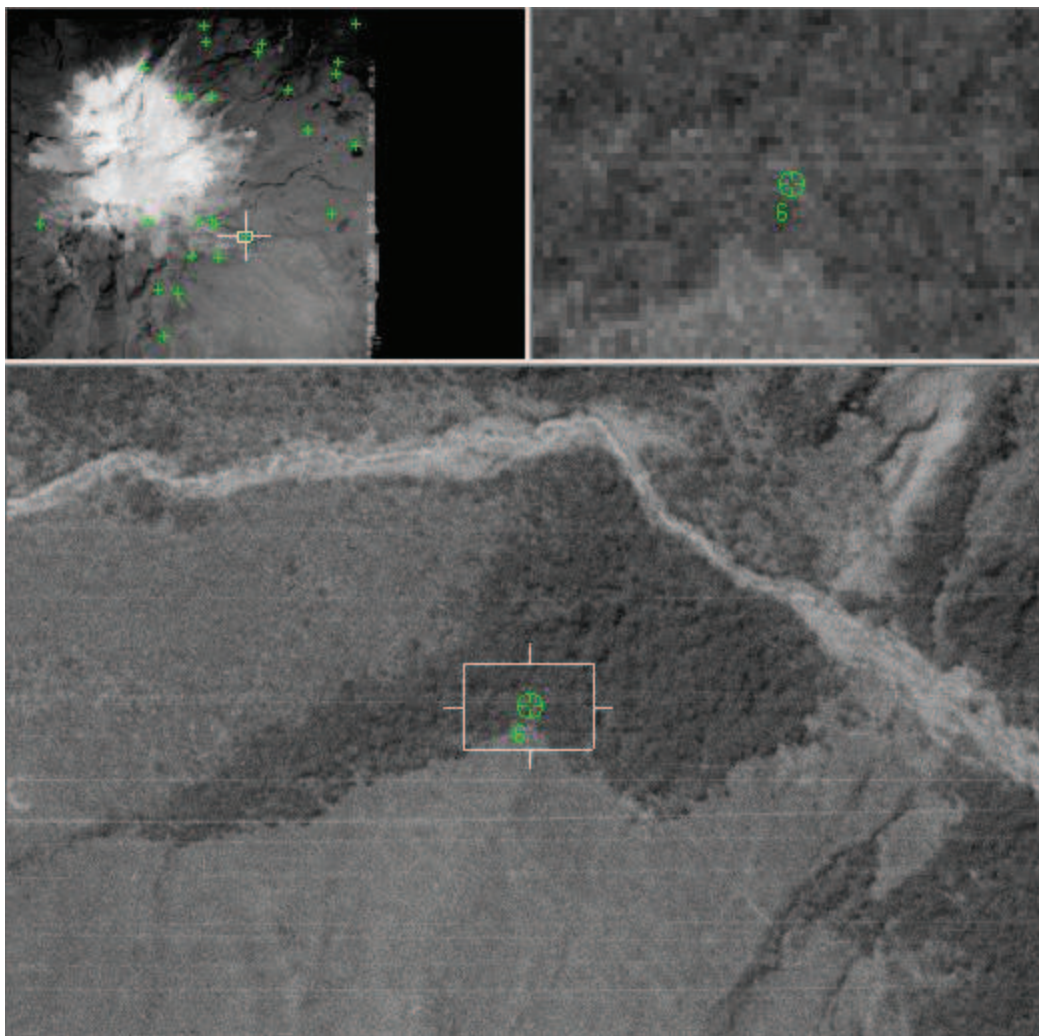
Vista y sobrevista del punto 4



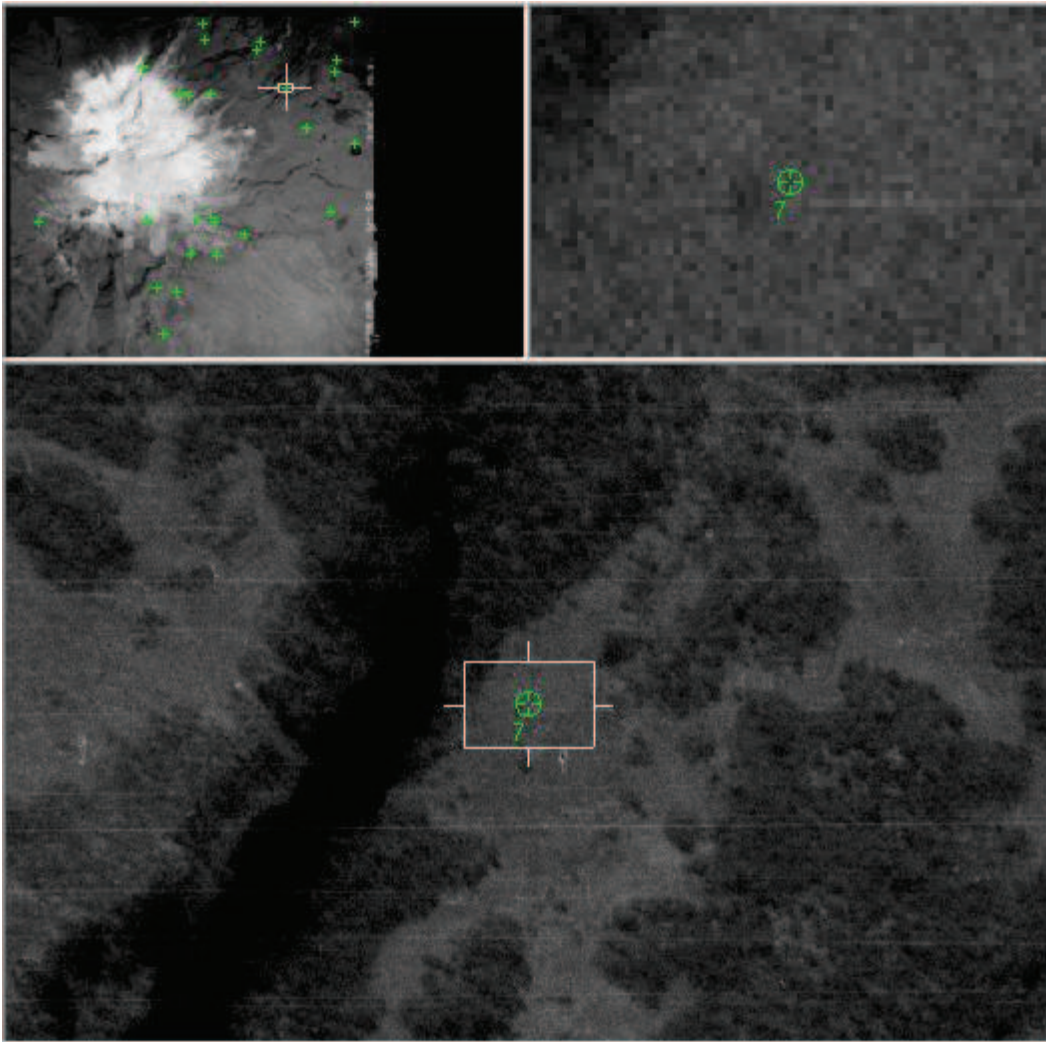
Vista y sobrevista del punto 5



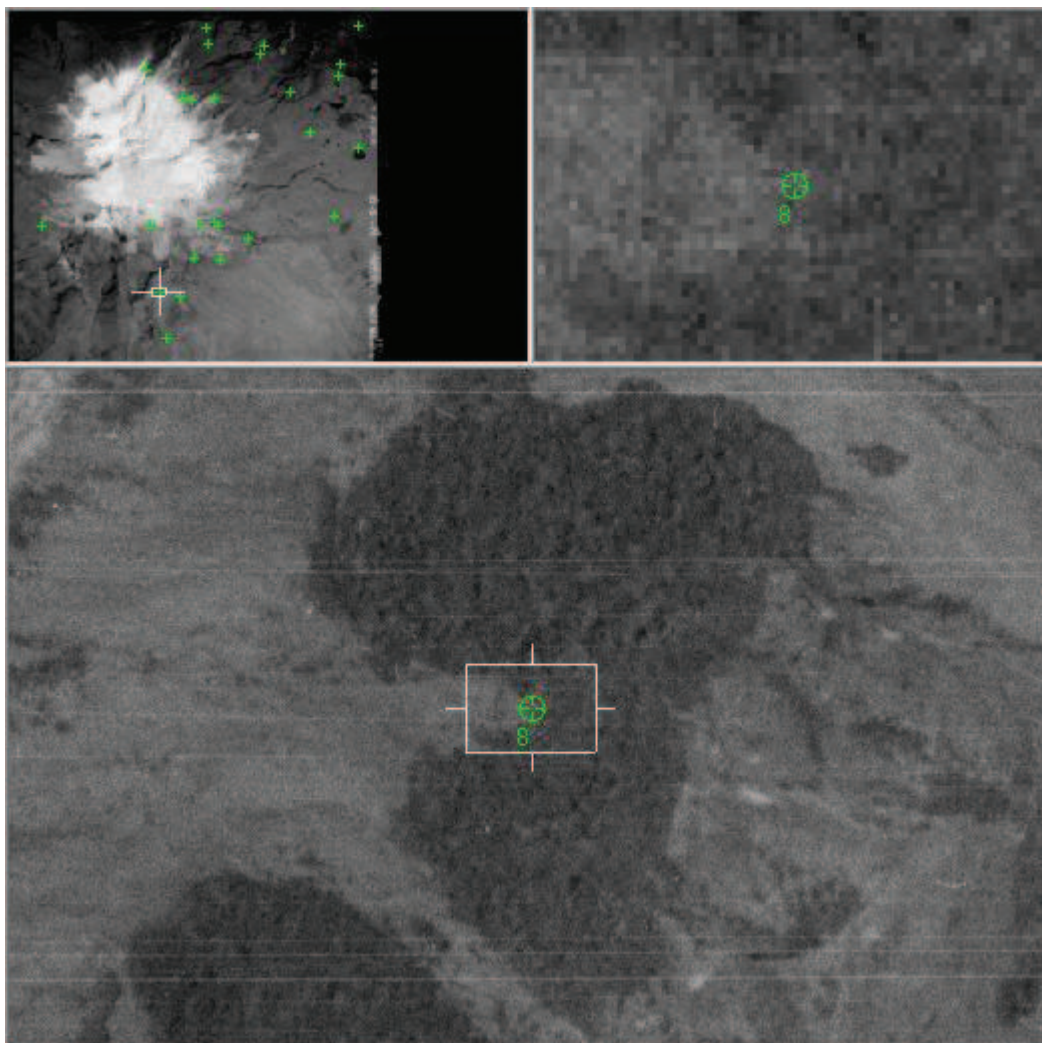
Vista y sobrevista del punto 6



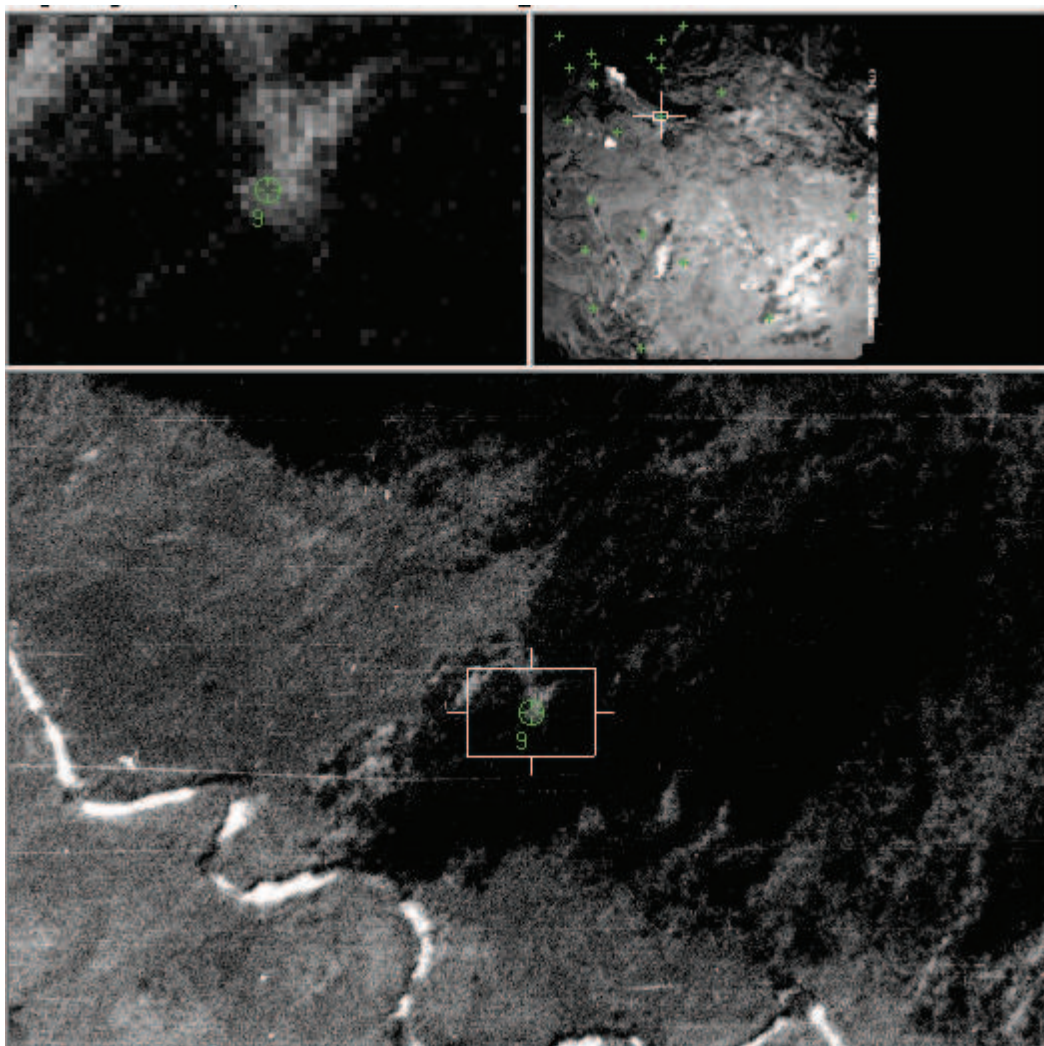
Vista y sobrevista del punto 7



Vista y sobrevista del punto 8



Vista y sobrevista del punto 9



ANEXO N°4
REPORTES DE AEROTRIANGULACIÓN

REPORTE 1999

The Triangulation Report With LPS

The output image x, y units: millimeters

The output angle unit: degrees

The output ground X, Y, Z units: meters

The Input Image Coordinates

image ID = 1

Point ID	x	y			
			101	9.0227	87.9565
2	11.9340	-24.4106	102	33.1854	81.0561
1	-0.1829	-104.5023	103	-4.9203	62.2989
13	9.5776	96.9615	104	23.2360	41.8448
14	85.8007	102.1062	105	53.6736	33.1239
15	58.7117	85.5782	106	107.8531	-8.1539
16	29.3483	77.8449	107	7.9039	-15.2365
17	7.0300	54.0661	108	54.6875	-14.5655
18	26.5556	28.5774	109	56.4602	-41.3182
19	63.4671	30.5704	110	81.5529	-60.6000
20	65.1366	11.6990	111	28.2992	-80.5925
21	91.4845	-1.9184	112	57.7172	-80.2180
22	100.3348	-7.5030	113	95.0224	-81.9535
23	9.3124	-16.6841	114	-21.6385	-85.8674
24	40.7583	-18.5485	117	103.0169	-61.7787
25	52.9587	-37.3480	123	79.8377	4.3624
26	-21.0427	-56.7516	124	80.5423	14.6281
27	50.6415	-80.0075	125	102.1513	42.8465
28	-20.6567	-84.8397	127	104.0815	78.3241
29	80.3166	-83.4360	128	77.8711	80.4935
30	94.7662	-106.3915	160	63.1114	75.8291
37	97.5705	-59.7360	161	6.6099	71.8836
41	101.1004	-32.6966	162	19.0157	55.0184
48	96.9403	40.9251	163	42.4389	55.0659

164	45.5834	50.9802	174	95.5375	-95.8416
165	89.4522	24.2029	175	64.4740	-99.8474
166	61.0877	7.4351	176	-12.1267	-109.2620
167	48.0394	2.9054	180	86.2059	-102.0753
168	91.1417	-1.4463	181	85.8431	-91.8017
169	18.6551	-21.7743	185	98.7711	-72.8102
170	-6.6444	-41.0278	189	92.2100	-43.6239
171	-10.4207	-43.3967	193	110.1343	-0.1662
172	83.5522	-40.7509	198	90.8563	50.7024
173	64.8674	-68.8612			

Affine coefficients from file (pixels) to film (millimeters)

A0	A1	A2	B0	B1	B2
-117.3884	0.013996	-0.000040	118.2584	-0.000033	-0.013995

image ID = 2					
Point ID	x	y			
			27	-39.9705	-78.5568
			28	-108.5605	-83.8536
3	-0.3769	-103.1037	29	-11.5173	-81.7820
4	0.4714	98.5057	30	4.2256	-104.5499
13	-87.7639	98.0366	31	95.1913	-107.3476
14	-3.5408	102.4321	32	34.6501	-105.9531
15	-33.3447	86.2719	33	83.5679	-84.3250
16	-67.5412	78.8426	34	60.9538	-80.1530
17	-98.6224	55.4056	35	83.5669	-54.6116
18	-76.9577	29.8854	36	34.9200	-60.6418
19	-33.8866	31.6717	37	7.5503	-58.1638
20	-32.9582	12.9159	38	112.7000	-35.7799
21	-0.2641	-0.7217	39	81.7089	-33.0043
22	9.0359	-6.2755	40	35.9400	-31.3963
23	-91.5573	-15.3087	41	12.5324	-31.3282
24	-54.6035	-17.2296	42	108.3833	-12.5410
25	-43.2360	-35.9263	43	30.8761	-11.7672
26	-110.7959	-55.6605	44	39.6089	7.9923

45	36.9190	9.6163	124	-14.3945	15.7632
46	112.6321	14.8585	125	10.0775	43.6576
47	111.2395	32.3569	126	56.2333	82.4948
48	4.5761	41.7716	127	15.5390	78.7353
49	60.0835	60.1139	128	-13.4142	81.0937
50	81.9447	61.5982	160	-29.5198	76.5627
51	81.4036	62.2727	161	-95.1014	73.1183
52	110.8152	76.8015	162	-83.5549	56.2500
53	80.7430	79.0420	163	-55.5707	56.1262
54	35.8913	81.0300	164	-51.9938	52.0402
101	-88.9174	89.0724	165	-4.9830	25.2439
102	-63.2068	82.0067	166	-35.3284	8.6601
103	-112.5348	63.7022	167	-51.6864	4.2226
104	-81.2086	43.1412	168	-0.8029	-0.2556
105	-43.9897	34.2499	169	-81.5715	-20.3944
106	16.7583	-6.9325	170	-100.1768	-39.8048
107	-93.7561	-13.8469	171	-104.0699	-42.1843
108	-40.9133	-13.2420	172	-7.2031	-39.3261
109	-38.9366	-39.8899	173	-27.1308	-67.3544
110	-10.7262	-59.0458	174	3.3098	-94.0252
111	-65.9422	-79.2064	175	-24.0738	-98.2882
112	-33.7406	-78.7134	176	-99.9460	-108.2931
113	5.0227	-80.2639	177	90.8491	-111.6969
114	-109.4851	-84.8912	178	87.3803	-101.9226
115	34.1820	-110.4467	179	39.9486	-101.5757
116	81.3215	-91.8139	180	-4.2783	-100.3143
117	13.3170	-60.1752	181	-6.0653	-90.0688
118	81.8523	-37.5598	182	43.0028	-89.4187
119	65.5766	-32.7171	183	44.6506	-86.8969
120	35.0511	-32.1399	184	69.3063	-68.5937
121	111.9890	10.3211	185	7.2838	-71.1288
122	60.3852	10.2704	186	89.4520	-67.9799
123	-13.9431	5.5571	187	105.7580	-41.7552

188	39.7840	-41.8514	195	92.6338	25.3038
189	0.7734	-42.1525	196	46.2197	27.8017
190	108.9264	-23.0106	197	42.5481	30.4475
191	71.2233	2.7569	198	-1.8376	51.4999
192	43.4098	3.6334	199	89.4469	54.8447
193	19.0097	0.9974	200	64.8503	101.8897
194	96.5099	5.4520	201	102.7102	72.5046

Affine coefficients from file (pixels) to film (millimeters)

A0	A1	A2	B0	B1	B2
117.2654	-0.013995	0.000044	-118.3376	0.000037	0.013994

image ID = 3					
Point ID	x	y			
			43	-52.8855	-10.4114
			44	-46.6194	9.3054
6	4.1005	69.1816	45	-49.1928	10.9302
5	4.3114	-105.4363	46	27.2125	15.9096
14	-87.4852	103.4365	47	26.4157	33.4038
21	-86.9664	0.7799	48	-82.4938	43.0777
22	-77.1939	-4.8062	49	-21.7398	61.1840
29	-98.7176	-79.8659	50	-0.1204	62.6391
30	-81.7659	-102.6787	51	-0.8024	63.3284
31	10.6386	-106.2316	52	24.2415	77.8764
32	-49.6528	-104.3689	53	-3.7923	80.1048
33	0.0144	-83.1494	54	-48.9512	82.1185
34	-21.2918	-78.8519	106	-69.2167	-5.4974
35	-1.7668	-53.4114	110	-98.2554	-57.2275
36	-49.4276	-59.1623	113	-80.3346	-78.5058
37	-77.6998	-56.5074	115	-50.7333	-108.8291
38	28.0227	-34.7580	116	-1.9230	-90.6222
39	-4.8906	-31.7856	117	-71.5968	-58.5529
40	-46.9883	-30.0323	118	-4.3167	-36.3450
41	-71.1645	-29.8325	119	-21.4348	-31.4106
42	22.2449	-11.4753	120	-47.8781	-30.7620

121	26.2327	11.3848	183	-38.6562	-85.4499
122	-25.8147	11.5021	184	-15.7061	-67.3024
123	-102.6406	7.1137	185	-79.4554	-69.3882
124	-104.1578	17.2791	186	6.5045	-66.8641
125	-76.6556	44.9333	187	22.1764	-40.7237
126	-25.0777	83.5220	188	-42.9132	-40.4764
127	-67.5911	79.8176	189	-85.8125	-40.4869
128	-99.3749	82.2185	190	24.2809	-21.9671
165	-94.1764	26.6781	191	-14.8382	3.9655
168	-87.6843	1.2412	192	-42.4348	4.9411
172	-93.1624	-37.6465	193	-66.9394	2.4003
174	-84.2592	-92.1448	194	8.9460	6.5923
175	-108.1951	-96.2735	195	7.3819	26.4060
177	6.5732	-110.5488	196	-40.9553	29.0610
178	3.4447	-100.7587	197	-44.4092	31.7043
179	-43.8743	-100.0419	198	-89.2172	52.7770
180	-90.2427	-98.3982	199	7.4387	55.8895
181	-93.3649	-88.1505	200	-13.9337	102.8463
182	-40.5911	-87.9387	201	17.6864	73.5742

Affine coefficients from file (pixels) to film (millimeters)

A0	A1	A2	B0	B1	B2
117.4990	-0.013995	0.000046	-118.5623	0.000040	0.013994

Point ID	x	y	60	87.9003	-62.7649
			61	3.3330	-65.3227
11	17.5313	91.8326	62	79.0018	-42.5085
12	16.5832	-77.3478	63	59.4159	-40.0855
55	59.9306	-106.2258	64	58.2575	-37.2403
56	-2.1177	-96.7490	65	58.7362	-36.9064
57	25.6684	-95.7640	66	32.7884	-11.8134
58	1.1619	-91.2082	67	51.0653	9.2872
59	55.0716	-84.5355	68	6.9529	10.2551

69	-9.1621	4.7112	142	87.6341	25.2134
70	58.4998	32.1406	143	63.6688	23.6015
71	78.4041	44.7041	144	105.3937	27.2814
72	16.8622	42.3594	145	18.3443	28.1746
73	5.0442	55.2982	146	38.9846	73.0254
74	35.2353	71.8585	147	102.8502	99.2977
75	-3.2602	75.9171	148	17.2842	100.2782
76	31.8686	100.6762	159	74.9456	53.5525
80	103.7019	-105.4500	202	83.6297	-82.5111
82	107.0887	-83.8709	203	73.4634	-86.6053
83	73.1142	-87.8874	204	40.9110	-82.1855
91	79.9278	5.5480	205	0.2079	-63.7764
100	105.4523	97.6162	206	105.9981	-33.1272
129	65.2137	-99.5496	207	58.2963	-35.6615
130	98.5960	-43.5589	208	55.9324	-35.2631
131	87.3391	-45.2835	209	-5.5089	-36.5829
132	63.9966	-42.4765	210	28.1825	-4.6992
133	37.5102	-40.5134	211	76.1228	8.2917
134	17.3392	-42.7261	212	32.3885	9.8435
135	17.5306	-40.9902	213	78.8018	13.0218
136	63.2996	-21.5995	214	-12.1773	11.9203
137	84.4081	-0.1194	215	10.5630	36.5671
138	85.7904	2.8389	222	98.7047	-61.4438
139	60.7915	-0.9811	229	76.4869	55.2740
140	1.1594	1.0664	230	76.6216	55.8917
141	93.1750	22.7548			

Affine coefficients from file (pixels) to film (millimeters)

A0	A1	A2	B0	B1	B2
117.1857	-0.013995	0.000050	-118.3106	0.000044	0.013995

	image ID = 5		9	-4.0326	104.2832
Point ID	x	y	10	21.5467	-94.7232

55	-27.1089	-105.2016	88	40.3393	-22.3639
56	-85.8470	-95.7076	89	113.0697	4.4569
57	-57.7582	-94.7739	90	32.0249	6.0486
58	-83.1473	-90.1927	91	-9.4954	6.1101
59	-30.1972	-83.6322	92	67.0306	24.4059
60	-2.8945	-61.9673	93	84.9052	28.7460
61	-80.5145	-64.4439	94	87.0011	53.0463
62	-8.2577	-41.8035	95	64.2721	56.4033
63	-29.7755	-39.3623	96	101.7928	70.3096
64	-30.7108	-36.5255	97	66.6913	71.7736
65	-30.2373	-36.1991	98	64.7097	74.0141
66	-58.7423	-11.1556	99	92.4588	80.7438
67	-42.2244	9.8689	100	13.8238	98.0207
68	-89.4922	10.8746	129	-22.3779	-98.5672
69	-101.0632	5.3398	130	11.5028	-42.8798
70	-33.1763	32.6442	131	1.1763	-44.5880
71	-5.5833	45.1586	132	-24.5576	-41.7533
72	-74.8858	42.8538	133	-50.9458	-39.7665
73	-89.9533	55.7796	134	-72.4356	-41.9392
74	-53.4769	72.2814	135	-71.9443	-40.2134
75	-97.5069	76.3511	136	-22.7716	-20.9645
76	-60.1846	101.0683	137	-4.8969	0.4371
77	84.2927	-111.3583	138	-3.4762	3.4000
78	59.3338	-111.5712	139	-31.8960	-0.3808
79	40.7004	-113.8177	140	-91.7052	1.7120
80	16.0666	-104.4998	141	5.4254	23.2541
81	105.0531	-89.1124	143	-30.8552	24.1249
82	19.4462	-83.0328	144	22.1523	27.7537
83	-14.1004	-86.9802	145	-74.0662	28.7129
84	97.3050	-67.6578	146	-49.2399	73.4506
85	57.8910	-66.1826	147	11.5274	99.6969
86	103.0799	-44.4105	148	-74.6275	100.6686
87	40.9939	-39.7401	149	15.1619	-112.9598

150	44.8589	-107.3260	214	-102.8210	12.5219
151	22.7321	-91.7172	215	-82.6721	37.0864
152	91.9840	-88.6480	216	85.0704	-108.9317
153	59.2652	-66.5404	217	57.7439	-106.6920
154	108.8756	-44.4318	218	31.7486	-89.4667
155	93.4620	-23.0063	219	80.5067	-88.8653
156	89.3417	27.1680	220	59.6677	-61.7138
157	70.0641	26.1322	221	51.0613	-61.5884
158	88.5189	50.9662	222	12.5775	-60.6987
159	-9.2869	53.9884	223	90.4821	-35.9266
202	-6.4917	-81.6236	224	76.8543	-35.1093
203	-13.7239	-85.7029	225	107.7735	14.9090
204	-45.9967	-81.2597	226	106.5631	15.0061
205	-83.9487	-62.8969	227	109.0019	33.1322
207	-30.6231	-34.9507	228	80.0373	34.0110
208	-32.9016	-34.5542	229	-7.7759	55.7187
209	-96.3422	-35.7981	231	63.0748	61.5834
210	-64.5653	-4.0581	232	60.7953	61.5549
211	-16.8168	8.8589	233	78.7575	81.6381
212	-62.8358	10.4388	234	58.5508	105.0546
213	-11.2030	13.5612			

Affine coefficients from file (pixels) to film (millimeters)

A0	A1	A2	B0	B1	B2
117.2725	-0.013995	0.000046	-118.2993	0.000040	0.013995

Point ID	x	y	77	78	79	80	81	82	83
	image ID = 6		5.1422	-23.9762	-44.6841	-69.4250	25.4405	-66.0656	-99.1059
			-110.3532	-110.4207	-112.5522	-103.2039	-88.2965	-81.8770	-85.6784
8	14.0095	-103.5202							
7	-89.1000	104.8105							
60	-91.3969	-60.8137							
62	-93.3315	-40.7765							
71	-87.5072	45.8149							

84	16.6529	-66.8924	155	7.1572	-22.3490
85	-21.1452	-65.3121	156	0.1736	27.7102
86	17.8354	-43.7185	157	-19.0476	26.7115
87	-38.5018	-38.9186	158	-2.3875	51.4714
88	-39.4805	-21.6042	159	-91.4505	54.6265
89	26.1028	4.9808	203	-98.7032	-84.4096
90	-48.4082	6.7305	206	-55.8246	-31.4704
91	-96.6735	6.9377	211	-107.3755	9.7124
92	-21.2826	24.9931	213	-98.9408	14.3623
93	-3.0368	29.2924	216	5.9129	-107.9428
94	-3.8178	53.5485	217	-26.3634	-105.5576
95	-23.4806	56.9252	218	-51.6738	-88.3362
96	10.7436	70.7595	219	0.8859	-87.9575
97	-21.8591	72.2637	220	-19.6000	-60.8646
98	-24.3079	74.5038	221	-28.1122	-60.7105
99	0.4374	81.1882	222	-71.4489	-59.6498
100	-75.5989	98.5490	223	6.8280	-35.2331
130	-73.4739	-41.9118	224	-7.3319	-34.3782
131	-82.8623	-43.5788	225	21.3509	15.4239
137	-91.9739	1.2645	226	20.1417	15.5236
138	-90.5172	4.2220	227	21.3997	33.6171
142	-92.3719	26.4748	228	-9.3888	34.5625
147	-77.5925	100.2213	229	-89.9718	56.3468
149	-68.5017	-111.6251	230	-89.8092	56.8636
150	41.8119	-106.0999	231	-24.6433	62.0934
151	-62.9007	-90.5199	232	-26.9069	62.0613
152	11.8206	-87.7738	233	-11.7993	82.0994
153	-19.7462	-65.6679	234	-31.8143	105.5124
154	22.6715	-43.7525			

Affine coefficients from file (pixels) to film (millimeters)

A0	A1	A2	B0	B1	B2
117.1664	-0.013995	0.000047	-118.4019	0.000041	0.013994

THE OUTPUT OF SELF-CALIBRATING BUNDLE BLOCK ADJUSTMENT

the no. of iteration =1 the standard error = 0.1219
 the maximal correction of the object points = 421.37751

the no. of iteration =2 the standard error = 0.1220
 the maximal correction of the object points = 15.71059

the no. of iteration =3 the standard error = 0.1220
 the maximal correction of the object points = 0.09807

the no. of iteration =4 the standard error = 0.1220
 the maximal correction of the object points = 0.00192

the no. of iteration =5 the standard error = 0.1220
 the maximal correction of the object points = 0.00003

The exterior orientation parameters

image ID	Xs	Ys	Zs	OMEGA	PHI	KAPPA
1	165793.0641	10002209.1585	11914.8510	0.7067	-0.2989	-89.3771
6	175449.5052	9999591.3676	11898.2836	-0.4119	-0.1709	90.4008
2	165763.4707	9997635.1877	11909.1645	0.1090	-0.4165	-89.4468
5	175452.3024	9994868.8434	11898.1406	-0.3034	-0.0689	90.2557
3	165731.8659	9993138.7653	11909.3227	0.4813	-0.4845	-89.3660
4	175454.8354	9990066.8808	11894.8164	-0.2408	0.0354	90.2145

The interior orientation parameters of photos

image ID	f(mm)	xo(mm)	yo(mm)
1	152.9200	-0.0060	0.0040
6	152.9200	-0.0060	0.0040
2	152.9200	-0.0060	0.0040
5	152.9200	-0.0060	0.0040

3	152.9200	-0.0060	0.0040
4	152.9200	-0.0060	0.0040

The residuals of the control points

Point ID	rX	rY	rZ
1	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.0000	0.0000	0.0000
3	0.0000	0.0000	0.0000
4	0.0000	0.0000	0.0000
5	0.0000	0.0000	0.0000
6	0.0000	0.0000	0.0000
7	0.0000	0.0000	0.0000
8	0.0000	0.0000	0.0000
9	0.0000	0.0000	0.0000
10	0.0000	0.0000	0.0000
11	0.0000	0.0000	0.0000
12	0.0000	0.0000	0.0000

aX	aY	aZ
0.0000	0.0000	0.0000
mX	mY	mZ
0.0000	0.0000	0.0000

The coordinates of object points

Point ID	X	Y	Z	Overlap
1	160357.4900	10002255.3500	3895.5500	1
2	164658.4900	10001735.2600	4553.9100	1
3	160448.8350	9997568.2110	3886.2520	1
4	171031.8720	9997679.5670	3830.7550	1
5	160184.2840	9992982.955 0	3703.3690	1
6	169558.0070	9992982.9550	3703.3690	1
7	169733.0490	9994578.0810	3487.6270	1
8	181662.1330	10000407.7230	2766.8900	1

9	169732.6040	9994578.5250	3487.7710	1
10	180671.1290	9996034.6440	3477.8670	1
11	170616.8490	9990936.8010	3853.3400	1
12	179935.4770	9991008.7750	3012.8190	1
13	170464.0265	10001891.8637	4636.5553	2
14	171208.8560	9997889.3028	3912.5892	3
15	170186.4971	9999385.4159	4177.4764	2
16	169576.7267	10000933.2131	4589.2972	2
17	168206.1705	10002008.7034	5209.1863	2
18	167121.9950	10001117.6218	5056.4539	2
19	167320.4577	9999287.8964	4592.5238	2
20	166416.4986	9999222.0470	4643.9103	2
21	165786.0433	9997664.2936	4103.6819	3
22	165505.1431	9997183.6902	4051.2791	3
23	165067.5256	10001858.8302	4867.7883	2
24	164950.4768	10000306.9329	4441.6239	2
25	164057.3918	9999725.5461	4496.2943	2
26	162876.4392	10003368.1285	3967.8863	2
27	161761.7091	9999665.5356	4022.6482	2
28	161323.5760	10003356.4003	3789.1217	2
29	161661.1156	9998196.8901	4110.7370	3
30	160428.2007	9997381.6080	3976.5746	3
37	162801.6225	9997229.5487	3932.7030	3
41	164171.7123	9996971.8229	3797.6490	3
48	167947.7466	9997438.7925	4156.6008	3
101	170007.6468	10001915.5315	4679.7562	2
102	169753.0455	10000743.3670	4549.5089	2
103	168512.7822	10002531.4488	5337.3217	2
104	167697.7450	10001281.1415	5122.8593	2
105	167432.0204	9999764.6981	4624.0959	2
106	165474.1983	9996783.5088	4022.3629	3
107	165138.7295	10001926.5929	4924.0840	2
108	165152.9350	9999637.4144	4452.9451	2

109	163851.1196	9999531.9194	4429.8960	2
110	162829.2756	9998165.5579	4151.9829	3
111	161877.9912	10000864.6952	4342.4847	2
112	161792.5686	9999330.0021	4092.1816	2
113	161654.3086	9997350.5181	3931.2456	3
114	161265.0014	10003408.8380	3783.1740	2
117	162686.1570	9996925.4054	3895.9695	3
123	166092.1035	9998348.8877	4292.2561	3
124	166590.5567	9998367.2936	4388.1978	3
125	168055.6848	9997157.9359	4124.0149	3
127	170022.3089	9996864.7270	3806.0049	3
128	169979.5905	9998379.9688	4094.6349	3
160	169671.7060	9999176.9690	4220.5628	2
161	169114.3224	10002028.7626	4949.3975	2
162	168327.1105	10001461.0653	5001.1619	2
163	168459.7620	10000316.7063	4662.3358	2
164	168278.9454	10000156.4904	4626.7341	2
165	167070.9173	9997909.9139	4338.1867	3
166	166220.4132	9999362.1499	4517.0930	2
167	165989.2364	10000063.6217	4775.0371	2
168	165809.4529	9997691.7411	4120.8046	3
169	164831.8500	10001421.5945	4818.4431	2
170	163789.6055	10002611.1609	4300.3687	2
171	163671.8786	10002797.1841	4309.2953	2
172	163794.0516	9998003.2019	4019.6864	3
173	162392.3961	9998991.8319	4135.8769	2
174	161058.7659	9997437.7038	4125.5567	3
175	160640.3860	9998869.6087	3827.8541	3
176	160031.6159	10002889.8282	3775.6108	2
180	160644.8857	9997822.8441	3982.4590	3
181	161244.3670	9997915.7439	4110.2077	3
185	162187.8503	9997243.9111	4061.0282	3
189	163666.0853	9997590.9973	4068.8442	3

193	165884.1499	9996671.0753	4022.8569	3
198	168427.3160	9997768.8789	4194.5175	3
31	160217.1747	9992584.654	3808.6262	2
32	160254.7043	9995769.5469	3802.8748	2
33	161373.4829	9993157.3834	3725.6810	2
34	161521.3284	9994313.5946	3604.38	2
35	163014.5297	9993266.9563	3909.8262	2
36	162647.6053	9995781.0413	3831.9479	2
38	163995.9744	9991715.1057	3855.8810	2
39	164163.8460	9993437.8910	4036.8048	2
40	164161.4627	9995711.0791	3710.4871	2
42	165223.1346	9992050.0956	4001.9366	2
43	165215.5929	9996009.5852	3805.4602	2
44	166251.6625	9995616.0535	4041.0405	2
45	166334.6661	9995753.0927	4032.9060	2
46	166646.3724	9991798.7564	3949.5269	2
47	167568.2035	9991841.3478	3902.9236	2
49	169112.7710	9994425.8656	3639.4242	2
50	169195.3675	9993251.8238	3656.5056	2
51	169225.9973	9993288.9150	3671.0115	2
52	169811.5968	9992004.0864	4084.0290	2
53	170010.9385	9993451.7718	3904.3737	2
54	170070.7229	9995817.6543	3955.5740	2
115	160058.6169	9995805.0288	3858.7816	2
116	160955.8386	9993256.6534	3692.0362	2
118	163920.8378	9993407.1360	3995.5277	2
119	164179.6018	9994283.4965	4078.4042	2
120	164121.5520	9995758.3520	3710.6969	2
121	166407.7118	9991852.0466	3978.1955	2
122	166378.6097	9994544.2121	4029.4587	2
126	170350.5005	9994629.3781	3602.1360	2
177	159967.2010	9992794.9284	3780.3466	2
178	160461.1283	9992965.1309	3753.0224	2

179	160457.1609	9995479.8571	3756.4851	2
182	161090.7562	9995318.0524	3739.5107	2
183	161209.6417	9995223.4454	3712.1564	2
184	162266.4914	9993989.6377	3875.9750	2
186	162221.5698	9992819.0362	3674.2754	2
187	163651.7709	9992003.5690	3748.5161	2
188	163597.1397	9995493.1471	3679.7511	2
190	164664.3554	9991918.2357	3859.0856	2
191	165996.7983	9993974.4840	4009.0503	2
192	166030.3616	9995407.8285	4001.6951	2
194	166140.5595	9992752.8679	4138.8246	2
195	167183.5848	9992835.5288	3940.9563	2
196	167257.7510	9995311.1113	4132.6248	2
197	167394.4482	9995494.5264	4116.6959	2
199	168836.4820	9992838.2613	3645.5417	2
200	171591.4534	9994059.9734	3345.5585	2
201	169656.8718	9992323.4784	3941.9180	2
55	181283.8925	9993352.0975	3460.9929	2
56	180966.7634	9989930.4645	3172.1806	2
57	180933.4271	9991522.2500	3119.6629	2
58	180615.2808	9990115.9588	3229.8611	2
59	180186.1115	9993141.9152	3290.1974	2
60	178747.3672	9994687.6001	3797.5036	3
61	179169.7342	9990234.4001	3180.7148	2
62	177768.4589	9994379.7413	3476.1232	3
63	177590.3064	9993230.7340	3669.8729	2
64	177442.5632	9993175.5726	3650.0684	2
65	177424.5765	9993201.1479	3650.2940	2
66	176060.9050	9991749.1885	3896.7979	2
67	174963.8476	9992652.1556	4039.0686	2
68	174941.0117	9990377.8315	4319.3941	2
69	175207.2035	9989556.9714	3953.4946	2
70	173760.4958	9993081.9658	3898.1880	2

71	172883.6267	9994492.1407	3157.2632	3
72	173240.1913	9990903.9253	3925.8369	2
73	172668.2754	9990278.1408	4204.9476	2
74	171568.6830	9991917.8269	3644.3457	2
75	171603.3939	9989854.9995	4147.8278	2
76	170213.6265	9991669.8988	3946.5285	2
80	181205.2905	9995733.9378	3490.9076	3
82	180021.8655	9995914.0398	3492.3035	3
83	180264.8979	9994067.9615	3471.1451	3
91	175136.5270	9994313.9329	3684.0806	3
100	170325.9871	9995527.4509	3880.5108	3
129	180882.1718	9993619.7151	3511.3812	2
130	177828.6995	9995470.3469	3449.4466	3
131	177951.5181	9994900.7281	3363.7952	3
132	177734.5677	9993502.4311	3607.7769	2
133	177633.5067	9992069.3591	3614.2947	2
134	177721.1348	9990964.5860	3748.4326	2
135	177636.0270	9990977.4888	3720.9827	2
136	176638.5848	9993558.1127	3370.3262	2
137	175440.0950	9994561.8933	3670.4696	3
138	175280.3024	9994637.6006	3666.3565	3
139	175489.1114	9993174.3982	3982.3938	2
140	175394.9327	9990093.5655	4030.0408	2
141	174188.0718	9995116.1917	3522.4921	2
142	174107.1643	9994635.5207	3836.9980	2
143	174242.9862	9993255.0526	4136.4283	2
145	173989.2998	9990977.3505	3982.0145	2
146	171482.5652	9992131.3297	3596.9526	2
147	170221.7091	9995408.5518	3854.8716	3
148	170231.4223	9990913.2175	3940.9067	2
159	172389.6860	9994279.8900	3185.8075	3
202	179823.2651	9994498.6758	3737.6854	2
203	180195.8269	9994088.1993	3468.3405	3

204	179966.7797	9992301.4286	3462.2449	2
205	179068.2907	9990056.0944	3215.0405	2
206	177361.5932	9996247.2813	2907.8584	2
207	177358.5588	9993179.0430	3645.6044	2
208	177339.2667	9993054.2430	3639.0352	2
209	177373.8598	9989751.0950	3857.9773	2
210	175686.9335	9991487.9177	4004.7180	2
211	175008.0447	9993955.9032	3996.9233	3
212	174949.8584	9991659.6424	4208.4699	2
213	174741.2927	9994224.6884	3738.3733	3
214	174824.7278	9989389.7345	3844.8849	2
215	173574.1181	9990568.6103	4056.3402	2
222	178852.0676	9995542.1539	3351.6435	3
229	172292.1189	9994365.7392	3188.3071	3
230	172259.3327	9994373.8435	3186.8096	2
77	182085.8472	9999880.3036	2754.5113	2
78	181763.3903	9998210.0653	3231.8933	2
79	181731.2240	9997097.7278	3457.9929	2
81	180723.1461	10001077.8212	2798.1425	2
84	179396.3022	10000532.2779	2926.0444	2
85	179392.5093	9998288.5197	2771.3089	2
86	177894.1862	10000537.5243	3411.5082	2
87	177803.4669	9997256.7413	2842.1844	2
88	176769.6669	9997202.7560	2882.3882	2
89	175193.9533	10000947.3927	3584.1177	2
90	175101.9866	9996689.6250	2961.8664	2
92	174147.6671	9998387.5563	3739.3877	2
93	173904.8513	9999358.8985	3695.5136	2
94	172696.7005	9999317.0794	3957.7178	2
95	172428.8117	9998251.4805	3693.6733	2
96	171809.4633	10000064.8525	3973.4596	2
97	171641.5920	9998344.6209	3768.3539	2
98	171544.3619	9998220.9944	3812.3083	2

2 1 -0.4558 -0.1199

Point Image Vx Vy
3 2 0.9522 0.1892

Point Image Vx Vy
4 2 -0.0764 -0.3508

Point Image Vx Vy
5 3 -1.2697 0.1044

Point Image Vx Vy
6 3 0.8375 0.5189

Point Image Vx Vy
7 6 -0.0234 -0.0201

Point Image Vx Vy
8 6 0.0106 -0.0205

Point Image Vx Vy
9 5 0.0201 -0.0115

Point Image Vx Vy
10 5 0.0066 0.0347

Point Image Vx Vy
11 4 -0.0065 0.0215

Point Image Vx Vy
12 4 -0.0069 -0.0071

Point Image Vx Vy

13 1 0.0002 0.0201
13 2 -0.0003 -0.0202

Point Image Vx Vy
14 1 0.0115 0.0022
14 2 -0.0212 0.1190
14 3 0.0101 -0.1220

Point Image Vx Vy
15 1 -0.0003 -0.0315
15 2 0.0005 0.0317

Point Image Vx Vy
16 1 -0.0001 -0.0047
16 2 0.0001 0.0047

Point Image Vx Vy
17 1 0.0003 0.0195
17 2 -0.0003 -0.0195

Point Image Vx Vy
18 1 0.0001 0.0039
18 2 -0.0001 -0.0039

Point Image Vx Vy
19 1 -0.0004 -0.0282
19 2 0.0004 0.0283

Point Image Vx Vy
20 1 -0.0004 -0.0262
20 2 0.0004 0.0263

Point Image Vx Vy

21	1	0.0139	-0.0088
21	2	-0.0277	0.0590
21	3	0.0137	-0.0505

Point	Image	Vx	Vy
22	1	0.0102	-0.0275
22	2	-0.0210	0.0512
22	3	0.0106	-0.0237

Point	Image	Vx	Vy
23	1	0.0005	0.0242
23	2	-0.0004	-0.0242

Point	Image	Vx	Vy
24	1	0.0001	0.0028
24	2	-0.0000	-0.0028

Point	Image	Vx	Vy
25	1	0.0000	0.0023
25	2	-0.0000	-0.0023

Point	Image	Vx	Vy
26	1	0.0011	0.0475
26	2	-0.0008	-0.0474

Point	Image	Vx	Vy
27	1	0.0004	0.0162
27	2	-0.0003	-0.0163

Point	Image	Vx	Vy
28	1	0.0012	0.0494
28	2	-0.0009	-0.0492

Point	Image	Vx	Vy
29	1	0.0222	0.0468
29	2	-0.0422	0.0365
29	3	0.0199	-0.0840

Point	Image	Vx	Vy
30	1	0.0191	0.0511
30	2	-0.0356	0.0293
30	3	0.0164	-0.0809

Point	Image	Vx	Vy
37	1	0.0136	0.0040
37	2	-0.0269	0.0356
37	3	0.0131	-0.0399

Point	Image	Vx	Vy
41	1	0.0110	-0.0237
41	2	-0.0227	0.0409
41	3	0.0115	-0.0172

Point	Image	Vx	Vy
48	1	0.0106	-0.0338
48	2	-0.0213	0.0801
48	3	0.0107	-0.0463

Point	Image	Vx	Vy
101	1	0.0002	0.0192
101	2	-0.0003	-0.0193

Point	Image	Vx	Vy
102	1	-0.0001	-0.0087
102	2	0.0001	0.0088

Point	Image	Vx	Vy
103	1	0.0004	0.0271
103	2	-0.0004	-0.0272

Point	Image	Vx	Vy
104	1	0.0001	0.0086
104	2	-0.0001	-0.0086

Point	Image	Vx	Vy
105	1	-0.0003	-0.0173
105	2	0.0003	0.0174

Point	Image	Vx	Vy
106	1	0.0081	-0.0460
106	2	-0.0173	0.0510
106	3	0.0091	-0.0047

Point	Image	Vx	Vy
107	1	0.0005	0.0269
107	2	-0.0005	-0.0269

Point	Image	Vx	Vy
108	1	-0.0001	-0.0054
108	2	0.0001	0.0055

Point	Image	Vx	Vy
109	1	-0.0000	-0.0007
109	2	0.0000	0.0007

Point	Image	Vx	Vy
110	1	0.0215	0.0307
110	2	-0.0416	0.0414
110	3	0.0200	-0.0727

Point	Image	Vx	Vy
111	1	0.0006	0.0269
111	2	-0.0005	-0.0269

Point	Image	Vx	Vy
112	1	0.0003	0.0130
112	2	-0.0002	-0.0130

Point	Image	Vx	Vy
113	1	0.0173	0.0206
113	2	-0.0337	0.0345
113	3	0.0162	-0.0555

Point	Image	Vx	Vy
114	1	0.0012	0.0500
114	2	-0.0009	-0.0499

Point	Image	Vx	Vy
117	1	0.0129	-0.0013
117	2	-0.0258	0.0328
117	3	0.0127	-0.0317

Point	Image	Vx	Vy
123	1	0.0207	0.0121
123	2	-0.0405	0.0653
123	3	0.0198	-0.0781

Point	Image	Vx	Vy
124	1	0.0203	0.0011
124	2	-0.0401	0.0703
124	3	0.0197	-0.0719

Point	Image	Vx	Vy
125	1	0.0073	-0.0429
125	2	-0.0149	0.0759
125	3	0.0076	-0.0329

Point	Image	Vx	Vy
127	1	0.0031	-0.0460
127	2	-0.0059	0.0950
127	3	0.0030	-0.0488

Point	Image	Vx	Vy
128	1	0.0177	0.0110
128	2	-0.0341	0.1035
128	3	0.0165	-0.1154

Point	Image	Vx	Vy
160	1	-0.0004	-0.0382
160	2	0.0006	0.0385

Point	Image	Vx	Vy
161	1	0.0002	0.0198
161	2	-0.0003	-0.0199

Point	Image	Vx	Vy
162	1	0.0001	0.0069
162	2	-0.0001	-0.0069

Point	Image	Vx	Vy
163	1	-0.0001	-0.0113
163	2	0.0002	0.0113

Point	Image	Vx	Vy
164	1	-0.0002	-0.0137

164	2	0.0002	0.0138
-----	---	--------	--------

Point	Image	Vx	Vy
165	1	0.0151	-0.0156
165	2	-0.0302	0.0726
165	3	0.0150	-0.0573

Point	Image	Vx	Vy
166	1	-0.0003	-0.0185
166	2	0.0003	0.0185

Point	Image	Vx	Vy
167	1	-0.0001	-0.0043
167	2	0.0001	0.0043

Point	Image	Vx	Vy
168	1	0.0123	-0.0148
168	2	-0.0247	0.0587
168	3	0.0122	-0.0441

Point	Image	Vx	Vy
169	1	0.0003	0.0180
169	2	-0.0003	-0.0181

Point	Image	Vx	Vy
170	1	0.0007	0.0355
170	2	-0.0006	-0.0355

Point	Image	Vx	Vy
171	1	0.0008	0.0384
171	2	-0.0007	-0.0384

Point	Image	Vx	Vy
-------	-------	----	----

172	1	0.0188	0.0155
172	2	-0.0369	0.0456
172	3	0.0179	-0.0615

185	1	0.0172	0.0115
185	2	-0.0339	0.0352
185	3	0.0165	-0.0471

Point	Image	Vx	Vy
173	1	0.0001	0.0031
173	2	-0.0001	-0.0032

Point	Image	Vx	Vy
189	1	0.0156	0.0026
189	2	-0.0310	0.0453
189	3	0.0152	-0.0482

Point	Image	Vx	Vy
174	1	0.0180	0.0416
174	2	-0.0339	0.0334
174	3	0.0158	-0.0755

Point	Image	Vx	Vy
193	1	0.0077	-0.0447
193	2	-0.0164	0.0520
193	3	0.0086	-0.0070

Point	Image	Vx	Vy
175	1	0.0272	0.0752
175	2	-0.0504	0.0407
175	3	0.0232	-0.1167

Point	Image	Vx	Vy
198	1	0.0121	-0.0191
198	2	-0.0238	0.0846
198	3	0.0117	-0.0657

Point	Image	Vx	Vy
176	1	0.0012	0.0473
176	2	-0.0008	-0.0472

Point	Image	Vx	Vy
31	2	-0.0007	-0.0409
31	3	0.0009	0.0408

Point	Image	Vx	Vy
180	1	0.0221	0.0581
180	2	-0.0413	0.0306
180	3	0.0192	-0.0893

Point	Image	Vx	Vy
32	2	0.0003	0.0189
32	3	-0.0005	-0.0189

Point	Image	Vx	Vy
181	1	0.0224	0.0504
181	2	-0.0425	0.0328
181	3	0.0200	-0.0839

Point	Image	Vx	Vy
33	2	-0.0006	-0.0385
33	3	0.0008	0.0384

Point	Image	Vx	Vy
-------	-------	----	----

Point	Image	Vx	Vy
34	2	-0.0003	-0.0150

34	3	0.0003	0.0150
Point	Image	Vx	Vy
35	2	-0.0007	-0.0453
35	3	0.0009	0.0453
Point	Image	Vx	Vy
36	2	0.0002	0.0087
36	3	-0.0002	-0.0087
Point	Image	Vx	Vy
38	2	-0.0013	-0.0824
38	3	0.0015	0.0824
Point	Image	Vx	Vy
39	2	-0.0007	-0.0457
39	3	0.0009	0.0458
Point	Image	Vx	Vy
40	2	0.0000	0.0023
40	3	-0.0000	-0.0023
Point	Image	Vx	Vy
42	2	-0.0012	-0.0833
42	3	0.0014	0.0833
Point	Image	Vx	Vy
43	2	0.0002	0.0125
43	3	-0.0002	-0.0126
Point	Image	Vx	Vy
44	2	0.0001	0.0070
44	3	-0.0001	-0.0070

Point	Image	Vx	Vy
45	2	0.0002	0.0097
45	3	-0.0002	-0.0098
Point	Image	Vx	Vy
46	2	-0.0012	-0.0799
46	3	0.0012	0.0799
Point	Image	Vx	Vy
47	2	-0.0011	-0.0738
47	3	0.0011	0.0738
Point	Image	Vx	Vy
49	2	0.0000	0.0017
49	3	-0.0000	-0.0017
Point	Image	Vx	Vy
50	2	-0.0004	-0.0262
50	3	0.0004	0.0263
Point	Image	Vx	Vy
51	2	-0.0003	-0.0188
51	3	0.0003	0.0188
Point	Image	Vx	Vy
52	2	-0.0007	-0.0510
52	3	0.0006	0.0511
Point	Image	Vx	Vy
53	2	-0.0002	-0.0111
53	3	0.0001	0.0112

Point	Image	Vx	Vy
54	2	0.0008	0.0485
54	3	-0.0007	-0.0487

Point	Image	Vx	Vy
115	2	0.0004	0.0236
115	3	-0.0006	-0.0236

Point	Image	Vx	Vy
116	2	-0.0005	-0.0315
116	3	0.0007	0.0315

Point	Image	Vx	Vy
118	2	-0.0007	-0.0450
118	3	0.0009	0.0450

Point	Image	Vx	Vy
119	2	-0.0005	-0.0278
119	3	0.0005	0.0278

Point	Image	Vx	Vy
120	2	0.0001	0.0070
120	3	-0.0001	-0.0070

Point	Image	Vx	Vy
121	2	-0.0011	-0.0772
121	3	0.0012	0.0772

Point	Image	Vx	Vy
122	2	-0.0003	-0.0200
122	3	0.0003	0.0201

Point	Image	Vx	Vy

126	2	0.0004	0.0234
126	3	-0.0003	-0.0235

Point	Image	Vx	Vy
177	2	-0.0006	-0.0321
177	3	0.0008	0.0321

Point	Image	Vx	Vy
178	2	-0.0006	-0.0344
178	3	0.0008	0.0344

Point	Image	Vx	Vy
179	2	0.0003	0.0178
179	3	-0.0004	-0.0178

Point	Image	Vx	Vy
182	2	0.0002	0.0099
182	3	-0.0002	-0.0100

Point	Image	Vx	Vy
183	2	0.0000	0.0026
183	3	-0.0001	-0.0026

Point	Image	Vx	Vy
184	2	-0.0005	-0.0278
184	3	0.0006	0.0278

Point	Image	Vx	Vy
186	2	-0.0008	-0.0506
186	3	0.0010	0.0506

Point	Image	Vx	Vy
187	2	-0.0012	-0.0751

187	3	0.0014	0.0750
Point	Image	Vx	Vy
188	2	0.0001	0.0032
188	3	-0.0001	-0.0032
Point	Image	Vx	Vy
190	2	-0.0012	-0.0790
190	3	0.0014	0.0790
Point	Image	Vx	Vy
191	2	-0.0005	-0.0325
191	3	0.0006	0.0325
Point	Image	Vx	Vy
192	2	0.0001	0.0030
192	3	-0.0001	-0.0030
Point	Image	Vx	Vy
194	2	-0.0010	-0.0635
194	3	0.0010	0.0636
Point	Image	Vx	Vy
195	2	-0.0008	-0.0535
195	3	0.0008	0.0536
Point	Image	Vx	Vy
196	2	0.0001	0.0068
196	3	-0.0001	-0.0068
Point	Image	Vx	Vy
197	2	0.0002	0.0116
197	3	-0.0002	-0.0116

Point	Image	Vx	Vy
199	2	-0.0005	-0.0345
199	3	0.0005	0.0346
Point	Image	Vx	Vy
200	2	0.0004	0.0265
200	3	-0.0003	-0.0265
Point	Image	Vx	Vy
201	2	-0.0006	-0.0386
201	3	0.0005	0.0387
Point	Image	Vx	Vy
55	5	0.0000	0.0004
55	4	-0.0000	-0.0004
Point	Image	Vx	Vy
56	5	-0.0000	-0.0017
56	4	0.0000	0.0017
Point	Image	Vx	Vy
57	5	0.0000	0.0002
57	4	-0.0000	-0.0002
Point	Image	Vx	Vy
58	5	-0.0000	-0.0042
58	4	0.0000	0.0041
Point	Image	Vx	Vy
59	5	0.0000	0.0012
59	4	-0.0000	-0.0012

Point	Image	Vx	Vy
60	6	-0.0010	-0.0003
60	5	0.0019	0.0015
60	4	-0.0009	-0.0012

Point	Image	Vx	Vy
68	5	-0.0000	-0.0021
68	4	0.0000	0.0021

Point	Image	Vx	Vy
61	5	-0.0000	-0.0051
61	4	0.0000	0.0051

Point	Image	Vx	Vy
69	5	0.0000	0.0003
69	4	-0.0000	-0.0003

Point	Image	Vx	Vy
62	6	0.0004	0.0028
62	5	-0.0007	-0.0010
62	4	0.0003	-0.0018

Point	Image	Vx	Vy
70	5	0.0000	0.0015
70	4	-0.0000	-0.0015

Point	Image	Vx	Vy
63	5	0.0000	0.0020
63	4	-0.0000	-0.0020

Point	Image	Vx	Vy
71	6	0.0013	0.0003
71	5	-0.0025	-0.0007
71	4	0.0012	0.0003

Point	Image	Vx	Vy
64	5	0.0000	0.0005
64	4	-0.0000	-0.0005

Point	Image	Vx	Vy
72	5	0.0000	0.0032
72	4	-0.0000	-0.0032

Point	Image	Vx	Vy
65	5	0.0000	0.0033
65	4	-0.0000	-0.0033

Point	Image	Vx	Vy
73	5	-0.0000	-0.0005
73	4	0.0000	0.0005

Point	Image	Vx	Vy
66	5	-0.0000	-0.0013
66	4	0.0000	0.0013

Point	Image	Vx	Vy
74	5	0.0000	0.0041
74	4	-0.0000	-0.0041

Point	Image	Vx	Vy
67	5	-0.0000	-0.0017
67	4	0.0000	0.0017

Point	Image	Vx	Vy
75	5	0.0000	0.0016
75	4	-0.0000	-0.0016

Point	Image	Vx	Vy
76	5	-0.0000	0.0025
76	4	0.0000	-0.0025

Point	Image	Vx	Vy
80	6	-0.0008	0.0088
80	5	0.0017	0.0005
80	4	-0.0009	-0.0092

Point	Image	Vx	Vy
82	6	-0.0008	0.0095
82	5	0.0018	0.0012
82	4	-0.0009	-0.0106

Point	Image	Vx	Vy
83	6	0.0005	0.0030
83	5	-0.0009	0.0009
83	4	0.0004	-0.0038

Point	Image	Vx	Vy
91	6	0.0007	-0.0006
91	5	-0.0013	-0.0029
91	4	0.0007	0.0034

Point	Image	Vx	Vy
100	6	0.0024	-0.0049
100	5	-0.0047	-0.0002
100	4	0.0023	0.0052

Point	Image	Vx	Vy
129	5	0.0000	0.0017
129	4	-0.0000	-0.0016

Point	Image	Vx	Vy
130	6	0.0014	0.0073
130	5	-0.0026	0.0010
130	4	0.0013	-0.0083

Point	Image	Vx	Vy
131	6	0.0003	0.0003
131	5	-0.0006	0.0028
131	4	0.0003	-0.0031

Point	Image	Vx	Vy
132	5	0.0000	0.0026
132	4	-0.0000	-0.0026

Point	Image	Vx	Vy
133	5	0.0000	0.0002
133	4	-0.0000	-0.0002

Point	Image	Vx	Vy
134	5	-0.0000	-0.0011
134	4	0.0000	0.0010

Point	Image	Vx	Vy
135	5	-0.0000	-0.0007
135	4	0.0000	0.0007

Point	Image	Vx	Vy
136	5	0.0000	0.0019
136	4	-0.0000	-0.0019

Point	Image	Vx	Vy
137	6	0.0008	0.0131

137	5	-0.0015	-0.0006
137	4	0.0007	-0.0124

145	5	0.0000	0.0005
145	4	-0.0000	-0.0005

Point	Image	Vx	Vy
138	6	0.0001	0.0013
138	5	-0.0002	-0.0019
138	4	0.0001	0.0006

Point	Image	Vx	Vy
146	5	0.0000	0.0015
146	4	-0.0000	-0.0015

Point	Image	Vx	Vy
139	5	0.0000	0.0006
139	4	-0.0000	-0.0006

Point	Image	Vx	Vy
147	6	0.0025	-0.0012
147	5	-0.0050	0.0001
147	4	0.0025	0.0010

Point	Image	Vx	Vy
140	5	-0.0000	-0.0035
140	4	0.0000	0.0035

Point	Image	Vx	Vy
148	5	-0.0000	0.0035
148	4	0.0000	-0.0035

Point	Image	Vx	Vy
141	5	-0.0000	-0.0002
141	4	0.0000	0.0002

Point	Image	Vx	Vy
159	6	0.0033	0.0033
159	5	-0.0065	0.0011
159	4	0.0032	-0.0044

Point	Image	Vx	Vy
142	6	-0.0000	-0.0028
142	4	0.0000	0.0028

Point	Image	Vx	Vy
202	5	0.0000	0.0024
202	4	-0.0000	-0.0024

Point	Image	Vx	Vy
143	5	0.0000	0.0051
143	4	-0.0000	-0.0051

Point	Image	Vx	Vy
203	6	0.0003	0.0015
203	5	-0.0006	0.0005
203	4	0.0003	-0.0020

Point	Image	Vx	Vy
144	5	-0.0000	-0.0013
144	4	0.0000	0.0013

Point	Image	Vx	Vy
204	5	-0.0000	-0.0005
204	4	0.0000	0.0005

Point	Image	Vx	Vy
-------	-------	----	----

Point	Image	Vx	Vy
205	5	-0.0000	-0.0063
205	4	0.0000	0.0062

Point	Image	Vx	Vy
206	6	-0.0009	-0.0968
206	4	0.0005	0.0961

Point	Image	Vx	Vy
207	5	-0.0000	-0.0007
207	4	0.0000	0.0007

Point	Image	Vx	Vy
208	5	0.0000	0.0003
208	4	-0.0000	-0.0003

Point	Image	Vx	Vy
209	5	0.0000	0.0010
209	4	-0.0000	-0.0010

Point	Image	Vx	Vy
210	5	-0.0000	-0.0012
210	4	0.0000	0.0012

Point	Image	Vx	Vy
211	6	-0.0000	0.0010
211	5	0.0001	-0.0024
211	4	-0.0000	0.0015

Point	Image	Vx	Vy
212	5	0.0000	0.0002
212	4	-0.0000	-0.0002

Point	Image	Vx	Vy
213	6	0.0007	0.0038
213	5	-0.0013	-0.0025
213	4	0.0006	-0.0014

Point	Image	Vx	Vy
214	5	0.0000	0.0000
214	4	-0.0000	-0.0000

Point	Image	Vx	Vy
215	5	0.0000	0.0014
215	4	-0.0000	-0.0014

Point	Image	Vx	Vy
222	6	-0.0010	0.0044
222	5	0.0021	0.0015
222	4	-0.0011	-0.0058

Point	Image	Vx	Vy
229	6	0.0030	0.0011
229	5	-0.0059	-0.0037
229	4	0.0029	0.0025

Point	Image	Vx	Vy
230	6	0.0001	0.0485
230	4	-0.0000	-0.0483

Point	Image	Vx	Vy
77	6	-0.0000	-0.0005
77	5	0.0000	0.0005

Point	Image	Vx	Vy
-------	-------	----	----

78	6	0.0000	0.0008
78	5	-0.0000	-0.0008
Point	Image	Vx	Vy
79	6	-0.0000	-0.0010
79	5	0.0000	0.0010
Point	Image	Vx	Vy
81	6	0.0000	0.0034
81	5	-0.0000	-0.0034
Point	Image	Vx	Vy
84	6	0.0000	0.0015
84	5	-0.0000	-0.0015
Point	Image	Vx	Vy
85	6	0.0000	0.0047
85	5	-0.0000	-0.0047
Point	Image	Vx	Vy
86	6	0.0000	0.0039
86	5	-0.0000	-0.0039
Point	Image	Vx	Vy
87	6	0.0000	0.0012
87	5	-0.0000	-0.0012
Point	Image	Vx	Vy
88	6	0.0000	0.0000
88	5	-0.0000	-0.0000
Point	Image	Vx	Vy
89	6	0.0000	0.0031

89	5	-0.0000	-0.0031
Point	Image	Vx	Vy
90	6	0.0000	0.0022
90	5	-0.0000	-0.0021
Point	Image	Vx	Vy
92	6	0.0000	0.0031
92	5	-0.0000	-0.0031
Point	Image	Vx	Vy
93	6	-0.0000	-0.0029
93	5	0.0000	0.0029
Point	Image	Vx	Vy
94	6	-0.0000	-0.0032
94	5	0.0000	0.0032
Point	Image	Vx	Vy
95	6	-0.0000	-0.0012
95	5	0.0000	0.0012
Point	Image	Vx	Vy
96	6	-0.0000	-0.0044
96	5	0.0000	0.0044
Point	Image	Vx	Vy
97	6	-0.0000	-0.0004
97	5	0.0000	0.0004
Point	Image	Vx	Vy
98	6	0.0000	0.0002
98	5	-0.0000	-0.0002

Point	Image	Vx	Vy
99	6	0.0000	0.0000
99	5	-0.0000	-0.0000

Point	Image	Vx	Vy
149	6	0.0000	0.0025
149	5	-0.0000	-0.0025

Point	Image	Vx	Vy
150	6	-0.0000	-0.0016
150	5	0.0000	0.0016

Point	Image	Vx	Vy
151	6	0.0000	0.0031
151	5	-0.0000	-0.0031

Point	Image	Vx	Vy
152	6	0.0000	0.0000
152	5	-0.0000	-0.0000

Point	Image	Vx	Vy
153	6	0.0000	0.0021
153	5	-0.0000	-0.0021

Point	Image	Vx	Vy
154	6	0.0000	0.0054
154	5	-0.0000	-0.0054

Point	Image	Vx	Vy
155	6	0.0000	0.0015
155	5	-0.0000	-0.0014

Point	Image	Vx	Vy
156	6	-0.0000	-0.0006
156	5	0.0000	0.0006

Point	Image	Vx	Vy
157	6	0.0000	0.0034
157	5	-0.0000	-0.0034

Point	Image	Vx	Vy
158	6	-0.0000	-0.0040
158	5	0.0000	0.0039

Point	Image	Vx	Vy
216	6	-0.0000	-0.0002
216	5	0.0000	0.0002

Point	Image	Vx	Vy
217	6	0.0000	0.0027
217	5	-0.0000	-0.0027

Point	Image	Vx	Vy
218	6	0.0000	0.0016
218	5	-0.0000	-0.0016

Point	Image	Vx	Vy
219	6	0.0000	0.0019
219	5	-0.0000	-0.0018

Point	Image	Vx	Vy
220	6	0.0000	0.0036
220	5	-0.0000	-0.0036

Point	Image	Vx	Vy
-------	-------	----	----

221	6	0.0000	0.0028
221	5	-0.0000	-0.0028

Point	Image	Vx	Vy
223	6	0.0000	0.0001
223	5	-0.0000	-0.0001

Point	Image	Vx	Vy
224	6	0.0000	0.0023
224	5	-0.0000	-0.0023

Point	Image	Vx	Vy
225	6	-0.0000	-0.0005
225	5	0.0000	0.0005

Point	Image	Vx	Vy
226	6	-0.0000	-0.0006
226	5	0.0000	0.0006

Point	Image	Vx	Vy
227	6	-0.0000	-0.0038
227	5	0.0000	0.0038

Point	Image	Vx	Vy
228	6	-0.0000	-0.0029
228	5	0.0000	0.0029

Point	Image	Vx	Vy
231	6	0.0000	0.0006
231	5	-0.0000	-0.0006

Point	Image	Vx	Vy
232	6	0.0000	0.0044

232	5	-0.0000	-0.0044
-----	---	---------	---------

Point	Image	Vx	Vy
233	6	-0.0000	-0.0005
233	5	0.0000	0.0005

Point	Image	Vx	Vy
234	6	0.0000	0.0001
234	5	-0.0000	-0.0001

The image residuals of the control points

The image ID = 1

Point ID	Vx	Vy
1	0.0463	-0.3184
2	-0.4558	-0.1199

RMSE of 2 points: mx=0.3239,
my=0.2406

The image ID = 6

Point ID	Vx	Vy
7	-0.0234	-0.0201
8	0.0106	-0.0205

RMSE of 2 points: mx=0.0181,
my=0.0203

The image ID = 2

Point ID	Vx	Vy
3	0.9522	0.1892
4	-0.0764	-0.3508

RMSE of 2 points: $m_x=0.6755$,
 $m_y=0.2818$

The image ID = 5

Point ID	Vx	Vy
9	0.0201	-0.0115
10	0.0066	0.0347

RMSE of 2 points: $m_x=0.0150$,
 $m_y=0.0259$

The image ID = 3

Point ID	Vx	Vy
----------	----	----

REPORTE 1978

The Triangulation Report With LPS

The output image x, y units:
 millimeters

The output angle unit:
 degrees

The output ground X, Y, Z units:
 meters

The Input Image
 Coordinates

image ID = 1

Point ID	x	y
1	34.2366	-101.1662
5	-14.9205	97.5703
21	-23.2035	-31.8373
23	69.2723	-58.2440
24	-56.7227	23.5630
129	109.6313	-6.3014
130	110.0612	-100.9013

5	-1.2697	0.1044
---	---------	--------

6	0.8375	0.5189
---	--------	--------

RMSE of 2 points: $m_x=1.0756$,
 $m_y=0.3743$

The image ID = 4

Point ID	Vx	Vy
11	-0.0065	0.0215
12	-0.0069	-0.0071

RMSE of 2 points: $m_x=0.0067$,
 $m_y=0.0160$

131	99.7958	-6.8368
132	97.7909	-42.4013
134	92.3940	-40.3107
135	83.3241	32.1114
136	82.6707	31.8466
137	86.0957	-90.6452
139	79.5853	-88.8176
140	64.8636	9.0187
141	63.6334	3.3796
142	65.3622	-10.3570
143	44.2203	-71.3978
144	-13.1318	29.2313
145	-9.4252	-85.7624
146	-13.8227	-2.1657
147	-12.4519	-10.8532
148	-14.7033	-13.6076
149	-34.9918	1.9786
150	-36.9587	-14.9751
151	-58.5356	10.8282
152	-85.0576	19.1509

Affine coefficients from file (pixels) to film (millimeters)

A0	A1	A2	B0	B1	B2
120.1856	-0.000017	-0.015995	117.8654	-0.015997	0.000017

image ID = 2					
Point ID	x	y			
			145	-10.3760	-12.7532
			146	-12.1871	77.2062
3	27.3864	-24.4930	147	-11.0408	69.6178
21	-22.5313	43.8137	148	-13.3998	65.3601
23	68.6622	12.9456	149	-33.1684	81.5850
24	-54.3638	99.3362	150	-35.6322	64.5685
129	109.9144	64.6888	151	-56.4057	90.7663
130	107.8898	-34.4566	152	-82.7371	96.7055
131	100.2145	65.2948	153	107.7751	-72.0195
132	97.3460	29.7602	154	98.1487	-57.8550
133	99.7189	11.3977	155	88.8196	-11.6903
134	92.0319	30.8433	156	81.8157	-14.8492
135	85.0854	111.2367	157	87.0682	-49.4810
136	84.4276	110.8735	158	79.7678	-60.0518
137	84.4657	-21.9921	159	67.7634	-15.6147
138	78.7815	3.8675	160	64.3560	-102.1883
139	78.0528	-19.5607	161	35.8967	-32.1487
140	66.2334	87.3349	162	-31.8935	-51.0303
141	64.8375	80.9127	163	-45.0915	-8.8822
142	66.1370	65.1064	164	-50.4847	-80.2873
143	43.4881	2.0497	165	-84.0360	-15.7202
144	-10.5230	111.5301	166	-111.2081	-45.3859

Affine coefficients from file (pixels) to film (millimeters)

A0	A1	A2	B0	B1	B2
120.4531	-0.000037	-0.015995	118.6137	-0.015997	0.000036

image ID = 3

Point ID	x	y
----------	---	---

14	-86.3662	-39.1608	157	91.4798	40.8238
15	-16.2083	-96.4803	158	83.8320	33.3661
128	51.0527	34.2287	159	72.7751	79.1847
133	105.9199	102.5597	160	67.0676	-7.0740
138	84.4075	96.0021	161	40.1278	63.7361
143	48.7160	97.4959	162	-28.2830	46.3063
145	-5.7351	81.5549	163	-40.0244	85.5247
153	112.2098	18.6423	164	-47.7056	18.5909
154	102.6454	33.9594	165	-78.5923	79.4282
155	94.2574	81.3749	166	-106.3061	47.8528
156	87.0564	78.9367			

Affine coefficients from file (pixels) to film (millimeters)

A0	A1	A2	B0	B1	B2
120.1264	-0.000026	-0.015994	119.6426	-0.015995	0.000025

THE OUTPUT OF SELF-CALIBRATING BUNDLE BLOCK ADJUSTMENT

the no. of iteration =1 the standard error = 0.1771
the maximal correction of the object points = 138.10493

the no. of iteration =2 the standard error = 0.1756
the maximal correction of the object points = 4.52078

the no. of iteration =3 the standard error = 0.1757
the maximal correction of the object points = 0.04678

the no. of iteration =4 the standard error = 0.1757
the maximal correction of the object points = 0.00041

The exterior orientation parameters

image ID	Xs	Ys	Zs	OMEGA	PHI	KAPPA
1	833587.3436	10000581.1628	12914.3473	-0.2496	0.2955	-1.2866

2	833461.1994	9996163.2337	12963.0077	0.0417	-0.0868	0.3027
3	833514.4743	9990397.7394	12930.1095	0.4577	0.8637	2.0290

The interior orientation parameters of photos

image ID	f(mm)	xo(mm)	yo(mm)
1	153.6800	0.0040	0.0040
2	153.6800	0.0040	0.0040
3	153.6800	0.0040	0.0040

The residuals of the control points				23	-23.3203	-12.1239	28.6373
Point ID	rX	rY	rZ	24	-4.2676	-10.4179	-8.9409
1	0.0000	0.0000	0.0000	128	0.0000	0.0000	0.0000
3	0.0000	0.0000	0.0000				
5	0.0000	0.0000	0.0000		aX	aY	aZ
14	0.0000	0.0000	0.0000		-2.0432	0.0140	-3.2390
15	0.0000	0.0000	0.0000		mX	mY	mZ
21	9.1993	22.6676	-48.8474		8.4766	9.2457	19.1082

The coordinates of object points

Point ID	X	Y	Z	Overlap
1	835406.0440	9994582.5229	3931.0830	1
3	835077.8340	9994733.0140	3940.0000	1
5	832860.0630	10005915.8810	4440.0000	1
14	828191.5840	9987908.4540	3584.0590	1
15	832629.9290	9984759.9860	3880.9410	1
21	832138.4960	9998698.0958	4038.3108	2
23	837622.0000	9996982.0000	3701.1070	2
24	830251.6184	10002007.0677	3930.0639	2
128	836415.0400	9992674.3891	3500.0000	1
129	839950.2191	10000028.7457	3889.0991	2
130	840337.8443	9994017.9886	3211.6491	2
131	839309.0667	10000016.7205	3992.5792	2
132	839177.7200	9997946.6837	3951.8923	2

134	838947.8222	9998036.6696	3814.4250	2
135	837993.7578	10002145.5620	4750.3880	2
136	837965.3682	10002134.6746	4738.2833	2
137	838720.0975	9994833.6441	3438.5437	2
139	838291.6688	9994989.7664	3498.0854	2
140	837061.5235	10000953.3439	4586.7902	2
141	837025.9446	10000650.8541	4495.2356	2
142	837202.2852	9999878.8458	4261.9130	2
143	836037.9172	9996299.3233	3906.2155	3
144	832883.3302	10002107.5530	4779.2599	2
145	832853.7394	9995391.3541	3682.9807	3
146	832777.8768	10000441.9505	4452.7931	2
147	832852.2200	9999970.0369	4567.1124	2
148	832709.5074	9999807.7805	4399.7661	2
149	831607.1314	10000696.9835	4416.0537	2
150	831470.4487	9999758.5674	4394.3625	2
151	830300.8807	10001218.8075	4383.8846	2
152	828639.1560	10001762.0514	4031.8078	2
133	839555.5153	9996897.3634	3595.9311	2
138	838250.3917	9996429.5303	3650.7269	2
153	840053.5006	9991826.8522	3628.5892	2
154	839416.3451	9992710.7672	3698.2379	2
155	838798.3735	9995497.5484	3765.2275	2
156	838350.3560	9995311.2359	3819.3661	2
157	838849.4296	9993153.8888	3513.8061	2
158	838251.4128	9992613.9364	3803.6977	2
159	837484.3458	9995267.7627	3884.2405	2
160	837282.0358	9990196.7194	3951.8342	2
161	835597.7418	9994287.9871	3916.8647	2
162	831608.4099	9993148.1152	3888.4903	2
163	830737.4785	9995614.9803	3609.2673	2
164	830545.9174	9991459.6339	3969.5704	2
165	828362.9602	9995184.8242	3589.3818	2

166 826497.4059 9993277.4927 3280.9098 2

The total object points = 47

The residuals of image points				128	3	-0.0790	-0.0319
Point	Image	Vx	Vy	Point	Image	Vx	Vy
1	1	-0.1066	0.1480	129	1	0.0506	-0.0001
				129	2	-0.0513	0.0014
Point	Image	Vx	Vy	Point	Image	Vx	Vy
3	2	-0.2144	-0.1144	130	1	0.0219	-0.0000
Point	Image	Vx	Vy	130	2	-0.0222	0.0006
5	1	0.3081	-0.2309	Point	Image	Vx	Vy
Point	Image	Vx	Vy	131	1	0.0413	-0.0001
14	3	0.2699	0.2949	131	2	-0.0419	0.0011
Point	Image	Vx	Vy	Point	Image	Vx	Vy
15	3	0.0125	-0.3270	132	1	0.0307	-0.0001
Point	Image	Vx	Vy	132	2	-0.0311	0.0008
21	1	-0.3200	-0.5732	Point	Image	Vx	Vy
21	2	-0.2440	-0.1503	134	1	0.0277	-0.0001
Point	Image	Vx	Vy	134	2	-0.0280	0.0008
23	1	0.1803	0.3932	Point	Image	Vx	Vy
23	2	0.1670	0.1588	135	1	0.0242	-0.0001
Point	Image	Vx	Vy	135	2	-0.0245	0.0007
24	1	-0.0197	0.2027	Point	Image	Vx	Vy
24	2	0.0511	0.2740	136	1	0.0221	-0.0001
Point	Image	Vx	Vy	136	2	-0.0224	0.0006

Point	Image	Vx	Vy
137	1	0.0175	-0.0001
137	2	-0.0177	0.0005

Point	Image	Vx	Vy
139	1	0.0057	-0.0000
139	2	-0.0057	0.0002

Point	Image	Vx	Vy
140	1	0.0141	-0.0001
140	2	-0.0142	0.0004

Point	Image	Vx	Vy
141	1	0.0078	-0.0000
141	2	-0.0079	0.0002

Point	Image	Vx	Vy
142	1	0.0085	-0.0000
142	2	-0.0086	0.0002

Point	Image	Vx	Vy
143	1	-0.0295	0.0440
143	2	-0.0020	-0.0789
143	3	0.0310	0.0332

Point	Image	Vx	Vy
144	1	-0.0360	0.0002
144	2	0.0362	-0.0012

Point	Image	Vx	Vy
145	1	-0.0342	0.0473
145	2	0.0180	-0.0846
145	3	0.0159	0.0361

Point	Image	Vx	Vy
146	1	-0.0293	0.0002
146	2	0.0294	-0.0010

Point	Image	Vx	Vy
147	1	-0.0350	0.0002
147	2	0.0352	-0.0012

Point	Image	Vx	Vy
148	1	-0.0281	0.0002
148	2	0.0282	-0.0010

Point	Image	Vx	Vy
149	1	-0.0345	0.0002
149	2	0.0346	-0.0012

Point	Image	Vx	Vy
150	1	-0.0378	0.0003
150	2	0.0379	-0.0014

Point	Image	Vx	Vy
151	1	-0.0365	0.0003
151	2	0.0366	-0.0014

Point	Image	Vx	Vy
152	1	-0.0145	0.0001
152	2	0.0145	-0.0006

Point	Image	Vx	Vy
133	2	-0.0041	-0.0000
133	3	0.0040	-0.0001

Point	Image	Vx	Vy
138	2	-0.0159	-0.0000
138	3	0.0157	-0.0004

Point	Image	Vx	Vy
153	2	0.0725	-0.0001
153	3	-0.0706	0.0018

Point	Image	Vx	Vy
154	2	0.0307	0.0000
154	3	-0.0300	0.0008

Point	Image	Vx	Vy
155	2	-0.0067	-0.0000
155	3	0.0066	-0.0002

Point	Image	Vx	Vy
156	2	-0.0089	-0.0000
156	3	0.0088	-0.0002

Point	Image	Vx	Vy
157	2	0.0209	0.0000
157	3	-0.0205	0.0005

Point	Image	Vx	Vy
158	2	0.0195	0.0000
158	3	-0.0191	0.0005

Point	Image	Vx	Vy
159	2	-0.0129	-0.0000
159	3	0.0127	-0.0003

Point	Image	Vx	Vy
-------	-------	----	----

160	2	0.0280	0.0000
160	3	-0.0275	0.0007

Point	Image	Vx	Vy
161	2	-0.0057	-0.0000
161	3	0.0056	-0.0001

Point	Image	Vx	Vy
162	2	-0.0003	-0.0000
162	3	0.0003	-0.0000

Point	Image	Vx	Vy
163	2	0.0433	0.0002
163	3	-0.0437	0.0012

Point	Image	Vx	Vy
164	2	-0.0288	-0.0002
164	3	0.0291	-0.0008

Point	Image	Vx	Vy
165	2	0.0622	0.0003
165	3	-0.0634	0.0018

Point	Image	Vx	Vy
166	2	0.0598	0.0004
166	3	-0.0612	0.0018

The image residuals of the control points

The image ID = 1

Point ID	Vx	Vy
----------	----	----

1	-0.1066	0.1480
5	0.3081	-0.2309
21	-0.3200	-0.5732
23	0.1803	0.3932
24	-0.0197	0.2027

RMSE of 5 points: $mx=0.2198$,
 $my=0.3463$

The image ID = 2

Point ID	Vx	Vy
3	-0.2144	-0.1144
21	-0.2440	-0.1503
23	0.1670	0.1588
24	0.0511	0.2740

RMSE of 4 points: $mx=0.1844$,
 $my=0.1844$

The image ID = 3

Point ID	Vx	Vy
14	0.2699	0.2949
15	0.0125	-0.3270
128	-0.0790	-0.0319

RMSE of 3 points: $mx=0.1625$,
 $my=0.2549$

21	-0.3200	-0.5732
23	0.1803	0.3932
24	-0.0197	0.2027

RMSE of 5 points: $mx=0.2198$,
 $my=0.3463$

The image ID = 2

Point ID	Vx	Vy
3	-0.2144	-0.1144
21	-0.2440	-0.1503
23	0.1670	0.1588
24	0.0511	0.2740

RMSE of 4 points: $mx=0.1844$,
 $my=0.1844$

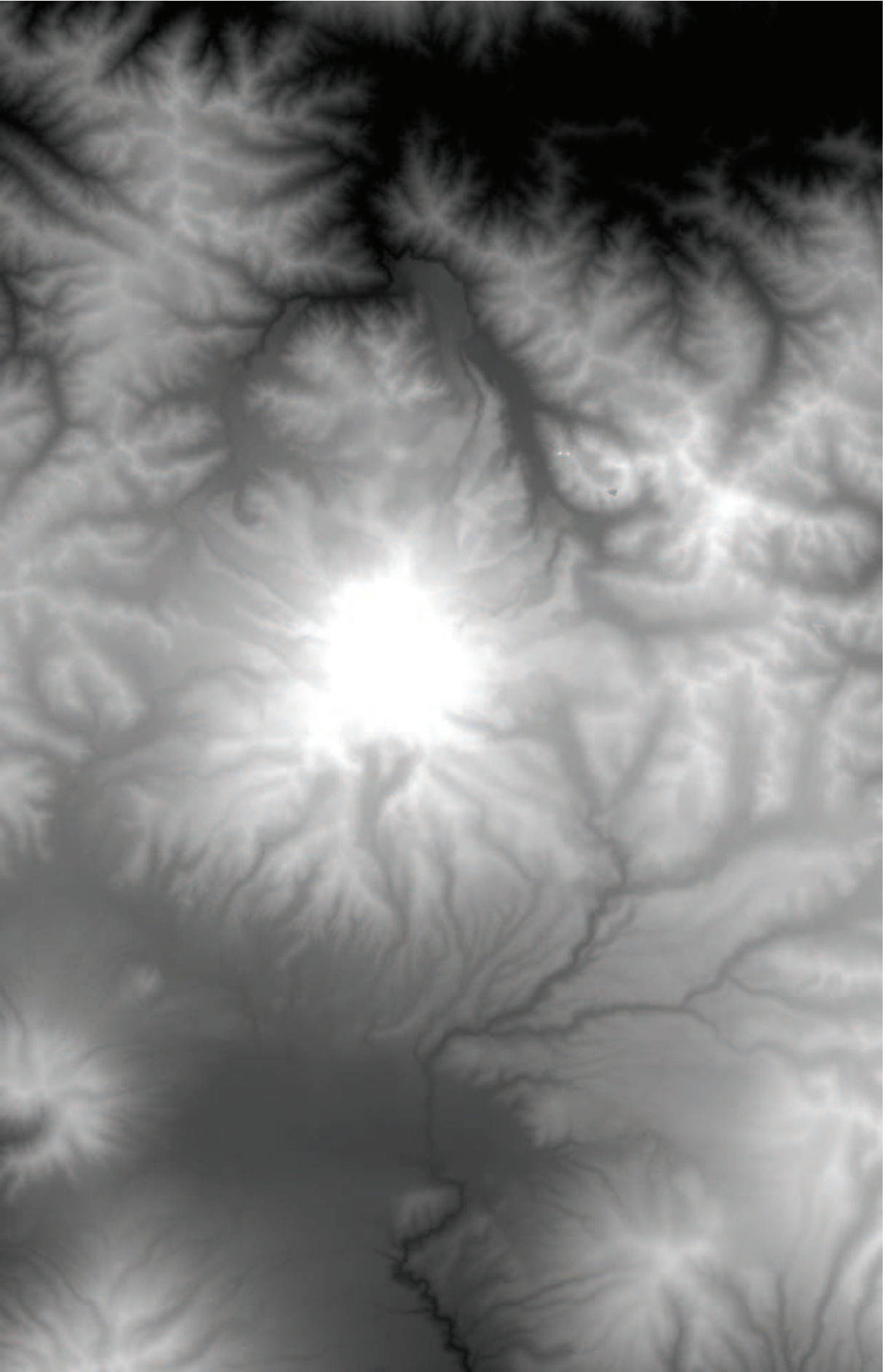
The image ID = 3

Point ID	Vx	Vy
14	0.2699	0.2949
15	0.0125	-0.3270
128	-0.0790	-0.0319

RMSE of 3 points: $mx=0.1625$,
 $my=0.2549$

ANEXO N°5

DTM



ANEXO N°6
MAPAS DE COBERTURA DEL SUELO
(ANEXOS DIGITALES)

ANEXO N°7
INFORME TÉCNICO DE LA SALIDA DE CAMPO

INFORME DEL TRABAJO DE CAMPO REALIZADO EN EL NEVADO CAYAMBE

ANTECEDENTES

Para poder realizar este estudio lo que se requiere en primer lugar es un reconocimiento del área en el que se llevará a cabo, por ello el día 13 de Julio de 2013 se realizó una visita de campo a la población y al nevado Cayambe. Asimismo se realizó una visita de campo a la zona correspondiente al refugio en día 23 de agosto de 2013, con el fin de tomar algunos puntos GPS que servirían para validar posteriormente la información obtenida y discriminar las ocupaciones de suelo con las que se trabajaría.

OBJETIVOS

- Realizar el reconocimiento del área en la que se va a trabajar.
- Conversar con la gente de la zona acerca de los cambios ocurridos a nivel de la cobertura glaciar del nevado Cayambe.
- Toma de puntos GPS para validación de información y discriminación de la cobertura de suelo presente en la zona.

DESARROLLO DE LA VISITA DEL 15 DE JULIO DE 2013

A las 7:15 am del día viernes 15 de Julio del 2013, partimos de la Escuela Politécnica Nacional con destino al poblado y al nevado Cayambe. El grupo de trabajo fue conformado por el Doctor Remigio Galárraga, el Doctor David Serrano Giné y los tesisistas de pregrado Cornelia Brito, Elvia Gallegos y Ricardo Valencia con diferentes intereses en la misma zona.

Arribamos a la localidad a las 9:00 am, en primer lugar ubicamos la cuenca del río Blanco y seguimos el camino ubicado en uno de los lados del río, para observar las características de la cuenca y conversar con las personas de la zona,

para obtener datos y fuentes de información que serían de ayuda posteriormente para el estudio que se realizaría en lo que respecta a la hidrología del lugar.

Luego de conversar con el señor Manuel Ulcuango, para obtener información sobre la cuenca del río Blanco, fuimos hacia la laguna de San Marcos, lugar al cual no pudimos acceder debido a que se estaban realizando trabajos en la vía. Ante la imposibilidad de acceder a la laguna, nos dirigimos hacia el área de medio ambiente del municipio de Cayambe y a la biblioteca del cantón para recabar información bibliográfica.

Después del almuerzo fuimos hacia el refugio del nevado Cayambe, una vez llegamos a la planicie con nieve del Nevado, procedimos a regresar a Quito, llegando a la Escuela Politécnica Nacional a las 6:20 pm.

FIGURA 7.1

POBLADO Y NEVADO CAYAMBE



FIGURA 7.2**ZONA BAJA DEL REFUGIO ALCANZADA POR LA NIEVE****FIGURA 7.3****EQUIPO DE TRABAJO LLEGANDO A LA PLANICIE**

DESARROLLO DE LA VISITA DE CAMPO DEL DÍA 23 DE AGOSTO DE 2013

Con el fin de realizar la toma de algunos puntos GPS para validación de información posterior y la ascensión hacia la cumbre del nevado Cayambe para observar hasta donde llega la cobertura nivo-glaciar del mismo se realizó una segunda visita el día 23 de agosto de 2013, partiendo a las 7:15 de la Escuela Politécnica Nacional con destino a Cayambe.

Llegamos a Cayambe a las 9:00, nos dirigimos hacia el refugio con el fin de realizar una ascensión al Nevado hasta donde fuera posible. Llegamos hasta una altura de 5680 m.s.n.m. y pudimos discriminar la ocupación de nieve en esta zona y la variación climatológica existente en el Nevado, pues se pudo distinguir que la zona oriental se mantenía siempre más nublada que la zona occidental. Nos mantuvimos ahí hasta las 16:00 y luego de 15 minutos procedimos a bajar.

A las 16:15 pm se empezó el descenso, puesto que la zona se empezaba a tornar nublada, lo cual no era seguro para continuar con la ascensión y se dificultaría el descenso. Retornamos a almorzar en el poblado y finalmente volvimos a la capital, arribando a las 21:00.

FIGURA 7.4

REFUGIO DEL NEVADO CAYAMBE



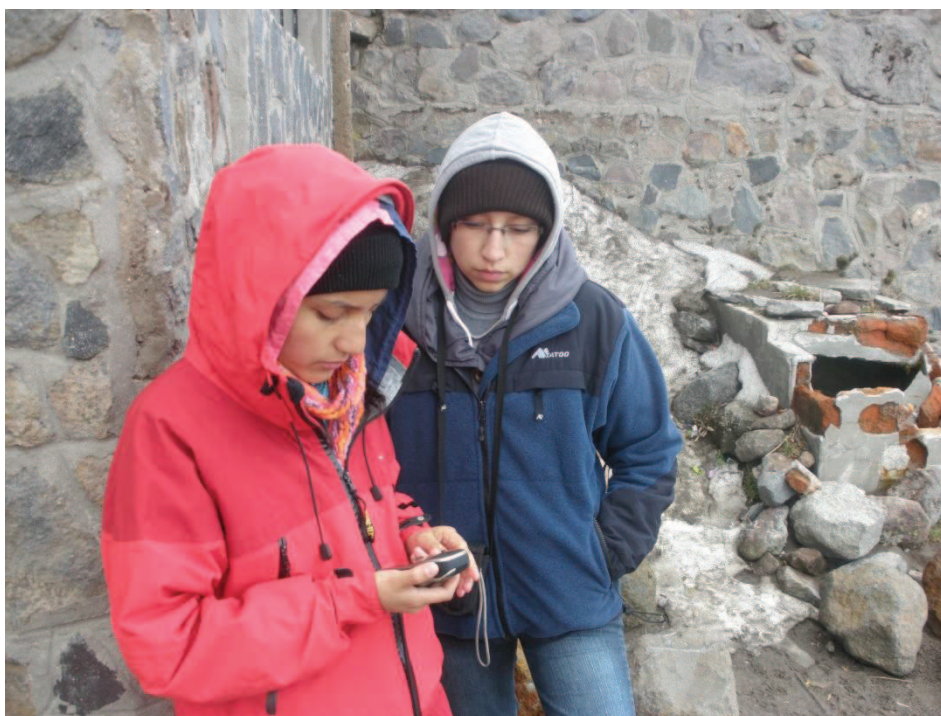
FIGURA 7.5**INICIO DEL ASCENSO AL NEVADO CAYAMBE****FIGURA 7.6****TOMA DE PUNTOS GPS**

FIGURA 7.7
TOMA DE NOTAS SOBRE EL ÁREA



FIGURA 7.8
VEGETACIÓN ENCONTRADA



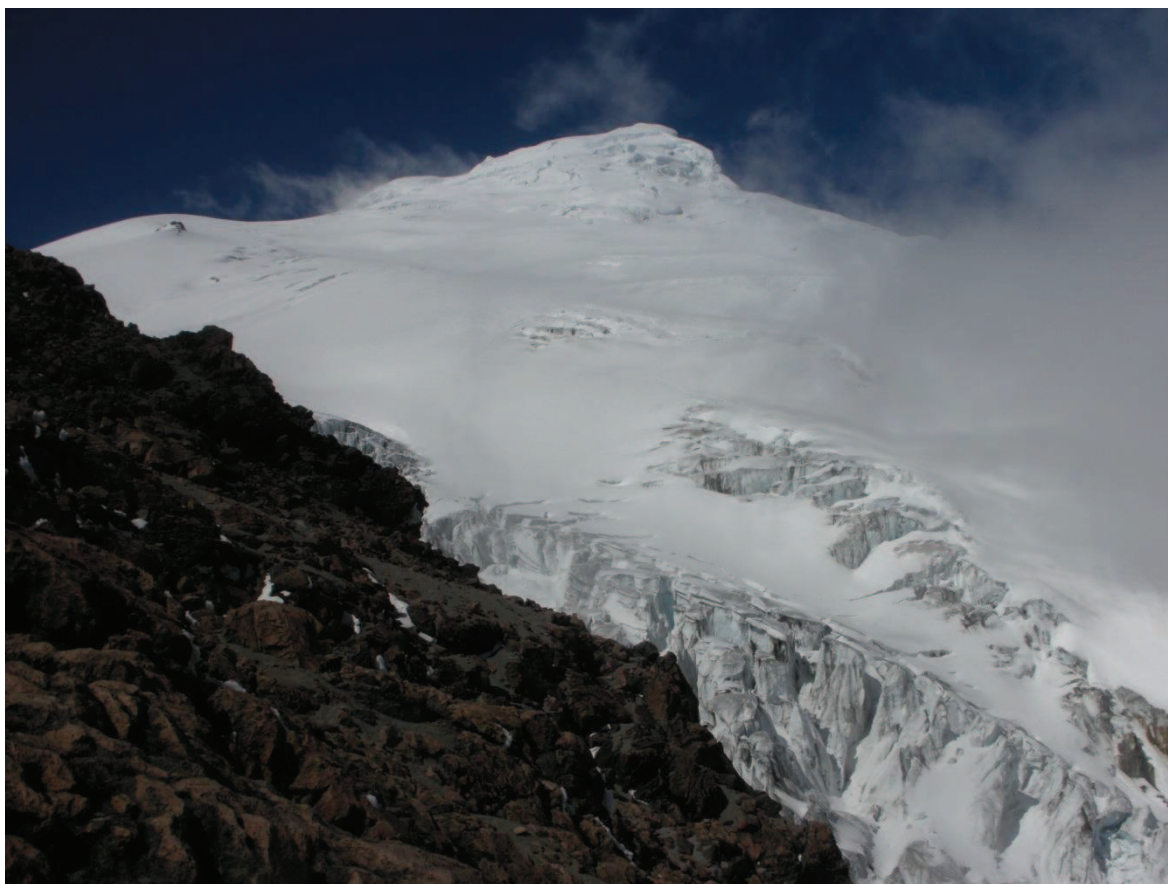
FIGURA 7.9
NEVIZA



FIGURA 7.10
MORRENA



FIGURA 7.11
NEVADO CAYAMBE



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Para hacer más fácil el desarrollo del trabajo es importante tener experiencia en fotointerpretación y así mismo conocimientos generales sobre el tipo de zona estudiada.
- La cobertura nivo-glaciár observada en el campo ha variado grandemente con respecto a las observadas en las fotografías aéreas.
- En el caso de este estudio se usó un navegador para la toma de puntos, pero se recomienda el uso de un GPS de alta precisión para tener una mayor confiabilidad en los puntos que se han tomado.
- Se recomienda para trabajos de este tipo que se lleve a cabo al menos una investigación de campo, que permita distinguir las coberturas básicas que se van a estudiar.