



CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN DE TESIS

Alejandro Paco Condori

Yo.....

autor/a de la tesis titulada:

ORTORECTIFICACIÓN DE FOTOGRAFÍAS AÉREAS ANALÓGICAS PARA ESTUDIOS Y CONSTRUCCIÓN DE OBRAS CIVILES EN EL MUNICIPIO DE PADILLA DEPARTAMENTO DE CHUQUISACA

mediante el presente documento, declaro que la obra mencionada es de mi exclusiva autoría y producción. Esta tesis ha sido elaborada como uno de los requisitos previos para la obtención del título de: “Magíster en Teledetección y Sistemas de Información Geográfica” en la Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Central Sucre.

Cesión de Derechos:

- Derechos Cedidos:** A partir de la fecha de la defensa de grado, cedo a la Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Central Sucre, los derechos exclusivos de reproducción, comunicación pública, distribución y divulgación de la obra. La Universidad está autorizada a utilizar esta obra por cualquier medio, actualmente conocido o que se desarrolle en el futuro, siempre y cuando dicha utilización no se realice con fines de lucro. Esta cesión incluye la reproducción total o parcial en formatos virtual, electrónico, digital, u óptico, así como su uso en red local e Internet.
- Responsabilidades del Autor:** Declaro que, en caso de presentarse cualquier reclamación o demanda por parte de terceros respecto de los derechos de autor de la obra mencionada, asumiré toda la responsabilidad legal frente a dichos terceros y frente a la Universidad, incluyendo, sin limitación, la defensa de tales reclamaciones y el mantenimiento de la Universidad indemne frente a las mismas.
- Entrega de Ejemplares:** En esta fecha, entrego a la biblioteca de la Universidad un ejemplar de la obra y sus anexos, en formatos impreso y digital o electrónico.

Fecha.....

Firma:.....



**UNIVERSIDAD ANDINA SIMÓN BOLÍVAR
SEDE CENTRAL
Sucre – Bolivia**

**MAESTRÍA EN TELEDETECCIÓN Y SISTEMAS DE INFORMACIÓN
GEOGRÁFICA**

**ORTORECTIFICACIÓN DE FOTOGRAFÍAS AÉREAS ANALÓGICAS
PARA ESTUDIOS Y CONSTRUCCIÓN DE OBRAS CIVILES EN EL
MUNICIPIO DE PADILLA DEPARTAMENTO DE CHUQUISACA**

**Tesis presentada para optar al Grado
Académico de Magíster en Teledetección y
Sistemas de Información Geográfica**

MAESTRANTE: ALEJANDRO PACO CONDORI

Sucre – Bolivia

2025



UNIVERSIDAD ANDINA SIMÓN BOLÍVAR
SEDE CENTRAL
Sucre – Bolivia

**MAESTRÍA EN TELEDETECCIÓN Y SISTEMAS DE INFORMACIÓN
GEOGRÁFICA**

**ORTORECTIFICACIÓN DE FOTOGRAFÍAS AÉREAS ANALÓGICAS
PARA ESTUDIOS Y CONSTRUCCIÓN DE OBRAS CIVILES EN EL
MUNICIPIO DE PADILLA DEPARTAMENTO DE CHUQUISACA**

Tesis presentada para optar al Grado
Académico de Magíster en Teledetección y
Sistemas de Información Geográfica

MAESTRANTE: ALEJANDRO PACO CONDORI
TUTORA: ADELAIDA EVELIN ESCALANTE ALVAREZ

Sucre – Bolivia

2025

DEDICATORIA

A **Dios**, por ser mi guía, mi fortaleza y mi refugio en cada paso de este camino. Gracias por iluminar mi mente, mi llenar mi corazón de perseverancia y darme la sabiduría para alcanzar este logro. Sin Tu presencia, nada de esto fue posible.

A mis padres, por su amor incondicional, su apoyo constante y su ejemplo de perseverancia. Sin guía y motivación, este logro no fue posible.

A mis profesores y mentores, por compartir su conocimiento, inspirarme a superar mis límites y guiarme en este camino de crecimiento académico y personal.

A Todos los que creen en el poder de la educación para transformar vidas y construir un futuro mejor. Esta tesis es un tributo a la dedicación, el esfuerzo y la pasión por el conocimiento.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, deseo expresar mi más profundo agradecimiento a la Universidad Andina Simón Bolívar Por haberme brindado la oportunidad de formar parte de su comunidad académica y ofrecerme un espacio de excelencia, reflexión y crecimiento intelectual. Esta institución, con su compromiso con la integración latinoamericana, la justicia social y el pensamiento crítico, ha sido fundamental en mi formación como profesional y como persona.

De manera especial, quiero reconocer al Área de Desarrollo Sostenible Por su invaluable apoyo, guía y dedicación durante todo mi proceso de formación en esta maestría. Su enfoque interdisciplinario, su compromiso con la sostenibilidad y su visión integral de los desafíos globales y locales han sido una fuente constante de inspiración y aprendizaje. Apreciar a sus docentes, investigadores y personal administrativo por compartir sus conocimientos, experiencias y perspectivas, los que han sido parte de la visión del mundo.

A mis profesores y tutor, con su paciencia, sabiduría y dedicación me orientaron en cada etapa de este proceso, que les expreso mi más sincero reconocimiento. De sus enseñanzas que han sido fundamentales para la culminación de este trabajo.

Finalmente, mi gratitud a todos los miembros de la Comunidad Andina que, de manera directa o indirecta, han contribuido a la realización de esta tesis. Este logro es el resultado de un esfuerzo colectivo, de la Universidad Andina Simón Bolívar como el Área de Desarrollo Sostenible que han sido pilares esenciales en este camino.

RESUMEN

Esta tesis aborda el problema de la **ortorrectificación de fotografías aéreas analógicas** para su aplicación en estudios y construcción de obras civiles. Las fotografías aéreas analógicas, presentan distorsiones geométricas que limitan su uso en diferentes proyectos. El objetivo principal es desarrollar una metodología para corregir estas distorsiones mediante técnicas de ortorrectificación. Se presenta el contexto del problema, destacando la importancia de las fotografías aéreas analógicas y sus limitaciones debido a la falta de corrección geométrica. Se justifica la investigación al señalar que la ortorrectificación permitirá aprovechar estos archivos históricos en proyectos actuales, reduciendo costos y tiempo.

Se explican los fundamentos teóricos de la fotogrametría, incluyendo tipos de fotografías, correcciones geométricas y sistemas de coordenadas. Se detallan los procedimientos metodológicos para la ortorrectificación, como la adquisición de datos, el uso de escáneres fotogramétricos y la importancia de los puntos de control terrestre. También se describen las propiedades de los ortofotos digitales y el software, herramienta clave para el procesamiento de imágenes. Se define la metodología para la ortorrectificación de fotografías aéreas, comenzando con la elección de la zona de estudio y la recopilación de materiales, como equipos geodésicos y fotografías aéreas. Se detalla el proceso de ortorrectificación utilizando LPS Photogrammetry, que incluye la transformación de formatos, la orientación interna y externa, la aerotriangulación y la generación de ortofotos. Se enfatiza la importancia de los puntos de control terrestre y la precisión en cada etapa del proceso. Se presentan los resultados de la ortorrectificación, analizando la precisión geométrica de las imágenes corregidas. Se discute el impacto del modelo digital de elevación (DEM) y la calidad de los puntos de control terrestre en los resultados. También se evalúan los costos las ventajas y desventajas del proceso. Se concluye que la ortorrectificación es una solución efectiva para corregir las distorsiones geométricas de las fotografías aéreas analógicas, permitiendo su uso en estudios y construcción de obras civiles. Se recomienda optimizar la distribución de los puntos de control para mejorar aún más la precisión y eficiencia del proceso.

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN	iii
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Justificación.....	3
1.3 Planteamiento del problema	6
1.3.1 Situación Problemática	6
1.3.2 Formulación del Problema.....	7
1.4 Delimitación.....	7
1.4.1 Objeto de Estudio	7
1.4.2 Campo de Acción.....	7
1.5 Objetivos	7
1.5.1 Objetivo General	7
1.5.2 Objetivos Específicos	7
1.6 Hipótesis	8
1.7 metodologías de investigación	8
1.7.1 Método de Análisis y Síntesis.....	8
1.7.2 Inducción deducción	8
1.7.3 Material y Equipo Utilizado	9
1.7.4 Estructura de la Tesis	10
1.7.5 Ventajas y Desventajas	11
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	13
2.1 Fundamentos teóricos, leyes y principios de las fotografías aéreas.....	13
2.1.1 Tipos de fotografías	15
2.1.2 Por qué usar Fotogrametría	16
2.1.3 Fotogrametría - Correcciones Geométricas Convencionales.....	16
2.2 Procedimientos metodológicos sobre ortorectificación de fotografías aéreas.....	17
2.2.1 Adquisición de Datos e Imágenes Digitales.....	19

2.2.2	Escáneres Fotogramétricos.....	20
2.2.2.1	Resoluciones de Escaneo.....	21
2.2.3	Sistema de Coordenadas.....	22
2.2.3.1	Sistema de coordenadas de píxel.....	22
2.2.3.2	Sistema de Coordenadas de Imagen.....	23
2.2.3.3	Sistema de Coordenadas Espaciales de la Imagen.....	23
2.2.3.4	Sistema de Coordenadas del Terreno.....	24
2.2.3.5	Sistema de Coordenadas Geocéntricas y Topocéntricas.....	24
2.3	Orientaciones fotogramétricas.....	25
2.3.1	Orientación Interna.....	25
2.3.1.1	Punto Principal y Distancia Focal.....	25
2.3.1.2	Marcas Fiduciales.....	26
2.3.1.3	Distorsión de Lente.....	27
2.3.2	Orientación Externa.....	28
2.3.2.1	La Ecuación de la Colinealidad.....	30
2.4	Soluciones fotogramétricas.....	32
2.4.1	Resección Espacial.....	33
2.4.2	Intersección Espacial Sucesiva.....	33
2.5	Ajuste de haces en bloque.....	34
2.5.1	Obtención de las Ecuaciones de Colinealidad.....	37
2.6	Puntos de control.....	38
2.6.1	Requerimiento de los Puntos de Control.....	39
2.7	Procesamiento de imágenes.....	40
2.7.1	Procesamiento de Fajas Múltiples de Imágenes.....	40
2.7.2	Puntos de Amarre o de Paso.....	41
2.7.3	Colección Automática de los Puntos de Amarre.....	42
2.8	Propiedades de las ortofotos digitales.....	43
2.9	Software Erdas Imagine 2015.....	44

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA PARA LA ORTORECTIFICACIÓN DE FOTOGRAFÍAS AÉREAS	46
3.1 Problemática a resolver	46
3.1.1 Elección de la Zona de Actuación	46
3.1.2 Ubicación Geográfica	47
3.2 Materiales.....	49
3.2.1 Equipos Geodésicos	49
3.2.2 Fotografías Aéreas	49
3.3 Metodología	50
3.3.1 Planteamiento General	51
3.3.2 Ortorrectificación con LPS Photogrammetry	51
3.4 Proceso de Ortorrectificación de fotografías Aéreas	52
3.4.1 Transformación de Formato TIFF a IMG.....	52
3.4.2 Creación del proyecto.....	54
3.4.2.1 Adicionar imágenes	56
3.4.3 Orientación Interna	57
3.4.4 Orientación Externa.....	60
3.4.5 Puntos de control terrestre	62
3.4.6 Aerotriangulación	65
3.4.6.1 Generación Automática de los Puntos de Amarre.....	66
3.4.6.2 Puntos de Amarre o de Paso	68
3.4.7 Ortorrectificación	73
3.4.7.1 Validación de Resultados	74
3.4.7.2 Tabla comparativa de los resultados.....	81
CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS DE LA ORTORECTIFICACIÓN	82
4.1 Análisis y comparación de precisión	82
4.1.1 Precisión Geométrica de las Imágenes Ortorrectificadas.....	82

4.1.2	Impacto del Modelo Digital de Terreno (MDT).....	83
4.1.3	Calidad y Distribución de los Puntos de Control Terrestre.....	83
4.1.4	Comparación de Precisión en Ortorrectificación.....	84
4.2	Discusión de resultados.....	89
4.2.1	Precisión Geométrica de las Imágenes Ortorrectificadas.....	89
4.2.2	Impacto del Modelo Digital de Terreno (MDT).....	90
4.2.3	Calidad y Distribución de los Puntos de Control Terrestre (GCP).....	90
4.2.4	Análisis de precios y/o costos	91
4.2.5	Ventajas y Desventajas	91
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		93
5.1	Conclusiones.....	93
5.2	Recomendaciones	94
BIBLIOGRAFÍA		95
ANEXOS		97

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tabla comparativa de resolución del Escaneo en PDI y Micrones de las fotografías aéreas	21
Tabla 2. Comparativa de resultados en distancias en fotografías aéreas crudas y ortorrectificadas	81
Tabla 3. Coordenadas de comparación de precisión entre puntos medidos en campo y el mismo punto identificado en gabinete.....	84
Tabla 4. Costos del trabajo realizado en campo y gabinete.....	91

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Índice de fotografías del vuelo fotogramétrico.....	10
Figura 2. Estero plotter analógico.....	14
Figura 3. (Interface de LPS Photogrammetry)	15
Figura 4. Líneas de vuelo	19
Figura 5. Exposición de fajas con sobreposición longitudinal y lateral	20
Figura 6. Origen de sistema de coordenadas de pixel y de imagen	23
Figura 7. Sistema de coordenadas espaciales de la imagen	24
Figura 8. Orientación interna expresado en grafico.....	25
Figura 9. Distorsión de lente demostrado en grafico	27
Figura 10. Elementos de orientación exterior representado en grafico.....	29
Figura 11. Intersección espacial sucesiva representado en grafico.....	34
Figura 12. Puntos de control terrestre y de amarre representado en gráfico	36
Figura 13. Puntos de amarre o de paso representado en el software	36
Figura 14. Configuración de puntos de control representado en gráfico	40
Figura 15. Configuración de puntos de control para ajuste en bloque de imágenes.....	41
Figura 16. Puntos de amarre para una sola imagen.....	42
Figura 17. Puntos de amarre o de paso para un bloque de imágenes.....	42
Figura 18. Croquis de ubicación del municipio de Padilla del departamento de Chuquisaca	48
Figura 19. (Fotografía aérea, Sector del pueblo de Padilla y la Comunidad de San Julián Alto)	50
Figura 20. Fotografías aéreas con sobreposición de 60 y 30%	52
Figura 21. Transformación de un formato a otro	53
Figura 22. Proceso de transformación ejecutando	54
Figura 23. creación del proyecto en blanco	55
Figura 24. Selección de cámara para el proyecto	55
Figura 25. Asignación de parámetros para el ángulo de rotación.....	56
Figura 26. Asignación de datos de calibración de la cámara	56
Figura 27. Adicionando fotografías aéreas por faja en el proyecto	57
Figura 28. Inicio del proceso de orientación interna	58
Figura 29. Parámetros de orientación interna del proyecto.....	59
Figura 30. proceso de calculo del error medio cuadrático.....	60
Figura 31. Identificación del punto principal o de origen	61
Figura 32. Parámetros de la orientación externa.....	62
Figura 33. puntos de control terrestre obtenidas en campo	63
Figura 34. Proceso de identificación de puntos de control terrestre	64

Figura 35. Identificación de puntos de control terrestre.....	64
Figura 36. Puntos de control insertos en fotografías aéreas.....	65
Figura 37. Puntos de control terrestre para aerotriangulación en bloque.....	66
Figura 38. Generación automática de puntos de paso.....	67
Figura 39. Generación automática de puntos de paso o de amarre.....	68
Figura 40. Resultado de la generación automática de puntos de amarre o de paso.....	69
Figura 41. Proceso de aerotriangulación en bloque.....	70
Figura 42. Resultado del proceso de aerotriangulación en bloque.....	70
Figura 43. Reporte del proceso de aerotriangulación.....	71
Figura 44. Error Standard y la máxima iteración.....	72
Figura 45. Nuevos parámetros de orientación externa.....	72
Figura 46. Proceso de ortorrectificación paso uno.....	73
Figura 47. Proceso de ortorrectificación paso dos.....	74
Figura 48. proceso de ortorrectificación paso tres.....	74
Figura 49. Fotografía aérea cruda sin ortorrectificar del sector de Padilla Comunidad San Julián Alto y Bajo).....	75
Figura 50. Foto Aérea Ororrectificada del sector de Padilla Comunidad San Julián Alto y Bajo.....	76
Figura 51. Fotografía aérea 2706 Ororrectificada más los puntos de control sector San Julián Alto y Bajo.....	77
Figura 52. Fotografía aérea 2706 cruda sin ortorrectificar con puntos de control sector San Julián Alto y Bajo.....	78
Figura 53. Fotografía aérea 2710 Ororrectificada más los puntos de control San Julián Alto, con distancias.....	79
Figura 54. Foto Aérea 2710 cruda sin ortorrectificar con puntos de control, sector Pueblo de Padilla y San Julián Alto con distancias.....	80
Figura 55. Fotografía aérea 2706 Ororrectificada del sector San Julián Alto y Bajo.....	86
Figura 56. Fotografía aérea 2710 Ororrectificada más los puntos de control sector San Julián Alto y Bajo.....	87
Figura 57. Ortomosaico de todo el Municipio de Padilla Chuquisaca.....	88
Figura 58. Ortomosaico con puntos de control de todo el municipio.....	89

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

El francés Louis-Jacques-Mandé Daguerre adquirió los daguerrotipos en 1839, que son las fotográficas más antiguas que se conocen. En una exposición ante la Cámara de Diputados en París el año siguiente, un geodesta francés llamado Arango recomendó que los topógrafos usaran fotografías; de igual forma, Cuando el geodesta, físico y astrónomo francés Dominique François Jean Aragón anunció la creación de la fotografía el 7 de enero de 1839, inmediatamente consideró utilizar la tecnología para estudios topográficos.

A partir del año 1850, la fotogrametría ha seguido periodos de desarrollo que se pueden agrupar en los siguientes periodos:

Fotogrametría Gráfica (1850 a 1900) (Albertz & Wiedemann, 1996).

Fotogrametría Analógica (1900 a 1960).

Fotogrametría Analítica (1960 hasta la actualidad) y

Fotogrametría Digital (1990 hasta la actualidad).

En el primer periodo, La primera aplicación exitosa de la medición a través de imágenes la anuncia Aimé Laussedat, considerado el inventor de la fotogrametría. También desarrolla la primera herramienta para levantamientos fotogramétricos y la primera técnica de restauración. Iconometría fue el nombre utilizado para describir todos estos procedimientos. Albecht Meydenbauer, un arquitecto alemán, comenzó a utilizar la fotogrametría para fotografiar edificios en 1858. En 1885, fundó el primer instituto fotogramétrico. En 1862, Antonio Terrero publicó un artículo en el que desarrollaba el principio de los planes nucleares, uno de los teoremas clave de los fundamentos matemáticos de la fotogrametría. Torres Quevedo realizó en 1886 el primer estudio fotogramétrico del barranco de Vista Hermosa, en Madrid, a escala 1:1.000, utilizando un fotogramómetro que él mismo había inventado. El primer estudio teórico en español sobre fotogrametría se publicó en 1899.

En el segundo periodo, Bullrich se destaca por haber construido el estereocomparador en 1901, que marcó el inicio de una nueva era en la Fotogrametría: Fototopografía teórica y práctica fue el título de la primera tesis doctoral de José María Torroja, que finalizó en 1907. El teniente austriaco Hulb Von Orel creó el primer estereoautógrafo, un dispositivo de restitución automatizado, y el primer estereocomparador, que ayudó a la fotogrametría terrestre a alcanzar su pináculo en 1909. El fototaquímetro de Torroja fue construido en el Instituto Geográfico Español en 1913. El Instituto Geográfico El Instituto compró un Zeiss Multiplex y comenzó a utilizar la fotogrametría aérea en 1930. En

1932, el Catastro español utilizó por primera vez la fotogrametría. Earl Church (1890-1956) hizo contribuciones a la teoría de la fotogrametría analítica en Norteamérica. Church fue miembro fundador de la Sociedad Estadounidense de Fotogrametría (ASPAS) y profesor en la Universidad de Syracuse.

El tercer período, La introducción del cálculo electrónico marcó un avance significativo en el progreso de la fotogrametría. Hellmut Schmid empleó notaciones matriciales, soluciones de mínimos cuadrados y una investigación exhaustiva de la propagación de errores para desarrollar los fundamentos de la fotogrametría analítica contemporánea en 1953. Uki Helava creó el estereoplotter analítico en 1957. En 1966, se utilizó el enfoque de Brucklacher para la corrección de banda analógica para introducir la fotogrametría analítica en España.

Cuarto período, En esta época se inició la fotogrametría digital, extremadamente difícil de encontrar. Desde un punto de vista conceptual, Rosenberg había discutido previamente la automatización electrónica de la elaboración de mapas en 1955. Sharp definió la "Compilación automática de mapas digitales" en 1965. Esta tecnología utiliza imágenes digitales para crear mapas automáticamente. Sin embargo, hasta 1988, el Congreso de la Sociedad Internacional de Fotogrametría y Teledetección (ISPRS) en Kioto presentó la primera estación estereofotogramétrica digital comercial, KERN DSP1. Desde la década de 1990, la fotogrametría digital ha avanzado al mismo ritmo y a la par que la tecnología informática.

Actualmente, la fotogrametría digital se utiliza en todos los aspectos de la cartografía, incluidos los vehículos aéreos no tripulados (UAV), los sistemas de información geográfica (SIG) y los sistemas de diseño asistido por computadora (CAD). Estas tecnologías son sin duda el presente y futuro de la fotogrametría. Como herramientas de extracción de datos semiautomáticas o automáticas para la producción cartográfica, las estaciones fotogramétricas digitales ofrecen varias ventajas sobre los restauradores analógicos o analíticos tradicionales. Estas ventajas incluyen la capacidad de crear mosaicos, ortoimágenes, modelos digitales de elevación (DEM) y aerotriangulaciones.

La extracción automática de componentes y entidades cartográficas (como edificios y carreteras) y la optimización del proceso de triangulación aérea mediante la integración de puntos de control adquiridos con GPS geodésico (Sistema de Posicionamiento Global) son las principales tendencias de investigación.

Sin embargo, el mercado ofrece una amplia gama de software de fotogrametría digital, desde los más especializados hasta herramientas de procesamiento de imágenes que incluyen un módulo para producir ortoimágenes con distintos grados de restricción. Además

de discutir los procedimientos fotogramétricos y sus aplicaciones en los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y la cartografía, Bohnenstiehl (2001) investiga la precisión de las ortoimágenes producidas por la fotogrametría digital.

Para utilizar fotografías aéreas como si fueran planas, es necesario eliminar las deformaciones pasando de una proyección central a una ortogonal (Fernández, 2000), utilizando la técnica de la ortoproyección y creando lo que se conoce como ortofotografía. En este material se pueden realizar mediciones directas de superficies, ángulos y distancias de la misma manera que en un plano.

Por tanto, la ortofotografía se describiría como el resultado de la fotografía aérea que, conservando toda su información, mantiene una escala constante en toda su longitud.

1.2 Justificación

Las fotografías aéreas son cruciales para la recopilación y visualización de datos en los Sistemas de Información Geográfica, así como para la creación general de mapas. Para empezar, contribuyen a un fuerte efecto visual. Además, sirve como base para la recopilación de datos espaciales, que es su función secundaria y posiblemente la más importante. Ejemplos de esto incluyen datos topográficos y del terreno, edificios como carreteras, canales y presas, flora y cobertura del suelo, masas de agua y características físicas de una región.

Los datos de la fotografía aérea deben prepararse para eliminar la distorsión visual causada por cambios espaciales antes de que puedan recopilarse de una manera que sea útil para un sistema cartográfico o de información geográfica. en el proceso de recogida de información e intrínseca al movimiento del sensor (aleteo, cabeceo, fluctuaciones de altura y velocidad, etc.); y por la exigencia de adaptar los datos espaciales a un sistema de referencia particular (sistema geodésico, proyección cartográfica, etc.).

Sin este procedimiento, conocido como ortorrectificación, no se podrían realizar tareas como tomar medidas precisas y sencillas de áreas, ángulos, distancias y posiciones. Cuando se ortorrectifica una fotografía aérea, se crea un archivo digital en el que cada píxel representa la posición real en el terreno. En una ortofoto u ortoimagen, las distorsiones geométricas relacionadas con la topografía y el sensor se han eliminado con cierto grado de precisión. La perspectiva central de las fotografías aéreas se cambia a una ortogonal al terreno, con una escala constante independientemente de la altitud, lo que permite mediciones precisas de dirección y distancia. Para lograr esto, se realizan los siguientes ajustes.

Corrección Geométrica. Generalmente presentan diferentes tipos de distorsión geométrica debido a la naturaleza misma del proceso de toma de imágenes. Entre ellas, cabe considerar las que resultan de las siguientes variables. La rotación de la Tierra al tomar

fotografías, la frecuencia de escaneo del sensor o de la cámara, la curvatura de la Tierra, efectos panorámicos y cambios en la altura y velocidad de la plataforma.

Para disminuir estos efectos existen una serie de métodos cuya finalidad es corregir las distorsiones de la imagen original con objeto de que esta constituya una representación más fiable de la escena original los métodos más utilizados para la corrección geométrica de las fotografías aéreas: es la rectificación y la ortorrectificación.

El proceso de rectificación implica establecer una correlación entre las coordenadas de los píxeles de la imagen y las coordenadas reales del terreno de las cosas que representan. La correspondencia anterior se establece mediante una función de transformación de formas, que permite modificar la imagen original y crear una nueva que represente con mayor precisión el terreno y corrija los errores geométricos que hayan podido surgir durante la captura de la imagen.

Un conjunto de puntos de referencia o puntos de control se utiliza únicamente en dos dimensiones (X e Y) para el cálculo de la función de transformación que forma parte del procedimiento de rectificación. Se trata de elementos particulares que pueden ubicarse dentro de la imagen y cuyas coordenadas precisas se conocen (ya sea a partir de fotografías terrestres o de una imagen ya corregida cuya georreferencia pueda utilizarse como dato confiable). Encontrar estos puntos en la imagen que deben corregirse permite calcular la transformación de modo que, cuando se aplica a los puntos de control, las coordenadas realmente correspondan a ellos con la menor cantidad de error.

El objetivo de la **ortorrectificación** es el mismo que el de la rectificación, excepto que agrega elevación. Esta es una transformación espacial a diferencia de una transformación plana porque realiza el ajuste utilizando los valores de elevación que se correlacionan con los distintos píxeles.

Los píxeles parecen cambiar como resultado de esta elevación y, dependiendo de la situación, corregir este efecto podría ser tan importante como corregir las distorsiones del plano. La ortorrectificación elimina el tamaño y las distorsiones geométricas que provienen de fallas de la cámara, cambios topográficos y la curvatura de la Tierra en fotografías aéreas. Este procedimiento produce una imagen con el nivel de detalle de una fotografía, pero con la precisión geográfica y la escala consistente de un mapa o plano.

La ortofotografía es similar a una representación fotográfica de un mapa de esa región y tiene una escala consistente. Debido a esto, se puede utilizar para medir áreas y distancias o para superponer otras capas. Cuando las distorsiones geométricas del relieve son significativas en una imagen no rectificadas, la medición produciría valores inexactos y la superposición con capas adicionales no coincidiría completamente.

El examen del terreno en su tamaño real se facilita con fotografías aéreas ortorrectificadas. Hoy en día, la atención se centra en utilizar esta técnica para realizar tareas mucho más rápido que antes, lo que no era el caso en el pasado. Hay dos categorías principales en las que se pueden dividir los beneficios de la fotografía aérea.

El uso cualitativo se presenta en la interpretación de las características fotográficas de la vegetación, tipos de suelos, cauces de los ríos y tipos de rocas, modelos digitales de terreno, nube de puntos lo que facilita contar con conceptos bien avanzados para todos los usuarios antes de empezar sus trabajos sobre la superficie terrestre con la utilización de fotografías aéreas, ortorrectificadas, mientras tanto si utilizamos fotografías aéreas sin ortorrectificar nuestros planos producto de interpretación y digitalización estarían deformados con proyección central cónica el trabajo no sirve.

El análisis inicial de las fotografías ofrece suficientes detalles para permitir un acercamiento productivo a las visitas de campo con respecto a los objetivos de cada disciplina. Durante los levantamientos topográficos, catastrales en el terreno, la interpretación continúa permanentemente, mientras que las fotografías aéreas ortorrectificadas nos ofrecen información de todos los objetos en su verdadera dimensión ubicados en el espacio geográfico.

Se pueden utilizar mapas topográficos o fotomosaicos de las mismas fotografías corregidas para recopilar los fenómenos observados y los componentes de su interpretación. Dependiendo del nivel de precisión necesario para cada tipo de proyecto, los mosaicos deben incluir control geodésico o puntos de control terrestre de primer orden; de lo contrario, parecerán simplemente una colección de fotografías pegadas. Debido a que siempre existe una conexión entre las características de las imágenes fotográficas y su interpretación, el control geodésico es crucial para las fases iniciales de un proyecto.

Al utilizar el modelo tridimensional para estimar matemáticamente volúmenes de materiales utilizando instrumentos fotogramétricos, las disciplinas de ingeniería (como vías de comunicación, planificación rural y urbana y catastro urbano y rural) introducen el uso cuantitativo de la fotografía aérea rectificadas. Las determinaciones absolutas a menudo requieren un número específico de puntos geodésicos de campo. El uso de imágenes en geodesia de campo también ayuda a resolver problemas logísticos. Un ejemplo particular del uso de imágenes aéreas es la creación metódica de mapas topográficos y fotomosaicos a varias escalas, que requieren un levantamiento geodésico en el terreno en relación con la escala tanto para la fase cartográfica como para su restitución fotogramétrica. del producto terminado. En las fases más avanzadas del proyecto, se utilizan mapas topográficos para

recopilar datos de todas las demás disciplinas (producción sistemática de mapas catastrales, mapas de carreteras y muchas otras aplicaciones técnicas).

Se observa que el uso de fotografías aéreas rectificadas, con proyección ortogonal en el rendimiento de levantamientos de terreno, para la planeación de actividades viales, estudio de diferentes proyectos, catastro rural, catastro urbano, el cual ayuda de gran manera al control administrativo a las entidades encargadas por Ley, por lo cual aumentará mucho más en la comparación con los resultados de los métodos antiguos y tradicionales.

1.3 Planteamiento del problema

1.3.1 Situación Problemática

Las fotografías aéreas presentan distorsiones geométricas debido al relieve teniendo una proyección central utilizada en el momento de su captura, donde la parte central muestra menos distorsión, pero a medida que nos alejamos de la perspectiva del centro, las deformaciones aumentan, lo que dificulta su uso para trabajos precisos de topografía, geodesia e ingeniería. Para corregir estas distorsiones, es necesario utilizar software especializado de fotogrametría en estaciones de fotogrametría, que, debido a su alto costo, no está fácilmente disponible en su versión original para los usuarios individuales. Esta **Tesis tiene como objetivo** desarrollar un método para convertir las fotografías aéreas con proyección central a una proyección ortogonal, utilizando software liberado en simples computadoras de escritorio lo que permitirá realizar trabajos precisos sin la necesidad de costosos softwares con estaciones de fotogrametría.

Debido a la naturaleza dinámica del área y el hecho de que el ser humano está involucrado en los factores que conducen al crecimiento urbano o rural, es necesario realizar representaciones para documentar, examinar, evaluar, diagnosticar o intervenir en el área. El hombre podrá gestionar eficazmente la tierra si su entorno está representado de esta manera.

La ortofotomapa, que se deriva principalmente de vuelos aéreos tripulados y no tripulados, es una forma viable de representar la región en detalle en un formato universal. Con frecuencia, es necesario representar áreas pequeñas para tareas más pequeñas. En este caso se suministrará el territorio de un municipio para que se pueda realizar el estudio y obtener un registro completo o actualización del entorno geográfico.

Sin embargo, dado el tiempo y el gasto que implica, frecuentemente no está justificado utilizar fotografías aéreas tomadas desde aviones pilotados para crear una ortofotomapa en áreas pequeñas. Aunque el uso de aviones tripulados es bastante caro, ahora existe una alternativa viable y la actividad industrial con drones es posible gracias a la tecnología. Pero hay que evitar volverse ciegamente dependiente de los productos tecnológicos; un

profesional cualificado debe comprender el proceso e intervenir para garantizar la calidad de la ortofotomapa final respetando las características técnicas en relación a su escala mediante el uso de una metodología adecuada y reproducible.

1.3.2 Formulación del Problema

Las fotografías aéreas analógicas presentan distorsiones geométricas (causadas por la inclinación de la cámara, la topografía del terreno, la curvatura terrestre, etc.) que dificultan su uso directo para estudios y construcción de obras civiles, donde se requiere alta precisión y mediciones precisas en el Municipio de Padilla del Departamento de Chuquisaca.

1.4 Delimitación

1.4.1 Objeto de Estudio

Mejorar las fotografías aéreas con proyección central y distorsiones ocasionadas debido al relieve del terreno mediante el proceso de Ortorrectificación de Fotografías Aérea analógicas con el Método de Corrección Geométrica, para realizar estudios y construcción de obras civiles en el Municipio de Padilla del Departamento de Chuquisaca.

1.4.2 Campo de Acción

Ortorrectificación de fotografías aéreas analógicas para corregir los errores ocasionados por el relieve y la proyección del terreno para realizar estudios y construcción de obras civiles en el Municipio de Padilla del departamento de Chuquisaca.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo General

Desarrollar una metodología para la orrorrectificación de fotografías aéreas analógicas que permita su uso en estudios y construcción de obras civiles, garantizando la precisión geométrica necesaria para la planificación y ejecución de proyectos en el Municipio de Padilla del departamento de Chuquisaca.

1.5.2 Objetivos Específicos

- Analizar las distorsiones geométricas presentes en las fotografías aéreas analógicas y su impacto en la precisión de los datos que nos ofrece.
- Estudiar las técnicas de orrorrectificación disponibles y seleccionar las más adecuadas para corregir las distorsiones en fotografías analógicas.

- Desarrollar un flujo de trabajo para la ortorrectificación de fotografías aéreas analógicas, utilizando herramientas como el software LPS Photogrammetry Suite en computadoras de escritorio y no en estaciones de fotogrametría.
- Validar la precisión de las imágenes ortorrectificadas mediante comparación con datos de campo, en las fotografías aéreas crudas y ortorrectificadas con la medición de puntos de control medidos en campo.

1.6 Hipótesis

La aplicación de técnicas de ortorrectificación a fotografías aéreas analógicas permitirá corregir las distorsiones geométricas y mejorar su precisión, haciendo posible su uso confiable en estudios y construcción de obras civiles, en el Municipio de Padilla del departamento de Chuquisaca.

1.7 metodologías de investigación

1.7.1 Método de Análisis y Síntesis

Este método nos permite el análisis bibliográfico de los fundamentos de la ortorrectificación de las fotografías aéreas analógicas, con el cual determina la clasificación de los fundamentos técnicos; la comparación de las fotografías ortorrectificadas con productos que tienen la misma calidad del producto generado, de esta manera logrando la valoración de la investigación científica sobre el tema de Ortorrectificación de las fotografías aéreas analógicas con la utilización del software LPS Photogrammetry Suite, las fotografías aéreas con que se cuenta tienen una proyección central y deformaciones debido al relieve del terreno, el producto final será adecuado para realizar todo tipo de trabajo que será implementado en proyectos de estudios y construcción de obras civiles en el Municipio de Padilla del Departamento de Chuquisaca.

1.7.2 Inducción deducción

Estas teorías permitieron determinar el problema de la investigación sobre la ortorrectificación de las fotografías aéreas con la utilización del software LPS Photogrammetry Suite, este método nos permite a determinar el problema de la investigación sobre las fotografías aéreas analógicas que tenían desplazamientos y deformaciones debido al relieve y otras anomalías, posteriormente con la deducción alcanzamos a realizar o arribar a las conclusiones y recomendaciones de la presente investigación de ortorrectificación de fotografías aéreas analógicas, las cuales fueron realizados cumpliendo todas las etapas conforme a las leyes y fundamentos teóricos sobre el tema, que luego se implementará para todo tipo de trabajo de ingeniería en el proyecto indicado del Departamento de Chuquisaca.

La Ortorrectificación de las fotografías aéreas analógicas mediante la aplicación del método de corrección geométrica con la utilización del software LPS Photogrammetry Suite y una computadora de escritorio simple, con el producto se podrá realizar proyectos de estudios y construcción de obras civiles en el Municipio de Padilla del Departamento de Chuquisaca, que posteriormente será utilizado para todo tipo de trabajos en la rama de la ingeniería.

1.7.3 Material y Equipo Utilizado

Las fotografías aéreas proporcionadas por el Proyecto Piloto Chuquisaca que a la vez pertenecía al Instituto Nacional de Reforma Agraria de Chuquisaca, donde fue realizado el vuelo fotogramétrico en la gestión 2000 por el Servicio Nacional de Aerofotogrametría (SNA) a escala 1: 30.000 con una precisión conforme a las establecidas para el proyecto, a una altura de vuelo 3040 metros sobre el nivel del mar, estas fotografías aéreas fueron escaneados desde las mismas fotogramas en algunos casos de los rollos de película.

De la misma forma se utilizaron equipos GPS de doble frecuencia de la línea tremble, Sokkia y Topcom con los cuales se densificaron los puntos de control.

El índice de vuelo de las fotografías aéreas, es extraído del índice general de las zonas uno y dos del vuelo fotogramétrico que se realizó para todo el departamento de Chuquisaca en los años de 1999 a 2000 por el Servicio Nacional de Aerofotogrametría (SNA), todo el Municipio de Padilla está cubierto por seis fajas y las flechas rojas nos indican la dirección vuelo.

- Capítulo I Introducción y antecedentes, en el cual se habla sobre el proceso de evolución de la fotogrametría en sus diferentes etapas.
- Capítulo II Marco Teórico, fundamentos principios y leyes sobre ortorrectificación de las fotografías aéreas.
- Capítulo III este capítulo se refiere a la metodología para la ortorrectificación de las fotografías aéreas, el cual se centra en el proceso de ortorrectificación con la ayuda del software LPS Photogrammetry Suite para él, presente proyecto dentro del Departamento de Chuquisaca.
- Capítulo IV en este capítulo se refiere a Análisis y Discusión de los Resultados.
- Capítulo V en este capítulo se refiere a Conclusiones y Recomendaciones

1.7.5 Ventajas y Desventajas

- Debido a que la instrumentación es hardware de uso general y por lo tanto, ya existe o puede obtenerse a precios mucho más bajos que los ortoproectores, el único software del sistema digital es fotogramétrico, lo que le da una ventaja económica.
- Reducir los gastos asociados con la creación de ortofotos es uno de los mayores beneficios que ofrece esta tecnología. Esto se debe a que el proceso de adquisición de ellos está en gran medida automatizado, lo que minimiza la participación del operador.
- Se observan mejoras en la calidad tanto geométrica como radiométrica. Gracias a la tecnología de rectificación digital se pueden tener en cuenta modelos matemáticos complejos del fenómeno fotogramétrico. Sin embargo, la capacidad de utilizar técnicas de procesamiento de imágenes digitales para mejorar la calidad de la imagen y crear mosaicos digitales es donde residen las mayores diferencias con la rectificación analógica realizada por los ortofotoproectores analíticos.
- Las ortofotografías digitales geocodificadas proporcionan el mismo nivel de precisión que los mapas cartográficos y topográficos. La ubicación de cada píxel en el sistema de referencia está bien definida.
- Se puede utilizar una escala de coherencia para producir otras ortofotos a escalas menores, y las ortofotografías digitales pueden adoptar varias escalas. aquellos que permiten sobreponer mapas topográficos o temáticos para crear documentos más claros y precisos.
- Son una fuente de datos particularmente útil para los usuarios de Sistemas de Información Geográfica (SIG) debido a su carácter transdisciplinario. Debido a que

proporcionan información temática especializada en formato vectorial y rasterizado, las ortofotos son una adición necesaria a cualquier aplicación SIG.

- Una de las desventajas es en la complejidad en el proceso de obtención de este producto ya que es una especialidad en esta rama de la fotogrametría, sensores remotos y teledetección.
- A una ortofotografía se le puede añadir un conjunto de líneas, símbolos, toponimia, etc. para mejorar su comprensión, o se puede utilizar como mapa sin ningún tratamiento cartográfico. Además, se pueden utilizar colores para ayudar con la interpretación.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 Fundamentos teóricos, leyes y principios de las fotografías aéreas

La fotogrametría está definida según Sociedad Americana de Fotogrametría y Teledetección (ASPRS) que es el “arte, ciencia y tecnología de obtención de información confiable sobre los objetos físicos y el medio ambiente a través del proceso de registro, medición e interpretación de imágenes fotográficas, patrones de radiancia electromagnética y otros fenómenos”. (Edward M. Mikhail, 2001 segunda Edición, 2014 cuarta edición y 2004 5ta edición)

Laussedat creó la fotogrametría en 1851 y, a lo largo de los últimos 150 años, ha seguido avanzando. La fotogrametría plaquetaria, la fotogrametría analógica, la fotogrametría analítica y, más recientemente, la fotogrametría digital, han sido etapas en la evolución de la fotogrametría (Karel Konecny, 1994).

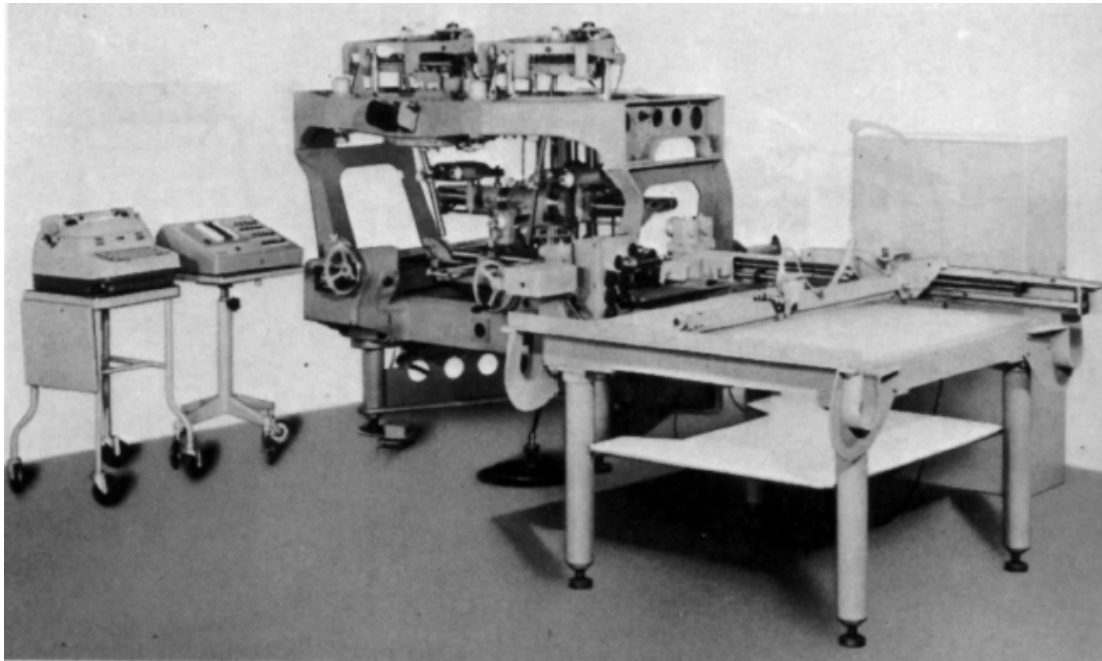
La aplicación tradicional, y la más grande, es la extracción de información topográfica (es decir, mapas topográficos y otros) de imágenes aéreas, destinados a varios usos como: La agricultura, ganadería, exploración y prospección geológica, la minería.

Conservación de suelos, clasificación de suelos, la Ingeniería Civil y otras ramas de la ciencia que usan todo tipo de mapas topográficos pertinentes. Sin embargo, las técnicas fotogramétricas también han sido aplicadas a procesar toda clase de imágenes de satélite, con el objeto de adquirir información topográfica y no topográfica de los objetos fotografiados.

Se utilizaron principios geométricos para extraer relaciones entre objetos de la fotografía de campo antes de la invención del avión. La fase de fotogrametría de plancheta fue cuando esto sucedió.

La geometría tridimensional de dos imágenes superpuestas se reconstruyó utilizando dispositivos ópticos o mecánicos en fotogrametría analógica, comenzando con la medición estereoscópica en 1901. Los mapas topográficos fueron el principal producto de esta época.

Figura 2. Estero plotter analógico



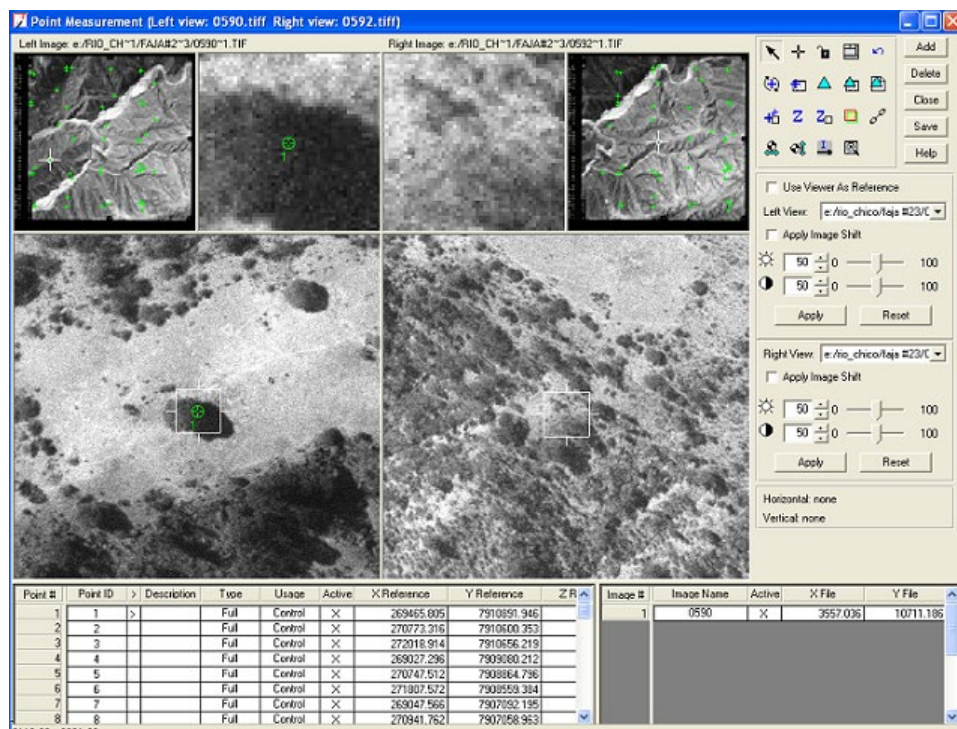
Nota: Extraído del documento del autor.

En la fotogrametría analítica, el ordenador sustituyó a ciertos componentes ópticos y mecánicos muy costosos. Los instrumentos híbridos analógicos/digitales fueron el resultado final. Los principales avances durante este tiempo fueron los proyectores de ortofotografía, los restituidores analíticos y la aerotriangulación analítica. Además de los mapas topográficos, la fotogrametría analítica puede proporcionar mapas digitales, modelos digitales de elevación (DTM) y otros resultados.

El uso de fotogrametría digital en fotografías digitales procesadas y almacenadas por computadora. Se pueden utilizar cámaras digitales o escaneos de fotografías tradicionales para crear imágenes digitales. A menudo denominada fotogrametría de copia electrónica, la fotogrametría digital permite la automatización de muchas operaciones fotogramétricas. Entre los productos digitales adquiridos se encuentran ortofotos digitales, mapas digitales y MDT capturados en medios magnéticos. Esto facilita a los usuarios almacenarlos, administrarlos y utilizarlos. A medida que la fotogrametría digital ha avanzado, los métodos fotogramétricos ahora pueden integrarse más fácilmente con los sistemas de información geográfica (SIG) y la teledetección.

Los sistemas de fotogrametría digital emplean software sofisticado como IMAGINE Ortho BASE, LPS Photogrammetry Suite para automatizar las tareas asociadas con la fotogrametría convencional y de esta manera, minimizan la interacción con la aplicación del software y con la ayuda de las Estaciones Fotogramétricas.

Figura 3. (Interface de LPS Photogrammetry)



Nota: creación propia extraído del software LPS

La fotogrametría puede ser utilizada para medir e interpretar información detallada. Algunas veces el proceso de medir información de fotografías e imágenes se considera fotogrametría métrica o submétrica porque directamente se pueden realizar las medidas. La interpretación de información de fotografías o imágenes se considera fotografía interpretativa ya se pueden realizar la fotointerpretación y fotoidentificación en las fotografías impresas y digitales, tal como identificar y diferenciar especies de árboles que están en una fotografía o imagen satelital (Wolf, 1983, pág. 43).

2.1.1 Tipos de fotografías

Los tipos de fotografías que pueden ser procesadas en IMAGINE Ortho BASE y LPS Photogrammetry Suite, incluyen áreas terrestres que son los de rango cercano y oblicuo, las fotografías de rango cercano son fotos de paisajes sitios arqueológicos que son tomadas en forma horizontal y las oblicuas son casi similares a las verticales. Las fotografías verticales (o casi verticales) se toman desde un punto de vista alto sobre la superficie terrestre. El eje de la cámara de fotografías aéreas es vertical que está dirigido hacia la superficie terrestre los cuales son obtenidas desde un avión o desde un satélite aerotransportado actualmente desde los drones.

Se utiliza una cámara en la superficie de la Tierra o cerca de ella para obtener fotografías terrestres basadas en el terreno. Las aplicaciones en los campos de la

arqueología, geomorfología, ingeniería civil, arquitectura, industria, etc., utilizan fotografías e imágenes terrestres en primer plano.

Las fotografías oblicuas son similares a las fotografías aéreas verticales excepto que el eje de la cámara está inclinado respecto a la vertical de una manera intencional. Las fotografías oblicuas son utilizadas para reconocimientos y aplicaciones de cartografía. (Pérez, 2001, pág. 56).

Las fotografías digitalizadas son la principal fuente de entrada de datos para los sistemas de fotogrametría digital. Las fotografías digitales se pueden adquirir de varias fuentes, como, por ejemplo:

- Escaneo de fotografías normales o desde los negativos de la película
- Digitalización de fotografías análogas existentes mediante un escáner
- Uso de cámaras digitales para registrar imágenes de calidad
- Uso de sensores a bordo de satélites como Landsat, SPOT y otros para registrar imágenes.

2.1.2 Por qué usar Fotogrametría

Las imágenes aéreas en bruto exhiben una distorsión geométrica significativa debido a una variedad de variables sistemáticas y no sistemáticas, como se mencionó en la sección anterior. Estos defectos se eliminan eficazmente mediante el uso de modelos fotogramétricos basados en ecuaciones de colinealidad, que producen las ortoimágenes más fiables a partir de imágenes sin procesar. Cuando se trata de tener en cuenta la geometría de la formación de imágenes, utilizar la formación entre imágenes superpuestas y, específicamente, tener en cuenta la tercera dimensión o elevación, es único.

La fotogrametría puede ofrecer de forma fiable y eficiente otra información geográfica, como objetos topográficos y mapas de líneas, además de ortoimágenes u ortofotos. Básicamente, la fotogrametría utiliza una variedad de fotografías e imágenes para generar información exacta y precisa. Una medición realizada en campo se refleja en cualquier medición realizada sobre una fotografía procesada. Las herramientas fotogramétricas para la extracción de información confiable son las utilizadas a partir de ortofotos; en lugar de viajar continuamente al campo para medir distancias, áreas, ángulos y posiciones de puntos en la superficie de la Tierra, las opciones fotogramétricas para adquirir información geográfica ahorran tiempo, dinero y mantienen precisiones muy confiables.

2.1.3 Fotogrametría - Correcciones Geométricas Convencionales.

Las técnicas convencionales de corrección geométrica tales como la transformación polinómica, están basadas en funciones generales que no son relacionadas directamente con

las fuentes de error o distorsión específica, las cuales son exitosas en el campo de las aplicaciones de teledetección y SIG, especialmente en el procesamiento de imágenes de baja resolución espacial y de limitado campo de visión tales como los datos de Landsat y de SPOT (Yang, 1997, pág. 85). Las funciones generales tienen la ventaja de su simplicidad, las cuales proporcionan un modelamiento geométrico razonable alternativo cuando se conoce poco sobre la naturaleza geométrica de los datos de imágenes.

Los métodos convencionales, por el contrario, a menudo procesan una sola imagen a la vez y no pueden ofrecer una solución integrada para numerosas fotografías de manera eficiente y simultánea. Los enfoques convencionales incluyen errores sistemáticos y no sistemáticos en las fotografías que cubren el terreno, lo que hace extremadamente difícil, si no imposible, lograr una precisión decente sin tener suficientes puntos de control para cada fotografía. Hacer mosaicos utilizando fotografías que no han sido pulidas individualmente aumenta la probabilidad de que se produzca una desalineación rota. Esta desalineación puede provocar una extracción inexacta de información geográfica de las fotografías corregidas. Además, es difícil extraer información de elevación de dos imágenes superpuestas o producir un modelo estereoscópico tridimensional utilizando una técnica tradicional. La información geométrica del avión que tomó las fotografías no se puede obtener utilizando métodos estándar.

Las técnicas fotogramétricas superan todos los problemas mencionados anteriormente usando ajuste de bloques por mínimos cuadrados, esta solución es íntegra y exacta, con la utilización del software IMAGINE Ortho BASE y LPS Photogrammetry Suite se puede procesar cientos de imágenes o fotografías con muy pocos puntos de control (PC), al mismo tiempo que elimina el problema de mala alineación asociado a la creación de mosaicos de fotografías, de manera breve en menos tiempo, menos costo y menos esfuerzo manual pero mayor confianza geográfica.

2.2 Procedimientos metodológicos sobre ortorectificación de fotografías aéreas

Las técnicas de ortorectificación de una sola imagen emplean una técnica llamada resección espacial. Cada imagen digital deberá contar con un mínimo de tres puntos de control (PC) a este respecto. Por ejemplo, si 50 fotografías aéreas requieren ortorectificación, se requieren al menos 150 (PC). Cada PC o punto de control de cada fotografía debe ser identificado y medido manualmente. Tras la medición de los puntos de control, la posición y orientación de la cámara como se ve en la imagen se determinan mediante técnicas de resección espacial. momento de la recolección de datos. La creación de ortofotos se realiza utilizando estos datos junto con un modelo digital del terreno, o MDT de creación propia, al

mismo tiempo que se tienen en cuenta los efectos perjudiciales de las imprecisiones geométricas y otros factores relacionados con errores sistemáticos.

Las técnicas de corrección de imágenes digitales no utilizan la relación interna entre fotografías adyacentes en un bloque para reducir y distribuir errores que frecuentemente están relacionados con puntos de control, mediciones de imágenes, modelos digitales del terreno e información de la cámara. Como resultado, una mala alineación entre fotografías adyacentes es bastante común durante todo el proceso de adquisición del mosaico, ya que los errores no se han minimizado ni distribuido por todo el bloque. La triangulación aérea en bloque es el proceso de establecer una relación matemática entre las fotografías incluidas en un proyecto, el modelo de cámara y el terreno. Se requiere un modelo digital del terreno (MDT) y la producción de pares estereoscópicos, y los datos obtenidos de la triangulación aérea son necesarios como insumo para los procedimientos de ortorrectificación. Al analizar imágenes aéreas, se emplean con frecuencia los términos aerotriangulación y triangulación aérea. Al analizar fotografías de satélite, la técnica se conoce como triangulación de bloques, o simplemente triangulación.

En la aerotriangulación clásica se emplean herramientas de restitución analítica y analógica, que se emplean principalmente para la adquisición de puntos de control mediante un proceso llamado extensión de puntos de control. En lugar de los métodos tradicionales de control de campo, los enfoques fotogramétricos se reconocen como la mejor manera de obtener puntos de control en áreas amplias utilizando imágenes debido al alto costo de recopilar puntos de control. El proceso de medir físicamente los puntos de control (también conocidos como puntos de paso o de enlace) que aparecen en imágenes digitales superpuestas se denomina extensión de puntos de control.

Después de la medición, se pueden utilizar métodos fotogramétricos utilizados por equipos de restitución analógicos o analíticos para calcular las coordenadas terrestres asociadas con los puntos de amarre o de paso, que luego se denominan puntos de control terrestre. La aerotriangulación clásica se ha ampliado para ofrecer más capacidades con la llegada de la fotogrametría digital. La utilización de LPS Photogrammetry Suite se emplea una técnica matemática llamada ajuste de bundle de bloques para aerotriangulación. Esta configuración de bloque ofrece tres funcionalidades fundamentales:

- Las características que resultan de determinar la posición y orientación de cada imagen tal como estaba en el momento de la exposición de la fotografía aérea se denominan parámetros de orientación exterior. Independientemente del número de fotografías digitales del proyecto, el bloque completo debe tener al menos cuatro puntos de control para poder estimar los parámetros de orientación exterior.

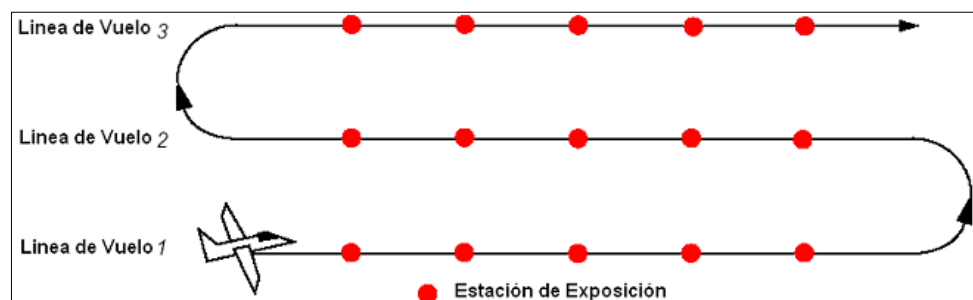
- En regiones superpuestas de varias fotografías aéreas, encuentre las coordenadas terrestres de cada punto de referencia o punto de amarre que se haya medido, ya sea de forma manual o automática. En lugar de utilizar enfoques de control terrestre, la producción de puntos de control de imágenes digitales se beneficia de la gran precisión de la determinación de la ubicación terrestre de los puntos de control. Además, si se producen muchos puntos de control, entonces se puede interpolar un modelo digital de terreno usando las herramientas de ERDAS IMAGINE 2015.
- Reduzca la cantidad de errores que ocurren en fotografías digitales, mediciones en fotografías, puntos de control y otras áreas. Utilizando técnicas estadísticas, el ajuste en bloque encuentra, distribuye y elimina fallas en los datos de un bloque completo de imágenes digitales en una solución de bloque simultáneo.

Como las fotografías aéreas son procesadas en una sola fase, se soluciona la alineación incorrecta asociada con la creación de mosaicos.

2.2.1 Adquisición de Datos e Imágenes Digitales.

Cuando se toman fotografías aéreas digitales, se exponen fotografías superpuestas a lo largo de la trayectoria de vuelo. La mayoría de las aplicaciones fotogramétricas implican el uso de fotografías superpuestas; esto permite una definición más precisa, y precisa de la geometría relacionada con la cámara, la fotografía y el terreno. Una estación de exposición es cualquier lugar en la línea de vuelo donde la cámara expone la película o toma la fotografía durante la adquisición fotográfica.

Figura 4. Líneas de vuelo



Nota: creación propia

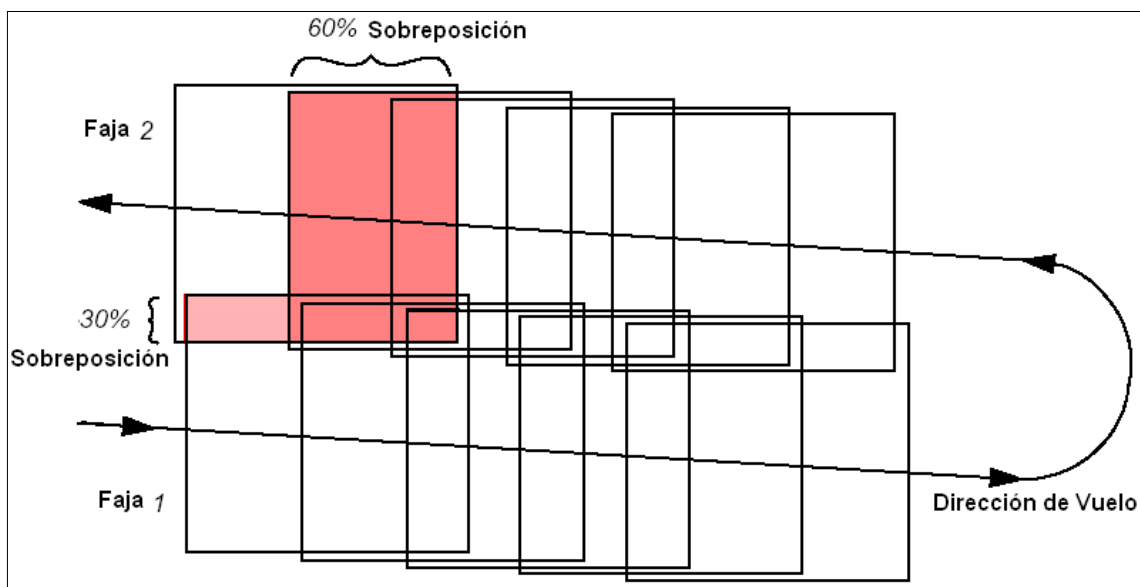
De cada fotografía mostrada existe una escala fotográfica relacionada, que representa la relación promedio entre una distancia en la imagen y la misma distancia del terreno. En relación a la elevación media del suelo, el cual se calcula dividiendo la distancia focal por la altura de vuelo. Por ejemplo, con una altura de vuelo (H) de 1000 m y una distancia focal (f) de 150 mm, la escala de la foto (E) sería y la escala resultante sería 1: 6667. Con la utilización de la siguiente fórmula.

$$E=H/f$$

Una secuencia de fotografías tomadas a lo largo de la línea de vuelo, generalmente con una superposición del 60% longitudinal, constituye una tira de fotografía aérea. Se supone que cada imagen de una franja fue capturada con una distancia focal constante entre las estaciones de exposición y aproximadamente a la misma altura de vuelo. Se supone que la cámara tiene una inclinación muy pequeña respecto a la vertical.

Se puede crear un bloque de fotografías combinando imágenes de varias líneas de vuelo. Varias franjas paralelas, a menudo con una superposición o cobertura lateral del 30%, que forman un bloque de fotografías. Todas las fotografías de bloques y puntos del terreno se convierten a un sistema de coordenadas homogéneo utilizando algoritmos de aerotriangulación de bloques. Un bloque rectangular con el mismo número de fotografías en cada tira se llama bloque de fotografías normal.

Figura 5. Exposición de fajas con superposición longitudinal y lateral



Nota: creación propia

2.2.2 Escáneres Fotogramétricos

Los escáneres fotogramétricos son dispositivos únicos que tienen una precisión posicional excepcional y la capacidad de retener fotografías de alta calidad. La precisión geométrica lograda con este tipo de escáner es comparable a la de los equipos de fotogrametría analítica y analógica convencionales. Las aplicaciones fotogramétricas digitales que requieren altos niveles de precisión requieren estos escáneres.

ebido a que la película es mejor que el papel para capturar detalles fotográficos y la geometría de la imagen digital, estas unidades generalmente solo graban a partir de película.

Estas máquinas pueden escanear con una resolución máxima de 5 a 10 micras, con una precisión posicional de cuatro micras o menos (5 micras es aproximadamente comparable a 5.000 píxeles por pulgada).

Cada aplicación tiene diferentes requisitos de resolución de píxeles. Aplicaciones como la aerotriangulación y la extracción de objetos frecuentemente requieren escaneo en el rango de 10 a 15 micrones. Debido a que la película en color es menos nítida que la pancromática, las aplicaciones de ortofotografía en color suelen emplear píxeles de entre 20 y 40 micrones. Las aplicaciones de ortofoto suelen utilizar píxeles de entre 15 y 30 micrones.

2.2.2.1 Resoluciones de Escaneo.

La resolución de las fotografías utilizadas es uno de los principales determinantes de la precisión general de la aerotriangulación y la ortorrectificación. Cuando se emplean fotografías en película, la resolución de las imágenes suele estar dictada por la resolución del escaneo; por lo tanto, es necesario tener en cuenta la resolución de escaneo para maximizar la precisión final de una solución. El tamaño del proyecto cartográfico, los requisitos de precisión y el tiempo de procesamiento se comparan para establecer la resolución de escaneo aceptable. Vea una lista de resoluciones de escaneo para diferentes tamaños de píxeles y escalas de fotografías.

Tabla 1. Tabla comparativa de resolución del Escaneo en PDI y Micrones de las fotografías aéreas

Escala de la Fotografía 1 a	12 micrones (2117 dpi)	16 micrones (1588 dpi)	25 micrones (1016 dpi)	50 micrones (508 dpi)	85 micrones (300 dpi)
	Tamaño de Pixel en metros	Tamaño de Pixel en metros	Tamaño de Pixel en metros	Tamaño de Pixel en metros	Tamaño de Pixel en metros
1800	0.0216	0.0288	0.045	0.09	0.153
2400	0.0288	0.0384	0.060	0.12	0.204
3000	0.0360	0.0480	0.075	0.15	0.255
3600	0.0432	0.0576	0.090	0.18	0.306
4200	0.0504	0.0672	0.105	0.21	0.357
4800	0.0576	0.0768	0.120	0.24	0.408
5400	0.0648	0.0864	0.135	0.27	0.459
6000	0.0720	0.0960	0.150	0.30	0.510
6600	0.0792	0.1056	0.165	0.33	0.561
7200	0.0864	0.1152	0.180	0.36	0.612
7800	0.0936	0.1248	0.195	0.39	0.663

8400	0.1008	0.1344	0.210	0.42	0.714
9000	0.1080	0.1440	0.225	0.45	0.765
9600	0.1152	0.1536	0.240	0.48	0.816
10800	0.1296	0.1728	0.270	0.54	0.918
12000	0.1440	0.1920	0.300	0.60	1.020
15000	0.1800	0.2400	0.375	0.75	1.275
18000	0.2160	0.2880	0.450	0.90	1.530
24000	0.2880	0.3840	0.600	1.20	2.040
30000	0.3600	0.4800	0.750	1.50	2.550
40000	0.4800	0.6400	1.000	2.00	3.400
50000	0.6000	0.8000	1.250	2.50	4.250
60000	0.7200	0.9600	1.500	3.00	5.100
Tamaño del Archivo en foto B/N (MB)	363	204	84	21	7
Tamaño del Archivo foto a color (MB)	1089	612	252	63	21

Nota: creación propia con datos de escaneo de fotografías aéreas según su escala de vuelo

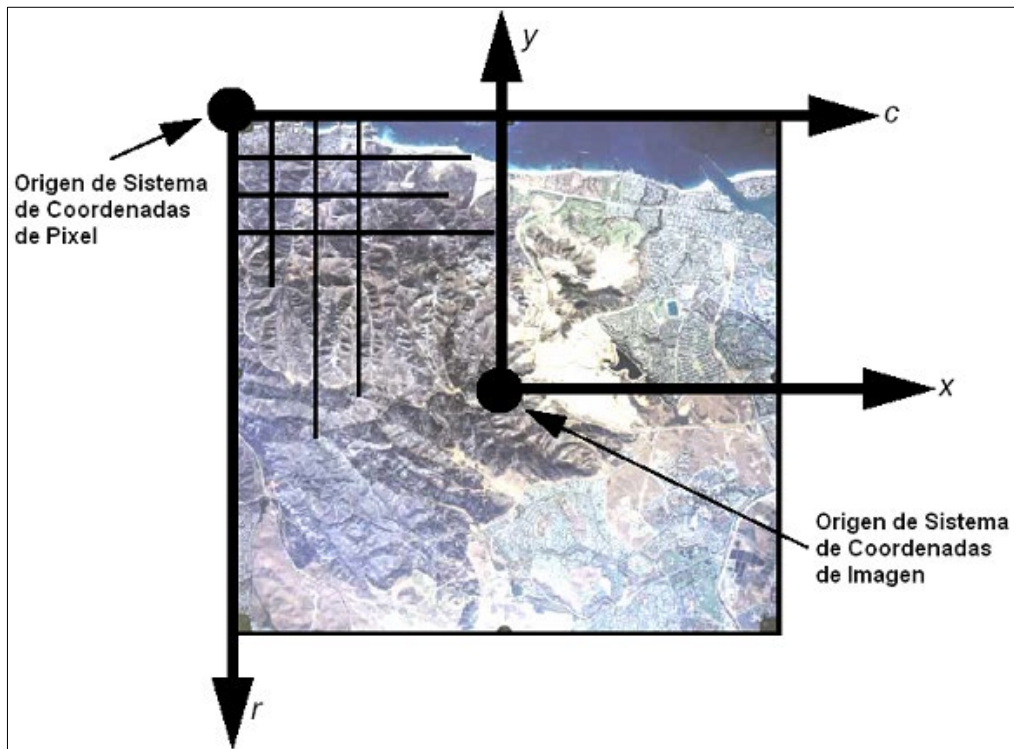
2.2.3 Sistema de Coordenadas

Para comprender y definir las relaciones en cada una de las tres variables relacionadas con la relación que es necesario definir con respecto a un espacio de coordenadas y un sistema de coordenadas, la fotogrametría implica conceptualmente establecer relaciones entre la cámara utilizada para tomar las imágenes, las imágenes ellos mismos y el terreno.

2.2.3.1 Sistema de coordenadas de píxel

Las coordenadas de archivo de una imagen digital son definidas en un sistema de coordenadas de píxel, el cual, por lo general, es un sistema de coordenadas cuyo origen está en la esquina superior izquierda de la imagen, el eje "x" apunta hacia la derecha denominado con la letra "c" y el eje "y" apunta hacia abajo denominado con letra "r" y sus unidades están en píxeles.

Figura 6. Origen de sistema de coordenadas de pixel y de imagen



Nota: Extracción del libro de apuntes de fotogrametría

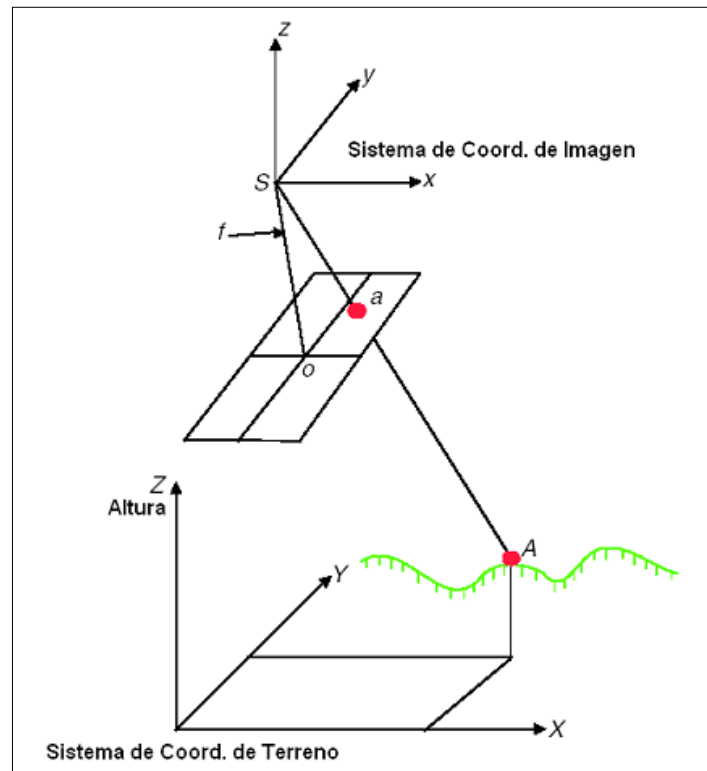
2.2.3.2 Sistema de Coordenadas de Imagen

Las coordenadas de una imagen digital, también conocida como sistema de coordenadas de imagen plana, se utilizan para describir posiciones en el plano de la película. Son un sistema de coordenadas bidimensional con su origen en el centro de la imagen digital, que suele ser el punto principal o la intersección de las marcas fiduciales.

2.2.3.3 Sistema de Coordenadas Espaciales de la Imagen

Se agrega un tercer eje (z), pero por lo demás, un sistema de coordenadas espaciales de imagen es lo mismo que un sistema de coordenadas de imagen. El centro de proyección es donde se origina el sistema de coordenadas espaciales de la imagen, y sus ejes X y Y corren paralelos, la distancia focal (f) es igual al valor z de un punto en la imagen en el sistema de coordenadas espaciales de la imagen. Para representar posiciones dentro de la cámara, las coordenadas espaciales de la imagen normalmente se expresan en milímetros o micrones.

Figura 7. Sistema de coordenadas espaciales de la imagen



Nota: Extracción del libro de apuntes de fotogrametría

2.2.3.4 Sistema de Coordenadas del Terreno

Las coordenadas del terreno (X , Y , Z) se expresan en pies o metros, y el valor Z es la elevación sobre el nivel medio del mar con respecto a un datum vertical determinado. En este caso el datum es en Canoa Caracas, Venezuela. Un sistema de coordenadas del terreno se define como un sistema de coordenadas tridimensional que utiliza una proyección cartográfica conocida.

2.2.3.5 Sistema de Coordenadas Geocéntricas y Topocéntricas

La mayoría de los programas fotogramétricos tienen en cuenta la curvatura de la Tierra en sus cálculos, ya sea calculando la geometría en un sistema de coordenadas que incorpora la curvatura o añadiendo un número de corrección.

Cuando el eje X cruza el meridiano de Greenwich, el eje Z es igual al eje de rotación de la Tierra, el eje Y es perpendicular tanto al eje Z como al eje X , y X y Z define un sistema de coordenadas tridimensional que se adhiere a la derecha. -Regla manual, entonces el sistema de coordenadas geocéntricas se origina en el centro del elipsoide de la Tierra.

En un sistema de coordenadas topocéntricas, los ejes de coordenadas perpendiculares se definen en un plano tangencial al punto central, que es el centro de la imagen proyectada sobre el elipsoide terrestre. Los ejes X , Y y Z están orientados hacia el

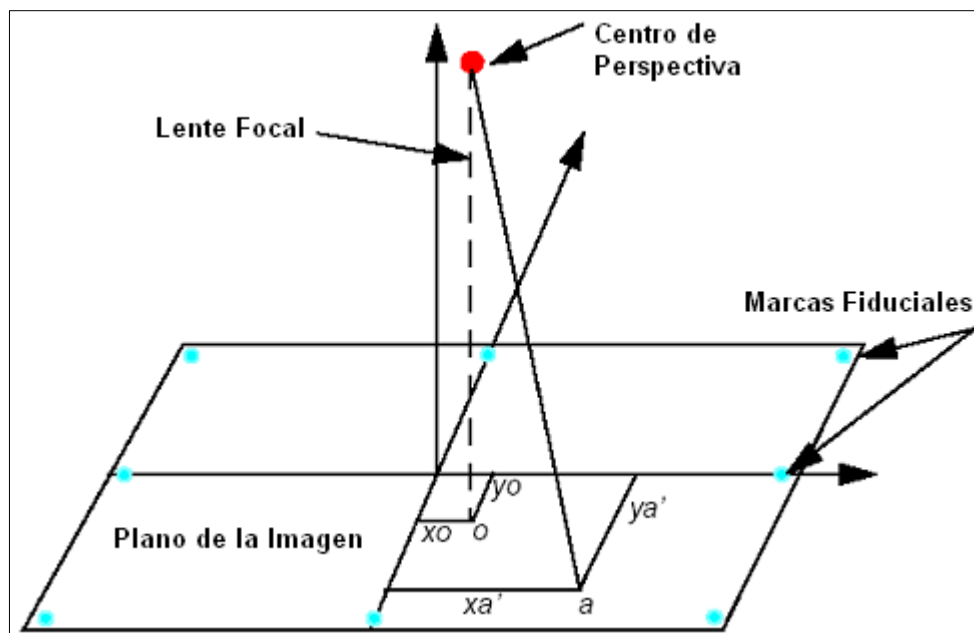
este, el norte y verticalmente con respecto al plano de referencia, que también se conoce como datum local o plano de referencia.

2.3 Orientaciones fotogramétricas

2.3.1 Orientación Interna

La orientación interna describe la geometría interna de una cámara o sensor. Por ejemplo, las variables relacionadas con el espacio de la imagen se definen durante el proceso de orientación interna cuando se capturan datos. El sistema de coordenadas de píxeles de la imagen u otro sistema de medición de coordenadas de la imagen se convierte principalmente en el sistema de coordenadas espaciales de la imagen mediante la orientación interna.

Figura 8. Orientación interna expresado en grafico



Nota: Extracción del libro de apuntes de fotogrametría

La geometría interna de una cámara está definida especificando de las siguientes variables:

- Punto principal
- Distancia focal
- Marcas fiduciales
- Distorsión de lente

2.3.1.1 Punto Principal y Distancia Focal

El punto principal está definido matemáticamente como la intersección de la línea perpendicular dirigida desde el centro de proyección hasta el plano de la imagen, la longitud

desde el punto principal hasta el centro proyección se conoce como distancia focal (Zhengyou, 1999 - 2000, pág. 89).

El plano focal es el término utilizado para describir el punto principal esta ubicado en el medio de una imagen o fotografía aérea; La distancia focal de las cámaras aéreas de gran angular es de aproximadamente 153 milímetros (6 pulgadas). La distancia focal de determinadas cámaras digitales es de 28 milímetros. Antes de comenzar un proyecto fotogramétrico, se utiliza un procedimiento de calibración en laboratorio para medir con precisión la longitud de enfoque de una cámara métrica.

La triangulación se basa en este concepto matemático, que es difícil de encontrar de manera óptima. La definición óptica del punto principal es la ubicación de la imagen donde el eje óptico cruza el plano de la imagen. Los puntos principales de autocolimación y simetría, que se pueden extraer del informe de calibración de la cámara, son los dos métodos utilizados para calibrarlo en el laboratorio. En la mayoría de las aplicaciones se prefiere el punto principal de simetría debido a su capacidad superior para compensar la distorsión de la lente.

2.3.1.2 Marcas Fiduciales

Encontrar las coordenadas de los marcadores fiduciales de la imagen, que se refieren a un sistema de coordenadas de píxel o archivo, es uno de los procesos involucrados en la orientación interna, como se mencionó anteriormente. El sistema de coordenadas de píxeles consta de una coordenada y (fila) y una coordenada x (columna). La esquina superior izquierda de la imagen, donde los valores de columna y fila son 0 y 0, respectivamente, es el origen del sistema de coordenadas de píxeles.

La conexión entre el sistema de coordenadas espaciales de la imagen y el sistema de coordenadas de píxeles se puede establecer aplicando una transformación afín bidimensional.

Las coordenadas de imagen x y y y asociadas con las marcas fiduciales calibradas y las coordenadas de píxel X y Y de las marcas fiduciales medidas, son utilizados para determinar los seis coeficientes de la transformación afín, los seis coeficientes resultantes pueden ser utilizados para transformar cada conjunto de coordenadas de píxel de columna (x) y fila (y) en coordenadas de la imagen.

El error cuadrático medio (RMS), una métrica estadística, indica la calidad de la transformación afín bidimensional. El grado de conexión entre las coordenadas de las marcas fiduciales calibradas y los valores de imagen medidos correspondientes está representado por el error RMS, el Error Medio Cuadrático (RMS) grande indica una correspondencia o una calidad muy pobre, esto puede atribuirse a distorsión de la película o sea que la película no

era de buena calidad tenía algunas distorsiones, un escaneo de calidad baja que no es proporcional con la escala o el tamaño de píxel es muy grande, una información de calibración desactualizada esto significa que el certificado de calibración de la cámara no se realizó para el trabajo específico si es mucho más anterior o una medición incorrecta de la imagen este error puede ser de que el operador no esté tomando los puntos en el centro de sus marcas fiduciales sino en los extremos.

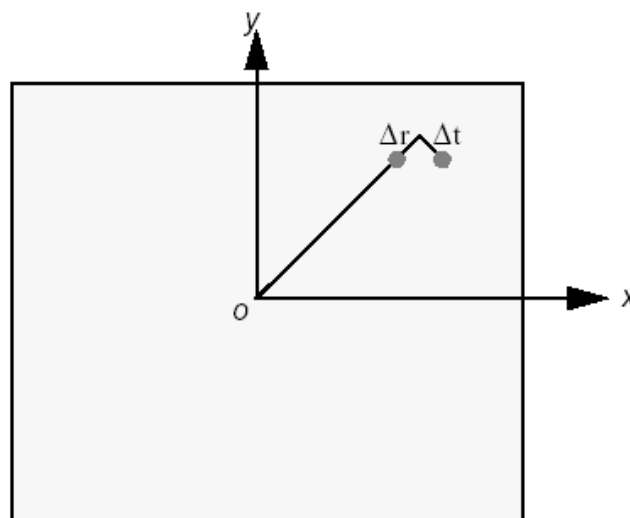
Además, la transformación afín especifica la traducción entre el origen del sistema de coordenadas de la imagen (archivo x o y archivo y o) y el origen del sistema de coordenadas de píxeles. Además, la transformación afín tiene en cuenta la rotación del sistema de coordenadas de la imagen con respecto al ángulo θ ; Por lo general, el proceso de escaneo gira una toma aérea.

La transformación afín bidimensional también tiene en cuenta esta ortogonalidad, y la transformación afín también tiene en cuenta la diferencia de escala entre los ejes X y Y. Este grado de variación entre los ejes X y Y se conoce como no ortogonalidad.

2.3.1.3 Distorsión de Lente

La precisión posicional de los puntos de la imagen en el plano de la imagen se ve deteriorada por la distorsión de la lente. La distorsión tangencial y la distorsión radial son las dos formas de distorsión radial de la lente. Cuando los rayos de luz que viajan a través de la lente se tuercen, cambian de rumbo e interrumpen el plano de la imagen en lugares que están lejos de lo normal. Esto se conoce como distorsión de la lente el cual se corrige con el proceso de ortorrectificación con la utilización de computadora simple y no así como las Estaciones de Fotogrametría.

Figura 9. Distorsión de lente demostrado en grafico



Nota: Extracción del libro de apuntes de fotogrametría

La distorsión radial de lente causa que los puntos de la imagen se distorsionen a lo largo de las líneas radiales a partir del punto principal, el efecto de la distorsión radial de lentes es representado como Δr , la distorsión radial de lente es comúnmente referida como distorsión simétrica de lente. La distorsión tangencial de lentes ocurre en ángulos rectos a las líneas radiales a partir del punto principal, el efecto de la distorsión tangencial de lente es representado como Δt , en razón de que la distorsión tangencial de lente es mucho más pequeña en magnitud que la distorsión radial del lente, se considera despreciable. (Zhengyou, 1999 - 2000, págs. 1330 - 1334)

Cuando se lleva a cabo el proceso de calibración de la cámara, los efectos de la distorsión de la lente suelen evaluarse en un laboratorio, el cual puede ser estimado utilizando un polinomio representado por siguiente formula.

$$\Delta r = k_0 r + k_1 r^3 + k_2 r^5$$

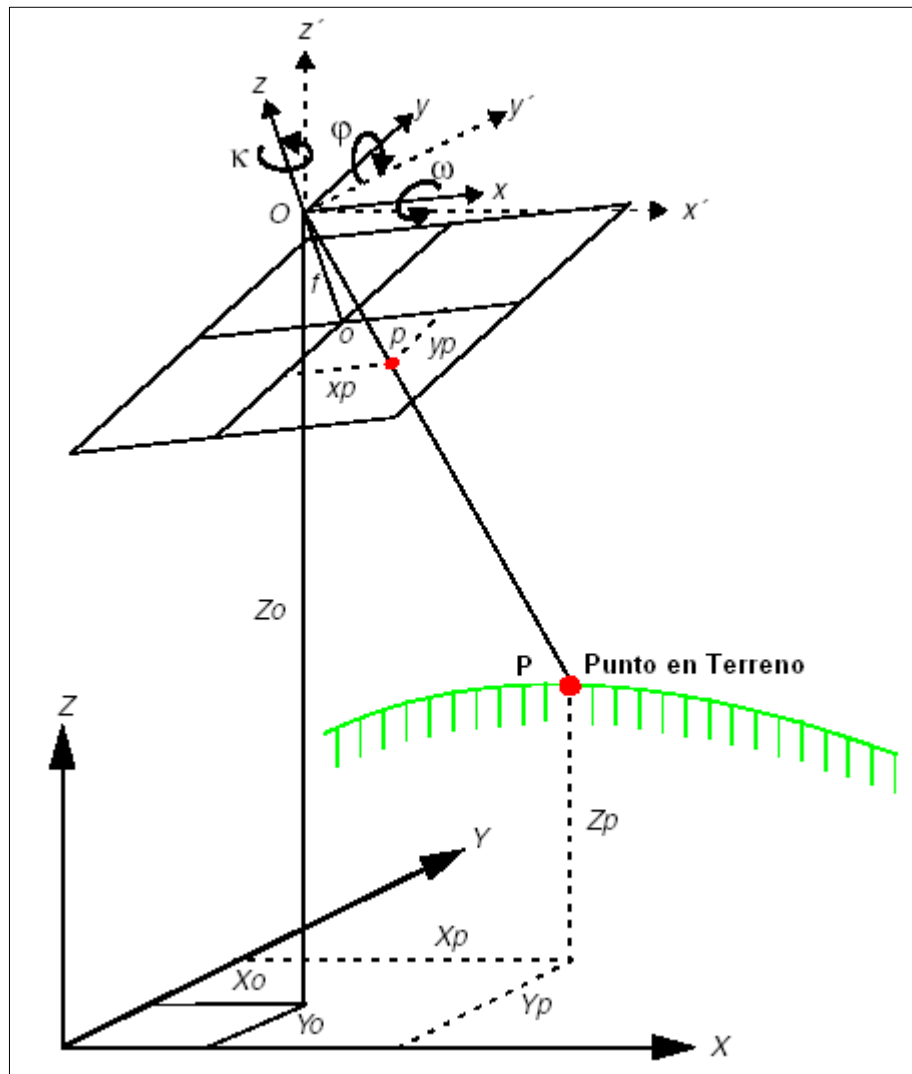
A lo largo de una distancia radial r desde el punto primario, la distorsión radial se denota como Δr . El valor de distorsión de la lente normalmente se informa en los informes de calibración de la cámara como una función del ángulo de campo o de la distancia radial desde el punto principal. LPS Photogrammetry Suite proporciona parámetros de distorsión de lente radial en los dos escenarios. Los tres coeficientes (k_0 , k_1 , y k_2) son calculados mediante técnicas estadísticas, luego que se calculan los coeficientes se corrige cada medición tomada de la imagen por distorsión radial del lente durante el proceso de ortorrectificación.

2.3.2 Orientación Externa

La orientación exterior define la posición y la orientación angular asociada con una imagen, las variables que definen la posición y orientación de una imagen son referidos como los elementos de la orientación exterior. Los elementos de la orientación exterior definen las características asociadas con una imagen en el momento de exposición o captura, los elementos posicionales de la orientación exterior incluyen X_o , Y_o , y Z_o , ellos definen el centro de perspectiva (O) con respecto al sistema de coordenadas espaciales del terreno (X , Y , Z), Z_o es referido como la altura de la cámara sobre el nivel del mar, la cual está definida con respecto a un datum. (Edward M. Mikhail, 2001 segunda Edición, 2014 cuarta edición y 2004 5ta edición, págs. 300 - 400)

Los elementos angulares o rotacionales de la orientación exterior describen la relación entre el sistema de coordenadas espaciales del terreno (X , Y , Z) y el sistema de coordenadas de la imagen (x , y , z), se definen tres ángulos de rotación para definir la orientación angular. Ellos son Omega (ω), Phi (ϕ) y Kapa (K) (ver figura 10). (Edward M. Mikhail, 2001 segunda Edición, 2014 cuarta edición y 2004 5ta edición).

Figura 10. Elementos de orientación exterior representado en grafico



Nota: Extracción del libro de apuntes de fotogrametría

Omega es la rotación alrededor del eje fotográfico x , Phi es la rotación alrededor del eje fotográfico y , y Kapa es la rotación alrededor del eje fotográfico z , las cuales son definidas como positivas si ellas tienen una dirección contraria a las manecillas del reloj cuando se observan desde el extremo positivo de sus respectivos ejes. Se utilizan diferentes convenciones para definir el orden y la dirección de los tres ángulos de rotación. La Sociedad Internacional de Fotogrametría y Teledetección o International Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ISPRS) recomienda el uso de la conversión ω , ϕ y κ . El eje fotográfico z es equivalente al eje óptico (distancia focal), las coordenadas ω , ϕ y κ son paralelas al sistema de coordenadas espaciales del terreno. (Edward M. Mikhail, 2001 segunda Edición, 2014 cuarta edición y 2004 5ta edición).

Usando los tres ángulos de rotación, se puede determinar la relación entre el sistema de coordenadas espaciales de la imagen (x, y, z) y el sistema de coordenadas espaciales del

terreno (X, Y, Z o x', y', z'). Se utiliza una matriz de 3 x 3 que define la relación entre los dos sistemas, ella es referida como la matriz de orientación, M. la matriz de rotación puede ser definida de la siguiente forma. (Edward M. Mikhail, 2001 segunda Edision, 2014 cuarta edicion y 2004 5ta edicion)

$$M = \begin{bmatrix} m_{11} & m_{12} & m_{13} \\ m_{21} & m_{22} & m_{23} \\ m_{31} & m_{32} & m_{33} \end{bmatrix}$$

La matriz de rotación se deriva realizando la rotación secuencial de omega alrededor del eje x, phi alrededor del eje y, y kapa alrededor del eje z.

2.3.2.1 La Ecuación de la Colinealidad

La siguiente sección define la relación entre la cámara o sensor, la imagen y el terreno, la mayoría de las herramientas fotogramétricas utiliza la siguiente formulación de una manera u otra.

Un vector de imagen "a" puede ser definido como un vector desde la estación de exposición O hasta el punto de la imagen p. un vector "A" en el espacio del objeto o en el espacio del terreno puede ser definido como el vector desde la estación de exposición O hasta el punto del terreno P, el vector de imagen y el vector del terreno son colineales, infiriendo que una línea que se extienda desde la estación de exposición hasta el punto de la imagen y al terreno es una línea recta. El vector de la imagen y el vector del terreno son únicamente colineales, si uno es un escalar múltiplo del otro, entonces sería de esta manera. (Edward M. Mikhail, 2001 segunda Edision, 2014 cuarta edicion y 2004 5ta edicion)

$$\mathbf{a} = k \mathbf{A}$$

Donde k es un escalar múltiplo, los vectores de imagen y de terreno pueden estar dentro del mismo sistema de coordenadas, de esta manera el vector imagen está compuesto de los siguientes componentes.

$$\mathbf{a} = \begin{bmatrix} X_p - X_o \\ Y_p - Y_o \\ -f \end{bmatrix}$$

Donde x_o y y_o representan las coordenadas de imagen del punto principal

De manera similar, el vector puede ser formulado como sigue:

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} X_p - X_o \\ Y_p - Y_o \\ Z_p - Z_o \end{bmatrix}$$

Para que los vectores de la imagen y del terreno estén dentro del mismo sistema de coordenadas, el vector de terreno debe ser multiplicado por la matriz de rotación M . La siguiente ecuación puede ser formulada:

$$\mathbf{a} = k\mathbf{M}\mathbf{A} \quad \text{Donde:}$$

$$\begin{bmatrix} X_p - X_o \\ Y_p - Y_o \\ -f \end{bmatrix} = k\mathbf{M} \begin{bmatrix} X_p - X_o \\ Y_p - Y_o \\ Z_p - Z_o \end{bmatrix}$$

Las ecuaciones de arriba definen la relación entre el centro de proyección de la estación de exposición de la cámara y el punto de terreno P que aparece en la imagen con una posición de imagen p . Esta ecuación forma la base de la condición de Colinealidad que es utilizada en la mayoría de las operaciones fotogramétricas. La condición de Colinealidad específica que la estación de exposición, el punto del terreno y la posición del punto de la imagen correspondiente, debe entonces estar a lo largo de la misma línea recta, o sea

cumpliendo la Colinealidad, la cual comprende las siguientes ecuaciones. (Edward M. Mikhail, 2001 segunda Edición, 2014 cuarta edición y 2004 5ta edición)

$$y_p - y_o = -f \left[\frac{m_{21}(X_p - X_{o_1}) + m_{22}(Y_p - Y_{o_1}) + m_{23}(Z_p - Z_{o_1})}{m_{31}(X_p - X_{o_1}) + m_{32}(Y_p - Y_{o_1}) + m_{33}(Z_p - Z_{o_1})} \right]$$

Se puede formular un conjunto de ecuaciones para cada punto del terreno que aparezca en una imagen, la condición de Colinealidad se utiliza frecuentemente para definir la relación entre la cámara, la imagen y el terreno que se materializa en el proceso de ortorrectificación.

2.4 Soluciones fotogramétricas

Como se indicó anteriormente la fotogrametría digital es utilizada por muchas aplicaciones, como la ortorrectificación, la extracción automática de modelos digitales de terreno MDT, la creación de pares estereoscópicos, la captura de objetos, la determinación de puntos con gran precisión y la extensión de los puntos de control. (Edward M. Mikhail, 2001 segunda Edición, 2014 cuarta edición y 2004 5ta edición).

Para cualquiera de las tareas anteriores que deban ser desarrolladas, se debe definir una relación entre la cámara, la imagen en un proyecto y el terreno, las siguientes variables son utilizadas para definir la relación. (Edward M. Mikhail, 2001 segunda Edición, 2014 cuarta edición y 2004 5ta edición)

- Los parámetros de orientación exterior para cada imagen
- Los parámetros de la orientación interna para cada imagen
- La representación exacta del terreno

Determinar los parámetros de orientación interna y externa para cada imagen en un proyecto utilizando la menor cantidad de puntos de control es una de las tareas fotogramétricas más frecuentes. La mayoría de las aplicaciones fotogramétricas no requieren muchos puntos de control, ya que las técnicas de control terrestre son costosas y requieren mucho tiempo. Además, se desconoce cuáles son los parámetros de orientación de la imagen.

Dependiendo de los datos de entrada suministrados, las técnicas fotogramétricas, tales como resección espacial, intersección espacial sucesiva y ajuste de haces en bloque se utilizan para definir variables requeridas para realizar la ortorrectificación, la extracción

automatizada de Modelos Digitales de Terreno (MDT), la creación de pares estereoscópicos, y otros datos durante el proceso.

2.4.1 Resección Espacial

La resección espacial es una técnica que es utilizada comúnmente para determinar los parámetros de orientación externa asociados con una imagen o muchas imágenes basados en puntos de control conocidos. La resección espacial está basada en la condición de Colinealidad, la resección espacial que usa la condición de Colinealidad especifica que, para cualquier imagen, la estación de exposición, el punto del terreno y su correspondiente punto de la imagen deben caer a lo largo de la línea recta. (Edward M. Mikhail, 2001 segunda Edision, 2014 cuarta edicion y 2004 5ta edicion)

Si se conoce el número mínimo de tres puntos de control terrestre en la dirección de X, Y y Z, las técnicas de resección espacial se pueden utilizar para determinar los seis parámetros de orientación interna asociados con la imagen. La resección espacial asume que se dispone de la información de la cámara. (Edward M. Mikhail, 2001 segunda Edision, 2014 cuarta edicion y 2004 5ta edicion)

La resección espacial es comúnmente utilizada en la ortorrectificación de imágenes aisladas en la cual una imagen se procesa cada vez. Si se están utilizando múltiples imágenes, las técnicas de resección espacial requieren un mínimo de tres puntos de control terrestre estén localizados en cada imagen antes de ser procesadas. (Edward M. Mikhail, 2001 segunda Edision, 2014 cuarta edicion y 2004 5ta edicion)

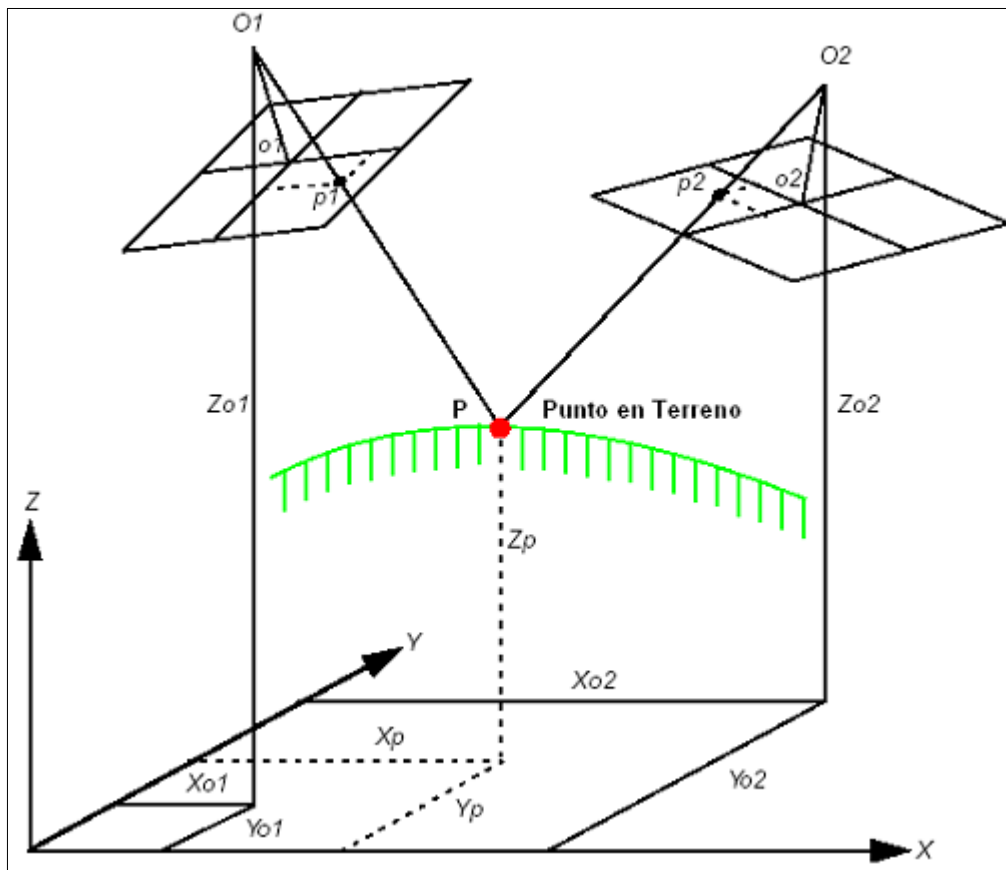
Usando la condición de colinealidad, se pueden calcular las posiciones de los parámetros de orientación exterior. Los rayos de luz que se originan en por lo menos tres puntos de control interceptando el plano de la imagen en las posiciones de imagen de los puntos de control se interceptan en el centro de proyección de la cámara. Usando las técnicas de ajuste por mínimos cuadrados, las posiciones más probables de la exposición exterior se pueden calcular, las técnicas de resección espacial pueden ser aplicadas a una imagen o a muchas imágenes. (Edward M. Mikhail, 2001 segunda Edision, 2014 cuarta edicion y 2004 5ta edicion).

2.4.2 Intersección Espacial Sucesiva

La resección espacial progresiva es una técnica que es usada comúnmente para determinar las coordenadas de terreno X, Y y Z que aparecen en las áreas de traslapo de dos o más imágenes, basada en los parámetros de orientación interna y externa conocidos. La condición de colinealidad se refuerza al establecer que los rayos de luz provenientes de dos estaciones de exposición pasan a través de los correspondientes puntos de imagen en

las dos imágenes e interceptan en el mismo punto del terreno. (Edward M. Mikhail, 2001 segunda Edición, 2014 cuarta edición y 2004 5ta edición).

Figura 11. Intersección espacial sucesiva representado en grafico



Nota: Extracción del libro de apuntes de fotogrametría.

Las técnicas de intersección espacial sucesiva asumen que los parámetros de orientación exterior asociados con la imagen se conocen. Usando las ecuaciones de colinealidad, los parámetros de orientación exterior junto con las mediciones de las coordenadas de la imagen en el punto p en la imagen 1 y en la imagen 2, son la base para calcular las coordenadas X_p , Y_p , y Z_p del punto de terreno P . (Edward M. Mikhail, 2001 segunda Edición, 2014 cuarta edición y 2004 5ta edición)

Las técnicas de intersección espacial sucesiva pueden ser usadas en aplicaciones asociadas con la adquisición de los puntos de control, la cartografía catastral usando técnicas de medición aerotransportada y la determinación de puntos de alta exactitud. (Edward M. Mikhail, 2001 segunda Edición, 2014 cuarta edición y 2004 5ta edición)

2.5 Ajuste de haces en bloque

Para proyectos de cartografía que tienen más de dos imágenes, el uso de las técnicas de intersección espacial y de resección espacial es limitado. Esto puede atribuirse a la falta

de información requerida para realizar dichas tareas. Por ejemplo, no es inusual que los parámetros de orientación exterior tengan que ser bastante exactos para cada fotografía o imagen en un proyecto, debido a que estos valores son generados fotogramétricamente. Las técnicas de GPS normalmente proporcionan aproximaciones iniciales de la orientación exterior, pero los valores finales de estos parámetros deben ser ajustados para poder obtener precisiones más altas. (Edward M. Mikhail, 2001 segunda Edición, 2014 cuarta edición y 2004 5ta edición).

De manera similar, es extremadamente poco común tener suficientes puntos de control terrestre con excelente precisión para ejecutar la trisección espacial en un proyecto con treinta o más imágenes (en este ejemplo, se requiere un mínimo de noventa puntos). El tiempo necesario para localizar y medir cada punto de control terrestre sería bastante costoso si hubiera suficientes.

El número de puntos de control terrestre empleados tiene un impacto significativo en el precio de la triangulación y ortorrectificación de bloques. Se deberían ocupar y emplear pocos puntos de control para reducir los costos del proyecto cartográfico; La utilización del ajuste de haces en bloque es un método que se puede utilizar para garantizar una precisión excelente.

Al analizar sus términos separados, se puede definir mejor el ajuste del haz de bloque. Las coordenadas X, Y y Z de los puntos de enlace o paso, así como los parámetros de orientación exterior de cada imagen en un bloque, se incluyen en la solución integral. y puntos de control especificados, el bloque de fotografías de un proyecto se procesa en una solución de una sola vez. La solución integral de todo el bloque se estima mediante un método estadístico llamado ajuste de mínimos cuadrados, que también distribuye y minimiza los errores.

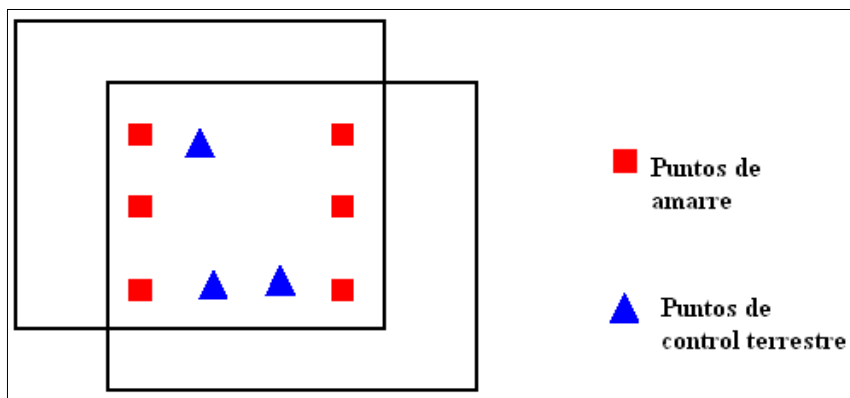
La triangulación en bloque es el proceso de definir una relación matemática entre las imágenes contenidas dentro de un bloque, el modelo de la cámara, y el terreno. Una vez que esta relación ha sido definida entonces se puede extraer información precisa de las imágenes de la superficie terrestre. Cuando se procesan datos de cámaras de formato, cámaras digitales, videografía e imágenes de cámaras no métricas, la triangulación en bloque es comúnmente conocida como triangulación aérea (AT). Cuando se procesan imágenes adquiridas con un barredor de empuje, la triangulación en bloque es conocida simplemente como triangulación.

La triangulación de bloques se puede realizar utilizando una variedad de modelos; la técnica del haz, el enfoque del modelo independiente y la triangulación de bloques con el método de fajas son los modelos más utilizados en fotogrametría. Dado que distribuye y

minimiza los errores, el ajuste del haz de bloques es la más estricta de las técnicas antes mencionadas. Basa su formulación del vínculo entre el espacio de la imagen y el espacio terrestre en el requisito de colinealidad. En LPS Photogrammetry Suite, se utilizan métodos de ajuste del haz de bloques.

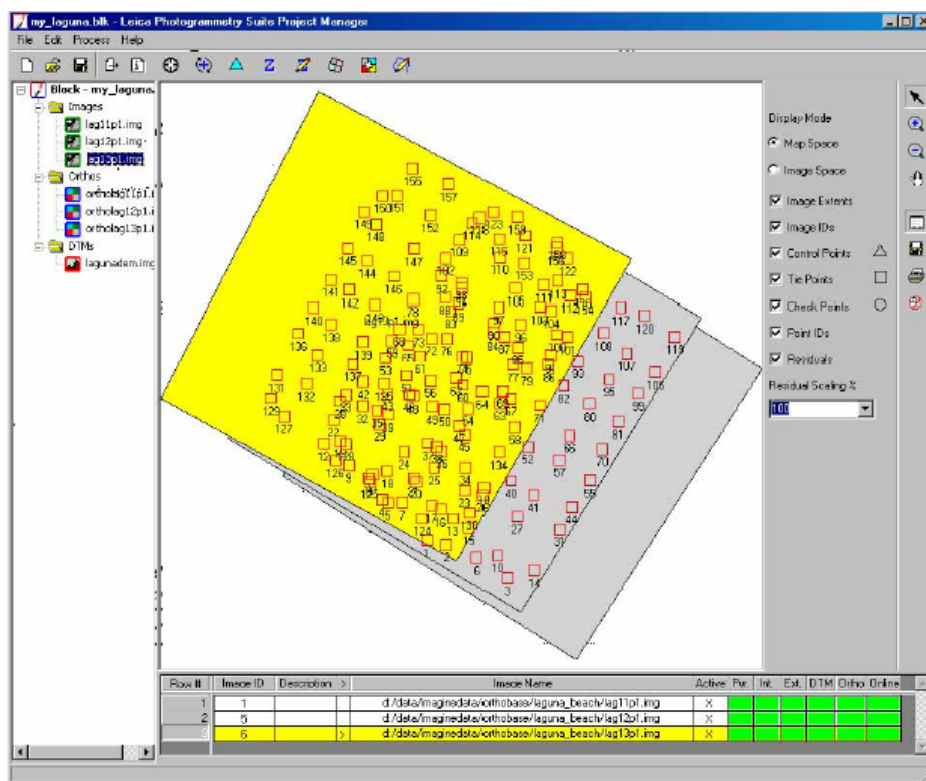
Se presentan como ejemplo dos imágenes con tres puntos de control con coordenadas X, Y y Z conocidas, así como seis puntos de amarre o paso, para ayudar a ilustrar las ideas involucradas en el ajuste de haces en bloque.

Figura 12. Puntos de control terrestre y de amarre representado en gráfico



Nota: Extracción del libro de apuntes de fotogrametría

Figura 13. Puntos de amarre o de paso representado en el software



Nota: creación propia en el software LPS

2.5.1 Obtención de las Ecuaciones de Colinealidad

Cada punto de control ocupado tiene dos coordenadas de imagen (x, y) que se relacionan con él. De esta manera, se pueden desarrollar dos ecuaciones de colinealidad, conocidas como ecuaciones de observación en el contexto del ajuste del haz de bloques, para representar la relación entre la ubicación en el suelo y la posición correspondiente en la imagen.

Se pueden derivar cuatro fórmulas de colinealidad a partir de un punto de control medido en el área de cobertura de las imágenes izquierda y derecha si el Punto de control A está ocupado en el área superpuesta de dos imágenes: dos para mediciones del punto en la imagen izquierda y dos para mediciones en la imagen correcta.

$$x_{a_1} - x_o = -f \left[\frac{m_{11}(X_A - X_{o_1}) + m_{12}(Y_A - Y_{o_1}) + m_{13}(Z_A - Z_{o_1})}{m_{31}(X_A - X_{o_1}) + m_{32}(Y_A - Y_{o_1}) + m_{33}(Z_A - Z_{o_1})} \right]$$

$$y_{a_1} - y_o = -f \left[\frac{m_{21}(X_A - X_{o_1}) + m_{22}(Y_A - Y_{o_1}) + m_{23}(Z_A - Z_{o_1})}{m_{31}(X_A - X_{o_1}) + m_{32}(Y_A - Y_{o_1}) + m_{33}(Z_A - Z_{o_1})} \right]$$

$$x_{a_2} - x_o = -f \left[\frac{m'_{11}(X_A - X_{o_2}) + m'_{12}(Y_A - Y_{o_2}) + m'_{13}(Z_A - Z_{o_2})}{m'_{31}(X_A - X_{o_2}) + m'_{32}(Y_A - Y_{o_2}) + m'_{33}(Z_A - Z_{o_2})} \right]$$

$$y_{a_2} - y_o = -f \left[\frac{m'_{21}(X_A - X_{o_2}) + m'_{22}(Y_A - Y_{o_2}) + m'_{23}(Z_A - Z_{o_2})}{m'_{31}(X_A - X_{o_2}) + m'_{32}(Y_A - Y_{o_2}) + m'_{33}(Z_A - Z_{o_2})} \right]$$

Una medición del punto de control A en la imagen 1:

x_{a_1}, y_{a_1}

Una medición del punto de control A en la imagen 2:

x_{a_2}, y_{a_2}

Elementos de posición de la orientación exterior en la imagen 1:

$x_{o_1}, y_{o_1}, z_{o_1}$

Elementos de posición de la orientación exterior en la imagen 2:

X_02 , Y_02 , Z_02

Es posible formular doce ecuaciones, o cuatro ecuaciones para cada punto de control, si se han medido tres puntos de control en el área superpuesta de dos fotografías. En la zona superpuesta de las dos fotografías se pueden medir seis puntos de amarre. Esto permite formular veinticuatro ecuaciones, cuatro para cada punto de amarre o paso. Las incógnitas en el caso anterior son las siguientes.

- Seis parámetros de orientación exterior para la imagen izquierda (es decir, X, Y, Z, Omega, Phi, Kapa).
- Seis parámetros de orientación exterior para la imagen derecha (es decir, X, Y, Z, Omega, Phi, Kapa).
- Coordenadas X, Y, Z de los puntos de amarre o de paso, de esta manera para los seis puntos de amarre existen dieciocho incógnitas (seis multiplicado por tres coordenadas X, Y, Z de cada punto de amarre).

En este caso, la redundancia del proyecto se puede calcular restando el número de incógnitas, que es 30, del número de variables conocidas, que es 36. Esto se conoce como grado de libertad de una solución, y para resolver el Para ello es necesario disponer de puntos de control muy fiables. El número total de incógnitas es 30 y la calidad general del ajuste del haz masivo es principalmente una función de la calidad y redundancia de los datos de entrada.

2.6 Puntos de control

Los Puntos de Control Terrestre son un elemento crucial para determinar con precisión la interacción entre la cámara, el paisaje y las fotografías en un proyecto. Mientras que el control vertical simplemente se relaciona con Z, los puntos de control son ubicaciones reconocibles en la superficie de la Tierra con coordenadas del terreno conocidas en X, Y y Z.

Los siguientes objetos de la superficie terrestre se utilizan como Puntos de control terrestre que tienen la facilidad de poder identificar con mayor rapidez y precisión:

- Intersección de vías
- Infraestructura de servicios públicos
- Intersección de parcelas de cultivos agrícolas
- Mojones de levantamientos y otros que se puedan identificar

Dependiendo del proyecto de cartografía, los puntos de control pueden ser ocupados de las siguientes fuentes, pero siempre y cuando sean confiables:

- Levantamientos con teodolitos (de precisión centimétrica)
- Levantamientos con estaciones totales (de precisión milimétrica o centimétrica)
- GPS geodésicos (precisión milimétrica)
- Imágenes ortorectificadas digitales (las coordenadas X y Y pueden ser obtenidas con una precisión que depende de la resolución de la imagen ortorectificada)
- MDT (para la colección de puntos de control verticales que tienen coordenada Z asociadas con ellos, su precisión depende de la resolución del MDT y de la precisión del MDT de entrada)

Durante el proceso de medición de los puntos de control en LPS Photogrammetry Suite se obtienen las coordenadas de imagen de los puntos de control que aparecen en la imagen o en las áreas superpuestas de las imágenes. Luego se obtienen los puntos de control y se muestran en la fotografía una vez expuesta.

La cantidad de puntos de control debe ser mayor que la cantidad de puntos que se utilizarán en la triangulación de bloques. Es posible confirmar de forma independiente la corrección general y la calidad de la solución de aerotriangulación en bloque utilizando los puntos de control adicionales. Las coordenadas determinadas fotogramétricamente en los puntos de control y sus valores iniciales se comparan en un análisis de puntos de control. El resultado del análisis es un número de error cuadrático medio (RMSE), que representa el grado de correspondencia entre los valores calculados y los originales; cuanto mejores sean los resultados, más bajos serán los valores de RMSE.

2.6.1 Requerimiento de los Puntos de Control

Para establecer un vínculo entre el espacio de la imagen y el espacio del terreno, el número mínimo teórico de puntos de control para los requisitos de un proyecto de mapeo de precisión varía según el tamaño del proyecto. Hay un punto de control con una coordenada Z adjunta y dos con coordenadas X, Y y Z. Esto da como resultado siete observaciones en total.

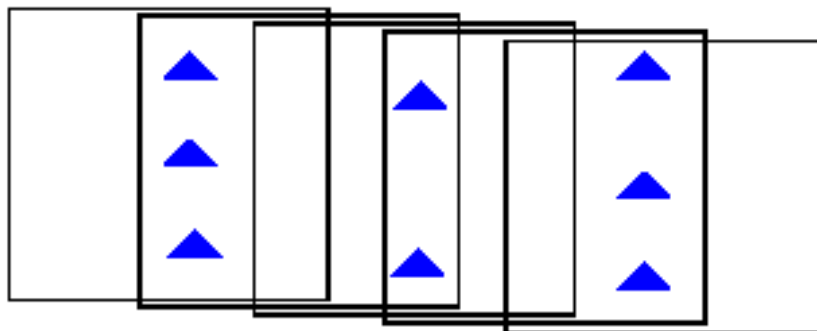
Es necesario identificar los siete parámetros que describen el vínculo matemático entre el espacio de imágenes y el espacio de objetos. Los siete parámetros constan de tres ángulos de rotación (ω , ϕ y κ) que determinan la rotación entre el espacio de la imagen y el espacio del terreno, así como un factor de escala que describe la diferencia de escala entre el espacio de la imagen y el espacio del terreno: objeto. Sólo se puede calcular una solución única si se proporcionan al menos siete parámetros conocidos. Para establecer la conexión se pueden utilizar dos puntos de control con coordenadas X, Y y Z, así como el punto de control vertical (Z); sin embargo, se recomiendan más puntos de control para mejorar la precisión del proyecto cartográfico.

2.7 Procesamiento de imágenes

Se recomienda tener dos puntos de control (PC) por cada tres fotografías en una franja de imágenes adyacentes que se esté procesando. Para mejorar la calidad de la ortorrectificación, es beneficioso medir tres puntos de control en las esquinas de una faja. Por tanto, es posible reforzar la geometría durante la aerotriangulación de bloques en lugares con menor redundancia, como las esquinas de una franja o bloque.

En la ilustración adjunta se muestra la configuración de los puntos de control para una faja de fotografías con una superposición longitudinal del 60%. Dado que los triángulos representan los puntos de control, las regiones superpuestas de las fotografías se utilizan para medir las posiciones de la imagen de los puntos de control.

Figura 14. Configuración de puntos de control representado en gráfico

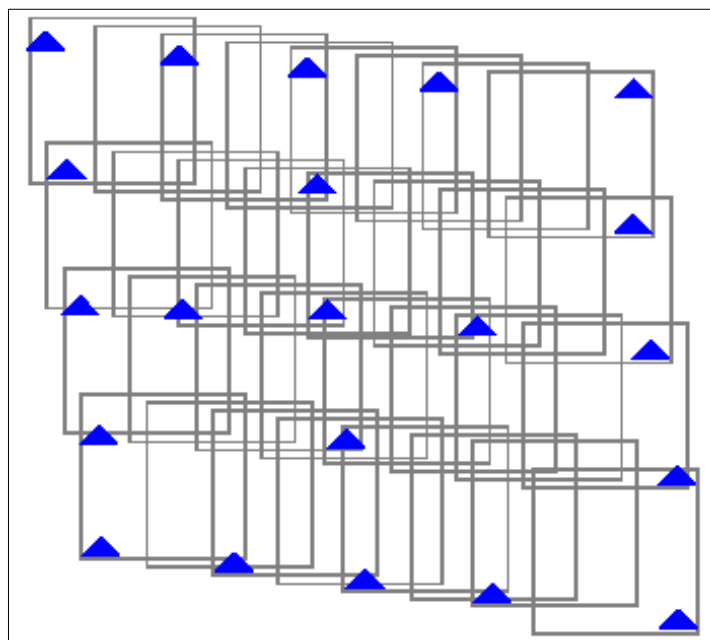


Nota: Extracción del libro de apuntes de fotogrametría

2.7.1 Procesamiento de Fajas Múltiples de Imágenes

Cuatro fajas de imágenes con ocho imágenes superpuestas cada una conforman el diseño típico de puntos de control para un bloque de imágenes que se traslapan.

Figura 15. Configuración de puntos de control para ajuste en bloque de imágenes



Nota: Extracción del libro de apuntes de fotogrametría

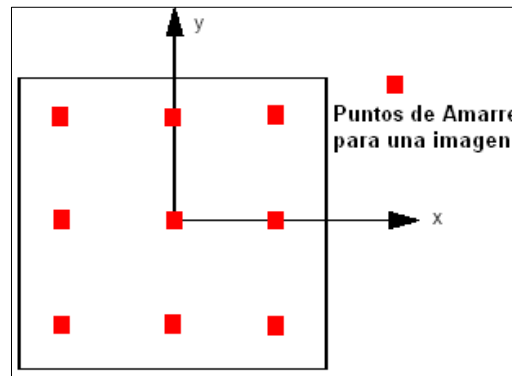
Los puntos de control proporcionan una sólida red geométrica de observaciones. En términos generales, debe haber al menos un punto de control en cada tercera imagen del bloque. Los puntos de control también deberían, si es posible, colocarse en numerosas imágenes, alrededor de los bordes exteriores del bloque y en separaciones específicas de otras imágenes del bloque.

2.7.2 Puntos de Amarre o de Paso

Una ubicación que es visualmente identificable en la región de superposición entre dos o más fotografías, pero cuyas coordenadas del terreno se desconocen se denomina punto de enlace o punto de paso. Es necesario determinar y medir las posiciones de la imagen que corresponden a los puntos de unión que aparecen en las áreas de superposición. Cuando se realiza la aerotriangulación en bloque se determinan las coordenadas en tierra de los puntos de amarre o de paso; Estas ubicaciones se pueden medir de forma automática o manual.

Los puntos de paso o de amarre deben ser claramente visibles en cada fotografía; Idealmente identificados, deberían contrastar fuertemente en ambas direcciones, como es el caso de la esquina de un sembradío, de un cruce de caminos o la esquina de los cercos o alambrados. Los puntos de amarre deben estar espaciados uniformemente a lo largo del bloque; Para proporcionar una aerotriangulación suficiente del bloque, normalmente se definen nueve puntos de amarre en cada imagen como indica la teoría, pero en la práctica son muchos más.

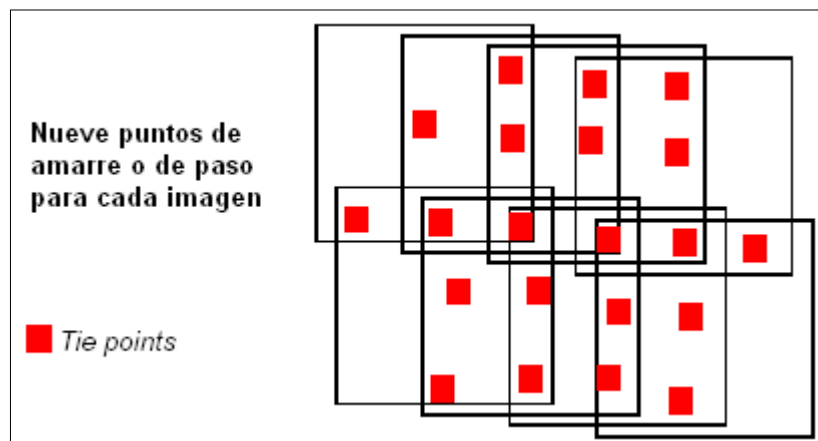
Figura 16. Puntos de amarre para una sola imagen



Nota: Extracción del libro de apuntes de fotogrametría

Para amarrar el bloque y las fajas individuales se necesitan nueve puntos en un bloque de imagen con un 60% de cobertura longitudinal y un 30% de cobertura lateral.

Figura 17. Puntos de amarre o de paso para un bloque de imágenes.



Nota: Extracción del libro de apuntes de fotogrametría

2.7.3 Colección Automática de los Puntos de Amarre

El proceso de elección y medición de los puntos de amarre requiere mucho tiempo y es costoso. Por esta razón, la aerotriangulación automatizada, que se centra en la recopilación automática de puntos de amarre, se ha convertido en los últimos años en un área importante de investigación y desarrollo en fotogrametría. Sin embargo, la aerotriangulación automatizada, que implica la identificación automática de puntos de control, sigue siendo un problema sin resolver debido a la complejidad de ese escenario. Se han obtenido importantes hallazgos del estudio de la aerotriangulación automatizada.

El Programa LPS fotogrametría suite se creó para incluir una técnica de vanguardia para la adquisición automática de puntos de enlace después de una revisión de las ventajas y desventajas de los enfoques actuales. Con esta tecnología se pueden utilizar tanto primeros

planos como una amplia gama de fotografías digitales. También se admite el mecanizado de numerosas fajas, como por ejemplo bandas transversales, diagonales y adyacentes.

La automatización en generar los puntos de amarre dentro de programa LPS Photogrammetry Suite fue desarrollada de manera exitosa para cumplir varias tareas importantes:

- LPS Photogrammetry Suite determina automáticamente la relación entre fotografías cercanas según los criterios de entrada.
- Los puntos que detecta el programa son de amarre o puntos de paso estos se extraen automáticamente utilizando métodos de extracción de objetos puntuales.
- La transferencia de puntos es la identificación y ajuste automático de puntos que aparecen en varias fotografías.
- Detección de errores sin refinar. La solución reconoce y elimina automáticamente los elementos problemáticos teniendo en cuenta los errores groseros.
- Elección de los lugares de los puntos, el número planificado de puntos de amarre especificado por el usuario se elige automáticamente como el recuento final de puntos de amarre de acuerdo al requerimiento y calidad.

Para la adquisición automática de puntos de enlace, LPS Photogrammetry Suite incorpora estrategias de correlación de imágenes, como la correlación de mínimos cuadrados para lograr puntos de enlace de alta precisión, correlación basada en objetos con restricciones geométricas, que es una simplificación del algoritmo de correlación estructural.

2.8 Propiedades de las ortofotos digitales

- La geocodificación de las ortofotos digitales son precisas en comparación con los mapas de líneas. La ubicación de cada píxel dentro del sistema de referencia está bien definida (UTM, WGS-84, etc.).
- Las ortofotos digitales ocurren en muchos períodos de tiempo. Las interrupciones atmosféricas prolongadas de los vuelos fotográficos a veces pueden alterar la apariencia de los cultivos y las condiciones de iluminación. Esta tecnología les permite producir documentos uniformes sin las discontinuidades de color que acompañan a las técnicas tradicionales. La capacidad de actualizar rápidamente mapas existentes es posible gracias a las ortofotos digitales.
- Las ortofotos adoptan escalas diferentes o variables dependiendo de la calidad del escaneo y su resolución espacial.

- Son ortofotos digitales multispectrales. Tanto las fotografías en color como las infrarrojas en color se pueden clasificar utilizando los mismos métodos porque son imágenes rasterizadas. Las ortofotos digitales son las únicas con cualidades multitemporales, multiescalas y multispectrales.
- Sus características multispectrales y multiescalares permiten compararlas con datos de teledetección para finalizar el proceso de interpretación con canales multispectrales adicionales.
- Permiten sobreimprimir mapas de líneas o temáticos para crear documentos de precisión y actualizados.
- Se pueden utilizar para realizar cálculos de superficies, distancias, desplazamientos y otras.
- Los estudios de impacto ambiental los emplean frecuentemente para crear vistas en 3D adaptándolas a la superficie de un MDT.
- Las ortofotos son una adición crucial a cualquier tipo de aplicación SIG debido a su naturaleza multidisciplinaria, lo que las convierte en una fuente de datos muy útil para los usuarios de SIG. Proporcionando información temática específica en formato vectorial y rasterizado que se adquiere con la ayuda de un software diseñado específicamente para fotografías aéreas.

2.9 Software Erdas Imagine 2015

El Software Erdas Imagine 2015 incluyen un módulo de post-procesamiento para imagen geográfica, fotogrametría y procesamiento de datos GPS y otros, ERDAS IMAGINE 2015 LPS Photogrametry Suite es una versión de los productos liberados de imágenes geográficas de ERDAS que combina la detección remota y la funcionalidad SIG en un único sistema de mapeo, análisis y visualización. Está destinado a procesar y analizar imágenes satelitales y fotografías aéreas, integrar los resultados en un entorno SIG funcional y producir mapas que puedan usarse como herramientas para diversas tareas.

La gestión de recursos naturales, la gestión de cuencas hidrográficas, las telecomunicaciones, la planificación urbana, la cartografía de hábitats y otros campos han hecho uso de ERDAS IMAGINE desde su lanzamiento. Una sofisticada colección de potentes herramientas para el análisis y la adaptación espacial se pone a disposición de los clientes a través de la interfaz intuitiva y fácil de usar del producto. Además, el software cuenta con una amplia gama de herramientas necesarias para completar tareas que van desde la adaptación de imágenes y la corrección geométrica hasta operaciones sofisticadas y el análisis de imágenes multispectrales e hiper-espectrales en entornos bidimensionales y tridimensionales.

El Software Erdas Imagine 2015 consta de varios módulos por separados: "ERDAS IMAGINE Professional, LPS Photogrammetry Suite y LPS Orima", cada una posee completa funcionalidad de lo anteriormente listado. Dependiendo del paquete, se usa normalmente el IMAGINE Profesional hay numerosos módulos complementarios disponibles para ofrecer más funcionalidad. Además, se incluyen una serie de características nuevas, como un compresor, opciones sofisticadas de creación de escenas y visualización en 3D, y capacidades mejoradas en "Multi-resolution Seamless Image Database" (MrSID), que en español significa "Multi-resolución perfecta de la imagen de base de datos", esta es un herramienta muy utilizada para la compresión de gran cantidad de giga bite a su mínima expresión, existe mejores herramientas para crear y editar, así como un conjunto completo de utilidades de importación y exportación de "Shape files" de ESRI. En esta versión, la recolección de "puntos de control" ("PCs") Utilizando una herramienta que permite velocidad y precisión en la recopilación de puntos, necesarios para la rectificación de imágenes, se puede hacer de forma precisa e intuitiva, en el cual existe una gran biblioteca que contiene "filtering kernels" o llamado filtrado de granos, es un núcleo de la matriz para cada pixel, predeterminados en la combinación "banda/radio".

Como resultado, las funciones de ortorrectificación del software facilitan la eliminación de distorsiones geométricas de fotografías aéreas e imágenes satelitales.

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA PARA LA ORTORECTIFICACIÓN DE FOTOGRAFÍAS AÉREAS

3.1 Problemática a resolver

Las fotografías aéreas analógicas, a pesar de ser una fuente valiosa de información histórica y geográfica, presentan **distorsiones geométricas** que dificultan su uso directo en estudios y construcción de obras civiles. Estas distorsiones son causadas por factores como:

Inclinación de la cámara: La falta de alineación perfecta de la cámara al momento de capturar la imagen genera deformaciones.

Topografía del terreno: La variación en la elevación del terreno provoca desplazamientos en la posición aparente de los objetos en la imagen.

Curvatura terrestre: La forma esférica de la Tierra introduce errores en la representación plana de las fotografías.

Distorsión de la lente: Imperfecciones en el equipo fotográfico pueden causar aberraciones ópticas.

La solución a esta problemática es la **ortorrectificación** de las fotografías aéreas analógicas, un proceso que corrige las distorsiones geométricas y permite:

- Obtener imágenes precisas y georreferenciadas.
- Integrar las fotografías en herramientas modernas de diseño y planificación.
- Aprovechar archivos históricos para proyectos actuales, reduciendo costos y tiempos.

3.1.1 Elección de la Zona de Actuación

Para la realización de la parte experimental de esta Tesis, y puesto que la variable fundamental a analizar es un método adecuado que cumpla las expectativas para realizar la ortorrectificación de fotografías aéreas con proyección central de la zona del proyecto.

Con la presente investigación se pretende demostrar la diferencia de las fotografías aéreas con proyección central y las ortofotos, por tanto se realizará una buena ortorrectificación de las fotografías aéreas para la utilización en cualquier tipo de trabajo como son; Saneamiento de tierras, Manejo de cuencas hidrográficas, catastro rural, proyectos de estudios a diseño final de caminos, sistema de riego, agua potable y otros proyectos como la implementación de Sistemas de Información Geográficas (SIG) en base a las fotografías aéreas ortorrectificadas.

Como siguiente premisa parece lógico seleccionar el área de trabajo, para desarrollar la parte experimental de la Tesis, ya que la presente investigación está orientada a la aplicación de la ortorrectificación de las fotografías aéreas con el uso de la nueva tecnología,

para realizar diferentes tipos de trabajos concernientes a este campo de la ingeniería y otras ramas técnicas, por esta razón se elige el Municipio de Padilla de la Provincia Tomina del departamento de Chuquisaca.

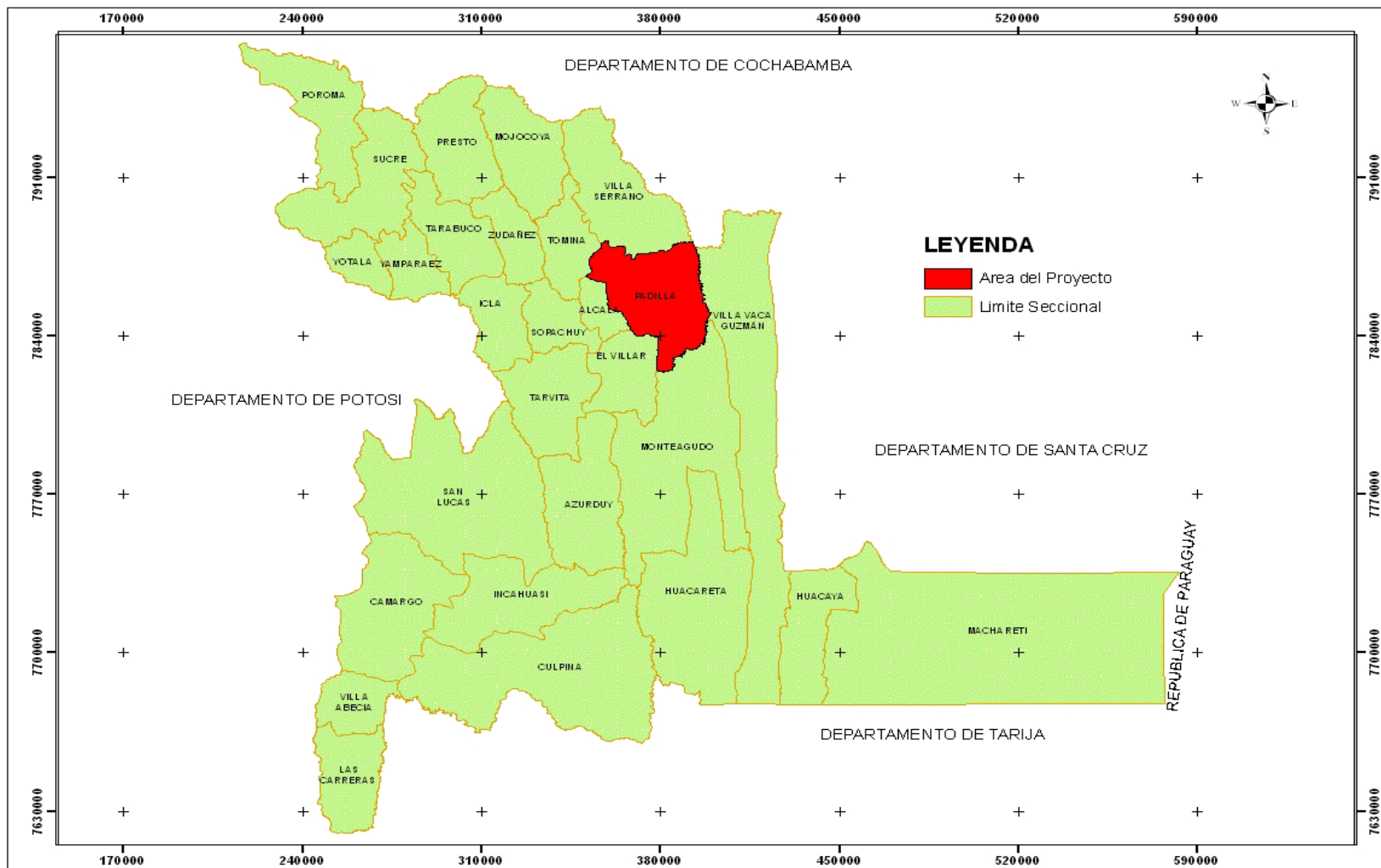
3.1.2 Ubicación Geográfica

El Municipio de Padilla se encuentra ubicada al centro del departamento de Chuquisaca con una superficie aproximada de 161368.7236 hectáreas y está localizado dentro de las siguientes coordenadas geodésicas o geográficas:

Latitud	Longitud
19°09'18.95" S	64°01'23.18" W
19°33'50.35" S	63°59'04.16" W
19°31'42.23" S	64°14'11.31" W
19°09'26.02" S	64°21'37.32" W

Limita al norte con el Municipio de Villa Serrano; por el sur con el Municipio de Monteagudo y el Rio Azero, por el lado este con el Municipio de Villa vaca Guzmán y el Rio Azero; al oeste con los con los municipios de Tomina, Alcalá y El Villar.

Figura 18. Croquis de ubicación del municipio de Padilla del departamento de Chuquisaca



Nota: creación propia con datos de limites municipales

3.2 Materiales

- Hardware (Intel R Core TM i7-6500U de 3.2 GHz, Memoria RAM de 16 GB y un disco duro de 2 TB)
- Software (Erdas Imagine 15 con el Módulo de LPS Photogrammetry Suite y OrthoBASE) liberados.
- Fotografías aéreas a escala 1: 30000, en formato digital escaneados con un escáner fotogramétrico con 25 micrones a 1016 dpi. (fuente Proyecto Piloto Chuquisaca).
- Mapas cartográficos, (fuente IGM).
- Modelos Digitales de Terreno (MDT) de la zona, fuente creación propia en base a las fotografías aéreas y puntos de control terrestre.
- Sistema de Posicionamiento Global (GPS) marca trimble de doble frecuencia para la densificación de puntos de control.
- Material de escritorio.
- Herramientas varias para trabajo de campo.

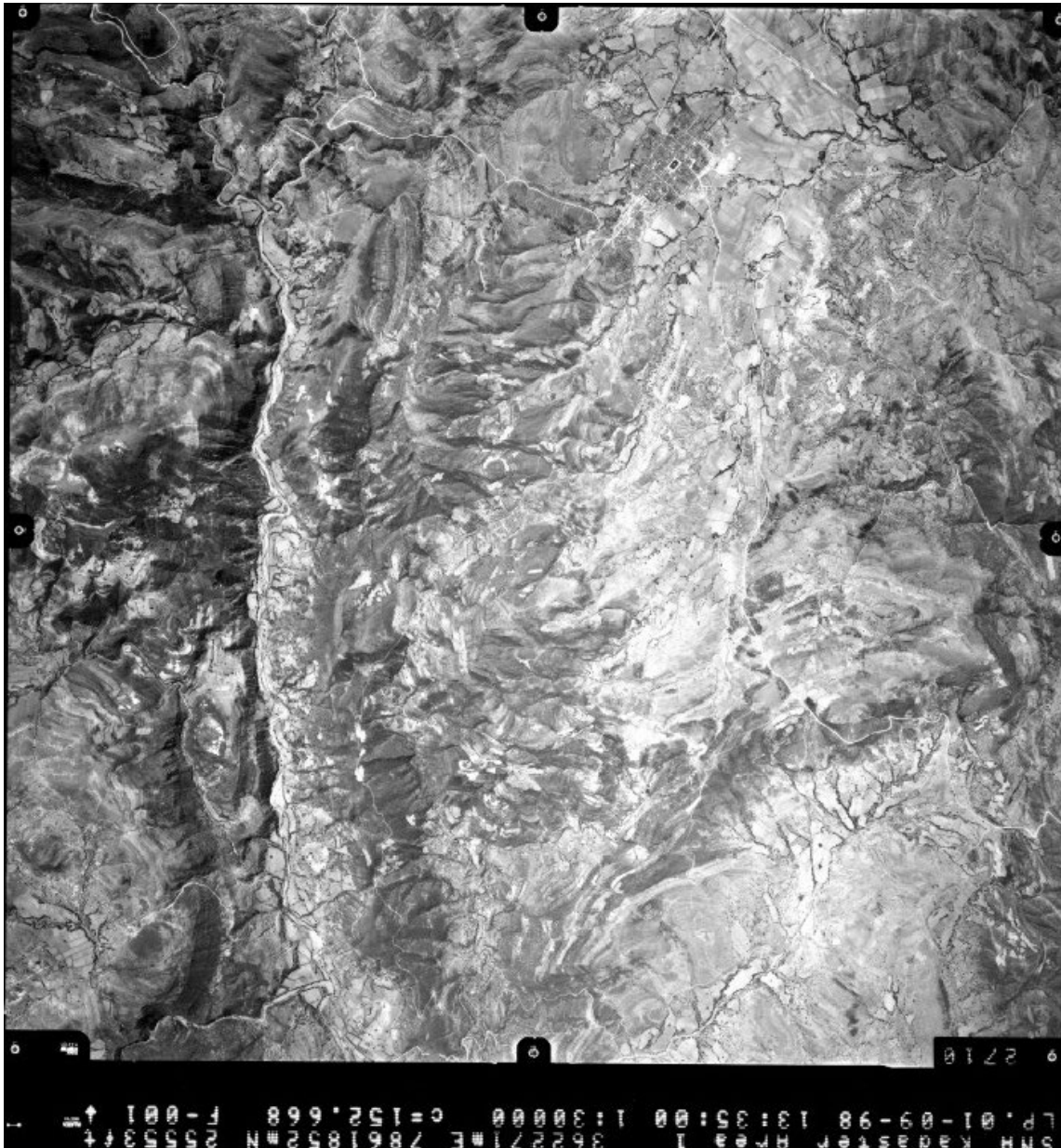
3.2.1 Equipos Geodésicos

Para el desarrollo experimental de la presente Tesis, se realiza la densificación de puntos de control de Tercer Orden o de Clase "C" con equipos GPS geodésicos de doble frecuencia con precisión milimétrica, con el objetivo de definir puntos de control de precisión y adecuadamente distribuidos en cada uno de las fotografías aéreas con el cual se cumple la teoría de contar con tres puntos de control por fotografía.

3.2.2 Fotografías Aéreas

Fotografías aéreas con proyección central a escala 1: 30000, en formato digital escaneados con escáner fotogramétrico de 25 micrones a 1016 dpi de precisión. Que fueron adquiridos por mi persona para la presente investigación con el fin de poder realizar la ortorectificación de las mismas en el territorio del Municipio de Padilla, base para la elaboración de la parte experimental de Tesis en toda su plenitud.

Figura 19. (Fotografía aérea, Sector del pueblo de Padilla y la Comunidad de San Julián Alto)



Nota: fotografía aérea utilizadas

3.3 Metodología

La ortorrectificación es un proceso fundamental en la cartografía y los estudios geoespaciales, ya que permite transformar imágenes aéreas en representaciones métricamente precisas. Este proceso corrige las distorsiones geométricas causadas por la inclinación de la cámara y la variación del relieve, asegurando que la imagen final tenga una correcta referencia espacial y una proyección ortogonal uniforme.

El presente planteamiento metodológico tiene como objetivo desarrollar un procedimiento eficiente para la ortorrectificación de fotografías aéreas analógicas utilizando **únicamente computadoras de escritorio o portátiles**, sin el uso de estaciones de fotogrametría especializadas, para este tipo de trabajos solamente se realizaba con las estaciones de fotogrametría como normalmente lo realizan en los diferentes institutos de cada país.

3.3.1 Planteamiento General

La presente Tesis, se centrará fundamentalmente, en el desarrollo de una nueva metodología a realizar la ortorrectificación de fotografías aéreas analógicas con proyección central, para que los resultados sean los óptimos y aceptables para todo tipo de trabajo a realizar en el Municipio mencionado.

Otro aspecto importante a considerar es el relativo al concepto de los errores que existen en las fotografías aéreas analógicas con proyección central. Este concepto no es único y depende mucho de las variables que están comparando como ser el Error Medio Cuadrático o (RMSE) el cual son siglas inglesas, el cual tiene que estar dentro de los parámetros aceptables.

Como parte final del estudio es el desarrollo de la metodología para el proceso de ortorrectificación de fotografías aéreas analógicas **utilizando una simple computadora de escritorio o una portátil sin la utilización de Estaciones de Fotogrametría**, esto es la parte fundamental de la presente Tesis del cual se desarrolla a detalla el flujo de trabajo hasta la obtención de ortofotos.

3.3.2 Ororrectificación con LPS Photogrammetry

Ororrectificación es el proceso de corrección geométrica de fotografías aéreas analógicas para eliminar distorsiones causadas por la inclinación de la cámara y la variación del terreno. El resultado es una ortoimagen métrica precisa, donde las coordenadas de cada punto coinciden con su posición real en el terreno, permitiendo su uso en cartografía y estudios geoespaciales.

LPS (Leica Photogrammetry Suite) es un software especializado en fotogrametría desarrollado por Leica Geosystems liberado que permite realizar procesos avanzados de ortorrectificación y generación de modelos digitales del terreno (DEM).

- a) Los componentes ópticos de las cámaras fotográficas. A medida que nos alejamos del centro (o nadir) de la imagen, la distorsión provocada por el empleo de lentes biconvexas para obtener el aumento necesario para capturar las fotografías empeora.

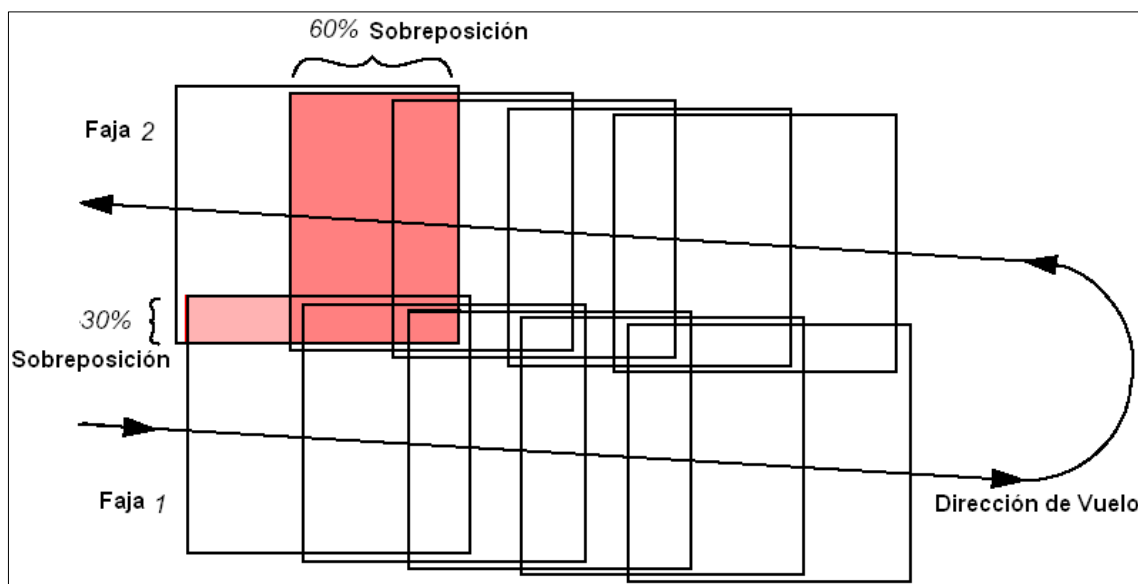
En otras palabras, sólo el núcleo de la fotografía aérea mantiene una relación de escala con la realidad.

- b) Debido a que la orografía produce una distorsión proporcional a la pendiente de las laderas, dos objetos en la ladera de una montaña en una fotografía parecen más cercanos de lo que realmente están, la distorsión causa ese efecto.
- c) Debido a un error en la película en el momento de la exposición, las imágenes también presentan deformaciones. Aunque es poco probable, si existiera, pasaría desapercibido hasta que estuviéramos listos para utilizarlos.

3.4 Proceso de Ortorrectificación de fotografías Aéreas

La Metodología desarrollada para cumplir el proceso de ortorrectificación de fotografías aéreas analógicas **utilizando una simple computadora de escritorio o una portátil sin la utilización de Estaciones de Fotogrametría**, se deben seguir los siguientes pasos con la utilización del Software LPS Photogrammetry, es muy importante contar con la información relativa de la zona del proyecto, para cumplir la parte demostrativa y experimental de la presente Tesis se dispone de fotografías aéreas a escala 1: 30000 de la gestión 1999 y 2000 con proyección central, con una sobreposición lateral de 30% y longitudinal de 60%.

Figura 20. Fotografías aéreas con sobreposición de 60 y 30%



Nota: Extracción del libro de apuntes de fotogrametría

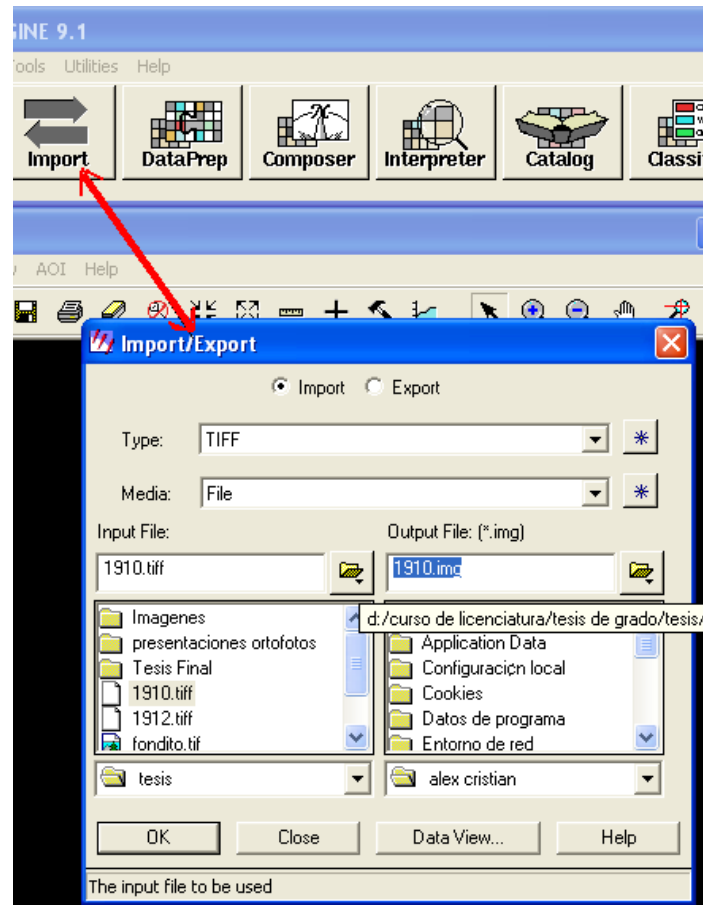
3.4.1 Transformación de Formato TIFF a IMG

Para realizar la transformación del formato (**tiff**) al formato del software (**img**), las fotografías aéreas escaneadas con un escáner específico para este tipo trabajos, el formato TIFF (Tag Image File Format) que son siglas inglesas, el cual fue desarrollado a finales de los años 80 hoy en día se ha convertido en un formato estándar, este formato permite la

definición de un espacio raster, con el cual se podrá trabajar sin perder la resolución original, para tal efecto se siguen los siguientes pasos.

Primer paso. - En el primer paso se selecciona la imagen al cual se desea transformar a otro tipo de formato tal como ve en la siguiente figura.

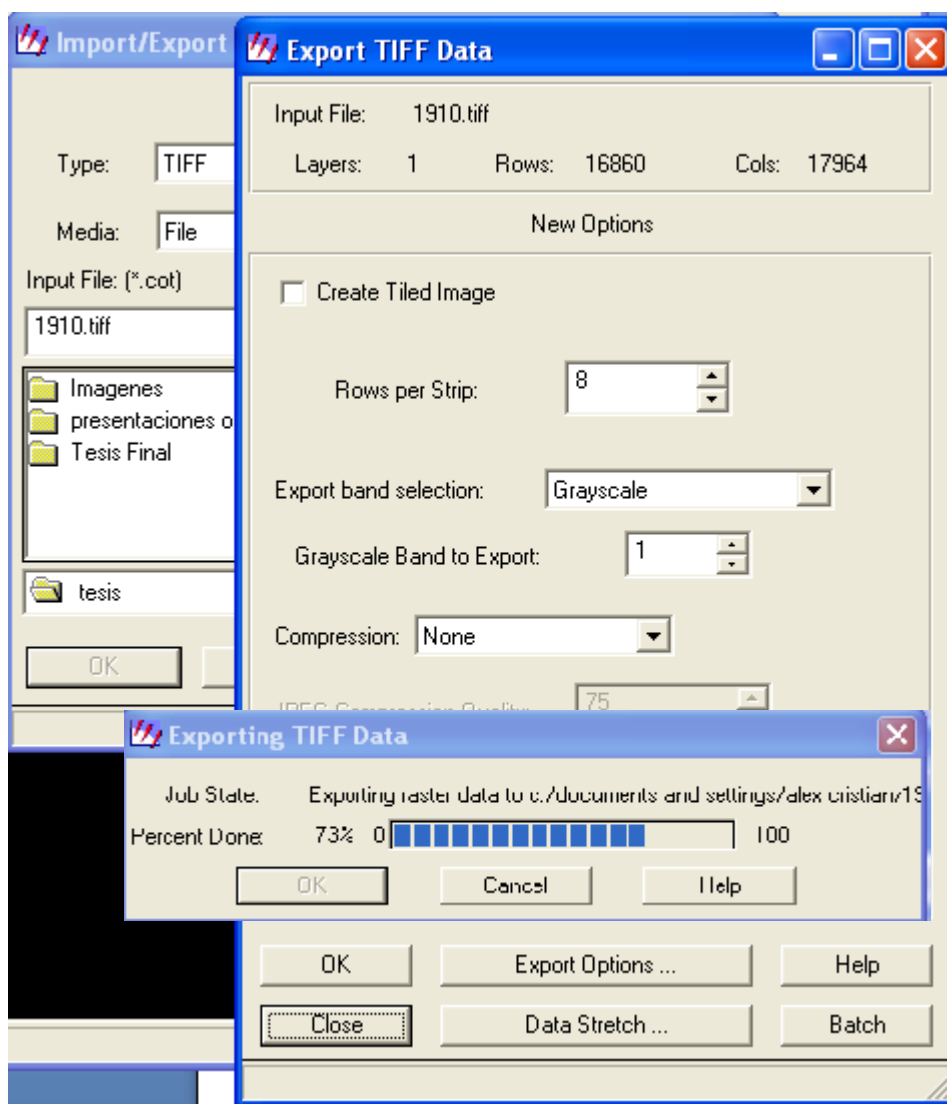
Figura 21. Transformación de un formato a otro



Nota: paso uno transformación de formato

Segundo paso. - En este paso se da un clic en ok, el cual da paso al siguiente cuadro finalmente dando un clic en el icono ok empieza a procesar la transformación tal como se ve en la figura que sigue.

Figura 22. Proceso de transformación ejecutando



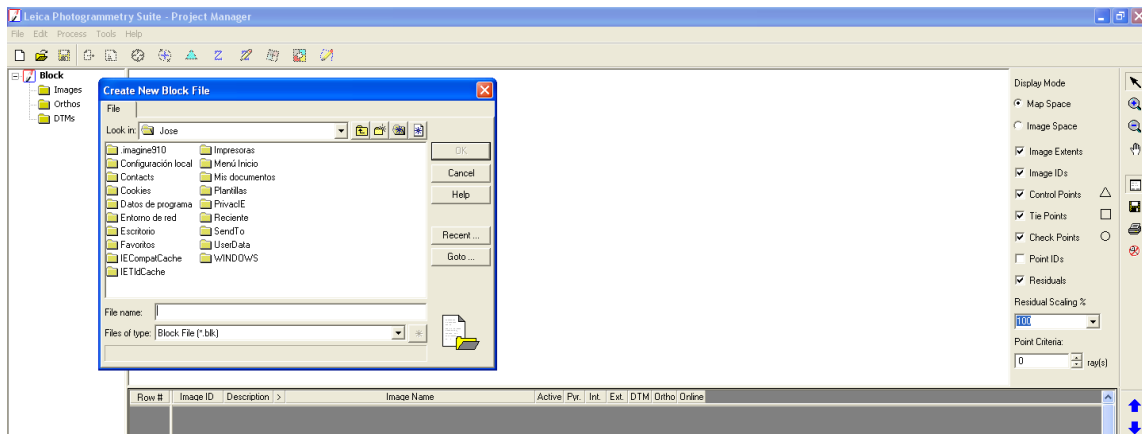
Nota: paso dos transformaciones de formato a otro

3.4.2 Creación del proyecto

La creación de un proyecto es uno de los pasos más importantes para el comienzo de la ortorrectificación, ya que en esta etapa se define el tipo de proyección, datum, zona y otros parámetros técnicos que se demuestran a continuación paso a paso.

Paso 1.- Se selecciona una ruta donde guardar los archivos para la creación de proyecto.

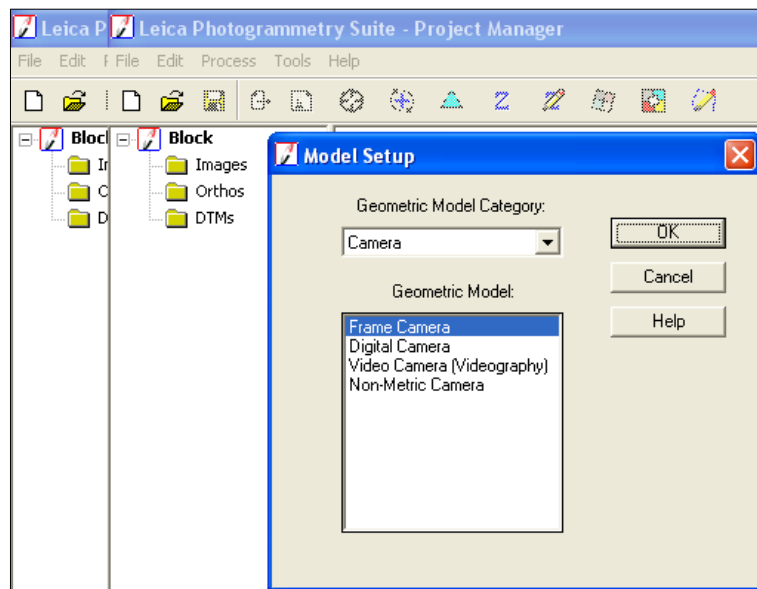
Figura 23. creación del proyecto en blanco



Nota: creación propia paso uno para la creación del proyecto

Paso 2.- Se selecciona el modelo de categoría geométrica para la creación del proyecto.

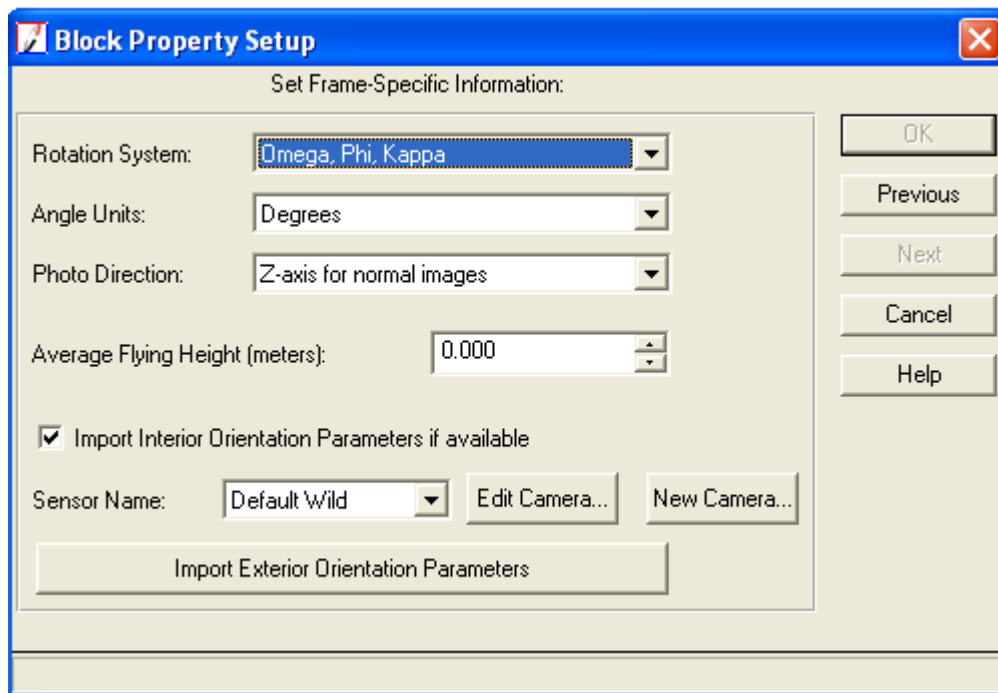
Figura 24. Selección de cámara para el proyecto



Nota: creación propia paso dos para el proyecto

Paso 3.- En esta parte se muestra la configuración del ángulo de rotación, altura de vuelo, dirección del vuelo en la creación del proyecto.

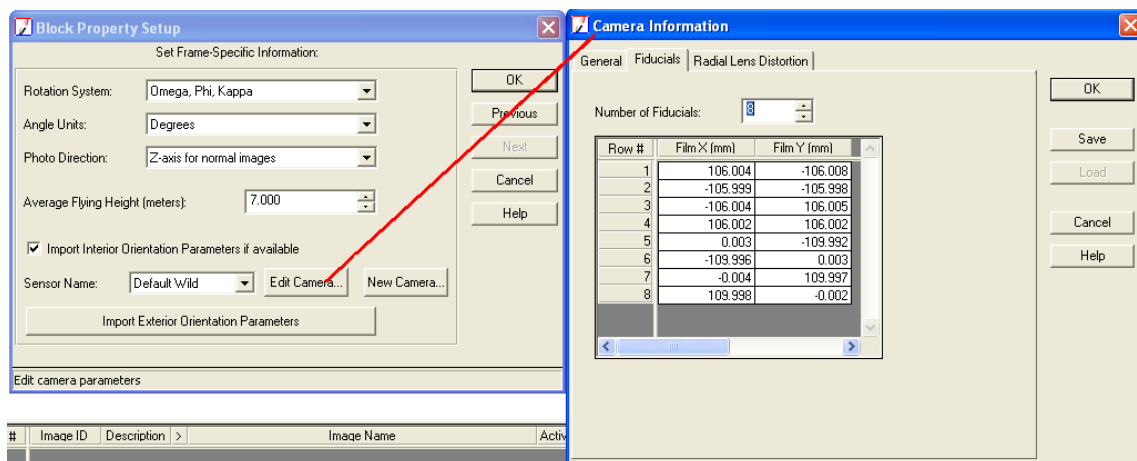
Figura 25. Asignación de parámetros para el ángulo de rotación



Nota: creación propia paso tres para el proyecto

Paso 4.- En el paso cuarto se colocan los datos de las marcas fiduciales de la cámara.

Figura 26. Asignación de datos de calibración de la cámara



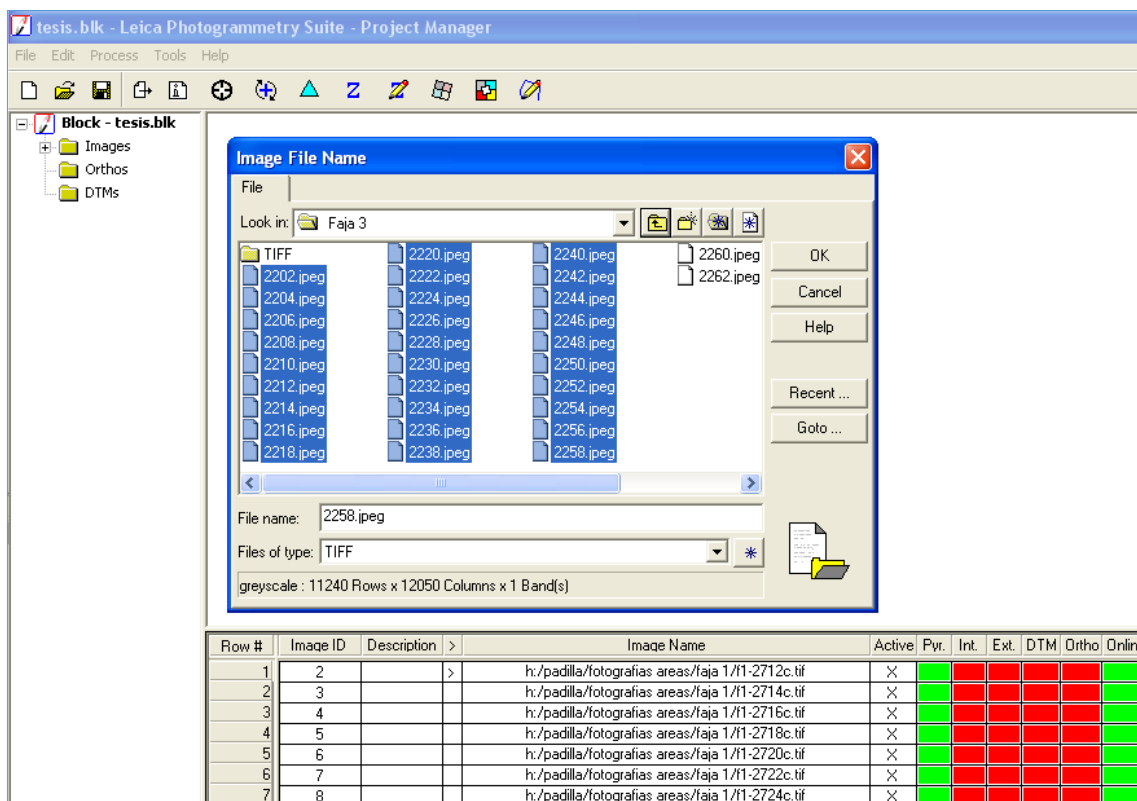
Nota: creación propia paso cuatro para el proyecto

3.4.2.1 Adicionar imágenes

Se adicionan todas las imágenes faja por faja de acuerdo a la necesidad de cada proyecto siempre cuidando de que existan modelos estereoscópicos de las fotografías aéreas

ya que sin ella el proyecto no se realiza, otra de las condiciones mínimas que se debe cumplir es que las fotos deben tener una sobreposición longitudinal de 60% y lateral de 30%.

Figura 27. Adicionando fotografías aéreas por faja en el proyecto



Nota: creación propia imagen extraído del proyecto

3.4.3 Orientación Interna

Una vez adicionado las fotografías aéreas, se realiza el proceso de orientación interna de cada una de las fotografías aéreas, la orientación interna define la geometría interna de la cámara tal como fue en el momento de la captura de los datos, las variables asociadas con el espacio de la imagen son definidas durante el proceso de orientación interna. La orientación interna se ha usado principalmente para transformar el sistema de coordenadas de píxel de la imagen en el sistema de coordenadas espaciales de la imagen.

La orientación interna consiste en la determinación de las coordenadas de las marcas fiduciales de la imagen las que son referenciadas a un sistema de coordenadas de píxel. El sistema de coordenadas de píxel tiene una coordenada x (columna) y una coordenada y (fila). El origen del sistema de coordenadas de píxel es la esquina superior izquierda de la imagen que tiene un valor de columna y de fila de 0 a 0 respectivamente.

Paso 2.- En este paso se transforman las coordenadas de pixel a coordenadas de imagen para la orientación interna.

Figura 29. Parámetros de orientación interna del proyecto

The screenshot shows the 'Frame Camera Frame Editor' dialog box in the Leica Photogrammetry Suite. The 'Interior Orientation' tab is active, showing fiducial marker data and a table of image coordinates. A red arrow points from the 'Coordinates de Imagen' label to the 'Image X' and 'Image Y' columns in the table.

Point #	Color	Image X	Image Y	Film X	Film Y	Residual X	Residual Y
1	Green	11785.603	5712.094	113.007	-0.001	-0.146	-0.016
2	Green	1004.163	5616.893	-112.995	-0.008	0.056	0.066
3	Green	6432.984	283.561	0.013	112.996	-0.243	-0.218
4	Green	6337.308	11045.734	0.007	-113.009	0.006	0.154
5	Green	11812.927	330.688	113.004	112.999	-0.043	0.233

Row #	Image ID	Description	Image Name	Active	Pvt.	Int.	Ext.	DTM	Ortho	Online
35	36		d:/padilla/fotografias areas/faja 3/2234.jpeg	X						
36	36		d:/padilla/fotografias areas/faja 3/2236.jpeg	X						
37	38		d:/padilla/fotografias areas/faja 3/2238.jpeg	X						
38	39		d:/padilla/fotografias areas/faja 3/2240.jpeg	X						
39	40		d:/padilla/fotografias areas/faja 3/2242.jpeg	X						
40	41		d:/padilla/fotografias areas/faja 3/2244.jpeg	X						
41	43		d:/padilla/fotografias areas/faja 4/2159.jpeg	X						
42	44		d:/padilla/fotografias areas/faja 4/2161.jpeg	X						
43	45		d:/padilla/fotografias areas/faja 4/2163.jpeg	X						
44	46		d:/padilla/fotografias areas/faja 4/2165.jpeg	X						
45	47		d:/padilla/fotografias areas/faja 4/2167.jpeg	X						
46	48		d:/padilla/fotografias areas/faja 4/2169.jpeg	X						
47	49		d:/padilla/fotografias areas/faja 4/2171.jpeg	X						
48	50		d:/padilla/fotografias areas/faja 4/2173.jpeg	X						
49	51		d:/padilla/fotografias areas/faja 4/2175.jpeg	X						
50	52		d:/padilla/fotografias areas/faja 4/2177.jpeg	X						
51	53		d:/padilla/fotografias areas/faja 4/2179.jpeg	X						
52	54		d:/padilla/fotografias areas/faja 4/2181.jpeg	X						
53	55		d:/padilla/fotografias areas/faja 4/2183.jpeg	X						
54	56		d:/padilla/fotografias areas/faja 4/2185.jpeg	X						

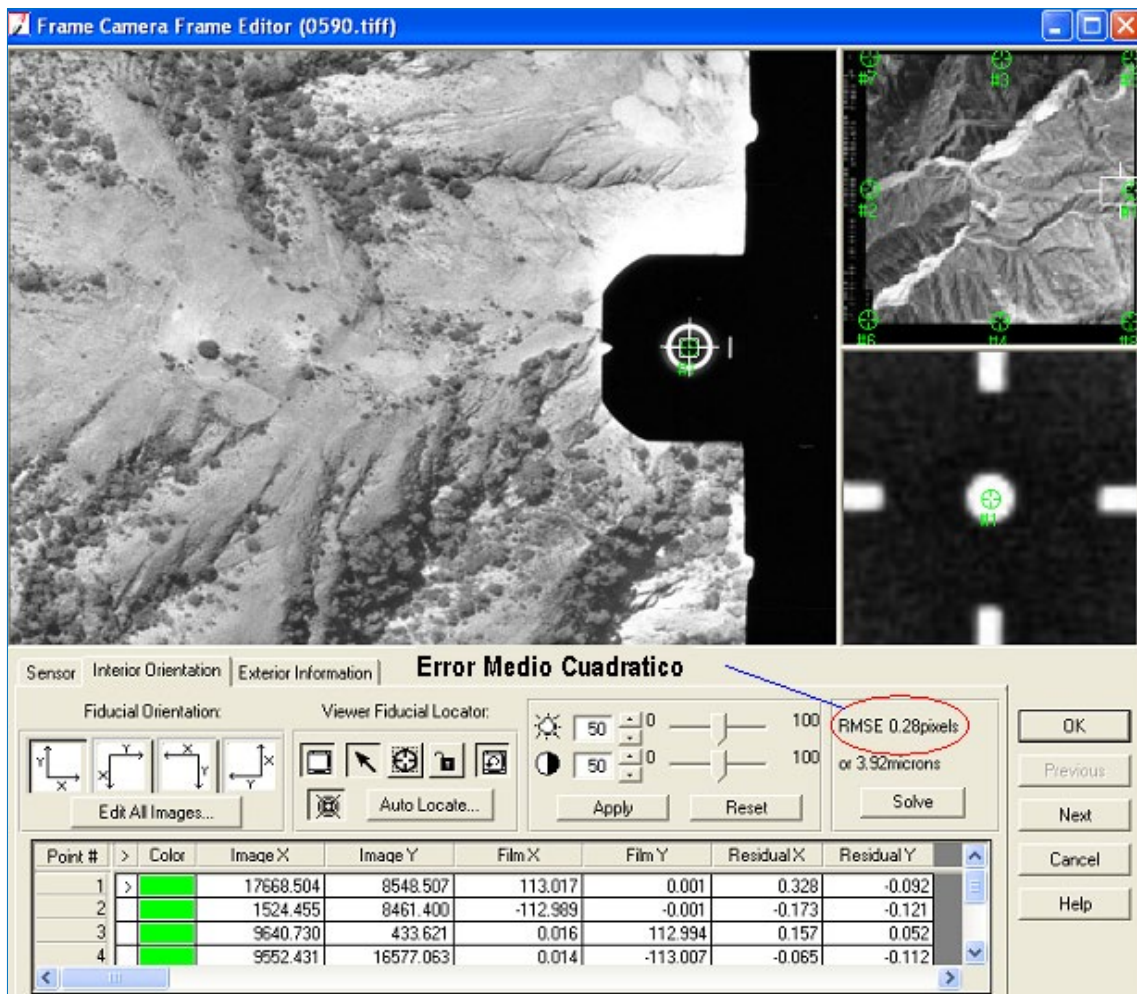
Nota: creación propia imagen extraído del proyecto orientación interna

Las coordenadas de imagen x - y asociadas con las marcas fiduciales calibradas y las coordenadas de píxel X y Y de las marcas fiduciales medidas, se emplean para identificar los seis coeficientes de la transformación afín, que luego se utilizan para modificar cada conjunto de coordenadas de píxeles de columna (x) y fila (y) en coordenadas de la imagen en proceso.

El error medio cuadrático (RMSE), también conocido como índice estadístico, indica la calidad de la traducción afín bidimensional. El grado de correspondencia entre las coordenadas de los marcas fiduciales calibrados y sus correspondientes valores de imagen medidos está representado por el error EMC; Los errores RMSE grandes indican una correlación muy pobre, que puede deberse a información inadecuada, escaneos de baja calidad o distorsión de la película. Calibración obsoleta o medición inexacta de la imagen.

Paso 3.- En este paso se ve el cálculo del Error Medio Cuadrático como producto final de la orientación interna.

Figura 30. proceso de calculo del error medio cuadrático.



Nota: creación propia imagen extraído del proyecto orientación interna

La traducción entre el origen del sistema de coordenadas de píxeles y el origen del sistema de coordenadas de la imagen (x_{o-file} y y_{o-file}) también se define mediante la transformación afín. Una imagen escaneada de una fotografía aérea normalmente se gira debido al proceso de escaneo; esta es otra forma en que la transformación afín tiene en cuenta la rotación del sistema de coordenadas de la imagen considerando el ángulo θ . El proceso de cálculo del Error Medio Cuadrático es resultado del pinchado en cada uno de sus marcas fiduciales.

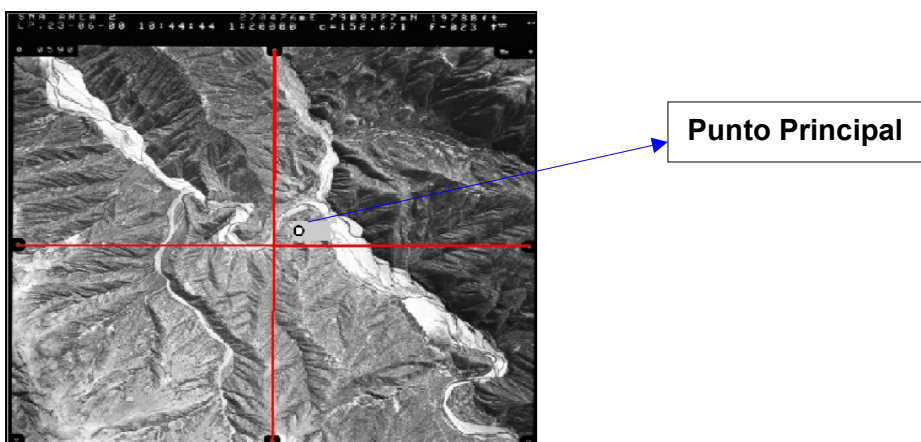
3.4.4 Orientación Externa.

La orientación externa describe la posición y la orientación angular de la imagen; Las variables que determinan la posición y orientación de la imagen se conocen como elementos de orientación externa. X_o , Y_o y Z_o son elementos posicionales de orientación externa que

definen el centro del punto de vista (O) y los atributos asociados a una imagen en el momento de la exposición o captura. Z_o , que se especifica con respecto al datum WGS-84, es la altura de la cámara sobre el nivel del mar y se indica como el punto principal con respecto al sistema de coordenadas espaciales del terreno (X, Y, Z).

La intersección de la línea perpendicular que apunta desde el centro de proyección al plano de la imagen se conoce como punto principal o plano focal en matemáticas. La distancia focal de las cámaras aéreas gran angular es de aproximadamente 153 milímetros o 6 pulgadas. Por lo tanto, para la rotación se considera el punto central de la fotografía aérea, como se muestra en la imagen.

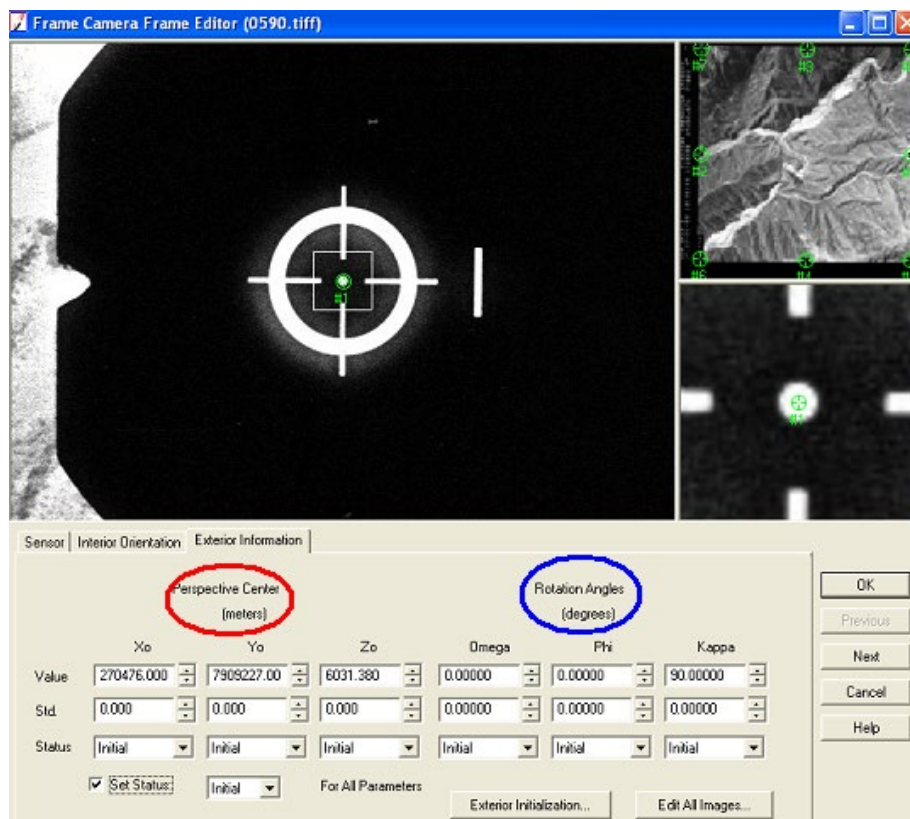
Figura 31. Identificación del punto principal o de origen



Nota: creación propia imagen extraída del proyecto orientación externa

Se definen tres ángulos de rotación para determinar la orientación angular son ϕ (ϕ), κ (κ) y ω (ω), y los elementos de rotación de orientación externa explican la relación entre el sistema de coordenadas de la imagen (x, y, z) y el sistema de coordenadas espaciales del terreno (X, Y, Z).

Figura 32. Parámetros de la orientación externa



Nota: creación propia imagen extraída del proyecto orientación externa

Los datos de X_o , Y_o , Z_o , Ω (ω), Φ (φ) y \Kappa (κ) son datos que se rescata del vuelo cinemático, ya que durante el vuelo fotogramétrico realizado existían equipos GPS al bordo del avión junto a la cámara fotogramétrica y otros estaban en tierra en diferentes lugares, los datos mencionados son resultados del ajuste realizado una vez terminado el vuelo.

Las rotaciones alrededor de los ejes fotográficos X, Y y Z se denominan omega, phi y kapa, respectivamente. Todos se consideran positivos si giran en sentido antihorario cuando se ven desde el extremo positivo de los respectivos ejes. Existen muchos protocolos que especifican la secuencia y dirección de los tres ángulos de rotación; se recomienda utilizar las conversiones ω , φ y κ . El eje z fotográfico es el mismo que el eje óptico (distancia focal) y las coordenadas ω , φ y κ son paralelas al sistema de coordenadas espaciales del terreno.

3.4.5 Puntos de control terrestre

Los puntos de control terrestre, que son objetos distinguibles en la superficie de la Tierra con coordenadas de terreno X, Y y Z establecidas, son esenciales para establecer con precisión una relación entre la cámara, el terreno y las fotografías de un proyecto. Un punto

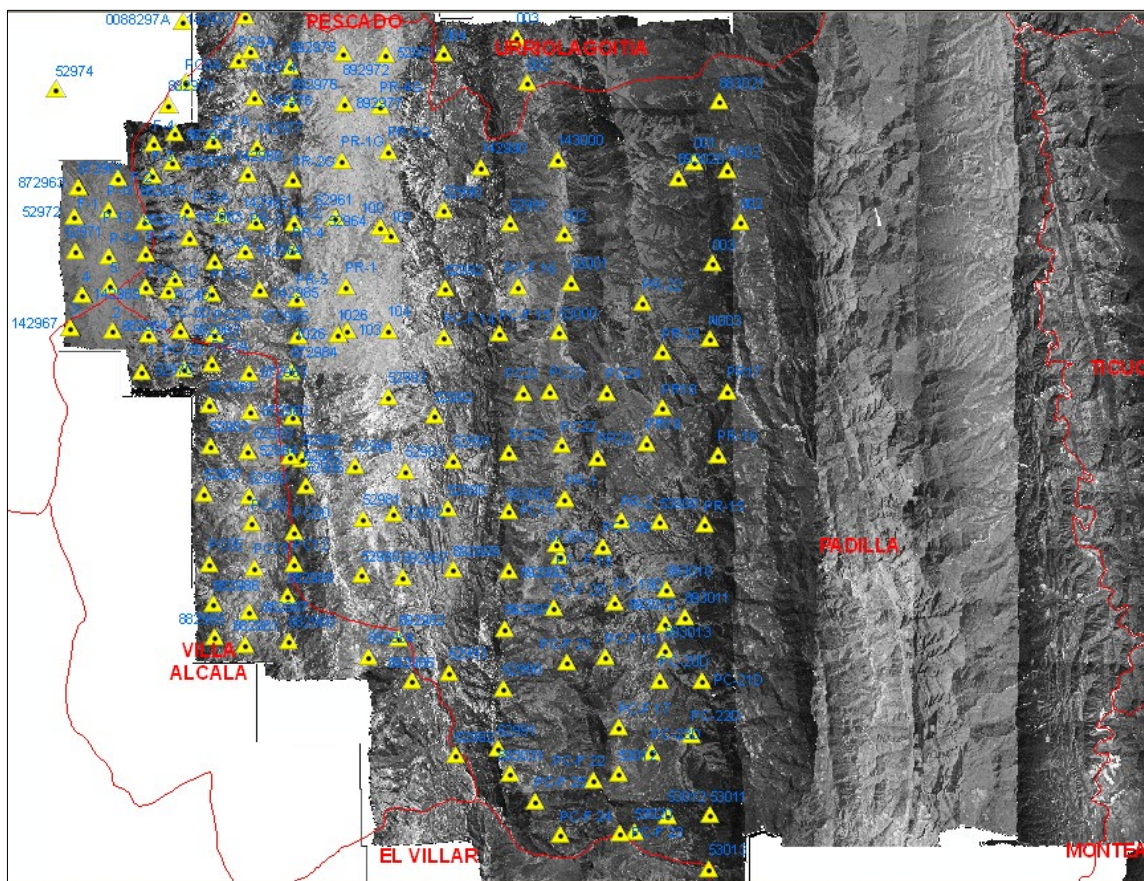
de control completo está asociado con las coordenadas X, Y y Z (elevación del punto); solo X e Y son especificados por el control horizontal, y Z es mencionado por el control vertical.

Los objetos de la superficie terrestre se utilizan como puntos de control terrestre los cuales son los siguientes:

- Intersección de vías
- Infraestructura de servicios públicos
- Intersección de parcelas de cultivos agrícolas
- Mojonos de levantamientos
- Mojonos preseñalizados y otros

Para esta Tesis, los puntos de control terrestre fueron obtenidos con equipos GPS. Geodésicos de doble frecuencia de marca trimble y topcom, en toda el área del trabajo tal como ve en la siguiente figura.

Figura 33. puntos de control terrestre obtenidas en campo



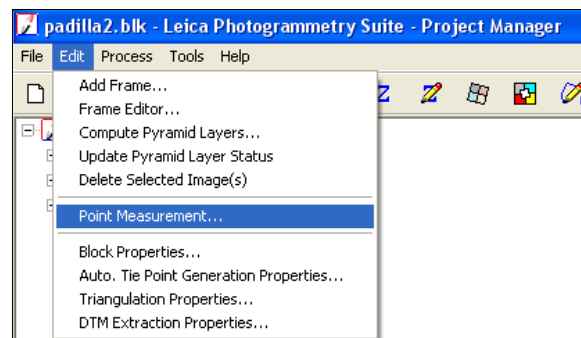
Nota: creación propia imagen extraído del proyecto

Luego que la fotografía es expuesta, se obtiene los puntos de control terrestre identificando en el mismo y posteriormente se despliegan sobre la fotografía, con la ayuda

del Software LPS Photogrammetry Suite, los cuales fueron obtenidos en campo mediante brigadas de trabajo, en esta parte es donde se empieza a con la fotointerpretación ya que para poder identificar y ubicar los puntos de control se trabajo envase a las fotografías pinchadas en campo para cada punto de control, para tal efecto se siguen los siguientes pasos.

Paso uno, en este paso se ingresa al menú Edit, y después se busca en el submenú mensura de puntos tal como se ve en la figura.

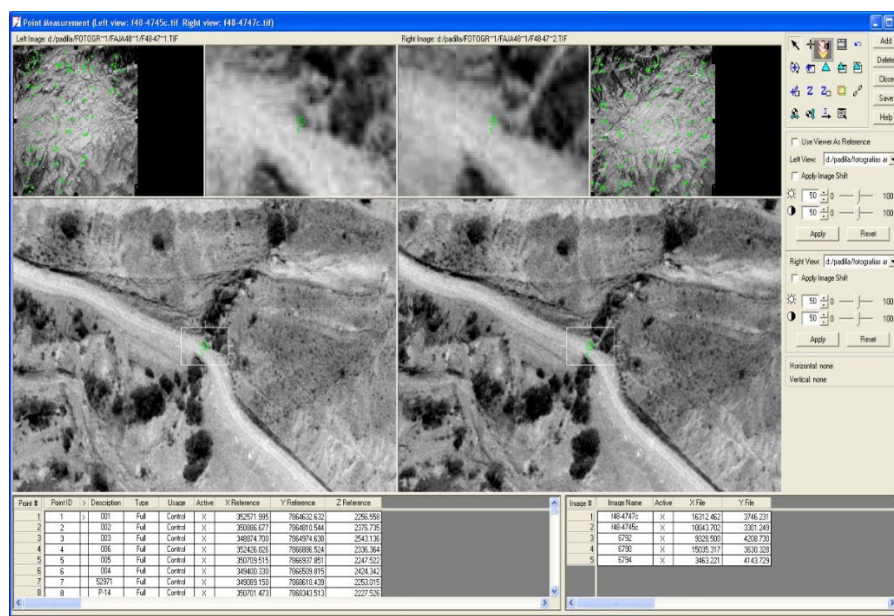
Figura 34. Proceso de identificación de puntos de control terrestre



Nota: creación propia imagen extraída del proyecto

Paso dos, una vez concluido el paso uno se pasa a la siguiente ventana donde aparece otra ventana con un par de fotografías aéreas con sobreposición longitudinal de 60% en el cual se van identificando los puntos de control obtenidos en campo por las brigadas tal como se demuestra en esta figura.

Figura 35. Identificación de puntos de control terrestre



Nota: creación propia imagen extraída del proyecto

A los efectos de la aerotriangulación en bloque, cada fotografía incluía nueve puntos de control terrestre. Otros puntos de control sirven como puntos de control para confirmar de forma independiente la precisión y calidad generales de la solución de aerotriangulación en bloque. Al comparar las coordenadas determinadas fotogramétricamente en los puntos de control con sus valores iniciales, un análisis de puntos de control produce un valor RMSE que muestra qué tan cerca coinciden los valores estimados con los valores originales.

Los requerimientos mínimos de puntos de control se cumplieron en todo el bloque ya que como mínimo fue de 4 puntos, pero en este proyecto se trabajó con más puntos de control por el tamaño de las fotografías aéreas y la topografía de la zona que es accidentada, ya que está dentro de las precisiones que para cualquier proyecto de ingeniería, en relación con el establecimiento de una relación entre el espacio de la imagen y el espacio del terreno, todo lo mencionado se puede ver con más claridad en la figura que sigue.

Figura 36. Puntos de control insertos en fotografías aéreas

The screenshot displays the 'Leica Photogrammetry Suite - Project Manager' window. The main view shows a grid of aerial photographs with red triangles indicating control points. The interface includes a toolbar, a file explorer on the left, and a control panel on the right. Below the main view is a table with the following data:

Row #	Image ID	Description	Image Name	Active	Pty.	Int.	Ext.	DTM	Dirfho	Online
1	1		d:\padilla\fotos\areas\aja 40\40-4745-01.tif	X						
2	2		d:\padilla\fotos\areas\aja 40\40-4747-01.tif	X						
3	3		d:\padilla\fotos\areas\aja 40\40-4743-01.tif	X						
4	4		d:\padilla\fotos\areas\aja 40\40-4751-01.tif	X						
5	5		d:\padilla\fotos\areas\aja 40\40-4753-01.tif	X						
6	8		d:\padilla\fotos\areas\aja 49\49-6790-peg	X						
7	9		d:\padilla\fotos\areas\aja 49\49-6792-peg	X						
8	10		d:\padilla\fotos\areas\aja 49\49-6794-peg	X						
9	11		d:\padilla\fotos\areas\aja 49\49-6796-peg	X						
10	12		d:\padilla\fotos\areas\aja 49\49-6798-peg	X						
11	13		d:\padilla\fotos\areas\aja 49\49-6800-peg	X						
12	14		d:\padilla\fotos\areas\aja 49\49-6802-peg	X						
13	19		d:\padilla\fotos\areas\aja 50\50-4857-peg	X						
14	20		d:\padilla\fotos\areas\aja 50\50-4859-peg	X						
15	21		d:\padilla\fotos\areas\aja 50\50-4861-peg	X						
16	22		d:\padilla\fotos\areas\aja 50\50-4863-peg	X						
17	23		d:\padilla\fotos\areas\aja 50\50-4865-peg	X						
18	24		d:\padilla\fotos\areas\aja 50\50-4867-peg	X						
19	25		d:\padilla\fotos\areas\aja 50\50-4869-peg	X						
20	26		d:\padilla\fotos\areas\aja 50\50-4871-peg	X						
21	27		d:\padilla\fotos\areas\aja 50\50-4873-peg	X						
22	28		d:\padilla\fotos\areas\aja 50\50-4875-peg	X						

Nota: creación propia con imagen extraído del proyecto

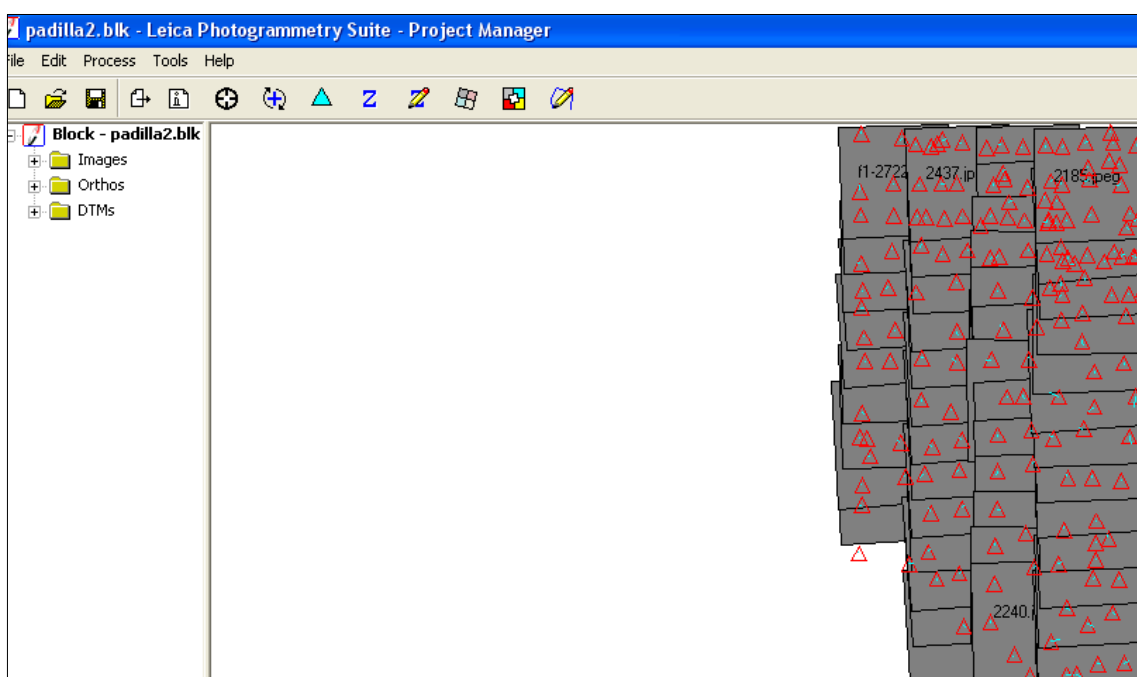
3.4.6 Aerotriangulación

Se procedió a procesar una faja pequeña de imágenes adyacentes, ya que existen los puntos de control suficientes para cada imagen. Esto incrementa la calidad en el proceso de ortorrectificación, ya no solo se medirán tres puntos de control en las esquinas de una faja si no estarán distribuidos en todo el bloque es muy beneficioso. Por lo tanto, en regiones con

menos redundancia, como las esquinas de una franja o bloque, la geometría no se puede imponer durante la aerotriangulación del bloque.

En la siguiente ilustración se puede ver la configuración de puntos de control para varias fajas de fotografías aéreas que tienen traslape longitudinal del 60% y lateral de 30%. Los triángulos representan a los Puntos de control, de esta manera las posiciones de imágenes y los puntos de control se midieron en las áreas de traslape y en todo el bloque de las imágenes.

Figura 37. Puntos de control terrestre para aerotriangulación en bloque



Nota: creación propia con imagen extraída del proyecto

3.4.6.1 Generación Automática de los Puntos de Amarre

Dado que elegir y medir los puntos de amarre o de paso era un proceso costoso y que requería mucho tiempo, la aerotriangulación automatizada se ha convertido en los últimos años en un área importante de investigación y desarrollo en fotogrametría. Con esta metodología, adquirir puntos de amarre automáticos ahora es sencillo.

Sin embargo, debido a la complejidad de esa situación, la aerotriangulación automatizada (la identificación automática de puntos de control) sigue siendo un problema abierto. Los importantes hallazgos de la investigación sobre aerotriangulación automatizada indican que en los próximos años se lograrán muchos más avances en esta área.

Después de investigar las ventajas y las debilidades de los métodos existentes, LPS Photogrammetry Suite fue el software más apropiado para el proceso de ortorectificación el

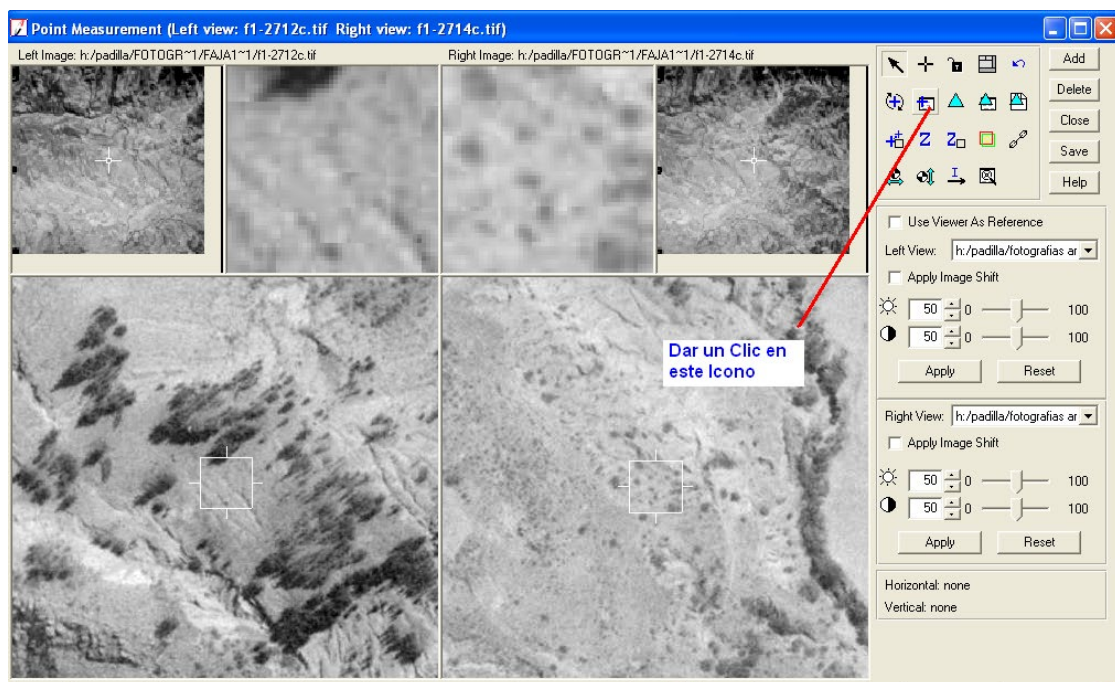
cual incorpora un enfoque sofisticado para adquirir automáticamente lugares de amarre. La técnica se puede aplicar a una amplia gama de fotografías digitales. También se admite el mecanizado de numerosas fajas, como por ejemplo fajas transversales, diagonales y adyacentes.

Las siguientes tareas se completan con éxito mediante la adquisición automática de puntos de enlace con la utilización de LPS Photogrammetry Suite:

- LPS Photogrammetry Suite determina automáticamente la relación entre fotografías vecinas según los criterios de entrada inicial.
- Se emplean estaciones de puntos de amarre automatizadas y algoritmos de extracción de objetos puntuales para identificar posibles lugares de puntos de paso o amarre.
- La capacidad de identificar y cambiar automáticamente puntos que concurren en varias imágenes se conoce como transferencia de puntos.
- El descubrimiento de errores es lento. La solución reconoce y elimina automáticamente los elementos problemáticos.
- La elección de dónde amarrar. El número planificado de puntos de amarre especificado por el usuario se elige automáticamente como el recuento final de puntos de amarre.

Paso Uno. - En este paso es para generar en forma automática los puntos de paso.

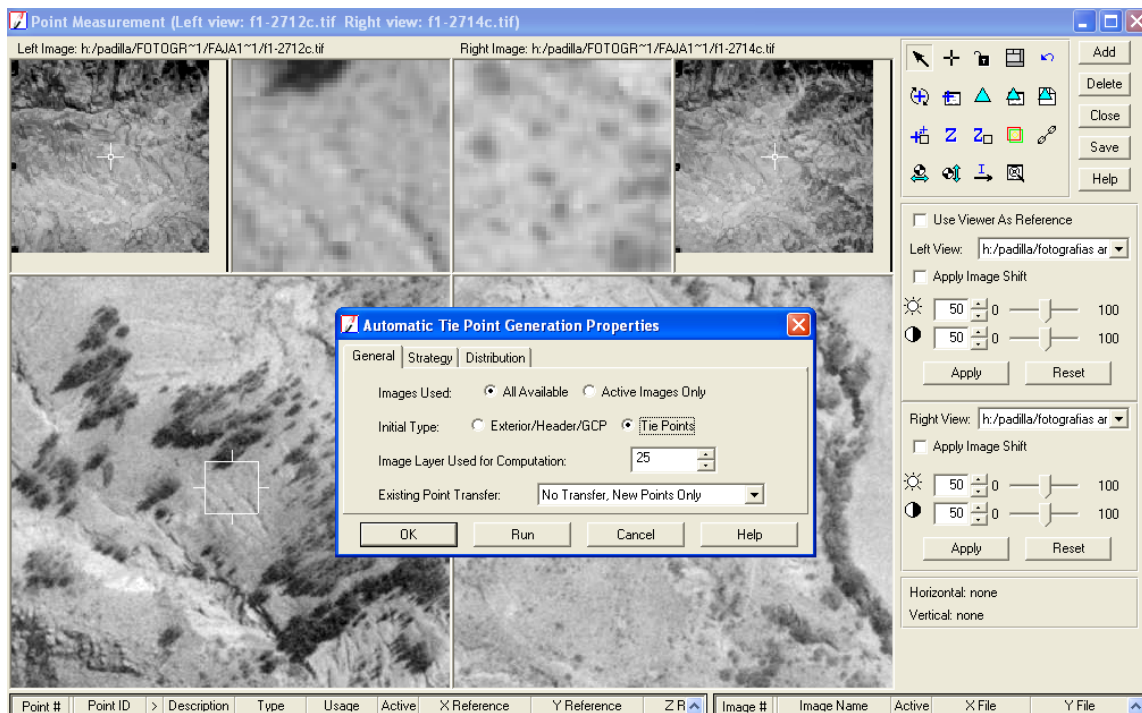
Figura 38. Generación automática de puntos de paso



Nota: creación propia con imagen extraída del proyecto

Paso dos. - En el cual se asigna la cantidad de puntos que uno desea que aparezca en cada una de las fotografías aéreas, una vez determinado la cantidad de puntos se da **Run** y empieza el proceso.

Figura 39. Generación automática de puntos de paso o de amarre



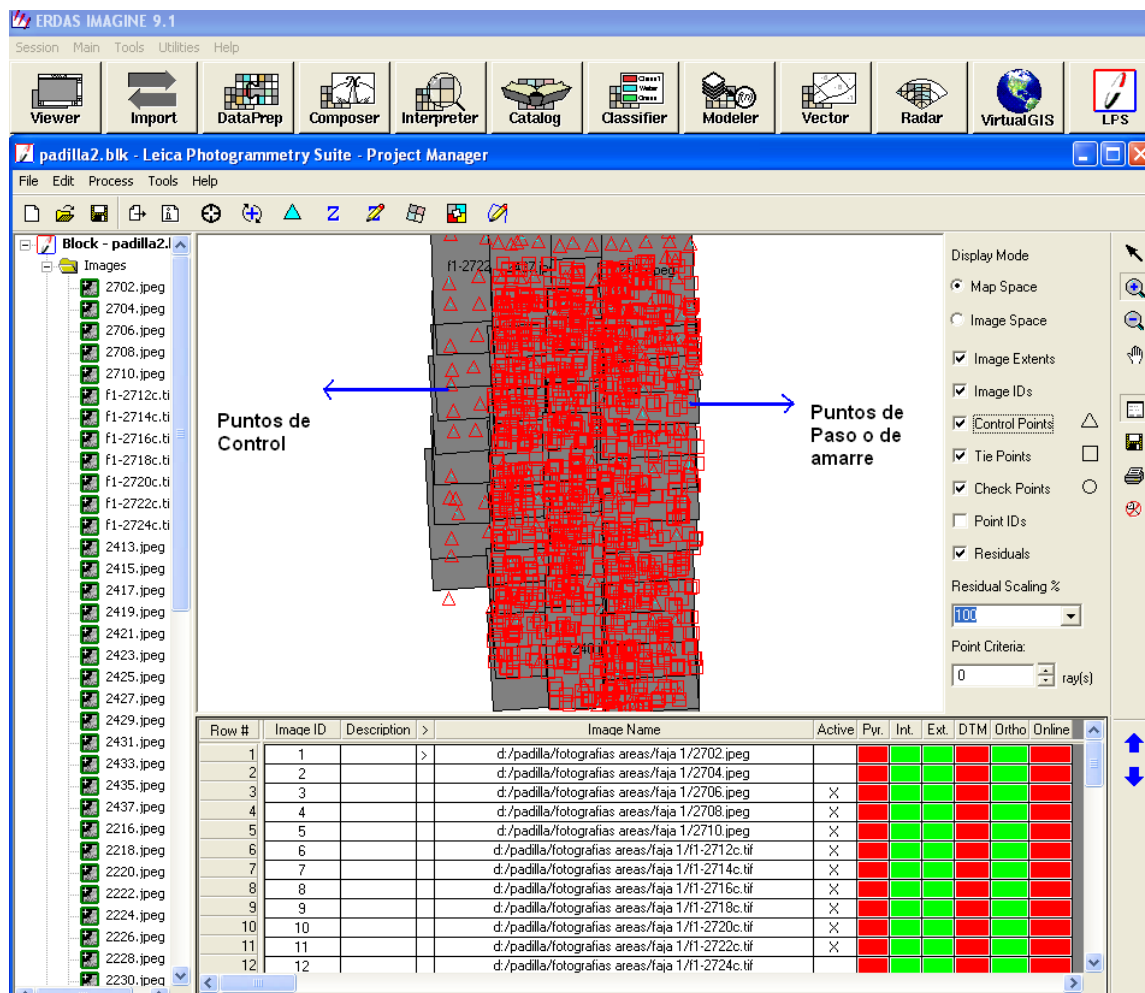
Nota: creación propia con imagen extraía del proyecto

3.4.6.2 Puntos de Amarre o de Paso

Una ubicación que es visualmente evidente en el área de superposición entre dos o más fotografías, pero cuyas coordenadas del terreno se desconocen se denomina punto de amarre o punto de paso. Se midieron las coordenadas terrestres de los puntos de unión, que se determinaron durante la aerotriangulación de un bloque, y se reconocieron las ubicaciones de las imágenes correspondientes a los puntos de unión que aparecían en las áreas superpuestas.

Los lugares de amarre o paso eran claramente visibles en cada imagen; Lo ideal es que contrasten bien en ambas direcciones, como es el caso de las esquinas de los campos o los cruces de carreteras. Los puntos de amarre están espaciados uniformemente a lo largo del bloque; normalmente, en cada imagen se define un número suficiente de puntos de amarre para garantizar que el bloque que esté aerotriangulado.

Figura 40. Resultado de la generación automática de puntos de amarre o de paso



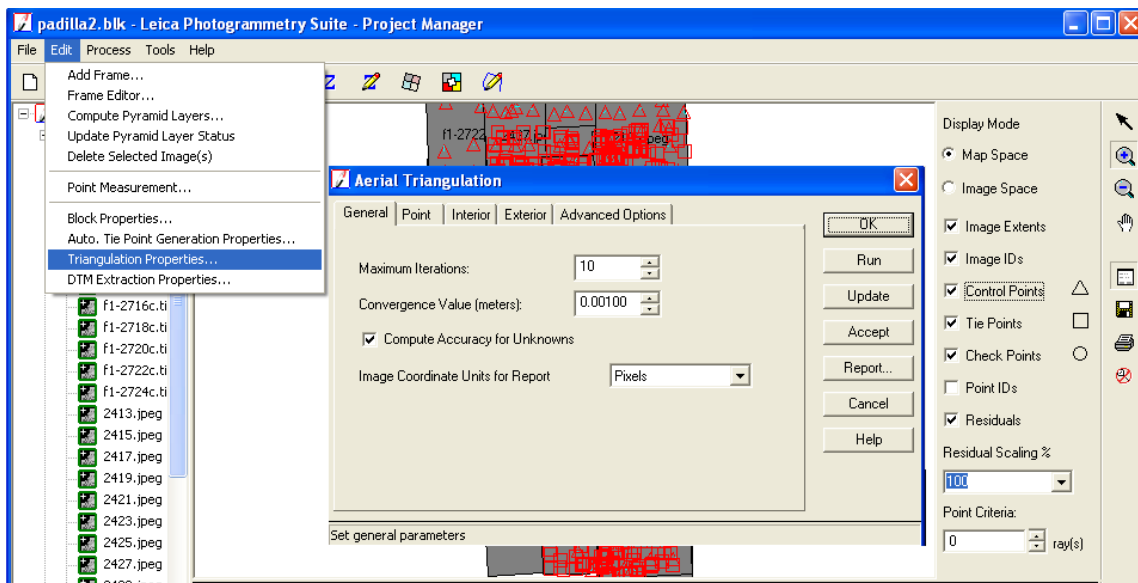
Nota: Creación propia con imagen extraída del proyecto

Nueve puntos por imagen son suficientes para conectar el bloque y las fajas individuales en un bloque de imágenes con una cobertura longitudinal del 60% y una cobertura lateral del 30%.

Después de haber realizado todos los pasos, se procede a realizar la Aerotriangulación en Bloque, este es uno de los pasos más importantes ya que de los resultados depende mucho de que la ortorectificación de las fotografías aéreas tenga buena precisión, para lo cual se siguen los siguientes pasos.

En este paso se realiza la aerotriangulación con todos los datos de puntos de control y los puntos de paso.

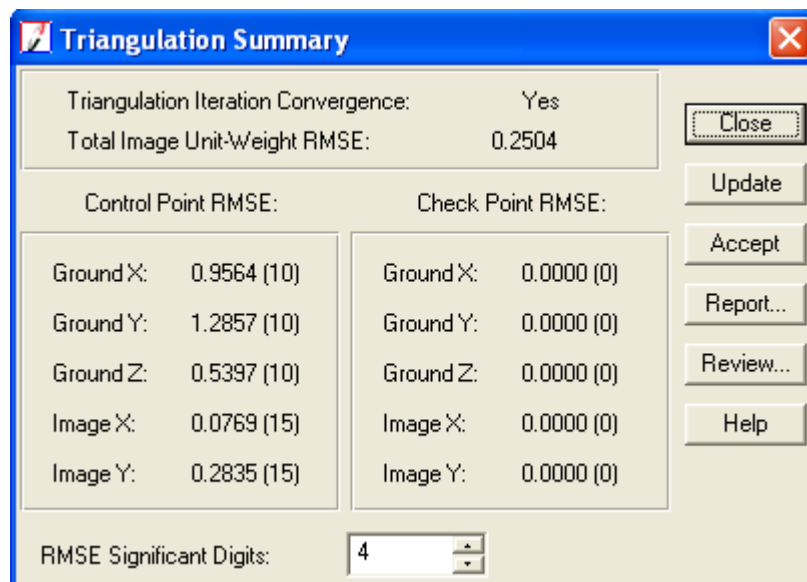
Figura 41. Proceso de aerotriangulación en bloque



Nota: Creación propia con imagen extraída del proyecto

Una vez realizado este paso en la siguiente figura aparece los resultados de aerotriangulación tal como se ve en la figura.

Figura 42. Resultado del proceso de aerotriangulación en bloque



Nota: Creación propia con imagen extraída del proyecto

Una vez aceptado el resultado del proceso de aerotriangulación, el siguiente paso es ver los reportes en el cual aparecen las coordenadas de imagen, las coordenadas de los puntos de control, puntos de paso o de amarre, parámetros de orientación externa, el error estándar y otros. (Ver las figuras que siguen).

Figura 43. Reporte del proceso de aerotriangulación

The Triangulation Report With LPS

The output image x, y units: pixels
 The output angle unit: degrees
 The output ground X, Y, Z units: meters

The Input Image Coordinates
 image ID = 15

Point ID	x	y
51	1987.045	8693.629
52	2246.884	5646.769
53	6265.746	9384.913
10	7105.626	3119.373
54	7536.569	5521.018
55	10415.559	9608.152
8	9932.875	2402.875
231	11768.008	759.634
233	8606.397	1288.663
234	11847.113	1626.690
235	8329.509	1862.995
237	8519.878	2863.542
239	8155.398	3288.800
242	9534.292	3951.443
244	10324.008	1952.859
285	11809.033	1242.847
567	2229.208	193.224
568	3038.572	212.405
569	4747.458	204.486
570	6712.569	426.561
571	5488.884	615.301
572	2871.765	1044.947
573	2868.436	1292.549
574	2990.142	1249.646
575	1334.835	1444.117
576	1219.368	1464.603
577	1321.994	1485.234
578	2890.529	1339.159
579	6896.670	1561.010
580	988.787	2331.654
581	2062.688	2377.448
582	4568.768	2290.307
583	2050.665	2462.624
584	3088.276	2446.229
585	5369.550	2439.424
587	1093.412	3859.406
588	3126.253	3857.657
589	4791.967	4015.952
590	2437.457	4823.614
591	2256.167	5117.612
592	4788.995	5235.410
593	6739.673	5907.551
594	6757.526	5987.352
595	925.184	6453.893

Nota: Creación propia con imagen extraída del proyecto.

Figura 44. Error Standard y la máxima Iteración

```

THE OUTPUT OF SELF-CALIBRATING BUNDLE BLOCK ADJUSTMENT

the no. of iteration =1      the standard error =0.3503
the maximal correction of the object points = 348.54916

the no. of iteration =2      the standard error = 0.6720
the maximal correction of the object points = 12.41134

the no. of iteration =3      the standard error =0.6794
the maximal correction of the object points = 0.64011

the no. of iteration =4      the standard error =0.6796
the maximal correction of the object points = 0.02773

the no. of iteration =5      the standard error =0.6796
the maximal correction of the object points = 0.00201

the no. of iteration =6      the standard error = 0.6796
the maximal correction of the object points = 0.00016
  
```

Nota: Creación propia con imagen extraído del proyecto

Figura 45. Nuevos parámetros de orientación externa

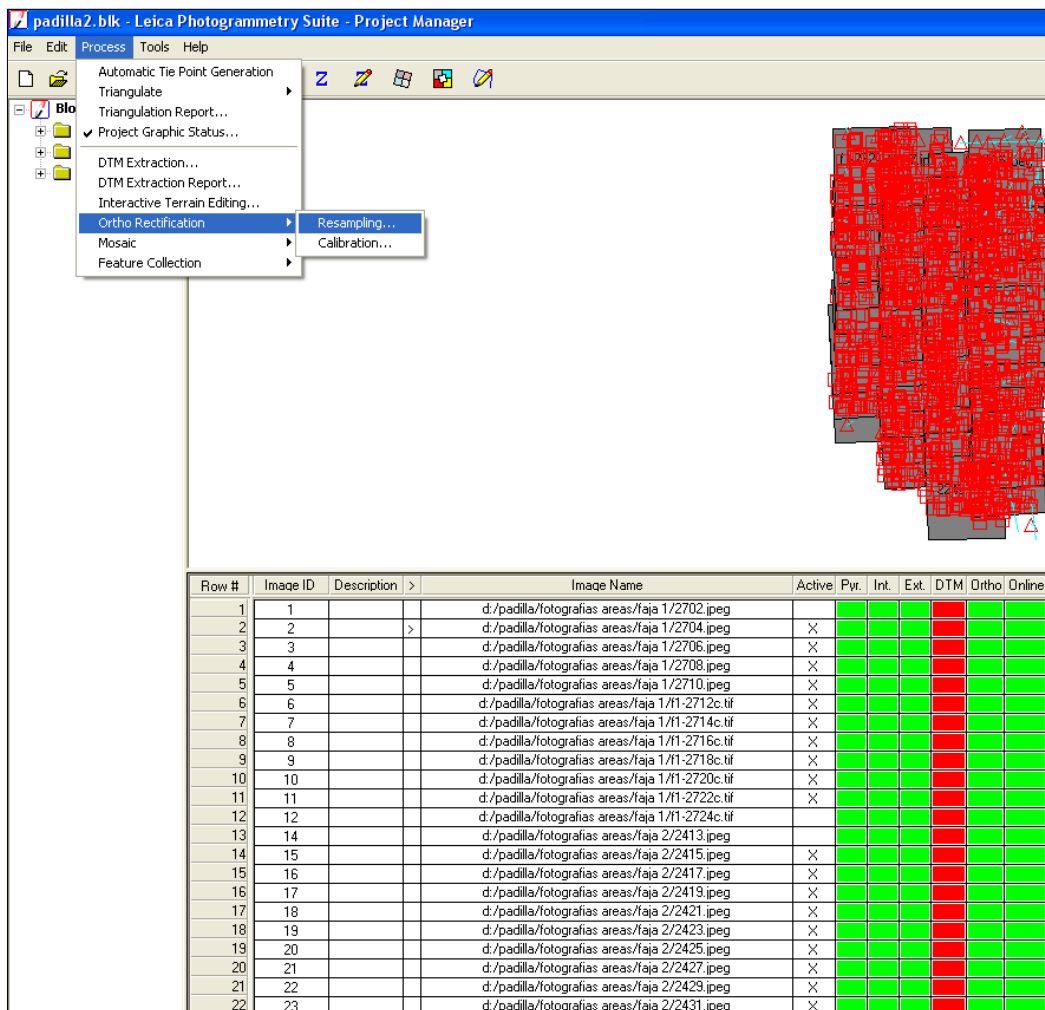
image ID	Xs	Ys	Zs	OMEGA	PHI	KAPPA
36	357295.8930	7849871.2510	5873.8240	1.7710	-0.9063	-90.2763
35	357241.8003	7851716.0491	5873.8062	1.0981	-1.3866	-90.1827
34	357275.8646	7853557.1951	5875.1784	1.3821	-1.9290	-89.2065
33	357261.3338	7855399.3664	5874.1874	1.4726	-1.0580	-90.2869
32	357262.3145	7857240.1381	5876.2505	0.5287	-0.5496	-90.7436
31	357258.2626	7859078.7805	5878.0479	0.9869	-1.1110	-91.2013
30	357252.2729	7860930.2921	5875.1500	1.2623	-1.2090	-89.8660
8	354047.6656	7862936.5162	5809.4224	-0.2299	-1.9728	90.8735
29	357274.3799	7862760.6508	5875.7914	0.6115	-0.8075	-91.8981
1	350794.9292	7864783.4433	5759.0561	-1.1007	-0.5965	90.4462
9	354037.4354	7864772.9423	5805.6420	-0.1469	0.9969	91.5086
28	357237.2508	7864597.1301	5872.2138	0.9424	-1.7862	-88.7433
2	350816.8921	7866628.7321	5767.2010	-1.7107	-1.5091	90.0696
10	354039.5142	7866620.9182	5804.3963	-0.1175	0.9508	90.9483
27	357275.2200	7866442.7747	5876.4108	1.7659	-0.7303	-88.5622
3	350802.4039	7868474.6020	5766.7251	-1.7949	-0.6598	91.0417
11	354050.7011	7868457.9929	5810.4507	0.3370	1.0507	89.6904
26	357267.6604	7868286.9561	5867.4589	0.5971	-0.8474	-89.7015
4	350816.6679	7870323.3534	5759.9012	-1.6307	-1.4875	88.1288
12	354057.3746	7870299.1886	5807.0903	0.2832	-0.0173	90.5682
25	357256.1423	7870126.5236	5870.8286	0.0178	-1.6597	-90.4501
5	350819.4172	7872170.5293	5753.8651	-1.9834	-1.8791	89.5027
13	354047.1408	7872134.8244	5811.4712	0.1579	1.6129	90.9478
24	357274.2860	7871962.3585	5867.9247	1.1363	-0.7704	-93.4696
14	354064.6748	7873975.2058	5813.9807	0.2031	0.2309	89.1049
23	357268.4976	7873806.4796	5863.8798	0.5948	-1.0978	-91.5057
22	357260.6720	7875643.2274	5859.8340	1.5788	-1.8133	-92.1360
21	357259.2784	7877486.2003	5861.4894	0.2482	-1.1075	-90.2994
20	357263.2879	7879325.4222	5864.8255	0.6728	-0.4436	-88.4231
19	357264.6056	7881167.6173	5866.7835	0.3286	-1.2843	-92.0040

Nota: Creación propia con imagen extraído del proyecto

3.4.7 Ortorectificación

Conforme a los resultados de la aerotriangulación, se procede a generar un Modelo Digital de Terreno (MDT) a partir de las fotografías aéreas que cuentan con puntos de control terrestre y más los puntos de paso (tie point) o de amarre el cual es generada con una calidad óptima, con la utilización del MDT se corrige las distorsiones o deformaciones ocasionadas por el relieve del terreno. De acuerdo a la calidad del MDT el último paso es la Ortorectificación de las Fotografías Aéreas por pares estereoscópicos, con el cual resulta una nueva imagen ortorectificada, donde ya no existen los errores o deformaciones, por otra parte, la nueva imagen ya no tiene una proyección central si no una proyección uniforme en toda su extensión como es la proyección ortogonal. Para ello se sigue los siguientes pasos.

Figura 46. Proceso de ortorectificación paso uno

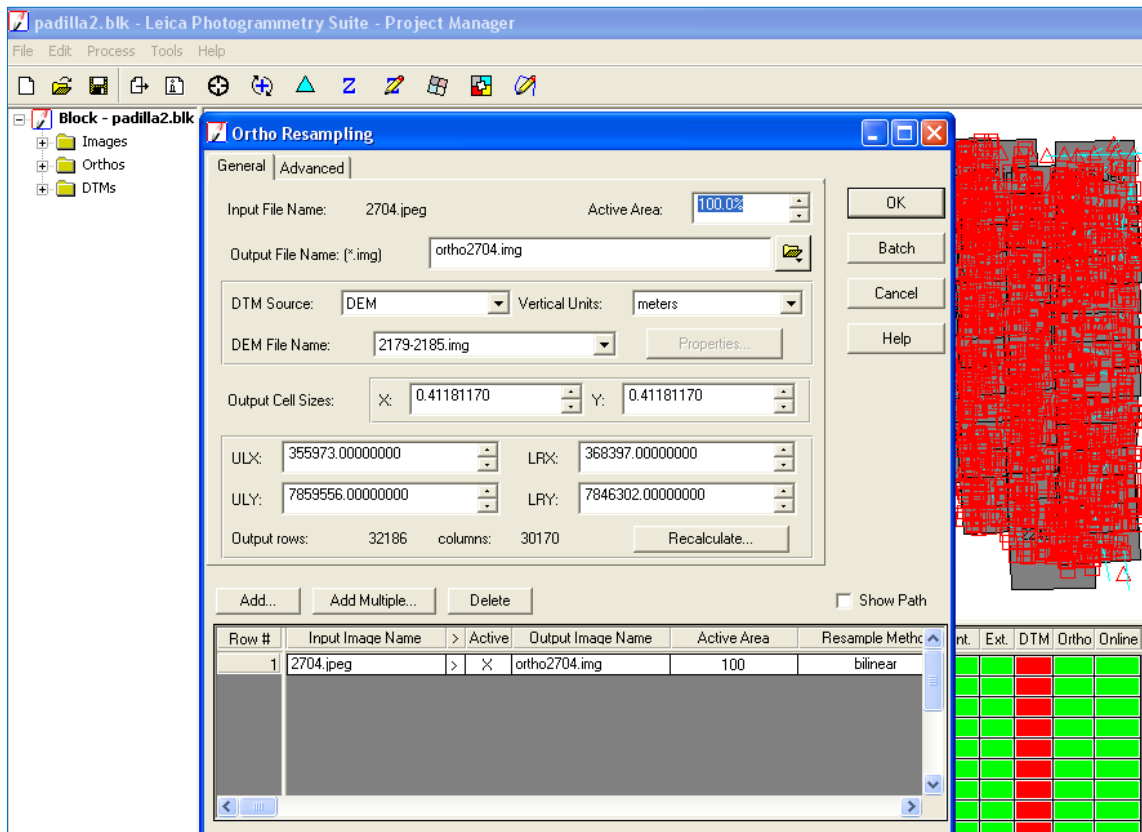


The screenshot shows the 'Leica Photogrammetry Suite - Project Manager' window. The 'Process' menu is open, highlighting 'Ortho Rectification'. A sub-menu is visible with 'Resampling...' and 'Calibration...' options. The main workspace displays a grid of red and green squares representing the project's image layout. Below the workspace is a table with the following columns: Row #, Image ID, Description, Image Name, Active, Pyr., Int., Ext., DTM, Ortho, and Online.

Row #	Image ID	Description	Image Name	Active	Pyr.	Int.	Ext.	DTM	Ortho	Online
1	1		d:/padilla/fotografias areas/faja 1/2702.jpeg							
2	2		d:/padilla/fotografias areas/faja 1/2704.jpeg	X						
3	3		d:/padilla/fotografias areas/faja 1/2706.jpeg	X						
4	4		d:/padilla/fotografias areas/faja 1/2708.jpeg	X						
5	5		d:/padilla/fotografias areas/faja 1/2710.jpeg	X						
6	6		d:/padilla/fotografias areas/faja 1/1-2712c.tif	X						
7	7		d:/padilla/fotografias areas/faja 1/1-2714c.tif	X						
8	8		d:/padilla/fotografias areas/faja 1/1-2716c.tif	X						
9	9		d:/padilla/fotografias areas/faja 1/1-2718c.tif	X						
10	10		d:/padilla/fotografias areas/faja 1/1-2720c.tif	X						
11	11		d:/padilla/fotografias areas/faja 1/1-2722c.tif	X						
12	12		d:/padilla/fotografias areas/faja 1/1-2724c.tif							
13	14		d:/padilla/fotografias areas/faja 2/2413.jpeg							
14	15		d:/padilla/fotografias areas/faja 2/2415.jpeg	X						
15	16		d:/padilla/fotografias areas/faja 2/2417.jpeg	X						
16	17		d:/padilla/fotografias areas/faja 2/2419.jpeg	X						
17	18		d:/padilla/fotografias areas/faja 2/2421.jpeg	X						
18	19		d:/padilla/fotografias areas/faja 2/2423.jpeg	X						
19	20		d:/padilla/fotografias areas/faja 2/2425.jpeg	X						
20	21		d:/padilla/fotografias areas/faja 2/2427.jpeg	X						
21	22		d:/padilla/fotografias areas/faja 2/2429.jpeg	X						
22	23		d:/padilla/fotografias areas/faja 2/2431.jpeg	X						

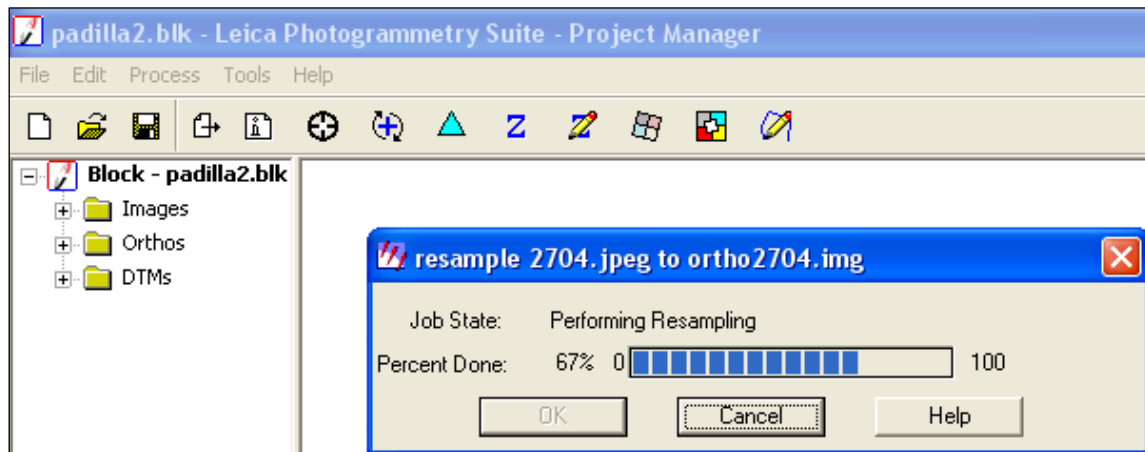
Nota: Creación propia con imagen extraída del proyecto

Figura 47. Proceso de ortorrectificación paso dos



Nota: creación propia con imagen extraída del proyecto

Figura 48. proceso de ortorrectificación paso tres

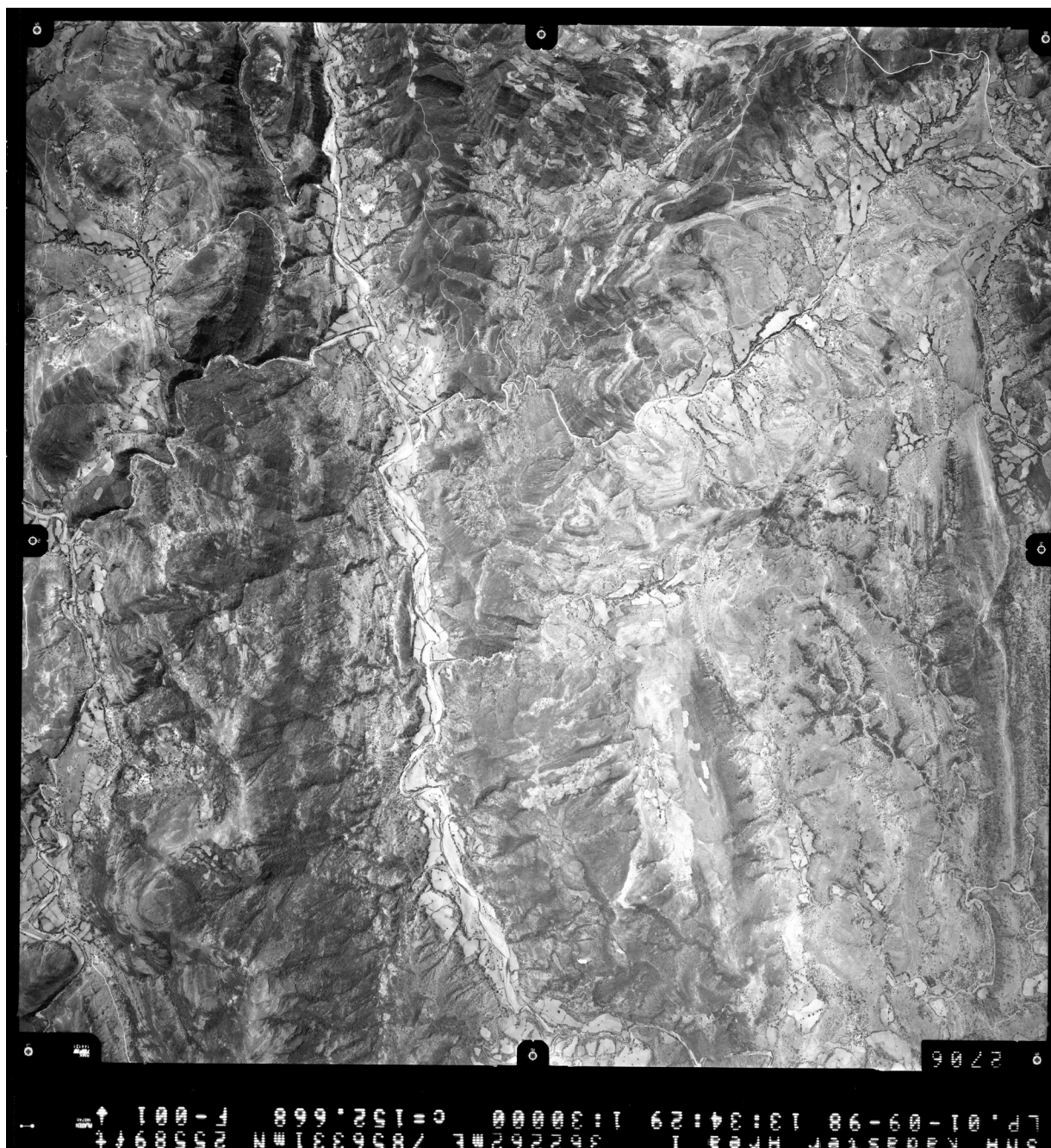


Nota: creación propia con imagen extraída del proyecto

3.4.7.1 Validación de Resultados

Una vez concluido con la ortorrectificación de las fotografías aéreas analógicas se comparara las ortofotos generadas con datos de campo en las imágenes ortorrectificadas y en las crudas con los puntos de control obtenidos en campo, en un par de imágenes crudas y en un par de imágenes ortorrectificadas utilizando la fórmula de distancia entre dos puntos.

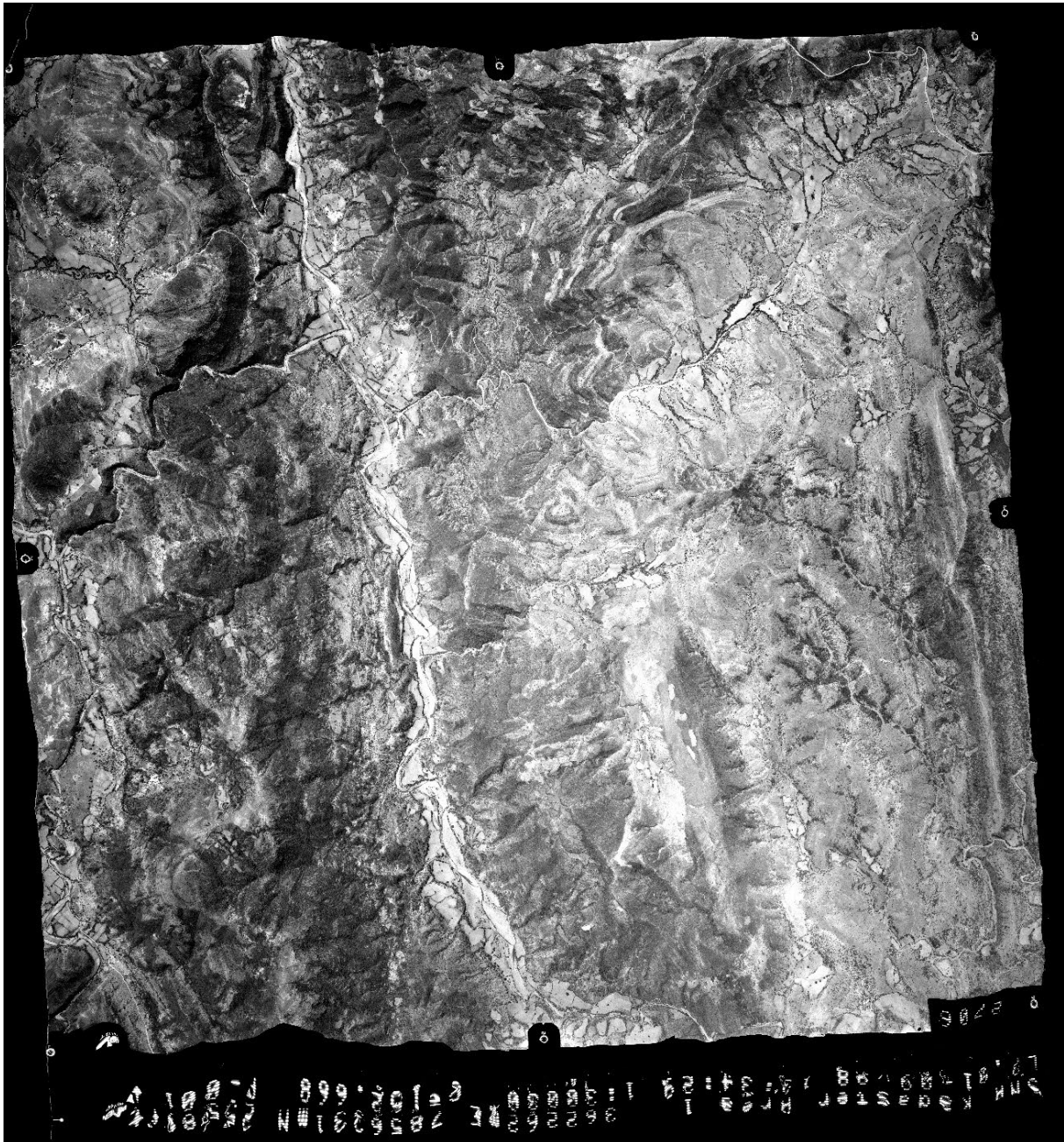
Figura 49. Fotografía aérea cruda sin ortorectificar del sector de Padilla Comunidad San Julián Alto y Bajo)



Nota: Creación propia con fotografías aéreas cruda del proyecto

Este es el resultado del proceso de la ortorectificación, en el cual se puede ver claramente las diferencias entre la Imagen ortorectificada y la imagen sin ortorectificar.

**Figura 50. Foto Aérea Ortorrectificada del sector de Padilla Comunidad San Julián
Alto y Bajo**



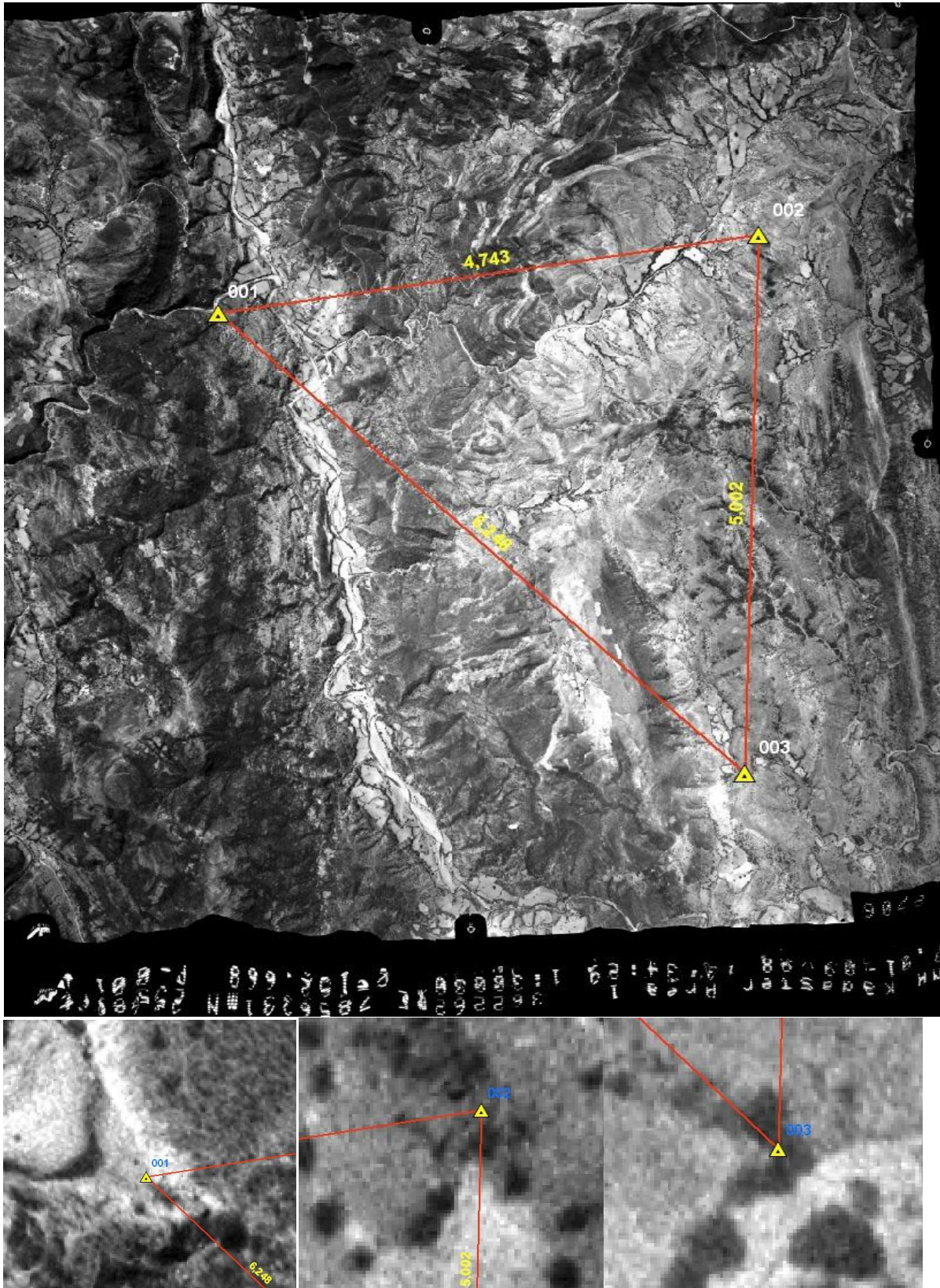
Nota: Creación propia con fotografías aéreas ortorrectificada del proyecto

En este punto se demostrará las grandes diferencias que existe entre una y otra fotografía aérea utilizando la fórmula de distancia entre dos puntos, con la utilización de los puntos de control.

$$d = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}$$

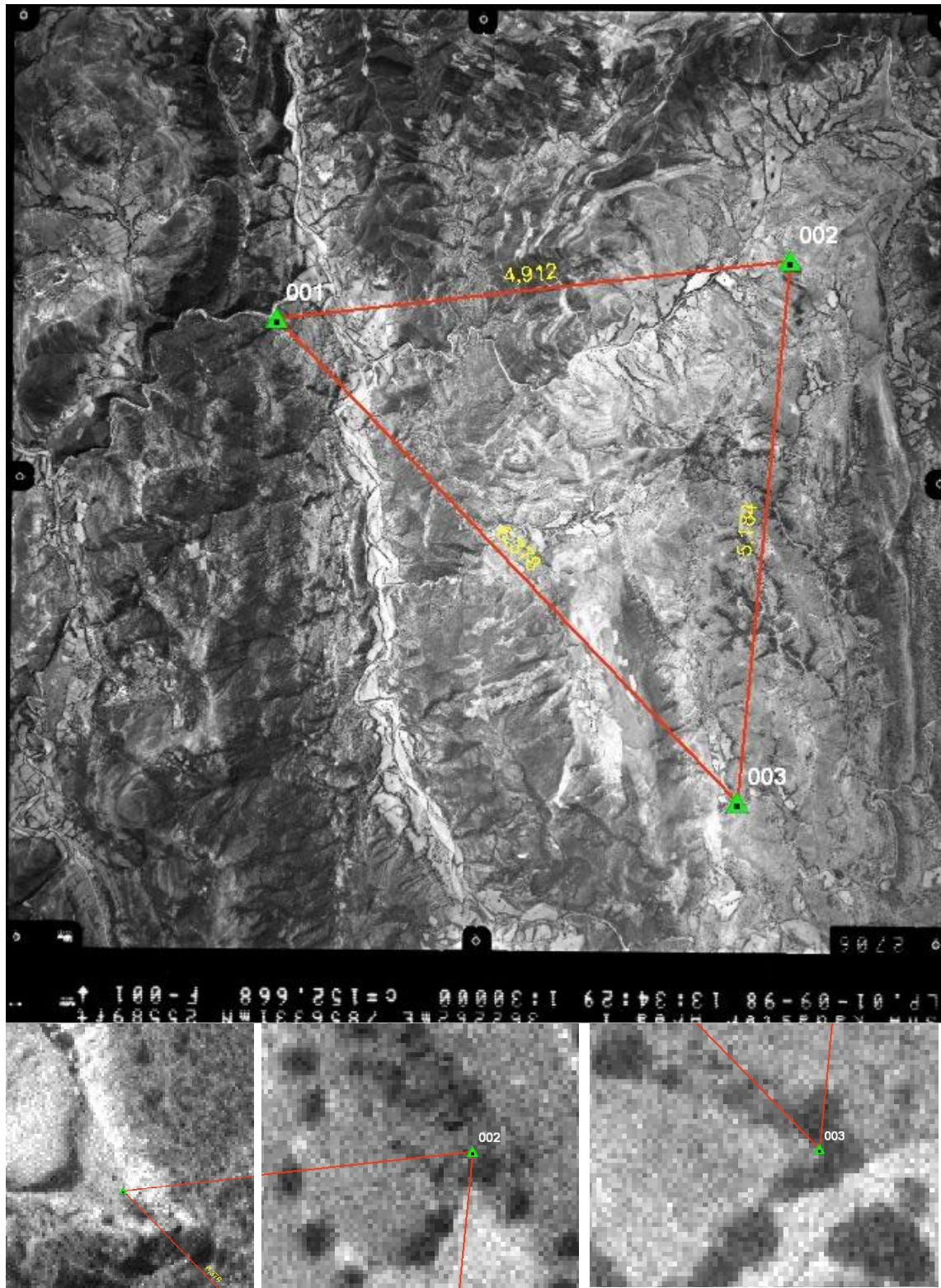
Formula de la distancia

Figura 51. Fotografía aérea 2706 Ortorrectificada más los puntos de control sector San Julián Alto y Bajo



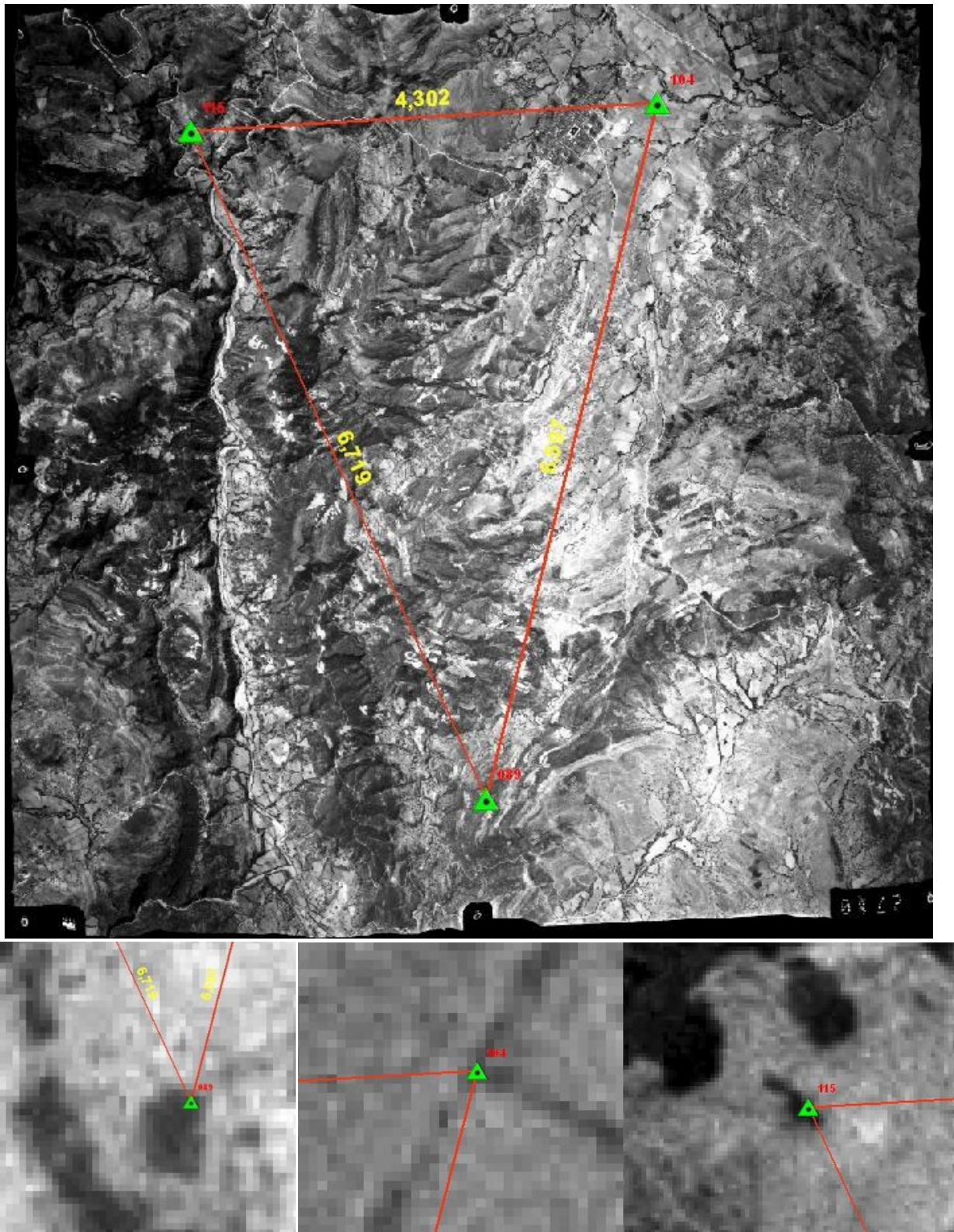
Nota: Creación propia con fotografías aéreas ortorrectificada comprobación de distancias

Figura 52. Fotografía aérea 2706 cruda sin ortorrectificar con puntos de control sector San Julián Alto y Bajo



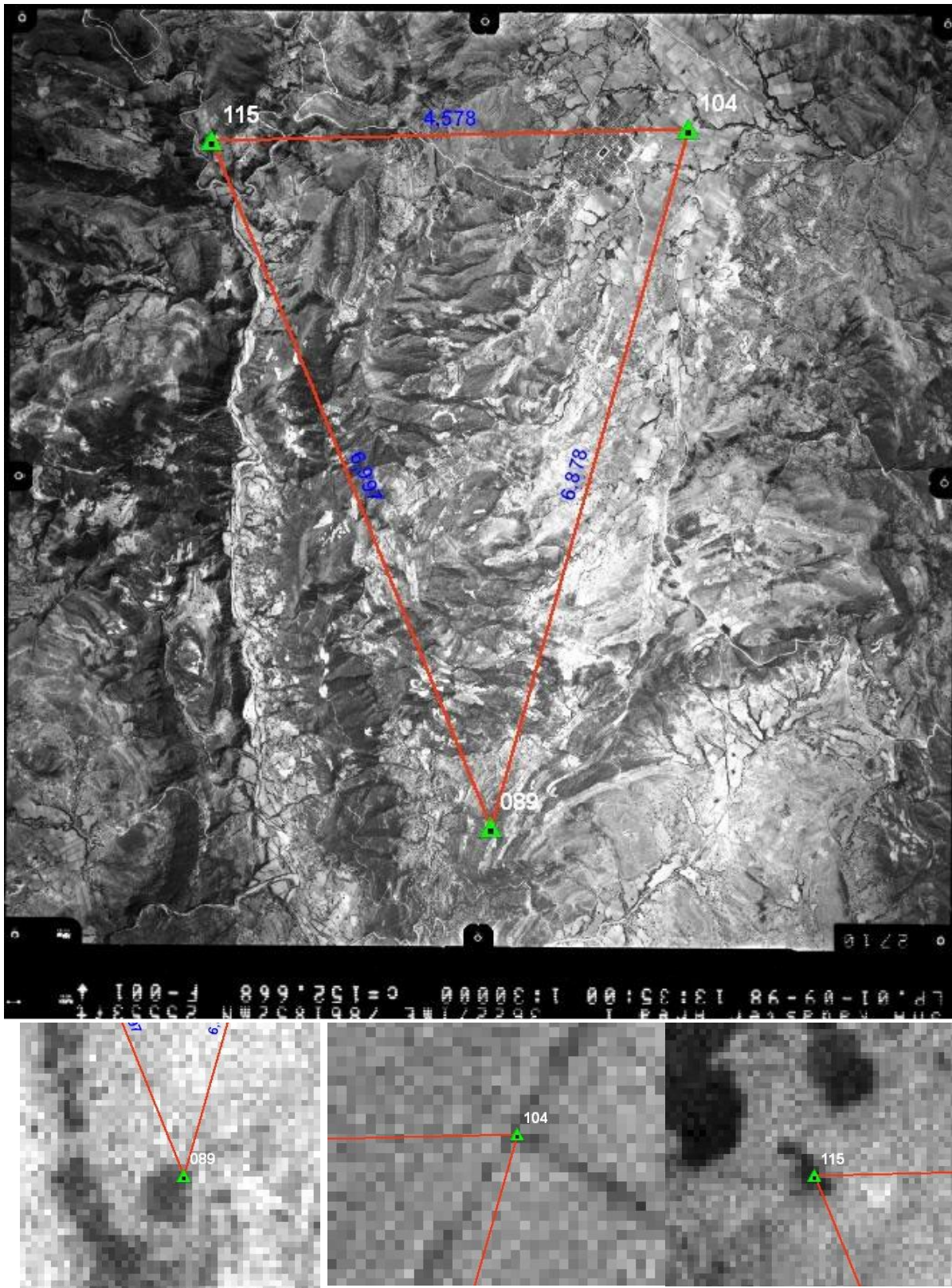
Nota: Creación propia con fotografía aérea cruda sin ortorrectificar comprobación de distancias

Figura 53. Fotografía aérea 2710 Ortorrectificada más los puntos de control San Julián Alto, con distancias.



Nota: Creación propia con fotografía aérea orrorrectificada comprobación de distancias

Figura 54. Foto Aérea 2710 cruda sin ortorrectificar con puntos de control, sector Pueblo de Padilla y San Julián Alto con distancias.



Nota: Creación propia con fotografía aérea sin ortorrectificar comprobación de distancias

3.4.7.2 Tabla comparativa de los resultados

Tabla 2. Comparativa de resultados en distancias en fotografías aéreas crudas y ortorrectificadas

Otros datos			Coordenadas			Longitudes en la Ortofoto		Longitudes en la foto normal		Diferencias	
unto	ramo	oto	este	orte	altura Elip.	distancia en m.	longitud en km.	distancia en m.	longitud en km.	.	m.
15	15-104	710	59613,991 ³	864593,933 ⁷	107,956	302,264	,302	577,949 ⁴	,578	75,685	,276
04	04-089	710	63908,414 ³	864853,553 ⁷	089,684	597,221	,597	878,587 ⁶	,878	81,366	,281
89	89-115	710	62330,079 ³	858447,916 ⁷	138,985	719,424	,719	997,233 ⁶	,997	77,809	,278
01	01-002	706	60037,570 ³	857472,377 ⁷	947,490	743,024	,743	912,324 ⁴	,912	69,300	,169
02	02-003	706	64724,232 ³	858201,399 ⁷	067,989	002,355	,002	184,037 ⁵	,184	81,682	,182
03	03-001	706	64596,525 ³	853200,674 ⁷	893,399	247,521	,247	378,618 ⁶	,378	31,097	,131

Notas: creación propia con distancias en fotografías aéreas de las dos zonas

CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS DE LA ORTORECTIFICACIÓN

Finalizado el trabajo y los objetivos específicos propuestos cumplidos en su plenitud, se hace posible rescatar y analizar ciertos aspectos que influyeron en el desarrollo de este trabajo de ortorrectificación de las fotografías aéreas analógicas teniendo en cuenta de que el proceso es de alta especialidad, en el cual inciden varias ramas de la academia como ser; la geodesia, fotogrametría, topografía y otros.

La principal desventaja de este método es el requisito de un modelo digital de terreno (MDT) de la región que cubre la fotografía. Construir el MDT de la región utilizando fotografías estereoscópicas es una posible solución, en este caso hemos realizado la generación propia de nuestros Modelos Digitales del Terreno (MDT) a partir de un par estereoscópico de fotografías aéreas durante el proceso de ortorrectificación de muy alta calidad. Con el cual se tiene garantizado un ajuste preciso de todo el bloque de fotografías aéreas con el modelo digital de terreno creado y generado.

El proceso de ortorrectificación de las fotografías aéreas analógicas se ha realizado siguiendo la metodología establecida en los capítulos anteriores el de realizar todo el proceso en una simple computadora de escritorio o portátil y no así en una Estación Fotogramétrica. En este análisis, se presentan los resultados obtenidos y se evalúa su precisión geométrica, así como la influencia de los distintos factores que intervienen en el proceso.

4.1 Análisis y comparación de precisión

El análisis y comparación de precisión en la ortorrectificación es para evaluar la exactitud geométrica de las imágenes ortorrectificadas. Donde la precisión es evaluada comparando las coordenadas de puntos de control terrestre obtenidas a través de GPS de doble frecuencia con precisión milimétrica, con las coordenadas de los mismos puntos identificando en las ortofotos de todo el Municipio utilizando el método de fotointerpretación y la fotoidentificación de los mismos objetos, de esta forma se vera la calidad y precisión de la ortorrectificación bajo los siguientes parámetros.

4.1.1 Precisión Geométrica de las Imágenes Ororrectificadas

Uno de los principales indicadores de la calidad del proceso es la precisión geométrica de las ortoimágenes generadas. Para evaluar esta precisión, se han comparado las coordenadas obtenidas con los puntos de control terrestre (GCPs). Se ha calculado el error medio cuadrático (RMS) para cuantificar la discrepancia entre la posición esperada y la obtenida en la ortorrectificación.

Los resultados muestran que el error medio cuadrático obtenido es submétrico, lo que indica que la precisión del proceso es muy aceptable para la escala que se tiene las imágenes los cuales van a ser aplicados en la obtención de la cartografía y de ingeniería civil. Sin embargo, se detectaron ciertas variaciones en áreas con terrenos de alta pendiente, pero los mismos están dentro de lo permitido para llegar a estas precisiones el factor relevante el modelo digital de terreno (MDT) utilizado influye significativamente en la precisión final el cual fue obtenido desde el proceso de ortorrectificación en base a los puntos de control terrestre con resolución espacial submétrica.

Realizando la comparación con otros procesos realizados del mismo trabajo pero con Estaciones de Fotogrametría que lo hacen los diferentes Institutos Geográficos en algunos países vecinas, llegamos a la misma precisión geométrica pero realizando tan solamente con computadoras simples de escritorio y/o portátiles, con esto se demuestra y se cumplen los objetivos y la hipótesis planteado.

4.1.2 Impacto del Modelo Digital de Terreno (MDT)

El MDT jugó un papel crucial en la ortorrectificación, ya que permitió corregir las deformaciones originadas por la topografía del terreno. Se utilizó un MDT con una resolución espacial submétrica, derivado del proceso de ortorrectificación generándose en base a los puntos de control con muy alta resolución espacial.

Para evaluar este impacto, se compararon los resultados con ortoimágenes generadas utilizando un MDT de menor resolución, los resultados fueron elocuentes teniendo que las deformaciones a detalle no fueron corregidos porque la resolución del MDT era de menor calidad, lo que reafirma la importancia de contar con un modelo digital de terreno preciso de creación propia con mayor detalle y una resolución espacial de alta precisión es muy importante, con esto también estamos demostrando que la metodología utilizada para este proceso fue buena tan solo utilizando computadora simple de escritorio y/o portátil y no así Estaciones de Fotogrametría como lo utilizan los diferentes Institutos Geográficos.

4.1.3 Calidad y Distribución de los Puntos de Control Terrestre

Los puntos de control terrestre fueron tomados con equipos GPS de alta precisión. La distribución de estos puntos influyo directamente en la calidad de la ortorrectificación, ya que una distribución desigual puede generar distorsiones en ciertas zonas de la imagen.

Se realizaron pruebas variando la cantidad y distribución de los puntos de control terrestre, observándose que cuando se utilizan menos cantidad de **puntos**, el error RMS aumenta significativamente. Por otro lado, con una distribución equitativa de los puntos en toda el área de estudio, se logró una mejora en la precisión final de las imágenes, la distribución de los puntos de control terrestre fue de tres por fotografía aérea, teniendo al final

nueve puntos de control por la sobreposición longitudinal de 60% de traslape, con esta cantidad de puntos los resultados fueron de alta calidad.

4.1.4 Comparación de Precisión en Ortorrectificación

La comparación de precisión en la orrorrectificación se realizó utilizando el error medio cuadrático como métrica principal. Los resultados mostraron un RMSE submétrico. Este valor indica que la precisión geométrica de las imágenes orrorrectificadas cumple con los estándares internacionales para aplicaciones cartográficas.

Además, se identificó que el uso de un Modelo Digital de Terreno de alta resolución generado en el proceso de orrorrectificación contribuyó significativamente a mejorar la precisión geométrica, reduciendo los errores residuales. No obstante,

En comparación con estudios de tesis por ejemplo de la Universidad Nacional de Colombia, "Método para la orrorrectificación de imágenes satelitales monoscópicas de muy alta resolución espacial empleando algoritmos evolutivos" realizado con Estaciones de Fotogrametría en el Instituto Geográfico Agustín Codazzi, donde el Autor realizar todo el proceso de Orrorrectificación de Imágenes con buenos resultados. En la presente Tesis se ha realizado todo el proceso de orrorrectificación de fotografías aéreas analógicas de los años 1998 a 2000 con buenos resultados llegando a tener precisiones submétricas como se mostrará en las tablas que sigue, pero lo relevante de esta tesis es que este proceso se ha realizado con computadoras simples de escritorio y/o portátil sin la utilización de Estaciones de Fotogrametría este es el aporte que se deja para proyecto similares que puedan realizar.

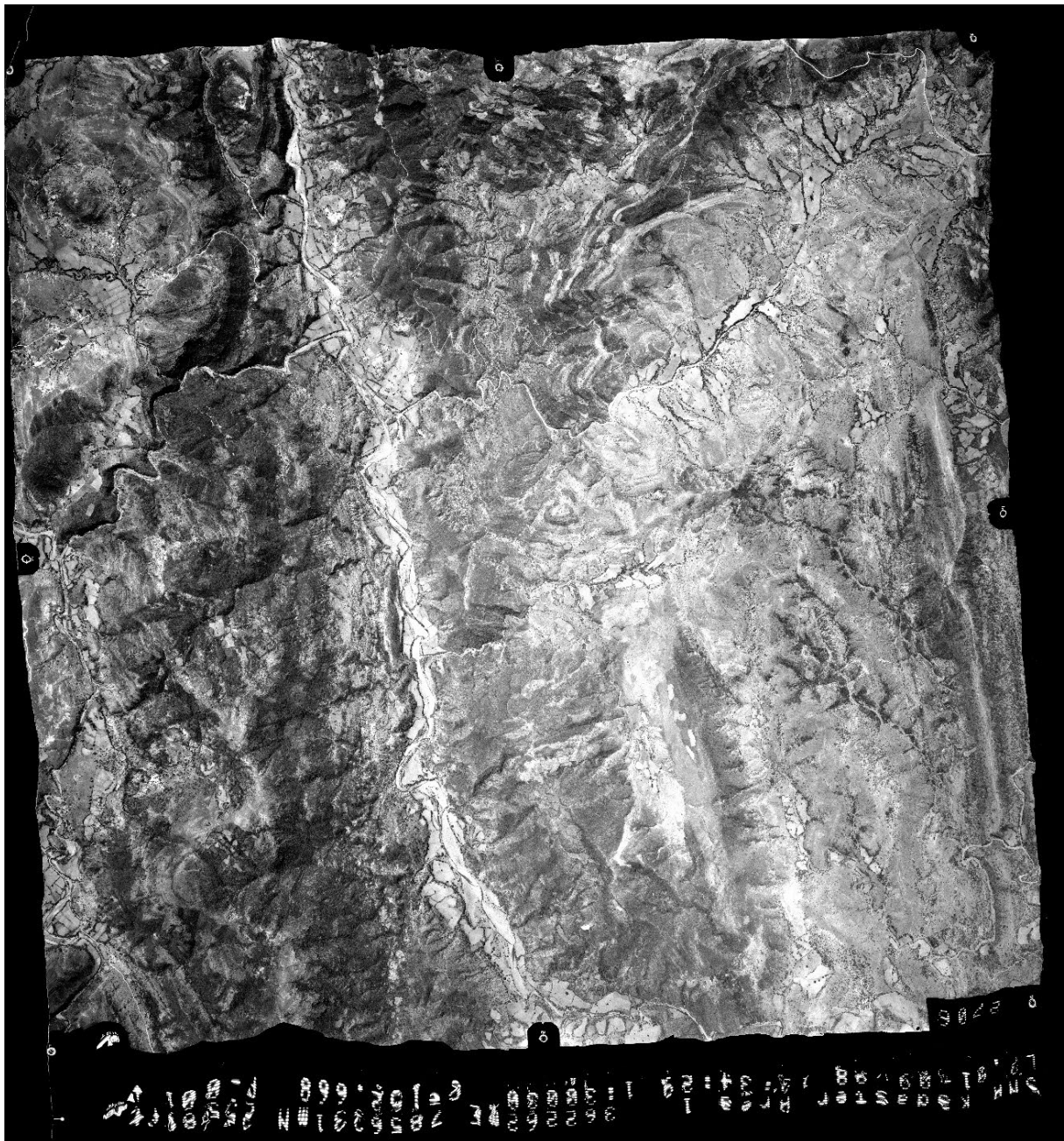
Tabla 3. Coordenadas de comparación de precisión entre puntos medidos en campo y el mismo punto identificado en gabinete.

Punto	Puntos de Control Mensurados en Campo			Puntos Fotoidentificados		Diferencia	
	Este	Norte	Altura	Este	Norte	Delta X	Delta Y
1026	361517,802	7864646,496	2219,315	361517,371	7864646,586	0,431	0,090
PC4A	355669,791	7868101,150	2427,445	355669,805	7868101,194	0,014	0,044
PC1A	355574,265	7866595,018	2300,123	355574,023	7866595,390	0,242	0,372
PC3A	355584,609	7863252,424	2648,349	355584,260	7863252,344	0,349	0,080
PC2A	355662,869	7864663,400	2685,492	355662,904	7864663,394	0,035	0,006
101	364022,207	7869342,864	2314,613	364022,337	7869342,936	0,130	0,072
103	361954,075	7864801,505	2228,969	361954,194	7864801,522	-0,119	0,017
104	363908,414	7864853,553	2089,684	363908,736	7864853,350	0,322	0,203
100	363501,757	7869748,681	2238,156	363501,804	7869748,809	0,047	0,128
PC-2D	354067,435	7864802,793	2277,200	354067,279	7864802,801	0,156	0,008
PC-3D	354222,987	7863039,284	2389,569	354222,966	7863039,711	0,021	0,427
PR-1	361906,192	7866925,156	2135,704	361906,170	7866925,203	0,022	0,047
PR-2	361366,581	7870130,436	2162,849	361366,782	7870130,623	0,201	0,187

PR-3	359462,481	7869890,056	2197,424	359463,124	7869890,153	0,643	0,097
PR-4	359364,375	7868593,084	2250,405	359364,321	7868593,420	0,054	0,336
PR-5	359586,316	7866353,301	2134,113	359586,331	7866353,330	0,015	0,029
PC20	369633,739	7859061,206	1889,619	369633,726	7859061,814	0,013	0,608
52990	366513,952	7870527,754	2390,247	366514,006	7870527,740	0,054	0,014
52991	369648,412	7869888,238	1971,535	369648,055	7869888,035	0,357	0,203
52992	366581,974	7866812,659	2264,614	366582,046	7866812,861	0,072	0,202
52991	366941,112	7858709,903	2202,888	366941,615	7858709,384	0,503	0,519
52992	366074,586	7860815,608	2093,159	366074,643	7860815,201	0,057	0,407
52993	363901,572	7861702,978	2136,842	363901,426	7861702,792	0,146	0,186
PC-F 14	366550,144	7864495,027	2096,156	366550,639	7864495,061	0,495	0,034
PC-F 15	369143,928	7864685,423	1920,610	369143,961	7864684,984	0,033	0,439
PC-F 16	370059,725	7866898,621	1985,105	370059,380	7866898,166	0,345	0,455
52983	355479,972	7859393,875	2189,826	355479,995	7859393,912	0,023	0,037
52984	357230,027	7859136,901	2203,536	357230,338	7859137,315	0,311	0,414
52985	359801,281	7858754,975	2010,610	359801,209	7858754,938	0,072	0,037
52983	364724,232	7858201,399	2067,989	364724,448	7858201,942	0,216	0,543
872981	355435,866	7861298,951	2229,605	355436,069	7861299,439	0,203	0,488
872982	357383,365	7861024,334	2205,912	357382,944	7861024,203	0,421	0,131
872983	357316,234	7862796,446	2256,739	357315,865	7862797,337	0,369	0,891
872984	359320,735	7862916,688	2130,684	359320,852	7862916,643	0,117	0,045
872985	359613,991	7864593,933	2107,956	359613,999	7864593,922	0,008	0,011
62982	359281,059	7858893,274	2161,996	359281,125	7858893,299	0,066	0,025
62983	359414,227	7860740,733	2148,436	359414,267	7860741,271	0,040	0,538
62984	362330,079	7858447,916	2138,985	362330,166	7858447,876	0,087	0,040
142983	357602,495	7869985,858	2605,160	357603,031	7869985,799	0,536	0,059
142984	357131,234	7868605,212	2530,096	357131,248	7868605,212	0,014	0,000
142985	357824,664	7866771,778	2381,155	357824,461	7866771,797	0,203	0,019
PC5A	356014,450	7870285,106	2301,244	356014,443	7870285,164	0,007	0,058
882971	354470,198	7869206,001	2273,636	354470,191	7869206,001	0,007	0,000
882975	354397,617	7870542,220	2512,903	354397,612	7870542,400	0,005	0,180
PC21	370291,544	7861909,412	1791,194	370291,718	7861909,752	0,174	0,340
PROMEDIO						0,167	0,201

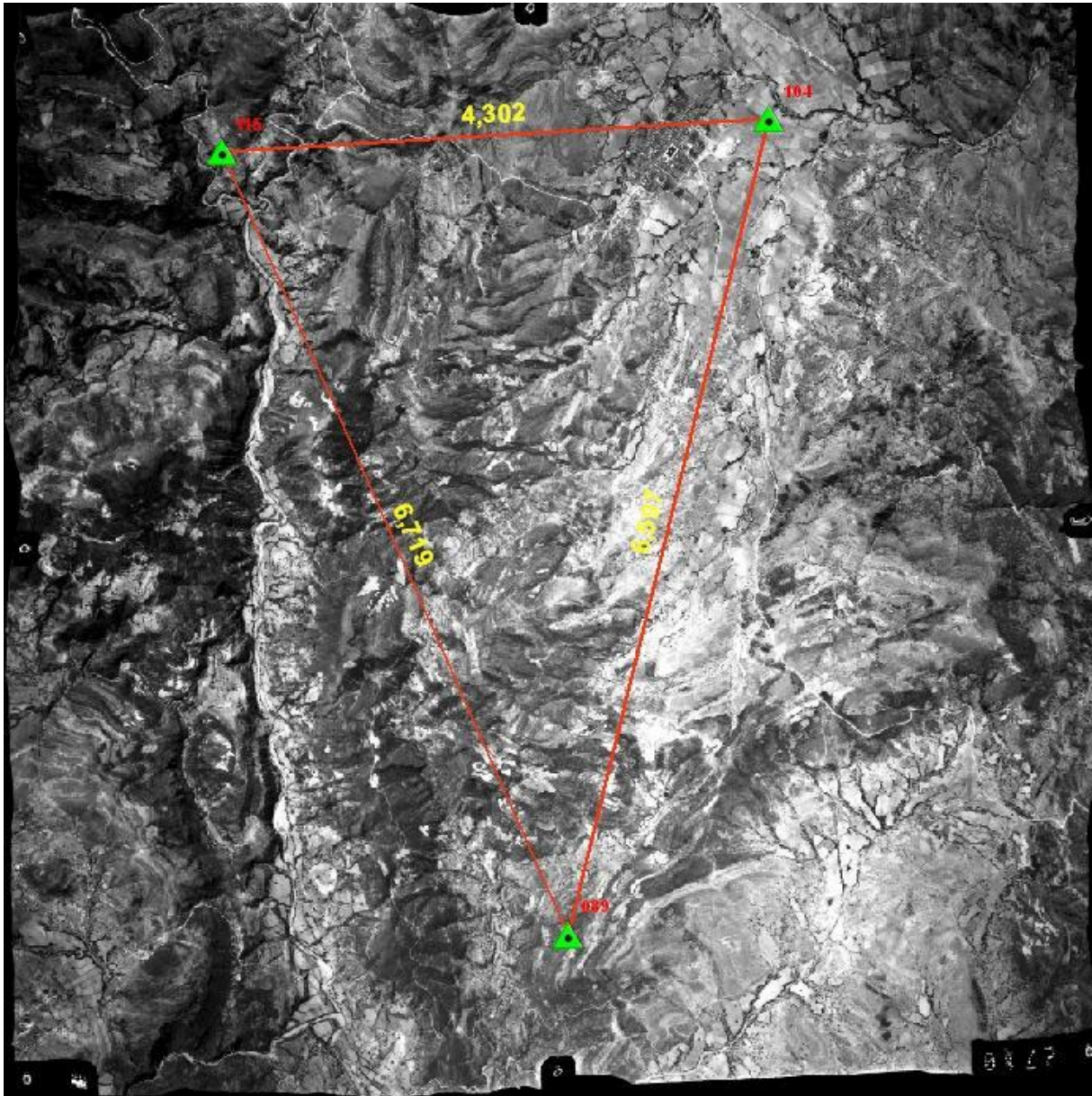
Nota: Creación propia con los datos obtenidos

Figura 55. Fotografía aérea 2706 Ortorrectificada del sector San Julián Alto y Bajo



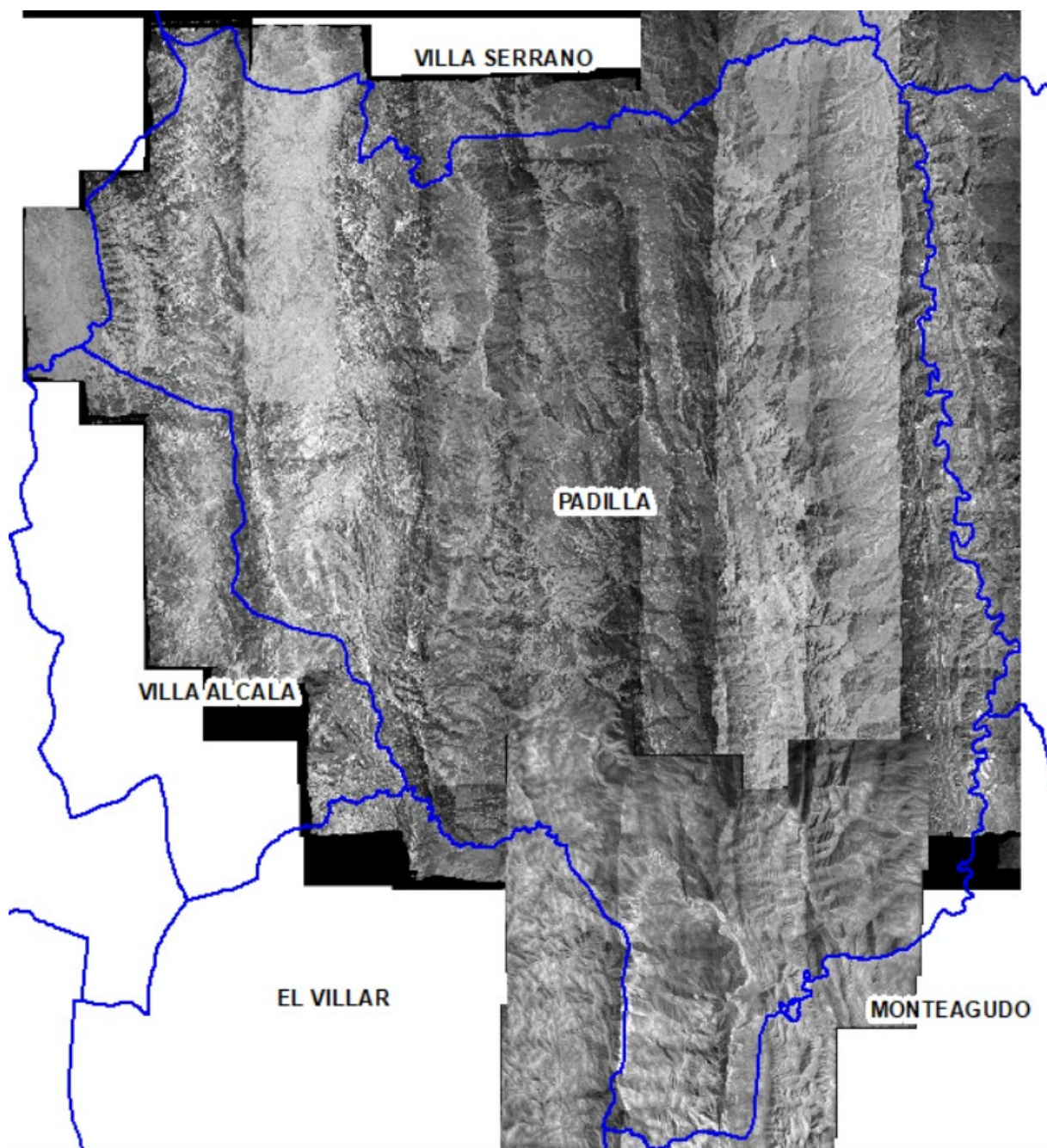
Nota: creación propia con fotografía aérea ortorrectificada

Figura 56. Fotografía aérea 2710 Ortorrectificada más los puntos de control sector San Julián Alto y Bajo



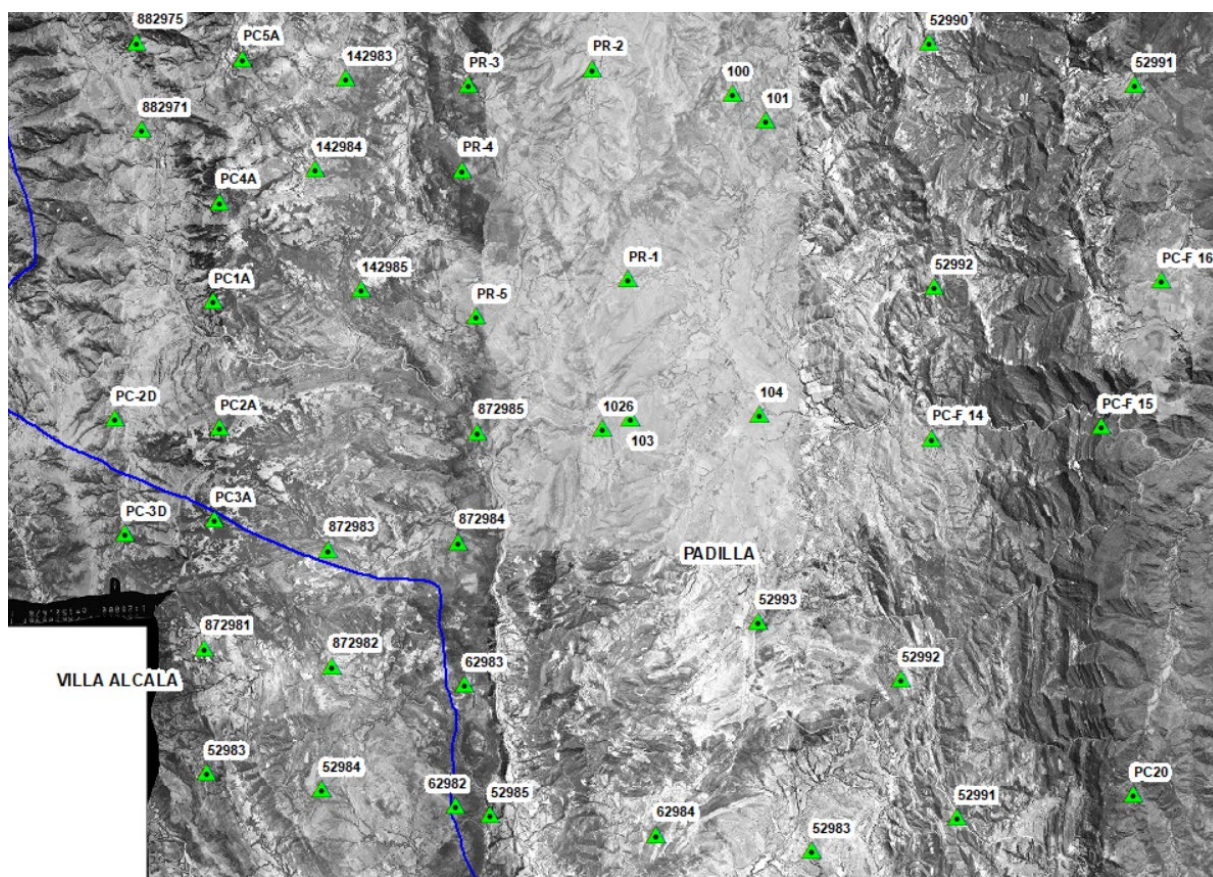
Nota: creación propia con fotografía aérea ortorrectificada mas puntos de control

Figura 57. Ortomosaico de todo el Municipio de Padilla Chuquisaca



Nota: creación propia con ortomosaico de todo el municipio

Figura 58. Ortomosaico con puntos de control de todo el municipio



Nota: creación propia con el ortomosaico y puntos de control de todo el municipio

4.2 Discusión de resultados

La ortorrectificación de fotografías aéreas analógicas ha implicado la corrección de distorsiones inherentes a las imágenes capturadas con cámaras tradicionales en películas fotográficas, para producir representaciones geográficamente precisas del terreno. A continuación, se discuten los aspectos claves que se consideraron al evaluar los resultados de este proceso:

4.2.1 Precisión Geométrica de las Imágenes Ororrectificadas

Los resultados obtenidos confirman que la metodología empleada permite alcanzar una precisión adecuada para aplicaciones de cartografía y SIG. Sin embargo, se detectaron algunos errores en zonas con relieve complejo los cuales fueron corregidos aumentando los puntos de control en esas zonas con el cual se ha mejorado el modelo digital de terreno con mayor precisión en esas áreas. Los resultados cumplen con los estándares requeridos para la aplicación específica de estudios y construcción de obras civiles aplicando la metodología seleccionada y las técnicas de ortorrectificación con lo que se cumplen los objetivos específicos y la hipótesis. Por lo que se comprobaron las posiciones de los puntos de control

terrestre en la imagen ortorrectificada y sus ubicaciones precisas conocidas con las coordenadas mensuradas en campo y las coordenadas identificadas en gabinete del mismo punto.

4.2.2 Impacto del Modelo Digital de Terreno (MDT)

El análisis comparativo demuestra que la precisión de la ortorrectificación mejora significativamente con un MDT de mayor resolución espacial. En aplicaciones donde se requiera alta precisión, se recomienda emplear MDTs generados a partir del proceso de ortorrectificación los cuales son de mayor precisión ya que son de creación propia en base al modelo estereoscópico de las fotografías aéreas de alta resolución a pesar que en la zona existen áreas montañosas con variaciones abruptas en la elevación, otro punto que hemos logrado generar el MDT de alta resolución con la nube de puntos y/o puntos de paso con el cual se ha logrado tener ortofotos de alta resolución y precisión por lo que los resultados cumplen los estándares internacionales, de esta forma se cumplen los objetivos y apoyan al hipótesis del estudio.

4.2.3 Calidad y Distribución de los Puntos de Control Terrestre (GCP)

La calidad y distribución de los puntos de control terrestre fueron factores determinantes en la precisión geométrica de las imágenes ortorrectificadas. Los puntos de control terrestre utilizados en este estudio se obtuvieron mediante un levantamiento geodésico con GPS de doble frecuencia de alta precisión, lo que garantizó una exactitud en las coordenadas X, Y y Z. Esta precisión cumple con los estándares internacionales para aplicaciones cartográficas SIG y otros.

En cuanto a la distribución, los puntos de control terrestre se ubicaron de manera estratégica en áreas con cambios topográficos pronunciados y características distintivas, como intersecciones de caminos y bordes de cuerpos de agua. Sin embargo, se observó que la densidad de puntos de control fue menor en la zona planas del área de estudio, lo cual compensa con el aumento de puntos en lugares de cambio de topografía brusca.

Estos hallazgos resaltan la importancia de una distribución uniforme y adecuada de los puntos de control terrestre para garantizar una precisión geométrica consistente en toda la imagen ortorrectificada. En futuros estudios, se recomienda aumentar la densidad de los puntos de control cuando se realicen trabajos de este con las imágenes históricas, la distribución de estos puntos para una mejor calidad de los productos fue de tener 3 puntos de control por fotografías aérea distribuidos en los extremos y uno en el medio, de tal manera que cada fotografía ha llegado a tener 9 puntos de control por sobreposición longitudinal de 60%, con esta cantidad de puntos de control hemos garantizado la precisión de la ortorrectificación. Hoy en día existen drones con modulo PPK que ya no necesitan puntos de

control si no puntos para la verificación de la calidad del producto nada más, ya que la tecnología va avanzando a pasos gigantescos.

Con todo lo expuesto en los resultados se cumplen los objetivos, hipótesis y el marco teórico ya que la metodología seleccionada dio buenos resultados en el proceso de Ortorrectificación de Imágenes. En esta Tesis se ha realizado con fotografías aéreas analógicas de los años 1998 a 2000 teniendo las precisiones submétricas del proceso, pero lo más relevante de esta tesis es que este proceso se ha realizado con computadoras simples de escritorio y/o portátil sin la utilización de Estaciones de Fotogrametría este es el aporte que se deja el presente estudio para las futuras generaciones que quieran realizar este tipo de trabajo.

4.2.4 Análisis de precios y/o costos

El análisis de precios y costos en la orrorrectificación de fotografías aéreas analógicas, implica una evaluación detallada de los factores económicos involucrados en el proceso. Este análisis ha sido crucial para determinar la viabilidad financiera de esta tesis y para optimizar los recursos disponibles, que se tenía al alcance del bolsillo para poder desarrollarlo la presente investigación tan solo tomando en cuenta al personal, equipos propio y el costo del trabajo del proceso de orrorrectificación, como se podrá ver la parte económica es considerable, pero este trabajo sirve de base para diferentes proyectos de ingeniería, ya que se pueden extraer curvas de nivel y tener un plano topográfico a detalle mejor que con equipos tradicionales, por lo tanto en relación a costos con los trabajos convencionales este proceso realizado es mucho menos en relación a costos si se realizaría con Estaciones de Fotogrametría teniendo en cuenta el costo de este equipo y la licencia de los software.

Tabla 4. Costos del trabajo realizado en campo y gabinete

Nº	Objeto	Cantidad	Superficie ha.	Precio Unitario (Bs)	Total (Bs)
1	Puntos de Control	232		700	162400,00
2	Ortorrectificación	184	161965	2,69	435685,85
TOTAL					598085,85

Nota: Creación propia

4.2.5 Ventajas y Desventajas

- Uno de los beneficios más importantes de este enfoque es la disminución de los gastos asociados con la producción de ortofotos. Esto se debe a que el proceso de adquisición de ellos está en gran medida automatizado lo que minimiza la participación del operador.

- La mejora de la calidad es tanto radiométrica como geométrica. El uso de modelos matemáticos avanzados para analizar el fenómeno fotogramétrico es posible gracias al enfoque de rectificación digital. Sin embargo, las mayores diferencias con la rectificación analógica realizada por ortofotoproyectores analíticos se encuentran en la posibilidad de utilizar métodos de procesamiento de imágenes digitales para mosaicos digitales y mejorar la calidad de la imagen.
- Las ortofotografías digitales geocodificadas proporcionan el mismo nivel de precisión que los mapas topográficos y cartográficos. La ubicación de cada píxel en el sistema de referencia está bien definida.
- Se puede utilizar una escala de coherencia para producir otras ortofotos a escalas menores, y las ortofotografías digitales pueden adoptar varias escalas. aquellos que permiten sobreimprimir mapas topográficos o temáticos para crear documentos más claros y precisos.
- Son una fuente de datos particularmente útil para los usuarios de Sistemas de Información Geográfica (SIG) debido a su carácter transdisciplinario. Debido a que proporcionan información temática especializada en formato vectorial y rasterizado, las ortofotos son una adición necesaria a cualquier aplicación SIG.
- Una de las desventajas es en la complejidad en el proceso de obtención de este producto ya que es una especialidad en esta rama de la fotogrametría, sensores remotos y teledetección.
- A una ortofotografía se le puede añadir un conjunto de líneas, símbolos, toponimia, etc. para mejorar su comprensión, o se puede utilizar como mapa sin ningún tratamiento cartográfico. Además, se pueden utilizar colores para ayudar con la interpretación.
- La creación de ortofotomapas suele ser más rápida y menos costosa que la creación de mapas tradicionales. Esto afecta especialmente a los mapas de pequeña escala y a los mapas con una alta densidad de información planimétrica. Gracias a la ortofotografía, ahora se pueden cartografiar lugares que antes no estaban cartografiados y la cartografía existente se puede revisar con mayor frecuencia.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Tras la realización del estudio sobre la ortorrectificación de fotografías aéreas analógicas para estudios y construcción de obras civiles en el Municipio de Padilla, del departamento de Chuquisaca, se han obtenido las siguientes conclusiones:

1. Las fotografías aéreas analógicas presentan distorsiones geométricas significativas que afectan su precisión y confiabilidad para estudios topográficos y planificación de obras civiles. Sin embargo, mediante la aplicación de técnicas adecuadas de ortorrectificación, estas distorsiones fueron corregidas de manera efectiva, simplemente con la utilización de computadoras de escritorio y no fue necesario Estaciones de Fotogrametría.
2. Se ha demostrado que el uso del software LPS Photogrammetry Suite en computadoras simples de escritorio permite la ortorrectificación de fotografías aéreas analógicas con una precisión aceptable, sin la necesidad de recurrir a estaciones de fotogrametría especializadas, lo que representa una solución viable y económica para diferentes proyectos con recursos limitados y una precisión fiable.
3. La metodología desarrollada proporciona un flujo de trabajo eficiente y replicable que permite la transformación de fotografías aéreas analógicas en productos cartográficos de alta precisión, Esta metodología incluyó la identificación de puntos de control en campo, la corrección de distorsiones y la validación de la precisión geométrica de las imágenes resultantes los cuales son adecuados para estudios técnicos y de construcción.
4. La validación de las imágenes ortorrectificadas mediante comparación con datos de campo confirmó que la precisión geométrica mejora significativamente después del proceso de ortorrectificación. Esto permite su uso confiable en la planificación y ejecución de proyectos de ingeniería civil, Las imágenes ortorrectificadas demostraron ser más precisas y confiables para mediciones y análisis en comparación con las fotografías originales.

Hipótesis confirmada: Se confirmó la hipótesis de que la aplicación de técnicas de ortorrectificación a fotografías aéreas analógicas corrige las distorsiones geométricas y mejora su precisión, permitiendo su uso confiable en estudios y construcción de obras civiles.

La ortorrectificación de fotografías aéreas analógicas es una herramienta valiosa para mejorar la precisión geométrica de las imágenes y facilitar su uso en estudios y construcción de obras civiles. La metodología desarrollada en esta investigación ofrece una solución

práctica y costo-efectiva para este Municipio, su aplicación puede extenderse a otras regiones con necesidades similares. Con la implementación de las recomendaciones propuestas, se podrá maximizar el potencial de esta técnica en beneficio del desarrollo territorial y la planificación de infraestructuras y el urbanismo.

5.2 Recomendaciones

Con base en los resultados obtenidos, se proponen las siguientes recomendaciones:

1. Implementar la metodología desarrollada en proyectos de ortorrectificación de fotografías aéreas analógicas para aplicar en obras civiles en el Municipio y otras regiones con características similares, con el fin de optimizar la precisión de los datos cartográficos utilizados en la planificación y construcción de obras civiles.
2. Capacitar a los profesionales y técnicos en el uso del software LPS Photogrammetry Suite y en la correcta aplicación de técnicas de ortorrectificación, para mejorar la calidad de los estudios basados en fotografías aéreas analógicas.
3. Complementar el proceso de ortorrectificación con la utilización de modelos digitales de elevación de alta precisión generando nube de puntos densa, con el propósito de minimizar errores y mejorar la confiabilidad de los datos obtenidos.
4. Realizar estudios comparativos adicionales con otras metodologías y herramientas de ortorrectificación para evaluar posibles mejoras y optimizar los procesos de corrección geométrica en distintos contextos con el propósito de seguir mejorando.
5. Promover la digitalización y conservación de fotografías aéreas analógicas, dado su valor como fuente de información histórica y base para futuros estudios geoespaciales y de planificación territorial.
6. Fomentar la colaboración entre instituciones gubernamentales, universidades y empresas privadas para compartir datos, recursos y conocimientos técnicos, lo que permitirá optimizar el uso de las imágenes ortorrectificadas en proyectos de desarrollo.
7. Integración con SIG: Se recomienda integrar las imágenes ortorrectificadas con Sistemas de Información Geográfica (SIG) para facilitar el análisis espacial y la toma de decisiones en proyectos de ingeniería civil, catastro y medioambientales.

BIBLIOGRAFÍA

- Konecny, G. (1994). *Geoinformation: Remote Sensing, Photogrammetry and Geographic Information Systems*. Berlin.
- (<http://www.gis.leica-geosystems.com/>). (- de - de -). (<http://www.gis.leica-geosystems.com/>).
Obtenido de (<http://www.gis.leica-geosystems.com/>): (<http://www.gis.leica-geosystems.com/>)
- 0-937294-01-2., I. (1980). *Manual de Fotogrametría, Cuarta Edición*. Leesburg, Virginia, Estados Unidos.: Sociedad Americana de Fotogrametría (ASPR).
- Alfonso Gómez Molina, F. J. (2001). "Metodología Genérica para la generación de ortofotografías Digitales". XIII Congreso Internacional de Ingeniería Gráfica, 12 páginas.
- Corbley, K. (1996). "San Francisco Hills Challenge orthorectification process". *Earth Observation Magazine* (una revista especializada en temas de observación terrestre, teledetección y tecnologías geoespaciales)., pp. 28-31.
- Edward M. Mikhail, J. S. (2001 segunda Edición, 2014 cuarta edición y 2004 5ta edición). "Elements of Photogrammetry with Applications in GIS", "Introduction to Modern Photogrammetry", "Manual of Photogrammetry" (5th edition) - "Manual of Photogrammetry" (5ª edición). Estados Unidos: McGraw-Hill Education - Wiley - ASPRS.
- Felicísimo, A. C.-A. (2003). *Rectificación y ortorrectificación de imágenes de satélite y fotografías aéreas: análisis comparativo y discusión*. GeoFocus, -.
- Pérez Álvarez, J. A. (2001). *APUNTES DE FOTOGRAMETRÍA III*. España: Universidad de Extremadura Centro Universitario de Mérida.
- Peréz, J. A. (2001). *Apuntes de Fotogrametría*. Mexico: Limusa.
- Sánchez Espeso, J. (2000). *Análisis del proceso de rectificación de una imagen aérea de eje vertical para obtener una ortoimagen digital*. Mapping, Páginas: 20-32.
- Wiedemann, A. &. (1850 a 1900). *Fotogrametría Gráfica*.
- Wolf, P. (1983). *Elements of Photogrammetry*. Nueva York.
- Yang, X. (1997). *Satellite Remote Sensing: Principles and Applications*. Nueva York: Springer.
- Zhengyou, Z. (1999 - 2000). "A Flexible New Technique for Camera Calibration". Estados Unidos: IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers).

McGlone, C. (1996). Digital Photogrammetry: An Addendum to the Manual of Photogrammetry. Maryland, Estados Unidos: American Society for Photogrammetry and Remote Sensing .

(0-937294-01-2., 1980)

(Felicísimo, 2003)

(Corbley, 1996)

(Alfonso Gómez Molina, 2001)

(Sánchez Espeso, 2000)

PAGINAS WEB

<http://www.esri.com>.

<http://www.esri.com/news/arcnews/fall00articles/digital-orthophoto.html>. (s.f.).

<http://www.esri.com/news/arcnews/fall00articles/digital-orthophoto.html>.

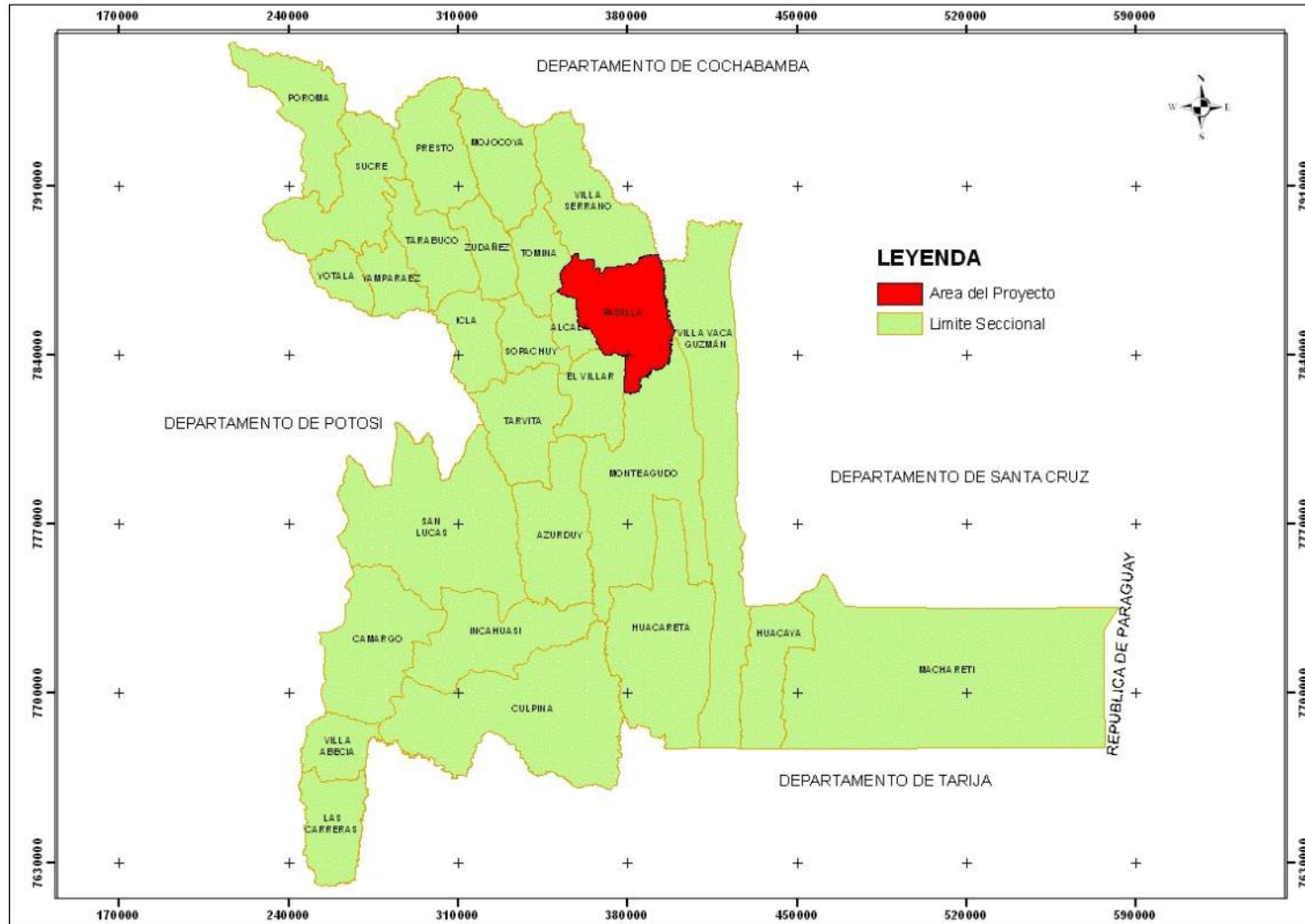
<http://www.woolpert.com/photogrametry/digital.html>. (s.f.).

org.com, h. (s.f.). <http://www.cartesia.org.com>.

<http://www.foro.de.Gabriel.ortiz.com>.

ANEXOS

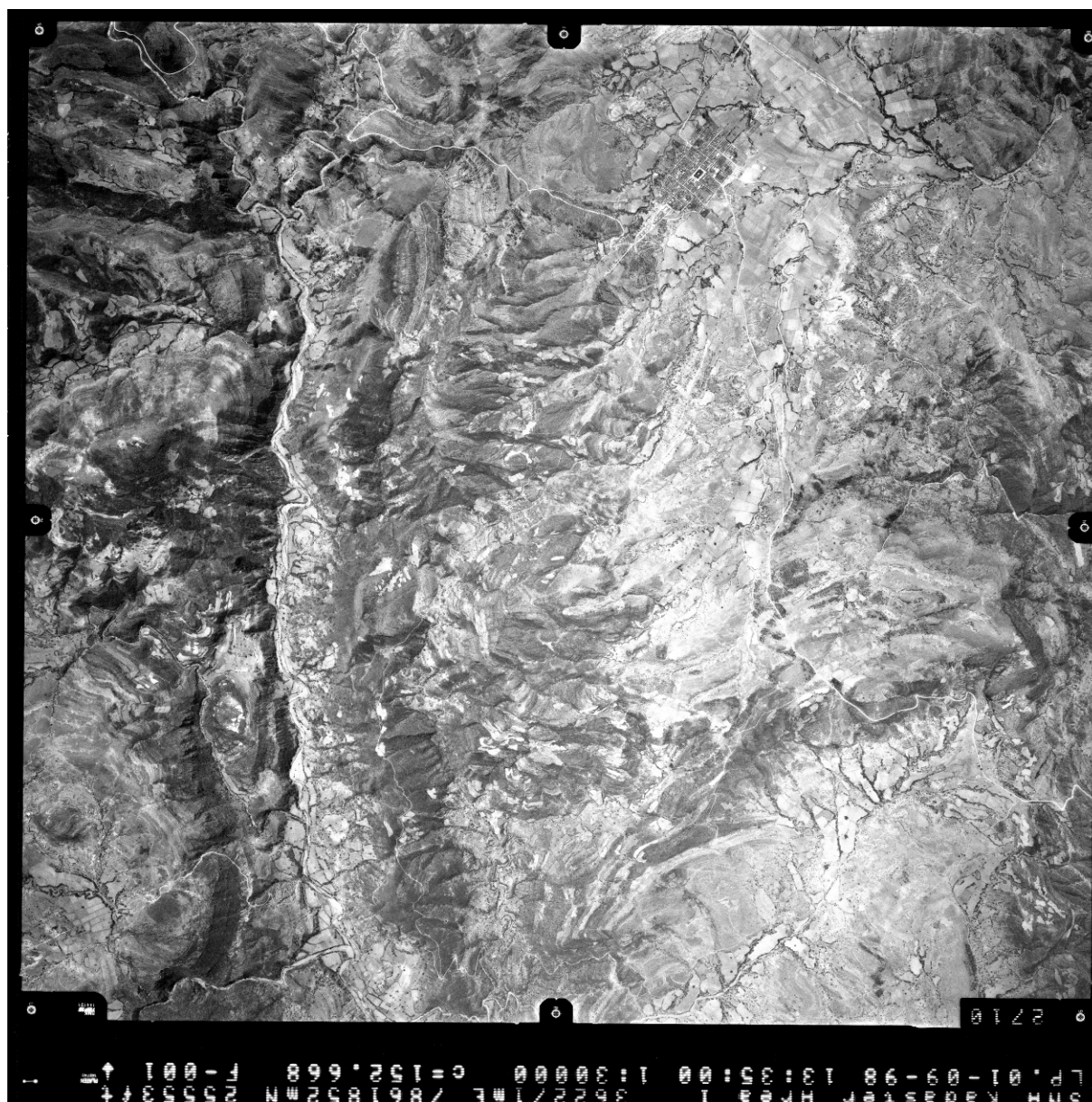
Anexo 1. Mapa de Ubicación



Anexo 3. Fotografía Aérea sin Ortorrectificar, sector San Julián Alto y Bajo



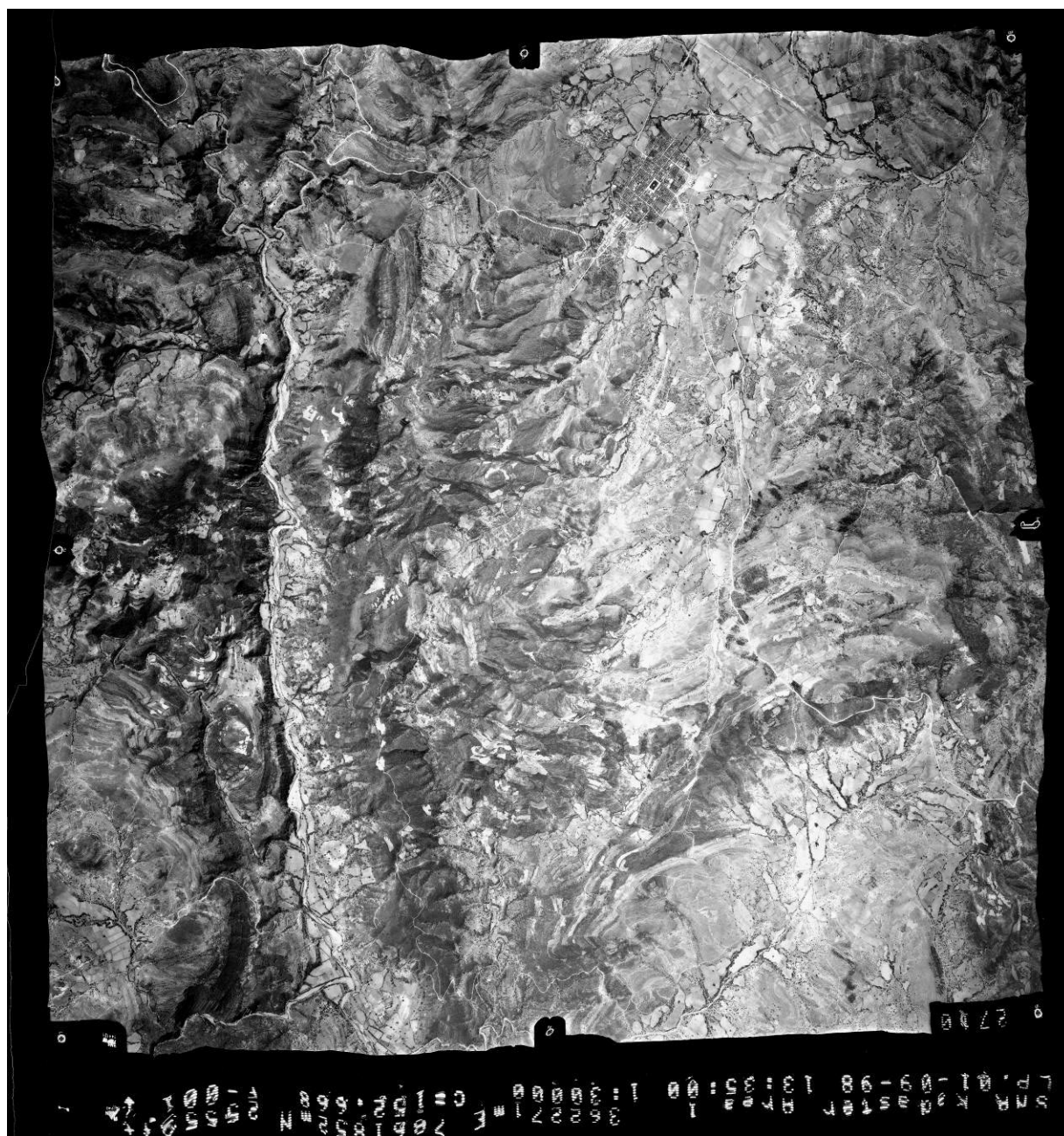
Anexo 4. Fotografía Aérea sin Ortorrectificar, sector Pueblo de Padilla San Julián Alto



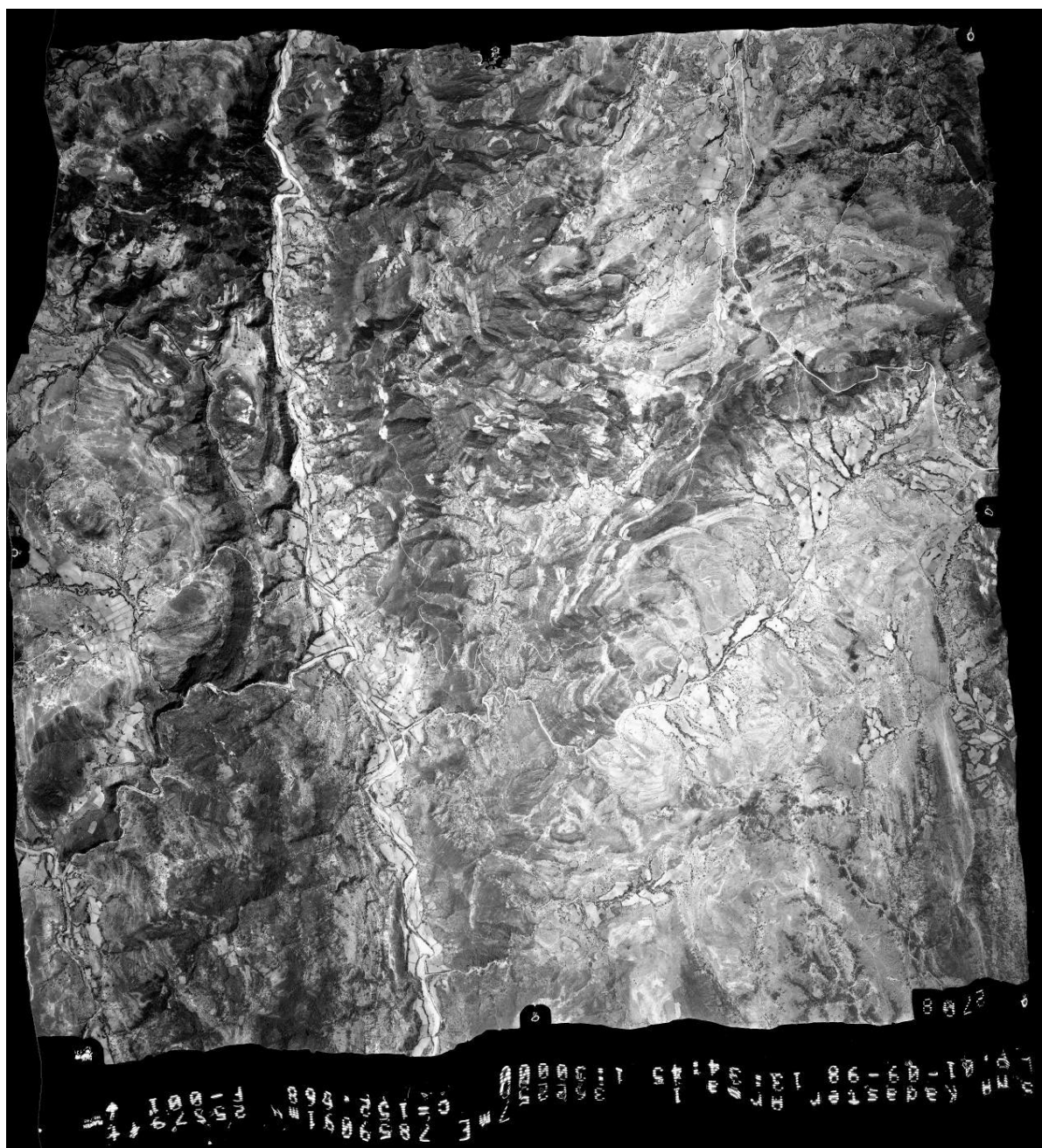
Anexo 5. Fotografía Aérea Ortorrectificada, sector San Julián Alto y Bajo



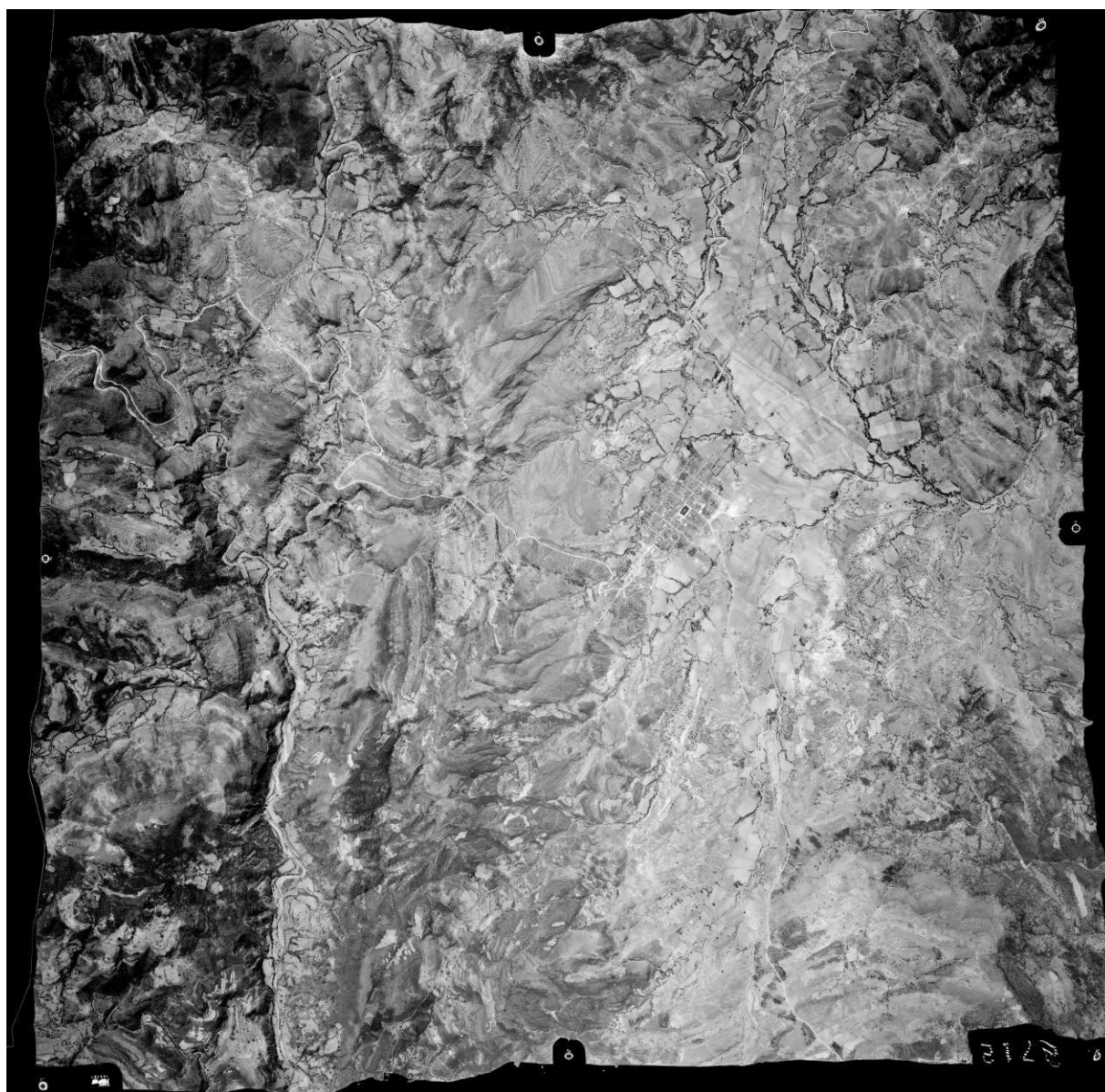
Anexo 6. Fotografía Aérea Ortorrectificada, sector Pueblo de Padilla y San Julián Alto



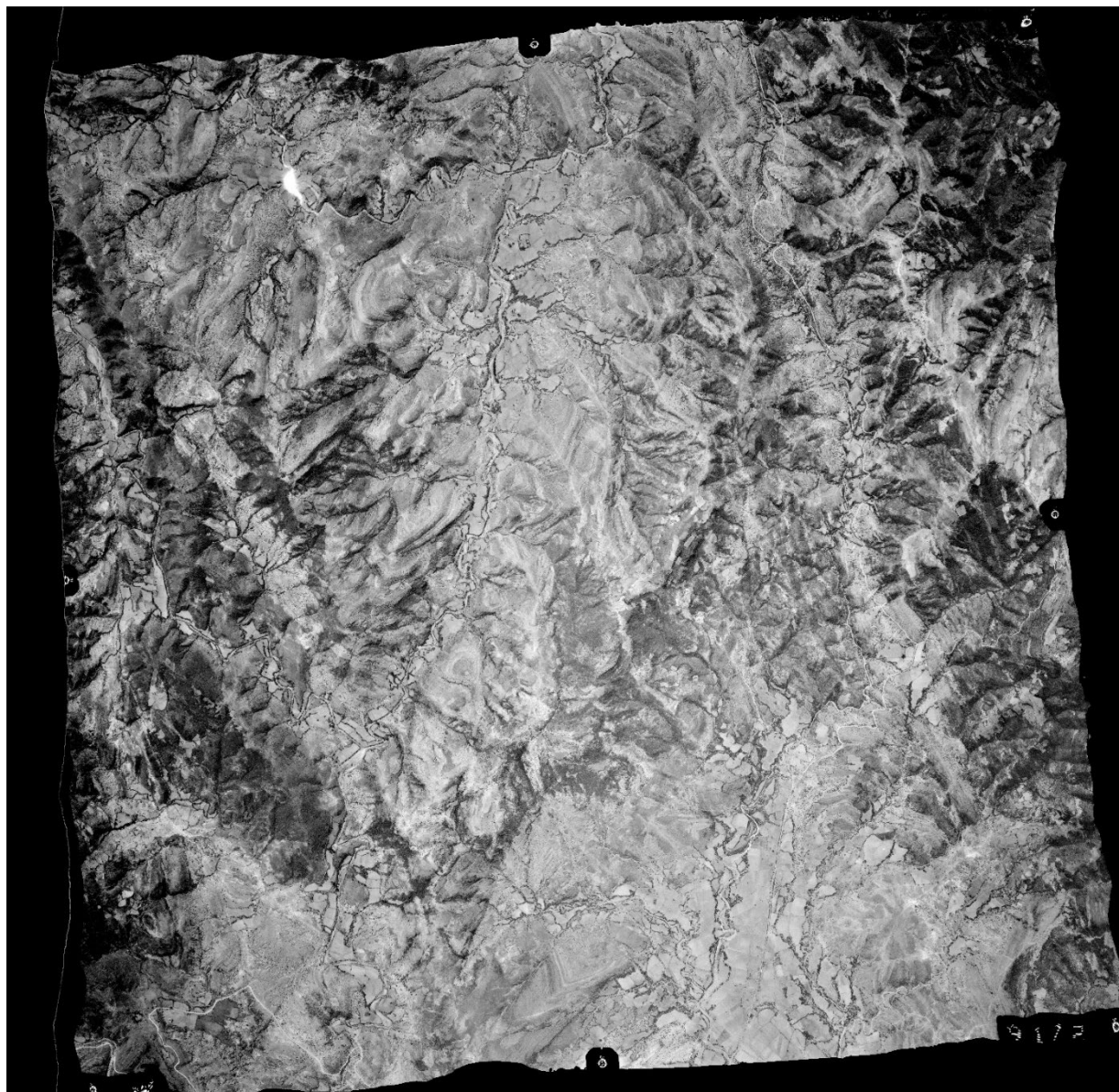
Anexo 7. Fotografía Aérea Ortorrectificada, sector San Julián Alto y Bajo



Anexo 8. Fotografía Aérea Ortorrectificada, sector Pueblo de Padilla



Anexo 9. Fotografía Aérea Ortorrectificada, sector norte del pueblo de Padilla camino a Villa Serrano



Anexo 10. Nuevos datos de ajuste de aerotriangulación para ortorectificación

The Triangulation Report with LPS

The output image x, y units: pixels
 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	10043,702	3301,249
2	9336,373	9373,127
3	8611,230	17362,878
4	1619,874	3536,125
5	1523,373	9957,375
6	2704,122	15066,126
80	8015,859	653,432
81	3100,321	1519,603
82	4285,068	1200,032
83	3619,573	1815,642
84	11238,758	2005,800
85	6782,321	2389,103
86	8421,432	2263,256
87	10843,892	2491,304
88	1987,810	2742,849
90	7020,340	2602,260
91	10789,550	2657,937
92	10948,991	2693,184
93	12083,682	2719,624
94	2628,552	3285,820
95	3920,626	3207,847
96	4283,525	3315,180
97	8764,844	3157,896
98	10909,640	3295,321
99	12453,730	3250,676
100	2273,814	4994,438
101	4134,186	5006,379
102	6511,083	4998,979
103	6589,387	5218,082
104	12018,390	5169,021
105	12579,931	5366,580
106	3310,491	6219,304
107	7210,883	6604,504
109	10850,164	6836,825
110	10952,616	6954,776
112	8612,738	7301,227
113	6627,596	9009,229
114	11072,394	9144,590
115	12136,798	8991,559
116	12205,353	9068,313
117	4119,730	9369,552

118	6579,431	9423,897
119	8550,843	9347,996
120	2111,838	10361,594
121	6645,611	11040,376
122	8181,458	10891,295
123	8417,337	10902,906
124	8668,033	10904,759
125	11365,900	11191,592
126	11067,573	11281,443
127	11119,843	11375,363
128	2301,688	13082,881
129	2373,940	13266,776
130	3072,580	13103,265
131	4299,767	13152,177
132	6632,495	12951,406
133	6692,778	13006,083
134	6475,128	13371,683
135	10752,503	14234,299
136	11193,922	14273,832
137	1880,565	14822,088
138	3679,193	15243,610
139	6180,429	15200,687
140	6147,372	15235,965
141	6883,282	15035,663
142	10421,830	14895,841
143	10591,192	15160,682
144	7505,988	17113,348
145	7276,103	17180,621
146	7295,222	17222,875
147	2147,131	17912,479
148	2167,411	17924,188
149	2927,531	17972,223
150	7421,607	18603,674
151	15904,762	1332,831
152	15931,719	1504,181
156	2270,532	2332,690
157	7440,165	2358,602
158	15753,609	2288,434
159	15806,435	3019,637
161	16869,219	3281,365
162	3169,745	5429,604
163	3307,362	665,487
174	2279,382	5186,505
182	2409,774	6932,429
189	2267,414	9202,656
195	3792,298	11101,297
199	4119,941	14382,197
206	2340,761	16927,148
218	2540,274	18591,953
339	16431,521	6111,454
343	18943,008	5831,856
346	15144,118	5594,618

347	14938,829	5943,629
353	15439,339	5470,311
367	15687,447	4203,291
371	17005,445	2923,507
372	15615,475	2625,886
373	15175,903	2407,601
450	8102,112	7089,184
454	2772,661	5262,757
456	8469,186	3382,264
457	8515,636	3069,601
458	8574,590	2875,905
459	8371,635	2393,119
461	6747,465	2418,635
462	3234,680	2222,935
463	12039,623	1282,730

Affine coefficients from file (pixels) to film (millimeters)					
A0	A1	A2	B0	B1	B2
116,2079	-0,012	0,000	-114,999	0,000001	0,012002

image ID = 2		
Point ID	x	y
1	16312,462	3746,231
2	15975,623	9674,129
3	15781,283	17612,047
4	8336,374	4002,377
5	8130,998	10305,002
6	9700,372	15381,877
7	1831,871	16363,875
8	2989,458	10331,004
9	1967,124	3297,125
80	14414,678	1199,185
81	9857,371	2044,368
82	10991,321	1733,787
83	10253,412	2327,190
85	13321,074	2876,874
87	17162,721	2966,808
88	8656,370	3227,940
89	8931,737	3149,826
91	17116,846	3128,185
93	18300,355	3183,589
95	10486,507	3673,978
96	10849,134	3777,813
97	15129,539	3613,542
98	17199,756	3742,455
99	18648,934	3694,736
100	8927,476	5419,980
101	10705,391	5425,039
102	13067,020	5410,253
103	13107,220	5622,294
104	18251,252	5553,441
105	18779,285	5742,418

106	9822,462	6611,980
107	13748,140	6973,596
108	8748,640	7528,442
109	17290,990	7183,005
110	17414,590	7298,455
111	10516,659	7681,375
112	15126,079	7647,751
113	13256,607	9335,655
114	17611,449	9441,357
115	18537,896	9283,654
116	18610,715	9358,742
117	10691,817	9705,103
118	13257,303	9743,874
119	15230,925	9657,950
120	8755,782	10700,115
121	13411,136	11340,168
122	14914,466	11181,495
123	15123,885	11190,271
124	15352,607	11189,608
125	17804,689	11451,329
126	17508,779	11541,414
127	17564,826	11633,846
128	8989,322	13402,321
129	9114,356	13586,290
130	9799,315	13416,666
131	11002,598	13454,019
132	13296,552	13232,844
133	13369,588	13287,208
134	13146,622	13652,338
135	17477,129	14468,993
136	17893,416	14503,745
137	8818,875	15146,269
138	10753,776	15548,573
139	13103,194	15478,914
140	13077,656	15514,368
141	13733,844	15306,595
142	17325,889	15129,700
143	17489,371	15392,248
144	14686,092	17377,182
145	14442,596	17446,984
146	14471,810	17489,186
147	9681,352	18243,584
148	9700,715	18254,949
149	10325,572	18295,561
150	14816,536	18872,096
153	17378,203	2115,346
154	17429,057	2267,336
155	8751,212	2993,278
156	8980,419	2830,775
157	13923,686	2845,555
162	9712,470	5839,437
163	10161,263	1223,172

164	1244,770	1725,234
165	4375,771	1679,291
166	6279,863	1721,834
167	1587,909	2348,553
168	1608,893	2438,636
169	4564,163	2488,281
170	5003,941	2727,038
171	6219,960	3405,217
172	1136,389	5379,547
173	1379,216	5554,117
175	213,758	5653,333
176	5676,190	5983,204
177	5455,940	6323,347
178	5982,503	6224,346
179	6368,808	6636,719
180	1696,067	7494,724
181	2123,975	7375,464
183	1541,275	7692,027
184	2430,144	8083,237
185	1966,093	9499,978
186	1874,252	9593,688
187	2045,634	9692,938
188	6245,153	9507,187
189	8845,193	9552,516
190	4229,909	10942,683
191	4406,913	11182,649
192	4370,146	11350,317
193	4756,442	11535,364
194	6349,750	11270,231
195	10407,784	11420,432
196	246,942	13705,514
197	2015,352	13758,984
198	5998,234	13352,565
199	11022,225	14682,674
200	2010,921	15195,163
201	4308,464	15278,674
202	4584,139	15505,755
203	6337,957	15658,780
204	238,643	17393,910
205	4662,184	17307,084
206	9745,094	17250,926
207	256,995	17420,895
208	130,674	17582,537
209	1199,446	17624,740
210	1876,617	17880,084
211	4342,549	17679,443
212	5327,893	17678,984
213	5510,354	17702,594
214	6276,326	17420,451
215	6178,970	17778,203
216	1692,865	18155,527
217	4409,401	18191,998

218	10032,699	18923,818
219	4469,616	19105,826
223	1296,080	1733,166
225	663,510	2240,597
227	1468,978	3156,254
228	547,377	3275,255
229	1279,090	3300,887
235	1943,506	7324,206
241	1719,843	11565,424
242	2241,804	11841,888
243	320,233	13397,761
246	5523,381	14498,796
247	2092,627	15375,844
252	2035,000	18216,104
358	13722,859	5610,262
449	15103,502	7682,733
460	14925,296	2616,426
462	9931,841	2723,383

Affine coefficients from file (pixels) to film (millimeters)					
A0	A1	A2	B0	B1	B2
115,7361	-0,012	0,000	-115,0315	-0,000002	0,012

image ID = 3		
Point ID	x	y
6	16513,122	15219,129
5	14707,998	10236,003
4	15128,124	4006,378
7	8609,980	16048,625
8	9690,861	10177,007
9	9486,124	3212,877
10	3336,875	3303,875
11	1586,123	10233,125
12	2732,621	16159,376
81	16735,951	2078,757
82	17840,615	1787,075
83	17012,820	2365,263
88	15417,771	3238,408
89	15703,080	3165,198
94	15881,837	3768,921
95	17151,689	3712,624
100	15632,761	5423,865
101	17333,617	5458,238
106	16367,002	6619,318
108	15329,113	7509,130
111	17087,988	7689,737
117	17219,092	9688,404
120	15349,330	10633,805
128	15568,369	13282,540
129	15737,345	13464,313
130	16400,234	13309,892
131	17558,537	13366,021

137	15602,388	14977,502
138	17615,473	15399,448
147	16943,135	17986,209
148	16960,510	17997,182
149	17439,146	18046,984
163	17152,527	1265,382
164	8662,989	1627,415
165	11473,912	1626,887
166	13355,945	1700,194
167	8973,957	2255,017
168	8993,943	2345,621
169	11758,223	2440,173
170	12232,593	2687,540
171	13212,996	3379,402
173	8398,152	5434,466
174	15620,777	5615,748
175	7263,518	5513,742
176	12429,576	5929,099
177	12181,449	6262,465
178	12706,321	6172,832
179	13031,189	6587,432
180	8529,693	7359,976
181	8980,421	7249,396
182	15513,901	7284,762
183	8338,084	7551,632
185	8670,898	9341,734
186	8580,302	9432,597
187	8743,697	9532,644
188	12842,624	9418,499
189	15397,425	9506,751
190	10863,021	10797,192
191	11051,726	11035,692
192	11007,288	11199,822
193	11411,136	11387,525
194	12927,361	11152,967
195	16938,230	11367,033
196	7025,494	13435,277
197	8717,300	13515,853
198	12648,370	13184,290
199	17735,914	14563,375
200	8801,159	14914,479
201	11035,181	15034,130
202	11320,530	15258,677
203	13069,055	15435,074
204	7127,440	17017,941
206	16903,879	17029,918
207	7143,760	17044,838
208	7027,189	17199,121
209	8054,288	17257,471
210	8777,526	17514,498
212	12185,462	17375,875
213	12363,544	17401,559

214	13155,254	17140,885
215	13078,943	17484,568
216	8633,350	17776,568
217	11219,774	17858,184
218	17230,551	18646,885
220	4231,858	1449,867
221	4135,713	1507,889
222	4006,391	1555,479
223	8717,681	1635,942
225	7965,389	2129,355
227	8958,639	3061,320
228	8097,799	3165,651
229	8794,501	3202,828
230	2551,276	5616,748
231	2592,750	7351,356
232	2855,015	7523,399
233	4360,226	7455,351
234	8526,871	7437,778
236	2618,062	9427,750
237	4837,066	9255,223
238	4619,827	9286,179
239	2500,118	11189,546
240	4365,117	11229,047
241	8391,271	11366,216
242	8903,231	11646,668
243	7067,869	13136,358
244	4160,802	13400,760
245	4512,445	13491,604
246	12165,625	14294,063
247	8871,332	15092,026
248	2935,838	17265,850
249	2809,192	17600,514
250	4268,334	17434,590
251	4243,399	17457,209
252	8928,405	17841,877
253	6699,962	5948,587
254	7042,247	6570,167
260	2728,374	1806,128
264	2734,211	2521,737
265	3312,010	2717,246
275	4708,603	7196,039
279	4337,886	7602,286
292	2972,737	11409,886
294	4444,524	13034,286
299	4496,198	13109,874
302	4631,728	13869,052
306	4510,290	15077,425
311	2469,779	16862,533
324	7460,574	2491,805
454	15908,826	5673,404
489	16508,961	7545,464

Affine coefficients from file (pixels) to film (millimeters)					
A0	A1	A2	B0	B1	B2
115,5661	-0,012	0,000	-116,1254	0,000004	0,012

image ID = 4		
Point ID	x	y
9	16461,874	3360,879
8	16350,081	10190,967
7	15702,665	16076,376
10	10494,125	3762,375
11	8491,373	10637,377
12	9807,621	16466,877
13	2068,124	2984,125
14	2989,291	9025,747
164	15453,330	1867,912
167	15770,196	2459,911
168	15794,451	2546,864
169	18356,850	2499,669
170	18876,623	2714,483
172	14891,102	5419,275
173	15051,299	5589,894
175	13957,626	5723,472
177	18598,582	6214,940
181	15591,889	7340,394
183	14912,760	7670,211
184	15791,039	8023,124
185	15271,585	9416,290
186	15186,899	9510,339
187	15350,837	9601,186
196	13936,572	13548,607
197	15582,387	13549,136
200	15837,760	14935,256
204	14358,349	17114,512
205	18847,994	16894,471
207	14376,830	17141,670
208	14276,507	17301,352
209	15289,051	17311,633
210	16086,199	17533,666
211	18550,732	17262,838
216	15992,498	17802,463
219	18558,799	18652,365
220	11036,362	1923,385
221	10941,834	1983,852
222	10807,996	2036,389
223	15511,331	1872,450
225	14685,753	2390,631
226	14278,560	2864,271
227	15901,969	3242,900
228	15113,227	3387,630
229	15773,424	3388,576
232	9762,086	7908,737
233	11153,760	7769,216

234	15117,777	7548,800
236	9438,039	9795,254
237	11621,670	9516,250
238	11406,203	9557,725
239	9346,065	11540,138
240	11145,988	11489,535
241	15086,148	11431,826
242	15604,776	11685,745
243	13931,657	13250,281
244	11062,197	13652,268
245	11421,189	13725,566
246	19072,783	14159,291
247	15909,775	15109,222
248	10102,079	17563,354
249	10014,902	17904,043
250	11459,113	17669,730
251	11439,558	17693,004
252	16255,683	17855,355
253	13442,280	6177,173
255	838,693	1991,278
256	4760,679	1911,467
257	6934,266	1997,326
258	6371,657	2399,204
259	6447,637	2437,827
260	9569,333	2344,241
261	4623,200	3048,135
262	5996,718	2653,796
263	6147,611	2718,444
264	9701,738	3035,731
265	10340,191	3195,247
266	1421,493	4031,059
267	440,477	5708,244
268	567,069	5890,556
269	730,626	5941,019
270	1631,246	5902,921
271	1599,280	5944,093
272	1632,921	6176,904
273	1861,157	6227,324
274	4777,648	7468,344
276	5318,788	7893,991
277	5450,774	7927,644
278	6657,557	7991,104
279	11119,967	7914,989
280	2343,729	9640,781
281	6850,719	9704,180
282	2198,188	9743,936
283	2798,887	10026,871
284	5038,922	9752,218
285	4997,580	9821,296
286	4769,392	10033,688
287	379,466	11484,505
288	477,994	11506,421

289	2523,625	11554,113
290	5085,728	11682,379
291	6645,054	11705,785
292	9792,345	11736,471
293	840,685	11941,461
294	11318,311	13274,955
295	2287,828	13424,370
296	6799,137	13343,940
297	6890,147	13376,703
298	7145,065	13567,716
299	11375,325	13347,310
300	5171,476	13839,517
301	5146,546	14073,669
302	11543,494	14095,822
303	2464,948	15113,979
304	2371,861	15205,091
305	2350,354	15215,444
306	11505,270	15303,938
307	2644,744	15846,100
308	5065,879	15383,888
309	6890,711	15407,516
310	6938,797	17066,094
311	9593,260	17182,490
312	954,841	17571,129
313	6828,867	17626,160
314	2554,976	18259,232
315	5321,441	18125,750
316	437,701	18539,303
317	2472,733	18922,844
318	2268,612	18943,570
319	6958,432	18744,219
320	6379,748	19014,906
321	573,431	2192,484
323	6673,262	2104,237
325	757,199	4023,729
329	6574,501	2514,014
330	9660,053	2001,720
336	6743,560	7506,064
530	16196,398	7160,375
531	10295,513	7028,988
541	10059,733	3016,823
544	9731,001	2515,494
545	6620,069	2432,056
596	2833,012	3291,580

Affine coefficients from file (pixels) to film (millimeters)					
A0	A1	A2	B0	B1	B2
116,0263	-0,012	0,000	-116,0775	-0,000002	0,012001

image ID = 5		
Point ID	x	y
12	16068,871	16364,129

11	14950,123	10573,128
10	17602,125	3875,375
13	9046,624	2888,627
14	9737,623	8851,877
28	3347,999	2341,001
220	17925,455	2092,430
221	17828,854	2148,517
222	17688,354	2196,464
224	18130,432	2856,933
230	16423,600	6105,011
231	16150,390	7746,132
232	16384,992	7917,717
233	17674,980	7814,412
236	15865,403	9766,127
237	18021,795	9543,651
238	17807,188	9578,887
239	15692,797	11483,543
240	17425,844	11475,685
244	17319,205	13606,686
245	17678,643	13686,820
248	16380,377	17457,105
249	16311,504	17792,656
250	17742,426	17590,297
251	17726,576	17612,521
255	7974,218	1884,805
256	11630,363	1909,606
257	13782,562	2052,574
258	13331,648	2431,485
259	13414,473	2470,896
260	16467,441	2463,604
262	13007,772	2671,208
263	13163,506	2738,201
264	16676,158	3143,573
265	17361,330	3316,932
266	8479,476	3899,487
268	7993,390	5706,533
269	8158,732	5760,146
270	8920,279	5745,113
271	8900,560	5784,432
272	9005,052	6014,712
273	9251,289	6070,105
274	11730,086	7362,488
275	18054,467	7556,716
276	12198,263	7794,462
277	12306,970	7830,688
278	13347,337	7922,922
279	17621,262	7956,518
280	9021,638	9443,777
281	13416,000	9613,459
282	8868,811	9542,874
283	9455,194	9836,405
284	11669,353	9618,369

285	11638,794	9685,618
286	11364,155	9889,949
287	7011,284	11221,026
288	7105,320	11245,185
289	9094,002	11339,144
290	11575,594	11525,370
291	13092,338	11584,523
292	16098,014	11687,475
293	7430,168	11683,733
294	17572,697	13240,033
295	8788,533	13184,904
296	13184,471	13206,630
297	13271,833	13241,896
298	13518,096	13436,952
299	17629,096	13312,666
300	11644,318	13660,431
301	11621,035	13891,575
302	17782,104	14054,953
303	8916,858	14865,122
304	8832,075	14953,327
305	8805,271	14963,272
306	17747,285	15249,693
307	9079,142	15596,463
308	11507,329	15188,442
309	13208,316	15252,597
310	13234,410	16899,154
311	15858,519	17069,588
312	7334,763	17277,078
313	13124,347	17453,432
314	8930,817	17993,584
315	11615,531	17919,375
316	6817,056	18231,666
317	8821,919	18653,643
318	8619,346	18670,949
319	13219,118	18567,773
320	12645,189	18825,088
321	7710,034	2075,260
322	9204,166	2354,192
325	7840,745	3875,135
326	5546,998	2023,489
327	7411,559	1904,414
328	4182,266	2213,238
329	13556,608	2549,592
330	16544,326	2131,518
331	4084,070	2701,471
332	4749,303	2964,440
334	2990,585	3438,135
335	2974,615	3484,216
548	13398,314	1871,596
597	9111,190	2073,064
599	7483,426	1519,954
654	1173,213	7187,414

661	5825,624	3126,696
662	3450,587	2972,435
665	207,293	3815,712
668	7885,339	2101,770

THE OUTPUT OF SELF-CALIBRATING BUNDLE BLOCK ADJUSTMENT

the no. of iteration =1 the standard error = 16.0929
the maximal correction of the object points = 32.37860

the no. of iteration =2 the standard error = 16.0947
the maximal correction of the object points = 0.70427

the no. of iteration =3 the standard error = 16.0946
the maximal correction of the object points = 0.00290

the no. of iteration =4 the standard error = 16.0946
the maximal correction of the object points = 0.00005

The exterior orientation parameters

image ID	Xs	Ys	Zs	OMEGA	PHI	KAPPA
36	357295,8930	7849871,2510	5873,8240	1,7710	-0,9063	-90,2763
35	357241,8003	7851716,0491	5873,8062	1,0981	-1,3866	-90,1827
34	357275,8646	7853557,1951	5875,1784	1,3821	-1,9290	-89,2065
33	357261,3338	7855399,3664	5874,1874	1,4726	-1,0580	-90,2869
32	357262,3145	7857240,1381	5876,2505	0,5287	-0,5496	-90,7436
31	357258,2626	7859078,7805	5878,0479	0,9869	-1,1110	-91,2013
30	357252,2729	7860930,2921	5875,1500	1,2623	-1,2090	-89,8660
8	354047,6656	7862936,5162	5809,4224	-0,2299	-1,9728	90,8735
29	357274,3799	7862760,6508	5875,7914	0,6115	-0,8075	-91,8981
1	350794,9292	7864783,4433	5759,0561	-1,1007	-0,5965	90,4462
9	354037,4354	7864772,9423	5805,6420	-0,1469	0,9969	91,5086
28	357237,2508	7864597,1301	5872,2138	0,9424	-1,7862	-88,7433
2	350816,8921	7866628,7321	5767,2010	-1,7107	-1,5091	90,0696
10	354039,5142	7866620,9182	5804,3963	-0,1175	0,9508	90,9483
27	357275,2200	7866442,7747	5876,4108	1,7659	-0,7303	-88,5622
3	350802,4039	7868474,6020	5766,7251	-1,7949	-0,6598	91,0417
11	354050,7011	7868457,9929	5810,4507	0,3370	1,0507	89,6904
26	357267,6604	7868286,9561	5867,4589	0,5971	-0,8474	-89,7015
4	350816,6679	7870323,3534	5759,9012	-1,6307	-1,4875	88,1288
12	354057,3746	7870299,1886	5807,0903	0,2832	-0,0173	90,5682
25	357256,1423	7870126,5236	5870,8286	0,0178	-1,6597	-90,4501
5	350819,4172	7872170,5293	5753,8651	-1,9834	-1,8791	89,5027
13	354047,1408	7872134,8244	5811,4712	0,1579	1,6129	90,9478
24	357274,2860	7871962,3585	5867,9247	1,1363	-0,7704	-93,4696
14	354064,6748	7873975,2058	5813,9807	0,2031	0,2309	89,1049
23	357268,4976	7873806,4796	5863,8798	0,5948	-1,0978	-91,5057
22	357260,6720	7875643,2274	5859,8340	1,5788	-1,8133	-92,1360
21	357259,2784	7877486,2003	5861,4894	0,2482	-1,1075	-90,2994
20	357263,2879	7879325,4222	5864,8255	0,6728	-0,4436	-88,4231
19	357264,6056	7881167,6173	5866,7835	0,3286	-1,2843	-92,0040

The accuracy of the exterior orientation parameters

image ID	mXs	mYs	mZs	mOMEGA	mPHI	mKAPPA
36	7,2766	7,4019	4,5338	0,1055	0,0884	0,0419

35	5,8936	4,8762	2,3862	0,0669	0,0752	0,0269
34	5,5751	4,0335	1,9215	0,0533	0,0714	0,0228
33	4,6868	3,7766	1,8929	0,0484	0,0591	0,0211
32	4,4466	3,7007	1,7595	0,0471	0,0562	0,0199
31	4,0406	3,5660	1,6606	0,0463	0,0515	0,0190
30	3,6980	3,3088	1,5523	0,0437	0,0485	0,0182
8	4,1074	3,5676	1,8521	0,0516	0,0593	0,0218
29	3,3942	3,1210	1,5119	0,0430	0,0458	0,0171
1	5,6292	5,4108	2,4870	0,0794	0,0789	0,0328
9	3,9375	3,5270	1,5672	0,0522	0,0568	0,0174
28	3,3238	2,8818	1,4530	0,0410	0,0451	0,0174
2	4,6826	3,6274	1,6266	0,0515	0,0673	0,0214
10	3,1450	2,8580	1,3175	0,0401	0,0457	0,0142
27	3,0096	3,1189	1,4114	0,0425	0,0416	0,0160
3	4,7056	3,8230	1,6430	0,0553	0,0682	0,0222
11	3,4439	2,9160	1,3987	0,0419	0,0494	0,0155
26	3,3083	2,9549	1,5740	0,0415	0,0459	0,0172
4	4,8814	4,1173	1,7956	0,0593	0,0707	0,0246
12	3,3905	2,9217	1,4337	0,0423	0,0494	0,0152
25	3,2800	3,0129	1,5824	0,0408	0,0461	0,0167
5	5,1880	5,6453	2,7701	0,0796	0,0734	0,0348
13	3,6382	3,3509	1,7071	0,0488	0,0532	0,0184
24	3,4775	3,0417	1,6363	0,0423	0,0485	0,0167
14	4,5339	4,4116	2,4736	0,0668	0,0644	0,0283
23	3,8540	3,0258	1,6786	0,0425	0,0540	0,0175
22	3,9080	3,2353	1,7911	0,0441	0,0552	0,0182
21	4,5912	3,8787	2,1877	0,0523	0,0662	0,0228
20	5,1680	4,8946	2,8538	0,0662	0,0753	0,0307
19	6,0024	7,5571	4,3421	0,1058	0,0843	0,0462

The interior orientation parameters of photos

image ID	f (mm)	xo (mm)	yo (mm)
36	152,668	0	0
35	152,668	0	0
34	152,668	0	0
33	152,668	0	0
32	152,668	0	0
31	152,668	0	0
30	152,668	0	0
8	152,668	0	0
29	152,668	0	0
1	152,668	0	0
9	152,668	0	0
28	152,668	0	0
2	152,668	0	0
10	152,668	0	0
27	152,668	0	0
3	152,668	0	0
11	152,668	0	0
26	152,668	0	0
4	152,668	0	0
12	152,668	0	0
25	152,668	0	0
5	152,668	0	0

13	152,668	0	0
24	152,668	0	0
14	152,668	0	0
23	152,668	0	0
22	152,668	0	0
21	152,668	0	0
20	152,668	0	0
19	152,668	0	0

The residuals of the control points

Point ID	rX	rY	rZ
1	-0,2226	-1,4211	1,2826
2	-0,9985	-0,9930	-1,7872
3	-0,4004	-1,4731	0,8955
4	-0,2603	-2,9485	1,8833
5	1,7610	0,3435	1,5310
6	-1,7189	-0,1487	0,2176
7	-0,3357	2,1607	-2,1449
8	1,5247	-0,0245	0,1674
9	0,2521	-2,7987	4,3525
10	0,8954	-0,1352	2,5332
11	5,2336	3,7580	-9,5411
12	0,8036	6,2728	-8,3083
13	-0,7677	-1,5950	-1,7673
14	9,3430	6,0459	-21,6827
16	1,8694	1,8101	-1,2946
17	-2,7347	-1,0481	-3,5309
18	-3,8206	-2,7527	-10,8104
19	-1,3975	-2,8539	-2,5431
20	-2,2382	-2,4091	-1,2968
21	-1,0472	-1,0146	0,6822
23	-0,8507	0,8087	0,9924
24	-2,5323	-2,0453	-0,5853
25	0,2260	1,2748	1,2020
26	-1,9145	-1,5526	0,8621
28	-7,5421	-0,7619	-7,4995
29	-0,6051	0,5074	7,3546
30	0,7795	0,4012	3,9207
35	-1,7601	-1,8025	0,4499
36	1,3028	-0,1617	2,4877
37	-1,0404	-0,4304	0,3269
38	0,2614	0,8949	-0,3068
39	1,6485	2,2033	1,9259
40	1,0366	0,9141	1,4894
42	0,4411	0,0374	2,8902
43	-0,0267	0,5280	-1,1732
44	1,0607	1,0043	-1,9451
45	0,0996	-0,7730	-1,6524
46	0,5012	0,3847	-3,3513
47	0,9682	0,4411	2,0416
48	-0,5796	0,1170	-1,0778
51	-1,1807	2,1739	-1,1108
52	0,1784	0,1933	-1,1253
53	-1,3866	-0,4123	-0,7634

54	-0,7545	-0,5272	-1,8421
55	2,0225	-0,3010	-0,5598
56	1,9880	-0,2835	0,8324
57	0,9907	4,1728	-0,0924
58	1,7467	1,8459	4,6053
59	3,0384	-1,3483	-3,6610
60	0,8864	1,5390	0,3497
61	1,3872	0,4114	-1,4270
62	-0,9238	0,1862	1,0506
63	1,0030	1,4778	0,8665
64	0,8258	1,1289	-3,4620
65	2,2314	1,4425	-2,5829
66	0,0203	0,6967	3,7924
67	-0,6663	-0,8409	1,4393
68	1,5636	0,1064	-0,0536
69	-0,1232	-0,9860	1,2749
70	-0,8375	-0,0405	-1,5368
71	-1,1065	-0,6223	2,6032
72	1,8207	-0,4504	1,2912
73	1,1407	1,3959	-2,1356
74	2,2268	0,4448	2,4043
76	-0,5405	-0,8385	-2,3947
77	1,2196	1,3672	1,5225
78	0,0036	0,1740	-0,1850
79	1,5838	-1,6875	-2,4691

aX	aY	aZ
0.2290	0.1644	-0.6791
mX	mY	mZ
2.0851	1.7764	4.0352

The coordinates of object points

Point ID	X	Y	Z	Overlap
1	352571,9950	7864632,6320	2256,5580	5
2	350886,6770	7864810,5440	2376,7350	2
3	348874,7000	7864974,6380	2543,1360	2
4	352426,8260	7866886,5240	2336,3640	6
5	350709,5150	7866937,8510	2247,5220	3
6	349400,3300	7866509,8150	2424,3420	3
7	349089,1500	7868610,4390	2253,0150	3
8	350701,4730	7868343,5130	2227,5260	3
9	352452,8580	7868442,9460	2598,7530	6
10	352390,7400	7869972,1090	2575,0820	6
11	350646,1950	7870551,0450	2238,3880	3
12	349011,4030	7870234,6770	2170,6550	3
13	352740,7120	7872193,0030	2384,7740	5
14	351129,6920	7872011,6340	2309,4980	2
16	355584,6090	7863252,4240	2648,3490	5
17	354222,9870	7863039,2840	2389,5690	2
18	352253,5930	7862911,4370	2330,3140	2
19	355662,8690	7864663,4000	2685,4920	6
20	354067,4350	7864802,7930	2277,2000	3
21	355574,2650	7866595,0180	2300,1230	5
23	355669,7910	7868101,1500	2427,4450	6

24	353825,4080	7867286,6830	2392,1330	2
25	356014,4500	7870285,1060	2301,2440	5
26	354470,1980	7869206,0010	2273,6360	3
28	352816,9770	7873668,5750	2498,2900	3
29	353685,7360	7872774,9270	2512,3690	2
30	355616,0590	7873802,1370	2464,6850	5
35	357591,9200	7881385,0040	2353,9370	2
36	357146,0260	7879659,7970	2363,2600	3
37	359386,0860	7881630,9040	2273,8700	2
38	359250,4230	7877324,4100	2405,0490	3
39	357368,2390	7878028,4090	2396,6960	3
40	359102,2250	7879355,4620	2565,2763	2
42	357547,6380	7875854,8980	2292,7200	3
43	359338,2190	7875565,0010	2453,0520	3
44	359527,4730	7877077,6280	2471,8632	2
45	357701,7030	7873489,5460	2301,2700	3
46	359306,8880	7873415,3550	2232,2045	3
47	357233,7880	7872229,6720	2225,2600	3
48	359354,9640	7871948,8500	2265,1110	3
51	357131,2340	7868605,2120	2530,0960	3
52	359364,3750	7868593,0840	2245,4050	3
53	357824,6640	7866771,7780	2381,1550	3
54	359586,3160	7866353,3010	2134,1130	3
55	359613,9910	7864593,9330	2107,9560	3
56	358361,3780	7864585,6860	2315,2538	3
57	355435,8660	7861298,9510	2229,6050	4
58	357316,2340	7862796,4460	2256,7390	3
59	359320,7350	7862916,6880	2130,6840	3
60	357383,3650	7861024,3340	2205,9120	3
61	359414,2270	7860740,7330	2148,4360	3
62	355479,9720	7859393,8750	2191,8260	3
63	357230,0270	7859136,9010	2203,5360	3
64	359801,2810	7858754,9750	2010,6100	3
65	359281,0590	7858893,2740	2161,9960	3
66	355190,9600	7857128,4760	2113,7120	3
67	357317,6820	7856962,9470	2040,1960	3
68	360037,5700	7857472,3770	1947,4900	3
69	357439,2170	7855716,0340	2049,3060	3
70	359454,2960	7855314,0410	2059,2960	3
71	355429,9280	7853804,2520	2295,4020	3
72	357539,3140	7853619,8640	2102,7660	3
73	359432,2020	7853811,9040	2264,3160	3
74	355648,8610	7851908,8310	2180,3510	3
76	359138,4040	7852289,7610	2142,2230	3
77	355661,0600	7850336,9960	2217,8700	2
78	357131,0830	7849982,7380	2165,8300	2
79	359200,9590	7850170,2830	2184,0490	2
80	353260,3286	7865191,5253	2309,5950	4
81	352942,3650	7866472,3207	2392,0763	4
82	353036,2364	7866164,3357	2388,6537	3
83	352900,4506	7866360,7207	2336,9858	4
84	352911,0498	7864305,7216	2302,7058	4
85	352759,6667	7865513,4307	2341,9698	3
86	352830,1492	7865075,0825	2296,9100	3
87	352771,4433	7864414,4065	2309,9574	3

88	352649,5626	7866798,2370	2323,4636	4
90	352709,2039	7865451,1417	2330,0880	4
91	352725,2668	7864428,7280	2310,2085	4
92	352713,6702	7864384,7869	2313,5073	3
93	352732,2528	7864066,9099	2279,1770	5
94	352517,0698	7866661,3505	2295,0647	3
95	352546,7284	7866292,7376	2297,7715	3
96	352516,8379	7866192,6658	2302,8180	2
97	352592,9770	7864981,4883	2281,1870	3
98	352564,0028	7864391,0454	2284,6239	3
99	352591,7622	7863961,1546	2269,5179	3
100	352050,5622	7866722,2271	2307,2370	3
101	352060,3709	7866231,5060	2292,0092	3
102	352061,0253	7865582,9090	2322,2528	3
103	352009,0102	7865565,2030	2302,7458	2
104	352065,8862	7864073,1552	2244,1253	3
105	352011,8536	7863916,9138	2247,2564	5
106	351739,9612	7866471,5913	2243,6736	4
107	351631,9124	7865391,3076	2311,0055	3
109	351577,7026	7864405,5957	2326,5948	2
110	351543,3566	7864378,9460	2338,4616	2
112	351446,7123	7865010,4614	2315,7844	3
113	350978,0532	7865537,9452	2329,9787	2
114	350950,9654	7864344,7358	2356,9287	2
115	350997,5000	7864047,7026	2306,8439	2
116	350976,5548	7864029,4063	2309,5780	2
117	350877,2970	7866232,3026	2263,6029	3
118	350866,2561	7865544,9876	2350,7740	2
119	350889,9551	7865017,7402	2382,7959	2
120	350603,8490	7866765,2688	2271,3601	3
121	350438,7772	7865515,9455	2382,5479	2
122	350481,1605	7865110,9893	2389,4664	2
123	350477,6465	7865049,5360	2379,6973	2
124	350476,9358	7864983,6180	2372,4683	2
125	350394,8201	7864251,3122	2286,7733	2
126	350369,3250	7864332,2420	2281,7373	2
127	350343,9535	7864317,9763	2283,6252	2
128	349871,4592	7866698,7110	2281,1551	3
129	349829,2481	7866664,3183	2307,6367	3
130	349873,5152	7866479,4777	2308,1902	3
131	349861,1490	7866153,1833	2307,9947	3
132	349918,6354	7865528,5088	2315,7296	2
133	349905,7174	7865510,7726	2322,5572	2
134	349805,4246	7865569,7635	2314,1738	2
135	349602,5772	7864424,4015	2391,0399	2
136	349590,0200	7864306,4693	2384,7375	2
137	349448,3248	7866739,8422	2391,9122	3
138	349371,7912	7866239,8981	2468,8999	3
139	349361,8200	7865616,5743	2420,8824	2
140	349354,0007	7865624,2729	2423,8634	2
141	349393,6721	7865440,0861	2394,9352	2
142	349459,2759	7864516,7527	2466,9412	2
143	349389,7599	7864472,1714	2463,8348	2
144	348934,3086	7865250,9760	2538,7978	2
145	348912,5597	7865309,7612	2529,7909	2

146	348904,5313	7865304,1537	2534,1781	2
147	348807,1715	7866520,5522	2642,0791	3
148	348804,1619	7866515,8765	2641,7123	3
149	348758,5520	7866360,1366	2590,2302	3
150	348619,2394	7865256,1885	2619,7104	2
151	353118,5057	7863018,4815	2309,5186	2
152	353076,0912	7863006,9607	2302,0278	3
156	352746,0300	7866709,3421	2350,9268	5
157	352780,2736	7865339,4563	2326,2320	4
158	352890,0414	7863027,1607	2246,3782	3
159	352704,4936	7862993,7584	2209,0715	2
161	352625,2265	7862699,2171	2227,6037	3
162	351951,3823	7866504,1054	2260,7083	4
163	353130,7034	7866394,4890	2447,9833	4
174	352010,1987	7866716,4197	2286,9577	3
182	351544,4854	7866716,2241	2240,3265	3
189	350919,1117	7866742,7799	2244,8286	3
195	350406,1852	7866311,5349	2270,8568	3
199	349564,6430	7866160,5032	2396,9362	3
206	349016,1308	7866503,6605	2594,3835	3
218	348631,7009	7866434,1681	2624,0443	3
339	351805,8340	7862867,8520	2298,3840	2
343	351885,8072	7862169,7051	2311,0350	2
346	351947,7591	7863207,5269	2273,1703	3
347	351846,3911	7863255,4473	2273,0857	3
353	351978,3232	7863133,3319	2289,1212	3
367	352329,6535	7863067,6400	2292,6877	3
371	352739,7748	7862647,4977	2205,3550	3
372	352799,8710	7863060,0833	2235,6759	3
373	352834,8178	7863206,2592	2278,4745	2
450	351501,9087	7865148,8340	2316,8587	3
454	352000,3678	7866615,1302	2253,8845	4
456	352516,1624	7865058,4467	2307,0572	4
457	352619,0166	7865048,0418	2269,1101	3
458	352676,9727	7865035,3513	2272,1967	3
459	352798,6151	7865091,1621	2286,2521	4
461	352751,1401	7865522,8995	2341,7979	3
462	352775,1029	7866449,9261	2360,6470	4
463	353059,8670	7864097,2440	2370,6851	3
89	352667,3171	7866723,0907	2332,1075	4
108	351480,5635	7866771,4799	2248,6715	3
111	351435,7775	7866283,3028	2276,9345	3
153	353009,7585	7864357,2429	2321,3044	3
154	352971,8423	7864335,8856	2311,8519	3
155	352705,5305	7866772,0378	2340,2948	4
164	352884,1908	7868657,3097	2544,5786	3
165	352984,4706	7867919,3077	2432,8859	2
166	352976,2795	7867418,7412	2444,4375	2
167	352732,1163	7868575,3742	2534,6367	3
168	352709,1446	7868569,8615	2534,4151	3
169	352740,3103	7867848,9696	2483,9027	3
170	352667,1322	7867728,1320	2506,0713	3
171	352545,1663	7867439,1322	2408,3823	2
172	352011,0942	7868769,3142	2382,3702	4
173	351972,0793	7868718,9671	2360,2066	3

175	351942,5259	7869021,4287	2359,1116	3
176	351889,4897	7867609,9984	2292,2500	3
177	351801,7644	7867673,2478	2272,0748	4
178	351828,2543	7867528,7942	2278,8145	4
179	351722,1338	7867428,4479	2253,1813	4
180	351469,9464	7868676,9537	2279,2098	3
181	351500,8949	7868555,1415	2293,5052	4
183	351422,2697	7868732,0904	2250,3334	3
184	351314,4959	7868488,4282	2255,9432	3
185	350930,8529	7868632,5798	2209,8344	3
186	350905,0451	7868657,4729	2208,8227	3
187	350877,9122	7868611,2871	2207,8789	3
188	350930,9092	7867461,4939	2224,3659	2
190	350534,5768	7868011,4242	2213,1338	2
191	350469,6006	7867958,6761	2223,1333	2
192	350423,2119	7867969,7318	2218,7450	2
193	350374,4184	7867858,2934	2235,5312	2
194	350444,4930	7867429,1952	2221,7308	2
196	349790,2843	7869064,6640	2219,5467	3
197	349770,2074	7868597,2430	2213,3903	3
198	349885,5483	7867510,1387	2261,3283	2
200	349402,2255	7868565,6345	2260,4242	3
201	349378,8059	7867951,9498	2274,0664	2
202	349322,4977	7867874,1363	2285,0752	2
203	349290,8504	7867400,6379	2317,7621	2
204	348838,2602	7869008,1734	2275,4690	3
205	348888,9307	7867821,0229	2361,3843	2
207	348830,8951	7869003,4467	2275,3355	3
208	348790,6904	7869033,6892	2277,6329	3
209	348775,6114	7868755,6164	2278,9323	3
210	348728,5303	7868557,2574	2316,4410	3
211	348792,3141	7867903,9822	2356,6171	2
212	348795,5139	7867646,4350	2366,9086	2
213	348789,6539	7867598,7886	2368,5658	2
214	348874,7005	7867395,0461	2396,1877	2
215	348789,6203	7867417,0659	2405,5352	2
216	348668,4264	7868594,1632	2332,3819	3
217	348641,9834	7867896,6606	2325,3325	2
219	348391,2232	7867884,9793	2306,2358	2
223	352881,1710	7868643,2154	2546,7555	3
225	352784,8941	7868838,4585	2485,0939	3
227	352501,0558	7868574,1146	2578,8161	3
228	352459,3781	7868788,2966	2593,7197	3
229	352459,0609	7868614,2477	2587,8553	3
235	351514,7483	7868600,6509	2294,2645	3
241	350362,6544	7868700,9550	2189,0343	3
242	350286,5384	7868556,6039	2191,9350	3
243	349868,8112	7869057,2315	2204,4111	3
246	349574,5154	7867637,4550	2251,8379	3
247	349352,2564	7868545,5656	2256,2652	3
252	348641,1103	7868514,9206	2316,5575	3
358	352028,3389	7865407,9849	2302,6061	3
449	351443,3741	7864959,9223	2265,1556	3
460	352857,9777	7865049,5991	2311,2559	3
220	352930,0641	7869801,8171	2476,6597	4

221	352915,6226	7869827,1126	2474,3333	4
222	352905,6636	7869862,1075	2468,5848	4
230	351899,9136	7870208,9811	2365,7322	3
231	351423,6181	7870248,7240	2342,3710	3
232	351382,4265	7870182,5203	2329,2129	3
233	351414,9072	7869798,1446	2300,4606	3
234	351450,4401	7868681,0600	2273,3738	3
236	350875,9829	7870285,5269	2224,9307	3
237	350933,4808	7869677,5610	2249,2516	3
238	350924,0439	7869737,3718	2245,6671	3
239	350389,1455	7870326,3467	2184,6703	3
240	350384,4344	7869819,2190	2178,7029	3
244	349779,9489	7869863,7454	2172,3184	3
245	349757,4237	7869764,2525	2178,9119	3
248	348717,8791	7870169,5484	2180,5270	3
249	348632,1890	7870197,0705	2190,1981	3
250	348685,3209	7869796,5715	2205,2474	3
251	348680,3658	7869802,5025	2207,0810	3
253	351819,0439	7869168,5318	2365,7063	4
254	351657,5834	7869073,5070	2353,3930	3
260	352836,1274	7870191,5812	2455,5724	4
264	352626,9060	7870164,4573	2497,4679	4
265	352563,8863	7870001,5775	2530,9081	4
275	351490,0814	7869687,3445	2306,1291	3
279	351376,8443	7869807,2987	2289,6701	3
292	350328,0882	7870202,8699	2170,7660	3
294	349882,5102	7869787,7877	2173,5619	3
299	349861,9886	7869772,6723	2174,6743	3
302	349650,6619	7869732,0274	2170,9665	3
306	349317,8937	7869755,8878	2176,2219	3
311	348819,2452	7870307,1094	2163,7930	3
324	352650,7461	7868959,8074	2543,1737	3
489	351475,7723	7866440,9484	2261,3519	4
226	352676,3679	7868956,2999	2481,1288	3
255	352980,2527	7872474,2032	2432,1709	3
256	353043,1100	7871481,6805	2348,5837	2
257	352992,4642	7870894,0158	2376,9173	2
258	352856,3650	7871037,0130	2423,8830	2
259	352834,0191	7871018,7012	2441,5983	4
261	352680,5087	7871496,7074	2436,4649	3
262	352769,4813	7871134,2312	2456,6397	3
263	352747,9871	7871095,1551	2463,1737	3
266	352445,3844	7872344,1345	2417,1509	4
267	352087,6725	7872559,2435	2349,3761	2
268	351912,8194	7872463,5088	2561,8105	2
269	351898,1481	7872421,6899	2564,9898	2
270	351919,2062	7872230,5240	2515,7184	2
271	351907,1883	7872235,5521	2520,9310	2
272	351837,2436	7872208,8235	2553,7427	2
273	351819,6332	7872146,5471	2565,0019	2
274	351521,9919	7871488,5637	2410,6210	2
276	351410,5977	7871358,6010	2384,8941	2
277	351402,3299	7871327,0368	2375,5814	2
278	351387,0936	7871023,0421	2311,0803	2
280	350980,5901	7872214,9737	2244,7718	2

281	350923,7350	7870993,9511	2255,1325	2
282	350953,8750	7872257,3932	2239,3722	2
283	350871,4490	7872096,2282	2241,8521	2
284	350926,1852	7871483,9597	2260,6752	2
285	350907,5579	7871493,7537	2265,9871	2
286	350852,1141	7871566,0286	2238,8080	2
287	350495,3383	7872774,0477	2203,4253	2
288	350488,3027	7872748,4015	2202,4422	2
289	350455,1901	7872199,3447	2199,9080	2
290	350393,9849	7871505,0504	2194,5448	2
291	350372,0140	7871076,5343	2195,8682	2
293	350364,7250	7872661,2597	2189,4679	2
295	349940,3032	7872288,6100	2168,9104	2
296	349913,1977	7871050,8761	2170,9913	2
297	349902,9034	7871026,0171	2170,5339	2
298	349847,2081	7870956,8293	2170,5545	2
300	349801,9677	7871494,4439	2196,2336	2
301	349738,8632	7871502,1666	2197,7998	2
303	349471,3991	7872256,5287	2153,7496	2
304	349449,0774	7872280,1946	2157,5450	2
305	349445,3300	7872287,7678	2154,4477	2
307	349267,9761	7872212,8575	2150,4247	2
308	349378,4796	7871536,5907	2184,6543	2
309	349332,9553	7871045,9639	2143,4394	2
310	348873,4646	7871045,5484	2138,9380	2
312	348799,2439	7872703,8635	2109,7772	2
313	348721,6909	7871079,8722	2139,6382	2
314	348602,2806	7872259,3335	2130,3175	2
315	348593,9493	7871505,0143	2119,9588	2
316	348542,4330	7872848,0498	2109,4717	2
317	348415,6142	7872291,2512	2118,3484	2
318	348411,8186	7872347,7325	2116,8930	2
319	348405,9347	7871054,6654	2126,8889	2
320	348337,4062	7871217,7203	2122,6075	2
321	352927,4516	7872543,4332	2435,3975	3
323	352945,4466	7870963,6901	2405,3465	3
325	352448,4629	7872513,7057	2420,6582	4
329	352807,9342	7870983,1019	2449,7371	3
330	352930,3206	7870167,2050	2453,8582	4
336	351503,7642	7870987,0025	2374,6633	2
530	351555,9510	7868397,8773	2304,2544	3
531	351606,3842	7870031,4369	2374,3694	4
541	352620,9099	7870073,5700	2516,6447	4
544	352774,9657	7870153,4195	2481,8431	4
545	352832,5963	7870972,0055	2444,0548	3
596	352629,3486	7871972,0545	2424,3992	4
224	352702,7345	7869776,2347	2510,0074	4
322	352873,9942	7872152,2278	2410,3413	3
326	352935,1052	7873106,0922	2440,4631	3
327	352978,1693	7872629,8990	2428,6707	4
328	352851,0623	7873455,2013	2483,1316	2
331	352728,9354	7873484,1848	2471,5679	2
332	352671,8991	7873319,3628	2452,6237	2
334	352536,2747	7873766,9561	2457,4095	2
335	352520,7100	7873771,6111	2465,4526	3

548	353038,8875	7871001,6566	2381,9202	4
597	352934,5644	7872166,8769	2428,0593	3
599	353075,8465	7872608,2889	2439,3811	4
654	351614,7094	7874351,2492	2227,9652	2
661	352627,0735	7873040,3782	2457,3512	3
662	352649,4300	7873643,8541	2478,9053	3
665	352552,2107	7874545,5478	2275,8868	2
668	352916,4631	7872501,2692	2444,5469	4
160	352700,0105	7862789,9852	2214,2886	2
337	351580,0693	7863143,0353	2277,5119	2
338	351828,0183	7862187,5068	2347,5488	2
340	351701,0890	7864412,4462	2284,3361	3
341	351652,6899	7865197,5433	2316,3321	3
342	351884,7395	7862199,8473	2350,6069	2
344	351956,9752	7862204,1951	2342,1413	2
345	351932,5875	7863241,4625	2252,5414	2
348	351795,5598	7864030,5141	2286,8615	3
349	351905,5436	7864201,9432	2270,0785	3
350	352099,6208	7862133,8244	2306,6775	2
351	352126,8313	7862176,2841	2292,5708	2
352	352149,9336	7862646,1069	2401,2683	2
354	352060,3030	7863900,3310	2242,9372	3
355	352068,3652	7864042,0638	2249,2503	3
356	352064,7049	7864145,1215	2253,8514	3
357	351989,3088	7865168,8843	2352,5527	3
359	352149,8627	7862230,4028	2312,3151	2
360	352271,0887	7862735,6085	2373,8464	2
361	352225,1370	7862906,5259	2320,3024	2
362	352207,1498	7863910,9596	2236,3965	3
363	352136,9539	7864447,2060	2258,0631	3
364	352331,7837	7862053,0832	2289,8771	2
365	352344,5108	7862923,8255	2305,8363	2
366	352339,9634	7862937,1174	2305,8996	2
368	352295,6468	7863205,7697	2239,5081	2
369	352282,3023	7864214,2352	2241,3594	3
370	352682,6749	7862144,2576	2215,0765	2
374	352983,0563	7861991,4890	2168,2543	2
375	353018,7233	7862011,4562	2175,3261	2
376	352995,8336	7862177,6988	2176,1172	2
377	353001,1707	7862133,2427	2184,7016	2
378	353665,2069	7865050,5995	2337,1483	3
379	353810,2967	7862873,7180	2467,1237	2
380	353774,6767	7863398,8741	2459,6285	2
381	353774,5395	7863373,4170	2452,3737	2
382	353748,4550	7864147,0413	2449,3728	3
383	353764,5249	7865233,1084	2337,1559	3
384	354142,1655	7862276,8270	2459,1928	2
385	354158,4170	7864199,1587	2293,3392	3
386	354247,9614	7862223,9781	2406,4200	2
387	354259,2623	7862238,3435	2398,6299	2
388	354266,9744	7862270,9149	2390,2767	2
389	354359,1722	7862806,4935	2381,2064	2
390	354296,3114	7864008,2279	2298,7848	3
391	354211,3924	7865003,7182	2266,1805	3
392	354376,9014	7864099,8980	2302,7410	3

393	354379,9232	7864064,7231	2305,7073	3
394	354445,2975	7864032,1846	2310,9662	3
395	354387,8469	7864517,5480	2315,8597	3
396	354381,9237	7865511,6322	2249,8966	3
397	354841,6212	7862266,7801	2327,3442	2
398	354709,7819	7864504,0110	2467,7547	3
399	354806,6832	7865390,4483	2256,3743	4
400	354947,6304	7862214,6758	2358,0100	2
401	355140,1768	7865154,2786	2353,2215	3
403	355163,9374	7865411,3002	2268,5442	3
405	355166,8355	7862422,5079	2543,8447	2
406	355196,3385	7863295,1494	2712,8526	4
407	355247,7424	7865217,1974	2350,4085	4
408	355362,9129	7862531,7321	2661,7062	2
409	355370,3996	7863183,5715	2679,6741	3
410	355317,6907	7864205,4599	2682,0195	4
411	355234,7964	7864519,5295	2680,2085	4
413	355487,3547	7865383,6338	2315,0344	4
414	355364,9038	7865580,5522	2239,4717	3
415	355411,1843	7865571,1476	2247,3848	3
416	355648,1923	7864386,2360	2653,2680	4
417	355871,7304	7863148,9433	2559,6610	3
418	355699,3604	7864274,8566	2652,0020	4
419	355745,4237	7864362,2272	2642,8649	4
420	355798,9758	7864526,1520	2644,9475	3
422	355934,2006	7863426,8011	2580,9610	3
423	356004,1631	7863928,3072	2597,8832	3
424	356146,1197	7864978,9204	2612,2879	4
425	356168,3237	7865017,8110	2604,9558	2
426	356189,3300	7865010,2842	2603,2482	3
427	354915,8439	7861680,2491	2241,2989	2
428	355064,2776	7861753,0843	2294,7641	3
429	355422,9266	7860420,9391	2209,8062	3
430	355411,7562	7860949,8844	2218,3165	3
431	355192,1383	7864336,2118	2692,3623	4
432	355504,7321	7860431,9609	2201,7748	3
433	355502,3197	7860444,3391	2203,3032	4
434	355515,7466	7860434,9895	2199,5317	3
435	355287,4643	7863314,0467	2613,9027	3
436	355364,3092	7863881,5558	2709,2622	4
437	356175,9006	7860603,7408	2181,4906	3
438	355863,6827	7863391,6814	2592,6694	3
440	356053,8190	7863271,0711	2538,6838	4
441	356145,9515	7863368,3989	2529,6398	3
442	356492,9144	7862109,4372	2339,0448	3
443	356523,4374	7862097,8901	2338,9096	3
445	356897,8134	7860982,1624	2138,6400	4
446	356627,7119	7862167,0673	2351,0299	2
447	356626,4491	7862159,9491	2355,3009	3
448	356510,4467	7863508,6022	2454,7850	3
451	352175,1757	7864013,1130	2239,3725	3
452	352171,2649	7864054,3237	2241,0239	3
453	352137,7415	7865205,8252	2334,2154	3
455	352220,5751	7864011,8098	2238,0889	3
465	353721,8434	7865199,6760	2347,7285	3

467	354302,5192	7864282,7831	2288,5406	3
468	354353,9576	7865590,3155	2247,0209	3
471	354910,2159	7865475,1198	2256,8426	3
472	354996,2514	7865373,5616	2269,9637	3
477	355227,2252	7864319,0719	2683,0626	4
481	355320,1284	7864539,6137	2676,4347	3
482	355412,7744	7864532,8944	2674,2460	5
483	355481,1547	7864611,2218	2682,0059	5
484	355771,0909	7864528,2727	2650,3235	3
1339	355991,8192	7864593,3573	2612,9040	3
1341	355860,8293	7864400,5554	2619,7425	4
1347	355240,8340	7864309,1667	2684,7461	3
1386	356371,5006	7865080,0933	2564,8707	3
1387	356206,2491	7865022,9161	2600,1803	3
1388	356065,7980	7864525,9320	2581,2229	3
1389	356120,7865	7864050,1118	2578,4657	3
1390	356088,0278	7863957,3083	2590,1871	3
1395	355924,9582	7862875,8979	2520,1483	3
1397	355599,7680	7864183,8877	2654,4208	4
1398	355632,3048	7862804,6939	2602,1892	4
1401	355203,3817	7863525,5358	2735,0270	3
1402	355260,8966	7863160,7434	2698,5055	4
1403	355288,0258	7862814,2548	2692,6890	4
1445	356515,4231	7861609,7030	2299,7199	3
1446	356279,5213	7860993,5063	2168,8885	2
1447	356150,5384	7860745,0585	2174,9459	3
1448	356121,2308	7860590,3863	2184,2953	3
1449	355994,6188	7860598,0950	2174,2425	4
1450	355944,9415	7860592,8204	2175,3656	4
1451	355840,1751	7860479,1117	2186,4935	4
1452	355659,6563	7860597,5688	2203,8707	4
1453	355616,8004	7860413,0210	2193,7590	4
1457	355396,6515	7860960,6034	2218,6777	3
1458	355486,9794	7860869,7211	2214,0386	3
1460	355138,3624	7861659,0912	2262,9231	3
1461	355047,3115	7861643,6406	2257,6975	3
1462	355281,0508	7863080,0937	2688,3396	4
1463	355246,3272	7863035,8511	2690,2671	4
1465	354975,8535	7861046,8769	2296,3916	3
1466	354850,9784	7861553,6647	2252,1480	3
404	355060,7518	7865611,5536	2254,0555	3
412	355311,1104	7864549,3472	2676,1119	3
421	355986,3332	7862970,4248	2508,1588	3
444	356300,0980	7865018,0258	2589,3535	4
464	353627,1765	7866662,9064	2419,1761	3
466	353745,2359	7866168,2368	2396,1576	3
469	354332,7518	7866219,6330	2236,4164	3
470	354798,0909	7866621,4362	2239,3183	5
473	354904,4613	7866127,6355	2227,6845	4
474	354979,4125	7866154,9808	2223,8686	5
475	354862,8242	7866456,3536	2221,0211	5
476	354878,4694	7866873,8303	2223,4761	4
478	355875,2304	7866111,9508	2247,6315	3
479	356272,8240	7866182,0737	2307,2965	3
480	356434,7303	7866154,0309	2372,1587	3

485	355960,6802	7864548,7969	2603,5962	3
487	356538,2128	7865595,5916	2214,2940	3
488	351405,5046	7866112,2664	2286,5253	3
494	353644,9968	7866646,5233	2413,8929	3
497	354195,4781	7866244,5193	2245,1050	3
500	354310,9937	7866275,5276	2238,8427	3
509	354952,3360	7866748,2598	2225,3813	4
513	355281,1341	7866558,9638	2230,4208	4
518	355835,7702	7866748,1061	2454,0707	3
521	356138,9154	7866587,8695	2421,6135	4
522	356358,0224	7866226,2215	2373,2451	4
524	355247,2133	7866861,8277	2243,9324	4
525	355883,7891	7865747,4227	2209,3520	3
526	356312,5948	7865621,7239	2214,5060	3
527	356417,9160	7865762,5743	2194,7997	3
1333	356137,7734	7864459,6743	2575,2890	3
1342	355849,9064	7864401,1017	2621,1665	4
1344	355745,9447	7864341,9338	2646,0436	4
1393	356160,7102	7862378,4598	2573,1856	2
486	356111,7508	7865655,3470	2207,3064	3
490	352612,0161	7867868,1598	2520,6535	2
491	352777,5607	7867904,8891	2465,4465	3
492	352905,7077	7867850,7834	2422,4255	3
493	352989,3944	7868018,6413	2446,0077	3
495	353811,1899	7867845,3406	2378,5709	3
496	353811,7610	7867959,1467	2366,6784	3
498	354141,2225	7867915,0503	2325,5211	3
499	354129,4286	7869058,5334	2311,4474	3
501	354209,2034	7867947,5535	2317,7208	3
502	354188,1819	7868928,2685	2296,8443	3
503	354195,9732	7869057,4099	2303,5620	3
504	354700,5785	7867857,0002	2238,0071	3
505	354664,0089	7867968,9596	2240,8547	3
506	354736,0911	7868559,2836	2251,1937	3
507	354679,1260	7869195,5344	2262,0136	3
508	354785,6448	7869161,8144	2266,5037	3
510	354950,3143	7867523,0718	2271,7454	4
511	354903,8048	7868405,7987	2260,2495	4
512	355063,6056	7868473,6969	2275,4207	3
514	355332,0109	7868640,8606	2439,2664	4
515	355728,5888	7867286,8481	2367,9918	2
517	355609,7247	7868685,4326	2468,6214	5
519	355708,7114	7867516,2674	2491,5226	3
520	355905,4035	7868777,1384	2558,8096	6
523	356133,4315	7868619,8521	2555,4762	4
528	356428,2418	7866775,0530	2379,8023	3
529	351466,9272	7867850,1385	2241,2096	3
533	351935,0372	7867956,0977	2320,8374	3
534	351984,9730	7867981,8959	2328,7095	3
535	352051,2997	7867935,1567	2328,7113	3
536	352093,2103	7868608,9465	2413,9044	3
542	352761,6498	7868923,9738	2510,4753	3
543	352786,6847	7868942,5373	2501,4934	3
546	352984,0621	7867918,7826	2432,7618	3
549	353134,3889	7869116,6496	2426,2021	3

550	353582,7179	7868514,3619	2374,7490	3
560	354673,0709	7868475,8528	2253,8559	3
561	354702,3653	7868458,1150	2250,8773	3
565	355186,5888	7868474,4779	2311,3674	3
570	355686,1554	7867961,8803	2463,2411	2
574	355953,0853	7868171,0442	2490,4581	3
576	356105,2569	7868213,4635	2564,3602	3
577	356167,9033	7868632,1657	2546,4714	5
579	356148,9141	7868801,0234	2535,2623	5
582	356282,9388	7868151,2495	2591,1857	4
585	354980,5336	7867673,7149	2252,1915	4
586	355183,4194	7867509,1174	2280,7601	3
588	355705,5678	7867704,1267	2523,2980	3
589	356065,0751	7868583,9692	2560,8460	6
1241	355898,4207	7868691,0030	2558,0866	5
1250	355119,5271	7867518,2735	2274,6690	3
1282	356101,4647	7866876,4973	2404,6722	3
1283	355559,0565	7867339,7870	2461,6596	3
1284	355327,7415	7867261,7592	2330,1945	3
1285	354671,4570	7867453,9376	2244,8275	3
1286	354751,4565	7866461,2838	2227,8748	4
1331	356300,4954	7866423,3686	2414,4271	4
1332	356272,2637	7866439,4280	2422,5390	4
1334	355905,2522	7865666,7955	2225,6828	3
1335	355909,6835	7865585,4014	2250,2780	3
1336	355895,6618	7865553,9952	2263,5124	3
1345	355289,9596	7865662,2050	2225,3601	3
1346	355274,8568	7865689,2708	2227,1036	3
516	355639,7923	7867954,4509	2448,5213	3
532	352020,5857	7870728,0962	2606,5116	2
537	352152,3255	7870208,6153	2548,1888	3
538	352164,3430	7870176,5964	2541,5801	3
539	352199,8278	7870168,8105	2532,8609	3
547	353068,4806	7870344,5377	2380,3071	3
551	353613,4494	7869685,8713	2357,0084	3
552	353643,7497	7869718,1725	2359,4133	3
553	353611,1191	7870296,6668	2318,4044	3
554	353641,6176	7870801,9534	2338,9877	3
555	353565,2510	7870950,1319	2340,4267	2
556	353632,0079	7870891,7454	2344,7701	2
557	353700,5655	7870848,0575	2344,1949	2
558	354043,7271	7870859,5348	2480,5686	3
559	354114,9962	7870358,1642	2348,6239	3
562	354677,4520	7870803,5072	2554,7091	2
563	354705,0746	7870793,9789	2547,6201	3
564	354937,0763	7870771,8736	2522,6780	3
566	355173,9650	7869656,8513	2378,2391	4
567	355037,5948	7870299,9459	2369,3160	4
568	355301,0617	7869973,4801	2328,0780	4
569	355598,8026	7870994,0981	2331,6803	4
572	355706,0229	7870281,4395	2286,8203	4
573	355689,5208	7871094,9436	2318,5581	3
575	356045,9415	7869743,6956	2425,9295	4
578	356169,3070	7868621,9483	2547,2212	4
580	356211,0499	7869770,4227	2436,9613	4

581	356143,6603	7869918,7108	2406,1101	5
584	354644,4651	7867829,9259	2244,7195	3
587	355399,7449	7870691,7719	2392,6382	3
590	351491,0599	7870761,5263	2359,4635	3
591	351522,4590	7871009,2624	2374,0090	3
592	351543,0802	7870870,8005	2357,5818	2
593	352165,7151	7870875,8256	2628,2765	3
600	353171,5874	7870903,8109	2358,3447	3
601	353169,4648	7870994,5217	2365,6400	3
604	353667,1160	7869645,0623	2374,2935	3
615	355217,9590	7869745,3145	2350,6613	4
616	355204,1083	7870950,8793	2431,3209	4
621	355671,1688	7870867,3959	2315,4595	4
628	356340,8194	7870825,5206	2336,2321	3
629	355699,7896	7869618,1757	2400,5083	4
630	355681,0930	7871064,5858	2315,6644	3
1169	356193,2704	7869907,5522	2412,9540	4
1173	355417,6915	7870859,9087	2386,9073	5
1176	355406,1507	7870898,9998	2390,3248	5
1178	355377,9168	7870791,0985	2384,2874	4
1179	355249,1222	7869726,6027	2352,3129	6
1180	355167,0604	7870014,6247	2366,8133	4
1234	356267,1650	7867949,4441	2591,3433	3
1235	356148,9489	7868801,0676	2534,9730	5
1236	356213,4237	7868061,0444	2593,7175	4
1237	356156,0631	7868048,0461	2593,0349	3
1238	356140,8502	7867994,6247	2600,5638	4
1244	355238,8287	7868982,9730	2418,5053	3
1247	355146,2537	7867533,3756	2272,3665	3
1249	355067,6805	7867612,3342	2267,7298	3
1251	354891,9446	7867693,6887	2252,5262	4
540	352230,9510	7870849,9576	2612,5898	2
571	355738,9065	7870124,2150	2293,5053	4
583	356382,7790	7870145,5058	2420,3379	4
594	352091,8143	7872477,5252	2534,8576	3
595	352108,7061	7872524,5541	2538,1791	3
598	353122,6016	7872568,0225	2431,6552	3
602	353168,6725	7872501,0050	2421,7546	3
603	353505,1395	7870826,6939	2333,6254	2
605	353894,1873	7872682,2984	2496,0267	3
606	354048,2808	7872576,3372	2456,8218	3
607	354181,5064	7872306,7332	2519,1989	3
608	354147,0223	7872538,5452	2441,6729	3
609	354195,1599	7872551,5829	2448,7694	3
610	354115,5821	7872645,9093	2440,6163	3
611	354738,9499	7871505,9631	2500,7793	2
612	354829,8074	7871527,5731	2473,5529	3
614	355054,9215	7872228,7147	2366,5036	5
617	355077,4812	7872328,7560	2343,5629	5
618	355218,8351	7871398,0970	2441,1680	3
619	355240,9400	7871469,0997	2432,0918	3
620	355216,6797	7871535,7255	2427,2038	3
622	355655,1793	7871550,6704	2335,5286	4
623	355824,1889	7872421,8544	2343,7373	4
624	355831,6047	7872431,5374	2343,1196	4

625	356092,6683	7872239,8687	2332,9927	6
626	356120,7228	7872220,7740	2339,5023	4
627	356214,8165	7870066,8392	2395,1812	4
631	355658,8247	7871465,3492	2347,4586	4
633	356168,9672	7868111,6175	2583,3260	3
635	351758,5588	7872224,9026	2609,2662	3
636	351802,1448	7872201,5798	2589,3198	3
650	351842,6338	7872177,2649	2568,2133	3
651	351939,4104	7872636,5397	2582,3656	3
655	352146,4845	7871941,0583	2578,9471	3
656	352084,1173	7872599,7739	2535,8897	3
657	352220,3888	7872076,5544	2535,6050	3
660	352518,2190	7872080,8478	2436,2846	3
667	352922,0945	7871433,7993	2355,8844	2
671	353108,0103	7872038,3169	2406,6956	3
684	353930,5255	7872540,7978	2489,0834	3
685	353944,2389	7872621,6363	2472,8677	3
690	354621,6001	7871533,6955	2506,2750	3
692	355093,9713	7872522,4945	2333,2021	4
699	355423,6627	7871581,0323	2376,5599	5
701	355536,5980	7871389,2806	2373,2397	3
703	355797,4302	7871370,0197	2328,2712	5
711	355247,3314	7869743,2907	2349,7610	4
712	355140,9454	7872179,3981	2354,4240	4
713	355624,8653	7871422,7846	2347,5171	3
714	355674,7148	7871392,7494	2338,0928	3
1130	355054,9215	7872228,7147	2366,5036	5
1165	356544,8810	7870108,8447	2453,9913	4
1170	356146,7716	7872200,5879	2340,6530	4
1172	355780,2156	7870848,5502	2290,2023	3
1174	355408,2646	7870259,7784	2301,5704	4
1242	355605,8783	7868921,2135	2496,9316	4
333	352674,6691	7873148,7429	2455,4618	2
613	355033,0794	7871509,1941	2434,4474	2
632	355703,1595	7871543,2048	2333,6097	4
634	351635,6838	7873197,7442	2548,4499	2
637	351648,6222	7873043,1784	2505,8840	2
638	351660,8201	7873184,4046	2542,6289	2
639	351690,9821	7873673,4539	2430,9645	2
640	351693,7022	7873664,2380	2430,7029	2
641	351670,2467	7873814,4022	2422,5844	2
642	351616,2784	7874270,5577	2362,9929	2
643	351521,3585	7874419,2518	2359,2634	2
644	351531,5504	7874421,8982	2357,8164	2
645	351579,8525	7874387,6407	2349,8184	2
646	351635,5478	7874305,7838	2355,3345	2
647	351479,7670	7874646,0296	2348,4802	2
648	351560,1156	7874762,6440	2318,7018	2
649	351570,0609	7874732,5606	2319,5972	2
652	351786,8498	7873710,8174	2372,3886	2
653	351672,1378	7874357,8082	2340,6506	2
658	352192,8944	7873289,2888	2461,6471	2
659	352192,7355	7873367,4125	2462,3554	2
663	352669,8899	7873775,6072	2459,8395	2
664	352658,3574	7874260,0347	2458,8595	2

666	352878,8074	7874299,7390	2556,7238	2
669	352889,6494	7874250,6108	2528,7251	2
670	353004,6971	7874437,4040	2653,4729	2
672	353039,1483	7873169,5206	2454,9459	2
673	353186,6632	7873156,7969	2484,4616	2
674	353089,0300	7873783,1130	2600,1962	2
675	353549,3486	7873218,6099	2543,8640	2
676	353552,9136	7873118,1370	2522,9623	2
677	353592,4381	7873808,6362	2632,2764	2
678	353538,2368	7874231,8072	2697,8726	2
679	353550,8629	7874292,2454	2708,0227	2
680	353582,5745	7874333,9449	2707,9550	2
681	353577,3447	7874433,4526	2732,0722	2
682	353687,2232	7874324,5884	2691,0763	2
683	353686,7419	7874281,3730	2695,7333	2
686	354133,3059	7873126,9936	2396,6912	2
687	354088,7071	7873705,7843	2526,6471	2
688	354127,3219	7873808,2445	2510,9396	2
689	354186,0084	7873074,7711	2432,2752	2
691	354634,7994	7874184,1229	2495,2632	2
693	355151,6335	7873152,6635	2372,0611	3
694	355161,9672	7873191,8751	2358,6943	3
695	355218,5789	7873663,4303	2379,5599	3
696	355050,1637	7874276,1949	2486,0918	3
697	355130,5677	7874268,5479	2466,7857	2
698	355165,4378	7874325,6497	2481,9938	2
700	355275,8059	7873379,5620	2435,1623	4
702	355404,9742	7873377,6862	2470,8851	4
704	355592,9045	7874434,6466	2415,5595	3
705	355719,2221	7873441,7245	2583,2868	4
706	355721,7777	7874306,8135	2408,7659	3
707	355843,3033	7873168,7126	2592,0126	4
708	355978,5691	7873388,4636	2587,9540	4
710	355061,2155	7873662,6465	2360,2917	3
718	355298,9650	7873487,0193	2418,0686	4
1052	356004,0362	7873469,1261	2562,0233	4
1055	355784,1955	7873424,4020	2570,4292	4
1060	355590,4035	7874419,3018	2418,3553	3
1064	355320,4065	7874446,3095	2447,8973	4
1072	355067,9336	7873664,2218	2354,1675	3
1122	356202,8158	7874573,0250	2395,1055	4
1124	355825,5451	7874574,3366	2378,5938	3
1125	355676,6967	7872690,4470	2396,4148	4
1126	355639,4376	7872064,8490	2282,6488	4
1127	355739,3577	7873469,4278	2585,7904	5
1128	355261,1020	7871418,7587	2428,0473	4
1129	355003,2882	7873379,9197	2336,9521	3
1168	356387,6649	7871251,9091	2307,7688	3
1171	356133,2708	7872675,9496	2422,7632	4
1175	355359,7460	7871461,6317	2397,4685	4
709	356172,4192	7873543,5516	2571,4485	4
715	354917,7321	7874664,4482	2505,8076	3
716	355123,0450	7875597,7801	2540,9219	2
717	355185,8243	7875853,9609	2488,9489	2
719	355235,6961	7873640,2372	2374,5181	3

720	355589,8648	7876061,8379	2446,6820	3
721	355675,9731	7876038,9889	2442,0047	3
722	356218,6464	7876041,3320	2470,1298	2
991	355166,3340	7876304,7057	2416,5494	3
1047	356395,3111	7873375,3418	2483,7156	3
1048	356256,7874	7874353,2967	2391,7131	4
1049	356132,8892	7874363,8644	2414,7416	4
1050	356177,0765	7873531,0874	2570,6895	4
1051	355831,1277	7874562,3123	2380,0033	3
1053	355778,0749	7874698,1133	2360,6171	3
1054	355739,2828	7874653,3533	2368,1762	4
1057	355664,5303	7876229,2734	2408,1059	3
1058	355575,0289	7876075,0811	2443,6257	2
1059	355634,0397	7874728,1932	2413,4609	4
1061	355526,5869	7873753,8468	2449,8870	4
1062	355338,8872	7874527,4099	2439,3156	3
1063	355248,5464	7874543,4291	2450,9974	3
1065	355309,5187	7874457,2502	2453,6262	4
1067	355152,7373	7874448,3443	2494,0765	3
1068	355188,9346	7874326,2469	2478,1030	3
1069	355166,6831	7874327,6613	2481,1532	3
1070	355164,7363	7874351,9909	2485,9576	3
1075	354919,0958	7873463,3769	2359,6363	3
1120	356452,1373	7872688,9802	2352,4496	4
723	359830,2730	7879490,4041	2227,2701	2
724	359929,9943	7881301,5619	2160,3165	2
725	359736,9020	7880730,5882	2240,0203	2
726	359830,8143	7880702,9100	2228,9673	2
727	359827,7887	7880503,7091	2256,8283	2
728	359797,4738	7880083,8927	2247,5191	2
729	359720,4916	7880189,2401	2279,7019	2
730	359816,8922	7879594,8673	2233,2520	3
731	359766,9551	7879562,6472	2247,2435	2
732	359701,1551	7879465,0714	2275,4008	2
733	359692,8102	7879023,2005	2243,3132	2
734	359767,6702	7878860,3054	2206,0021	2
735	359706,3273	7878917,4552	2227,4273	2
736	359695,7073	7878906,9477	2225,8613	3
737	359652,7093	7881923,8617	2255,4806	2
738	359139,8367	7879772,0597	2559,8917	3
739	359141,1819	7879509,9348	2565,2003	3
740	359299,8252	7881928,9421	2348,9284	2
741	359253,2312	7881995,3496	2377,5728	2
742	359258,6331	7881924,8678	2364,7233	2
743	359084,3026	7880660,8491	2507,4847	2
744	359027,6533	7880374,6320	2537,7959	2
745	359075,1834	7879780,7147	2547,9083	3
746	359098,2167	7879474,0359	2573,1614	3
747	359094,7109	7879314,7725	2561,4345	3
748	358980,2440	7880736,9493	2463,3218	2
749	358824,4891	7882008,4869	2441,0817	2
750	358816,7689	7881893,8591	2437,7156	2
751	358866,5420	7881312,2539	2348,3662	2
752	358833,8140	7880736,8711	2426,8405	2
753	358639,4771	7881702,0710	2402,9120	2

754	358747,9092	7881522,6672	2390,4374	2
755	358697,7400	7880841,7146	2371,9874	2
756	358613,1518	7880701,4862	2399,8842	2
757	358606,4043	7880691,8629	2395,6331	2
758	358696,6979	7880416,4873	2449,6412	2
759	358642,0950	7879796,2047	2478,3455	3
760	358552,5551	7879691,7614	2444,8731	2
761	358675,3988	7879494,7285	2442,4423	3
762	358589,0909	7879309,5286	2418,0506	3
763	358368,9331	7881737,9805	2368,9367	2
764	358358,2538	7881720,9332	2365,0343	2
765	358279,2567	7880607,9243	2345,7185	2
766	358280,3623	7879747,6305	2414,1110	3
767	358234,0700	7879398,4595	2384,1556	3
768	358323,7699	7878873,2013	2405,9935	3
769	358290,3041	7881795,8754	2353,1226	2
770	358231,3132	7881826,6063	2344,1954	2
771	358263,7976	7881580,4936	2307,8697	2
772	358236,1408	7881595,7290	2305,1813	2
773	358171,6997	7880609,6095	2341,2324	2
774	358115,9353	7880381,0997	2387,0516	2
775	358076,5471	7880167,2002	2386,0710	2
776	358198,0776	7879524,8726	2368,2473	3
777	358193,3919	7879470,0567	2365,9086	3
778	358102,0219	7879573,5029	2360,5904	3
779	358089,6871	7878834,9477	2370,6114	3
780	358082,3975	7878845,9422	2370,1392	3
781	358090,6703	7880731,1835	2336,9338	2
782	357975,6797	7880729,7928	2338,8738	2
783	357811,2169	7881997,0551	2363,9272	2
784	357826,9462	7881530,2906	2367,0946	2
785	357878,9734	7880718,6508	2339,1393	2
786	357875,1904	7880730,1370	2336,9917	2
787	357640,6460	7880052,3159	2372,2023	3
788	357617,1954	7880059,3245	2366,4075	3
789	357615,7408	7879478,4417	2387,5545	3
790	357560,9216	7880502,8945	2322,8054	2
791	357531,7277	7880510,4934	2326,8531	2
792	357526,8694	7880531,0606	2335,0666	2
793	357552,8761	7879660,6991	2374,4948	2
794	357464,3740	7881817,0597	2286,5736	2
795	357413,2770	7881897,6009	2277,2978	2
796	357309,6206	7881601,5755	2282,3945	2
797	357290,5497	7880380,1318	2338,9228	2
798	357212,4037	7881726,7161	2282,8622	2
799	357122,9783	7879697,7537	2362,9070	3
800	357163,5521	7879291,9561	2378,5037	3
801	356989,7605	7881810,7454	2310,6677	2
802	356934,8479	7879373,7381	2377,8573	3
803	356852,8447	7880902,4440	2309,3220	2
804	356704,7772	7881899,1899	2334,7225	2
805	356676,5020	7881947,6690	2329,4004	2
806	356680,8377	7881493,2645	2308,7821	2
807	356675,1295	7880745,6545	2314,6669	2
808	356608,2915	7880585,6062	2337,2942	2

809	356682,9336	7879831,2055	2365,9454	3
810	356676,6068	7879232,4035	2388,0481	3
811	356661,4170	7879161,2616	2394,7668	2
812	356434,2699	7879335,2489	2376,6940	3
813	356398,6400	7881693,3537	2365,8538	2
814	356359,7706	7881640,4524	2388,5891	2
815	356393,2761	7880527,7280	2378,6712	2
816	356363,6576	7880542,0373	2380,4815	2
817	356305,9889	7880480,6701	2385,4618	2
818	356284,8209	7880419,7754	2368,4631	2
819	356275,5171	7880384,3188	2356,8735	2
820	356272,8123	7879133,8686	2376,8993	2
821	356225,1065	7880857,2352	2417,6560	2
822	356055,8287	7879857,4224	2374,7236	3
823	355833,9341	7881610,5753	2524,2447	2
824	355809,3052	7881554,8305	2522,4204	2
825	355797,0798	7881413,9309	2489,9341	2
826	355791,6513	7881403,5046	2488,6392	2
827	355787,4341	7881416,4473	2493,3093	2
828	355762,3030	7881423,4549	2503,9919	2
829	355708,7968	7880902,5744	2377,4446	2
830	355345,1000	7880620,4163	2367,6897	2
831	355403,9721	7880503,2857	2387,7922	2
832	355347,9682	7879721,1541	2443,2471	3
833	355470,1290	7879297,4502	2425,1821	3
834	355340,3666	7879238,3541	2451,0455	3
835	355413,1382	7881412,6102	2586,8624	2
836	355387,9081	7881428,7009	2584,0568	2
837	355393,3319	7881405,5333	2584,5705	2
838	355362,6493	7881424,4964	2576,4126	2
839	355286,3628	7880817,2985	2336,7935	2
840	355289,1470	7879445,8337	2392,6507	3
841	355299,2366	7879103,4198	2487,1182	3
842	355100,8252	7880282,1439	2378,5761	2
843	355166,6481	7879717,4873	2444,9546	3
844	355095,9350	7879644,9044	2469,4406	3
845	354907,5680	7880415,1765	2407,3862	2
846	354840,3510	7880352,2602	2421,6841	2
847	359937,0227	7879786,9447	2183,7986	2
850	359624,4983	7879719,7886	2313,9491	3
851	359742,4261	7879021,4770	2225,7786	2
859	359010,5288	7879004,1240	2533,0116	3
862	358829,6707	7879653,6128	2477,9478	3
863	358682,6620	7879817,7579	2487,2900	3
865	358650,8777	7879739,5861	2457,1156	3
866	358665,7076	7879537,9518	2433,1505	3
867	358625,4577	7878817,0347	2453,7311	3
872	358262,8850	7879450,9216	2370,3774	3
874	358177,0151	7878714,5365	2378,7239	3
876	357969,7657	7878923,5367	2357,2380	3
880	357707,5805	7878999,8655	2359,3599	2
881	357610,3425	7878828,3060	2366,2361	2
887	356928,2341	7880007,3850	2356,5118	3
895	356887,1456	7879643,2077	2352,0727	3
899	356468,3989	7879454,4277	2368,7203	3

900	356599,2268	7878885,5929	2438,4350	3
906	356397,2466	7879452,7999	2385,0680	3
907	356142,5817	7879988,5149	2364,7518	3
908	356102,9372	7879902,3211	2370,1916	3
909	356214,3972	7879627,5364	2386,0223	2
911	355973,2659	7879716,9042	2361,4397	2
914	355762,5621	7879658,4000	2413,6020	3
924	355167,1894	7879678,0107	2448,2378	3
848	359853,9624	7877239,3328	2444,4956	2
849	359719,5466	7877256,1939	2452,7223	2
852	359719,1526	7877828,3442	2367,1309	3
853	359706,2181	7877335,0003	2438,8719	3
854	359660,9419	7877277,6004	2437,1875	3
855	359577,1893	7877220,8208	2450,9090	2
856	359562,4827	7878390,3099	2279,3544	3
858	359432,6496	7877276,0016	2429,1340	3
860	359190,2496	7878002,4582	2341,7336	3
861	359165,4930	7877811,2383	2339,5267	3
864	358781,4446	7878005,3815	2332,9871	3
868	358600,8710	7877703,0742	2410,0230	3
869	358590,6130	7877715,7389	2408,8531	3
870	358627,2521	7877193,3246	2454,5722	3
871	358420,9049	7877246,7374	2464,6043	3
873	358324,2413	7877237,1739	2486,3530	3
875	358126,6730	7877518,0082	2496,5723	3
877	358007,2132	7877767,6326	2456,7800	3
878	357939,8860	7877831,8286	2438,8917	3
879	358060,4518	7877165,3433	2479,9841	3
882	357694,6774	7878372,3960	2389,6856	3
883	357632,7948	7878340,2083	2389,4781	3
884	357116,5957	7878585,2693	2388,5408	2
885	357165,9401	7878360,8335	2422,8518	3
886	357100,7020	7878474,1617	2400,3521	2
888	357092,4212	7878531,5899	2394,2327	2
889	356973,1488	7878272,0102	2422,8480	2
890	356962,9342	7878270,8343	2424,4855	2
891	357040,5559	7877878,0939	2458,2112	3
892	357075,3527	7877439,6467	2464,5250	3
893	357139,2773	7877151,3853	2414,1003	3
894	357102,6309	7877142,9344	2404,9506	3
896	356887,2860	7877313,0624	2400,1233	3
897	356730,0805	7878467,4549	2435,6919	2
898	356678,3943	7877980,1886	2484,7614	3
901	356552,5094	7878438,3199	2454,6356	2
902	356517,5718	7878327,3162	2425,3982	2
903	356464,8670	7878317,0036	2434,7586	3
904	356536,5371	7877664,6479	2555,3682	3
905	356621,5250	7877146,2200	2431,4606	3
910	356314,1074	7877837,5840	2553,5117	3
912	355991,6641	7878886,5733	2459,2567	2
913	356090,1019	7878264,4783	2495,3445	2
915	355555,8341	7878369,4220	2503,2648	2
916	355547,9824	7878287,4459	2483,8994	2
917	355706,3511	7877806,7310	2617,3500	2
918	355677,2018	7877829,1231	2614,7488	2

919	355666,6406	7877799,2654	2621,2403	2
920	355755,3115	7877494,5450	2595,9746	3
921	355484,4850	7878269,4776	2515,4996	2
922	355615,1220	7877466,1650	2618,0746	3
923	355609,1959	7877509,9001	2626,5555	3
925	355486,3194	7877274,0076	2618,2302	3
926	355479,0198	7877297,4137	2622,8259	3
927	355268,7767	7878403,9606	2617,5095	2
928	355178,7581	7878376,5214	2633,7664	2
929	355169,6187	7878412,4828	2638,3036	2
930	355014,0535	7878858,4510	2586,1557	2
931	359640,4683	7878071,6179	2330,4951	2
937	359232,9668	7878428,2622	2279,3384	3
938	359244,3156	7878392,0025	2254,4276	3
939	359146,1736	7877199,6952	2385,2143	3
942	358609,4045	7877168,3063	2465,8975	3
950	357943,9285	7878015,7935	2433,6399	3
952	357881,2871	7877209,2452	2451,7402	3
953	357800,2238	7877177,5080	2432,4789	3
962	357516,1985	7877800,8367	2459,2827	3
964	357124,4954	7877226,0952	2431,9544	3
969	357089,4114	7877441,5753	2466,8317	3
971	356560,2607	7877811,3868	2532,2952	3
972	356504,0182	7876746,2741	2351,7980	3
982	355742,7749	7877767,8702	2613,9050	2
987	355351,5622	7877383,1537	2663,0974	3
857	359577,6637	7877941,5775	2346,9516	2
932	359383,3736	7876919,0869	2455,9252	2
933	359450,3503	7876705,9577	2480,0785	2
934	359409,6951	7876611,3602	2479,2455	2
935	359388,5497	7876197,9947	2477,1366	3
936	359226,4963	7875696,0056	2469,6116	3
940	359116,8208	7875538,3995	2467,7251	3
941	358756,8169	7875679,9985	2379,9784	3
943	358573,5797	7876272,0508	2429,9283	3
944	358641,8767	7875616,2687	2366,1738	3
945	358468,7271	7876323,2392	2405,0581	3
946	358467,0459	7876107,2528	2402,0389	3
947	358417,4855	7875494,0553	2349,1373	3
948	358295,4637	7874949,7221	2322,4107	3
949	358139,5199	7875549,4614	2282,0166	3
951	358063,0262	7875536,4155	2311,5680	3
954	357876,2371	7875667,1123	2282,3718	3
955	357783,5058	7875733,2483	2285,9891	3
956	357928,7690	7874875,3317	2277,2398	3
957	357919,7819	7874909,0342	2273,7228	3
958	357736,0620	7876847,7098	2419,3138	2
959	357701,6846	7876123,7480	2300,9142	2
960	357742,5654	7875452,9565	2301,4523	3
961	357686,2923	7875506,0153	2293,6245	3
963	357422,2640	7875471,9003	2307,6110	3
965	357105,3518	7876334,6460	2330,1881	3
966	357180,5739	7876163,0410	2370,9804	3
967	357206,8451	7876039,2693	2374,6983	3
968	357101,3110	7875031,8536	2322,2326	3

970	356640,8626	7876316,4871	2356,1183	3
973	356570,4964	7875728,4219	2448,5760	3
974	356507,1707	7874943,1320	2340,9913	3
975	356358,8987	7875495,2364	2412,2925	3
976	356167,8837	7876194,4702	2392,9468	3
977	356159,4940	7876180,7630	2396,8667	3
978	356120,1774	7876910,9321	2427,0494	2
979	356083,7756	7876689,2669	2409,8060	2
980	356065,7478	7876737,1039	2413,9378	2
981	356118,3482	7875677,0774	2530,8418	3
983	355734,5457	7875740,3986	2581,9855	3
984	355697,8277	7875740,4178	2588,7741	3
985	355499,6248	7876835,1357	2535,4349	2
986	355452,0429	7875036,5127	2502,3369	3
988	355238,2359	7876850,1269	2582,8358	2
989	355141,9741	7876690,4796	2545,2506	2
990	355156,4730	7876219,3542	2389,8864	3
993	355152,1335	7877208,4589	2645,7024	2
994	355064,4286	7877253,8959	2652,7596	2
995	354889,6168	7876109,8095	2403,2492	3
996	355070,7596	7875678,7095	2523,0325	3
998	359866,6849	7875489,2481	2381,4806	3
1000	359666,1240	7875575,5167	2397,0061	3
1003	359450,5006	7875900,0551	2464,8120	3
1006	359303,2425	7876300,6316	2508,1686	3
1007	359245,3849	7876317,1140	2525,9288	3
1008	359265,9622	7876225,7424	2508,3199	3
1009	359360,9124	7875959,0743	2496,5387	3
1010	359352,2130	7876002,9728	2502,9153	3
1011	359292,5966	7874966,9033	2406,5344	3
1015	359168,8454	7875523,4539	2483,3983	3
1018	358759,6932	7876114,2339	2416,3222	3
1019	358500,9860	7876263,1704	2416,4351	3
1020	358512,9422	7874938,2380	2368,3821	3
1022	358445,8605	7876249,6167	2392,9268	3
1023	358377,6228	7874927,6055	2348,3851	3
1033	357312,6310	7874999,6207	2339,8634	3
1037	357088,7429	7875497,5871	2348,6129	3
1038	356886,7474	7874952,0452	2306,4943	3
1043	356640,6958	7874970,8185	2340,5488	3
1044	356636,9116	7875685,7074	2422,4565	3
1046	356462,9729	7875756,0712	2471,0458	3
1056	355602,0670	7876255,8694	2389,6293	3
1073	355135,9349	7875754,5165	2508,9834	3
1074	355123,8867	7875736,3982	2514,4556	3
992	355186,0568	7875048,5311	2536,3093	2
997	359947,4127	7874306,3923	2373,1700	2
999	359854,1491	7873378,2148	2223,9817	3
1001	359782,5548	7873358,5536	2226,0247	2
1002	359766,5308	7873367,7806	2229,6888	2
1004	359486,7381	7874288,8922	2333,5460	3
1005	359534,1957	7873529,8607	2227,1242	3
1012	359350,0057	7874233,0119	2290,0421	2
1013	359324,4076	7873653,7326	2304,9496	3
1014	359372,2550	7873227,5845	2235,8815	3

1016	359166,6933	7874631,8011	2300,5038	3
1017	359179,2576	7874563,7697	2312,3378	3
1021	358533,6634	7873096,2322	2256,1129	3
1024	358390,2240	7874683,6921	2261,8901	3
1025	358378,2026	7874654,3084	2264,2246	3
1026	358278,8624	7873463,7643	2354,9562	3
1027	357985,1605	7874419,4098	2292,6721	3
1028	357959,1950	7874506,5391	2289,9560	3
1029	357974,9201	7873349,8666	2269,9037	3
1030	357864,6706	7874747,8121	2276,7354	3
1031	357738,8665	7873541,6424	2309,2320	3
1032	357459,7076	7874277,6809	2338,5433	3
1034	357340,6453	7874558,6622	2339,1801	3
1035	357281,7740	7873735,6959	2492,9192	3
1036	357282,3423	7873719,5039	2490,9157	3
1039	356865,2313	7874490,6332	2343,5302	3
1040	356878,2147	7874401,9519	2350,2011	3
1041	356903,1960	7873769,9076	2497,6460	3
1042	356897,0825	7873839,7546	2478,9334	3
1045	356512,2250	7873851,4167	2471,1138	3
1066	355207,6723	7874977,9616	2541,0867	2
1071	355091,2148	7873893,2555	2379,6269	3
1076	359850,0861	7873448,4697	2233,4433	3
1077	359921,9671	7873142,7984	2227,4895	2
1079	359770,4371	7874318,0286	2335,6807	3
1080	359773,8772	7873779,2508	2274,4263	2
1085	359455,6336	7874273,5533	2325,6108	3
1091	359251,7406	7874419,1739	2338,4964	3
1095	358870,6870	7874511,2891	2251,0160	3
1096	358954,9341	7873570,9576	2225,3489	3
1099	358779,8015	7873241,9759	2242,5929	3
1101	358325,7405	7873097,4993	2250,8681	3
1108	358156,3240	7873836,2546	2362,7452	3
1109	357841,6598	7874419,9326	2292,9409	3
1112	357636,7584	7873272,0609	2350,8005	3
1113	357500,3618	7873111,2205	2315,0991	3
1116	357146,8535	7874554,9802	2350,6560	3
1118	356889,9720	7874628,7674	2321,3411	3
1123	356255,6486	7873811,6500	2492,7057	3
1078	359838,6399	7871288,4197	2328,1681	2
1081	359830,1244	7873708,9106	2264,8692	2
1082	359806,7039	7872185,6889	2227,5926	3
1083	359652,7338	7871874,2668	2236,0456	2
1084	359470,3201	7871244,2925	2260,2281	3
1086	359308,4356	7872552,2536	2254,9225	3
1087	359339,5380	7872300,6879	2245,9827	3
1088	359284,3354	7872142,4660	2244,8629	3
1089	359272,1312	7871328,2161	2248,5905	3
1090	359295,6527	7874319,7442	2281,7155	2
1092	359211,9048	7872355,9250	2261,5666	3
1093	359223,0816	7871318,4406	2240,5702	3
1094	359180,4254	7871289,7256	2236,5520	3
1097	358831,9109	7872500,9495	2264,5560	3
1098	358846,0690	7872295,5095	2302,8382	3
1100	358773,1341	7872576,5941	2252,8655	3

1102	358381,2544	7872581,4598	2288,5627	3
1103	358316,6800	7872389,7033	2323,5570	3
1104	358258,6559	7872168,6085	2343,8930	3
1105	358324,7845	7871257,4616	2206,3733	3
1106	358372,6875	7871111,9098	2199,2332	3
1107	358298,8216	7871115,0673	2220,4475	3
1110	357880,2110	7872589,1096	2308,9855	3
1111	357810,5272	7872264,9844	2341,3046	3
1114	357402,7931	7871259,7908	2384,2147	3
1115	357261,3011	7871948,0071	2278,5924	3
1117	357173,6040	7871377,7683	2350,1598	3
1119	356849,4932	7871416,4141	2276,6398	3
1121	356293,7709	7871235,5422	2272,2778	3
1131	360040,5464	7872008,5832	2235,9563	3
1133	359814,0522	7872231,0423	2223,6861	3
1140	358737,5742	7871333,0114	2337,2997	3
1152	357484,5052	7872591,8401	2254,2054	3
1153	357386,1395	7871342,6040	2376,1942	3
1154	357380,8854	7871297,1902	2372,0496	3
1156	357306,6568	7872658,9835	2238,3070	3
1158	357107,9997	7872085,2756	2239,8012	3
1161	356698,3757	7872013,4742	2383,2023	3
1162	356671,8029	7871413,2837	2262,1312	3
1163	356672,0570	7871430,8560	2259,4384	3
1132	359728,9215	7870617,2797	2371,2677	2
1134	359605,7351	7870784,3588	2322,0257	2
1135	359582,6794	7870815,5518	2306,5464	2
1136	359607,8727	7870672,5142	2306,9849	2
1137	359622,4890	7869826,5675	2182,2820	3
1138	359450,0303	7869669,5271	2233,3744	3
1139	359300,7606	7870938,3310	2212,5153	3
1141	358714,4725	7870726,6739	2186,5940	3
1143	358553,2559	7870035,9914	2186,9151	3
1144	358597,4908	7870016,2138	2183,1097	3
1145	358211,8810	7870707,3019	2233,2651	3
1146	358208,8657	7870718,0976	2232,7846	3
1147	358170,7497	7869764,8087	2255,5944	3
1148	358162,8881	7870961,0792	2223,1189	3
1149	358200,9562	7870914,7697	2213,3013	3
1150	358141,2648	7870674,5432	2228,2877	3
1151	358128,6639	7869713,9489	2261,3019	3
1157	357140,0482	7869879,0525	2547,2941	3
1159	357139,5487	7870098,9991	2565,6043	3
1160	356914,8264	7870969,2171	2354,6466	3
1164	356684,7189	7870262,8508	2456,2889	3
1166	356485,9025	7870783,7858	2350,7870	3
1167	356434,3459	7870756,4270	2344,4305	3
1177	355364,7428	7870896,0007	2395,2410	3
1181	359888,8196	7869789,3205	2198,1531	3
1182	359877,1465	7869817,3754	2206,9964	3
1183	359809,7035	7869738,6091	2181,9339	3
1185	359413,9017	7870961,3404	2227,5200	3
1189	359227,3722	7870973,7945	2205,4213	2
1190	359319,9409	7870350,2778	2232,9790	3
1196	358514,6668	7869845,3858	2213,5370	3

1197	358547,9010	7869603,5264	2186,4851	3
1207	358155,8344	7869561,5963	2255,4091	3
1208	358121,9622	7869878,8854	2278,7966	3
1213	357508,9383	7870853,7061	2481,4025	3
1216	357263,2864	7869750,4965	2562,1424	3
1220	357118,0492	7870039,6072	2550,6462	3
1229	356664,6042	7869697,8267	2525,6108	3
1231	356623,1374	7870290,2308	2444,1775	3
1142	358567,9877	7870886,6276	2224,8780	2
1155	357454,4231	7870664,2783	2503,7601	2
1184	359747,2295	7867742,6933	2212,8936	3
1186	359427,5786	7869060,9019	2159,4254	3
1187	359451,9067	7867434,9459	2146,7350	2
1188	359225,5403	7871053,9297	2225,4010	2
1191	359367,6370	7869041,3346	2155,9726	3
1192	359344,5995	7868603,2533	2248,4471	3
1193	359399,0805	7867496,3746	2159,7153	3
1194	358692,2966	7867711,9356	2199,0555	3
1195	358598,9911	7870936,5818	2247,5854	2
1198	358629,7616	7869059,4710	2224,6179	3
1199	358519,4856	7869193,3123	2186,8171	3
1200	358607,4067	7868846,4050	2217,3780	3
1201	358527,9135	7868467,1384	2245,3820	3
1202	358671,9266	7867884,9591	2188,2345	3
1203	358675,4492	7867729,4703	2201,7322	3
1204	358603,1175	7867800,7158	2200,5923	3
1205	358459,9391	7868459,3683	2260,8803	3
1206	358330,0232	7868520,2666	2251,5857	3
1209	358136,4395	7867858,5043	2259,9221	3
1210	357876,1875	7868427,7081	2325,9226	3
1211	357734,8760	7868838,8503	2382,6129	3
1212	357688,6426	7868919,4901	2400,7635	3
1214	357473,9334	7870643,9654	2513,6190	2
1217	357241,8992	7868417,8874	2566,9254	3
1218	357177,5476	7867864,9313	2615,5757	3
1219	357147,7115	7867866,0870	2618,1700	3
1221	357121,2446	7869152,8431	2530,9675	2
1222	357116,1397	7868575,7744	2534,7814	2
1223	357122,6333	7868419,6661	2580,9971	3
1224	357136,1647	7868090,3110	2609,8243	3
1225	357087,5761	7867975,8030	2614,9258	3
1226	357051,2919	7867688,4126	2613,9069	3
1227	356910,0749	7868433,8525	2569,3420	3
1228	356970,8278	7867699,0508	2605,0848	3
1230	356467,8123	7871033,5685	2271,6187	2
1232	356534,5547	7867744,9191	2563,7806	3
1233	356485,3953	7867936,1449	2591,7470	3
1239	356192,9806	7867731,3696	2540,6991	3
1240	356177,8573	7867718,1066	2541,2475	3
1243	355382,2499	7869086,3865	2383,0610	3
1245	355272,2168	7868875,4653	2426,6563	3
1246	355365,2290	7868794,4422	2481,3810	3
1248	355137,9157	7868504,6505	2297,1897	3
1252	359810,1550	7868837,1876	2141,4053	3
1255	359706,4373	7867454,5440	2147,7636	3

1258	359420,1874	7868497,5791	2221,9984	3
1259	359508,6739	7867380,0057	2138,4579	3
1262	359204,9417	7867398,8243	2149,0677	4
1268	358745,5563	7867865,9865	2183,9231	3
1271	358525,9967	7868404,4869	2243,0084	3
1272	358490,7897	7867638,9825	2223,0837	3
1276	357160,9850	7867739,3277	2608,9815	3
1278	357027,8939	7868412,5632	2591,3384	3
1215	357470,1841	7867721,0049	2580,5248	2
1253	359805,8069	7866097,2922	2134,8138	3
1254	359797,4639	7866123,3092	2134,0305	3
1256	359554,8698	7866794,5285	2143,0895	3
1257	359569,3561	7866436,7346	2139,6125	3
1260	359533,9972	7866455,6217	2137,8125	3
1261	359470,2525	7865872,2220	2136,3016	2
1263	359269,1576	7866144,5471	2137,0567	3
1264	359214,0989	7866191,2489	2140,4094	3
1265	359251,7250	7865858,5797	2123,7274	2
1266	359146,6818	7866776,8664	2171,9558	3
1267	359176,7239	7866503,7640	2140,8053	3
1269	358686,6356	7866547,9510	2174,7995	3
1270	358685,1806	7866408,5762	2175,7234	3
1273	358099,9680	7866838,5571	2364,5370	3
1274	357905,9381	7867273,2567	2475,3595	2
1275	358048,0494	7866835,5181	2365,6796	3
1277	357156,8900	7866613,6540	2261,5995	3
1279	357032,1389	7866768,6952	2300,2014	3
1280	356466,0479	7866190,4581	2370,1934	3
1281	356032,9627	7867157,9990	2463,5461	3
1292	359604,2156	7866991,7145	2139,5789	3
1293	359621,4698	7866900,9991	2138,7052	3
1295	359434,9131	7867042,0231	2147,6927	3
1308	358705,3767	7866371,6492	2170,8554	3
1312	358057,4112	7865802,3542	2171,6569	3
1318	357608,8935	7866303,0492	2193,7504	3
1321	357300,8597	7866477,4812	2224,8369	3
1323	357180,8533	7866805,1029	2298,9199	3
1324	357072,7854	7865765,3882	2175,8922	3
402	355067,2908	7865375,1291	2274,3374	2
1287	360012,8109	7864356,9766	2049,9445	2
1288	359919,6713	7865740,1455	2123,5641	2
1289	359913,6005	7864481,6691	2095,0312	2
1290	359846,5995	7864607,8759	2109,7155	2
1291	359980,8608	7864195,7568	2041,3861	3
1294	359687,7564	7864640,6006	2116,4743	3
1296	359512,9308	7865867,6259	2130,1155	2
1297	359454,0271	7865845,2036	2132,1798	2
1298	359565,6542	7864185,6231	2048,1671	3
1299	359224,9236	7865653,7675	2136,7903	2
1300	359288,7479	7865172,8928	2088,3739	2
1301	359294,1974	7865118,4291	2104,4966	2
1302	359249,3394	7864450,3965	2222,1452	2
1303	359130,7889	7865515,1797	2164,2067	2
1304	359098,9827	7865451,3071	2175,5139	2
1305	359144,2614	7865199,1383	2132,1678	2

1306	359164,3825	7864432,9216	2234,3822	3
1307	359113,1345	7864526,3986	2241,9154	2
1310	358671,9586	7864467,2956	2283,7546	3
1311	358648,5126	7864473,9362	2284,9494	3
1313	357962,9165	7865238,5091	2349,9309	3
1314	358123,4955	7865139,7010	2328,1132	3
1315	358041,9776	7865141,3740	2341,6293	3
1316	358034,2384	7864427,9828	2316,4385	3
1317	357993,8808	7864133,7589	2310,2508	3
1319	357574,0436	7864642,5933	2370,4787	3
1320	357588,2951	7864415,6425	2364,6370	3
1322	357419,3575	7865017,3353	2424,0448	3
1325	357084,9621	7865209,1128	2486,3238	3
1326	357024,1555	7865225,4754	2495,3023	3
1327	356993,2092	7865081,5489	2495,1362	3
1328	356956,0273	7865055,6079	2498,6492	3
1329	356564,2024	7865057,1380	2549,5014	3
1330	356613,8057	7864592,4380	2471,3439	3
1337	356060,8315	7864505,4291	2581,7455	3

The residuals of image points

Point	Image	Vx	Vy
1	8	0,581	3,700
1	1	-13,734	-1,619
1	9	1,091	3,386
1	2	-10,602	4,640
1	10	1,714	-0,055
Point	Image	Vx	Vy
2	1	-3,690	-7,198
2	2	-0,214	-0,530
Point	Image	Vx	Vy
3	1	-5,636	-3,334
3	2	-7,567	-4,043
Point	Image	Vx	Vy
4	1	-8,661	6,491
4	9	6,277	3,917
4	2	-11,939	1,640
4	10	6,924	4,369
4	3	-12,548	0,753
4	11	10,888	5,091
Point	Image	Vx	Vy
5	1	4,593	6,532
5	2	1,854	5,413
5	3	-1,311	6,784
Point	Image	Vx	Vy
6	1	0,049	-7,728
6	2	-0,773	-6,866
6	3	-0,846	-6,309
Point	Image	Vx	Vy
7	2	4,934	2,061
7	3	4,649	4,649
7	4	12,986	0,621
Point	Image	Vx	Vy
8	2	-0,130	4,090
8	3	0,266	7,394

8	4	-0,434	4,982
Point	Image	Vx	Vy
9	2	-11,405	15,453
9	10	9,047	11,465
9	3	-10,122	13,167
9	11	8,880	12,103
9	4	-5,244	21,628
9	12	15,344	14,555
Point	Image	Vx	Vy
10	3	-18,648	10,242
10	11	-6,750	5,607
10	4	2,843	16,213
10	12	-0,684	7,487
10	5	9,684	17,222
10	13	7,873	7,888
Point	Image	Vx	Vy
11	3	-7,438	18,212
11	4	12,127	23,309
11	5	29,028	19,410
Point	Image	Vx	Vy
12	3	7,813	15,942
12	4	23,623	20,762
12	5	37,943	15,186
Point	Image	Vx	Vy
13	4	-43,342	-1,980
13	12	-2,100	2,228
13	5	1,484	5,237
13	13	-3,791	5,652
13	14	-2,035	6,290
Point	Image	Vx	Vy
14	4	-16,689	26,717
14	5	26,003	27,918
Point	Image	Vx	Vy
16	30	29,950	28,896
16	8	0,833	2,979
16	29	5,213	11,989
16	9	2,532	15,899
16	28	0,037	13,634
Point	Image	Vx	Vy
17	8	3,570	3,261
17	9	-2,941	15,311
Point	Image	Vx	Vy
18	8	8,655	-6,665
18	9	-9,197	-4,386
Point	Image	Vx	Vy
19	8	8,705	12,008
19	29	-4,727	7,611
19	9	14,654	17,909
19	28	-9,416	3,594
19	10	7,708	14,083
19	27	-11,729	1,699
Point	Image	Vx	Vy
20	8	8,717	5,366
20	9	8,423	9,532
20	10	4,538	6,514

Point	Image	Vx	Vy
21	9	1,395	0,286
21	28	-2,987	-5,619
21	10	3,566	2,326
21	27	-6,061	-6,229
21	11	0,154	1,651
Point	Image	Vx	Vy
23	10	-2,499	-0,682
23	27	2,991	-4,698
23	11	-3,809	-0,455
23	26	2,490	-5,704
23	12	-3,429	2,392
23	25	-1,099	-4,377
Point	Image	Vx	Vy
24	10	6,680	10,189
24	11	5,852	5,890
Point	Image	Vx	Vy
25	11	-8,372	-3,010
25	26	4,108	-0,300
25	12	-2,894	-5,268
25	25	2,603	-1,681
25	13	-3,740	-1,256
Point	Image	Vx	Vy
26	10	3,781	5,626
26	11	2,260	6,131
26	12	6,529	5,269
Point	Image	Vx	Vy
28	5	-60,112	-44,024
28	13	-20,765	15,602
28	14	-4,462	17,522
Point	Image	Vx	Vy
29	13	-6,448	3,921
29	14	7,219	5,309
Point	Image	Vx	Vy
30	13	-6,665	-7,753
30	24	3,525	-6,944
30	14	1,169	-16,866
30	23	0,358	-7,055
30	22	1,563	-4,719
Point	Image	Vx	Vy
35	20	-4,466	-6,621
35	19	-5,605	-3,972
Point	Image	Vx	Vy
36	21	5,444	4,360
36	20	-2,243	2,426
36	19	-2,502	4,636
Point	Image	Vx	Vy
37	20	-0,599	-1,135
37	19	-1,269	-3,893
Point	Image	Vx	Vy
38	22	1,676	-0,188
38	21	3,933	-0,108
38	20	2,844	1,035
Point	Image	Vx	Vy
39	22	10,931	4,685

39	21	7,499	5,789
39	20	4,715	5,388
Point	Image	Vx	Vy
40	21	5,658	6,157
40	20	2,848	6,076
Point	Image	Vx	Vy
42	23	5,218	3,858
42	22	0,575	1,020
42	21	-3,879	1,138
Point	Image	Vx	Vy
43	23	-1,005	-2,284
43	22	3,178	-1,618
43	21	3,028	-3,112
Point	Image	Vx	Vy
44	22	0,586	0,123
44	21	3,935	-1,626
Point	Image	Vx	Vy
45	24	-4,035	0,906
45	23	-2,575	1,751
45	22	0,932	-3,287
Point	Image	Vx	Vy
46	24	-3,885	-5,057
46	23	3,785	-2,162
46	22	6,433	-5,122
Point	Image	Vx	Vy
47	25	4,943	3,347
47	24	1,607	2,347
47	23	-1,122	2,792
Point	Image	Vx	Vy
48	25	-1,032	-4,959
48	24	-0,223	-3,791
48	23	2,158	-2,030
Point	Image	Vx	Vy
51	27	4,037	-4,029
51	26	8,112	-3,564
51	25	8,052	-3,262
Point	Image	Vx	Vy
52	27	-0,588	-2,121
52	26	-1,071	-2,112
52	25	2,669	0,076
Point	Image	Vx	Vy
53	28	-1,924	-6,373
53	27	-2,356	-3,676
53	26	0,233	-4,115

The image residuals of the control points

The image ID = 36

Point ID	Vx	Vy
74	4.920	1.885
76	-6.036	-4.591
77	4.637	0.542
78	0.511	0.636
79	-5.484	1.599

RMSE of 5 points: mx=4.743, my=2.361

The image ID = 35

Point ID	Vx	Vy
71	4.149	-8.536
72	0.059	3.607
73	-0.299	-3.039
74	1.964	4.560
76	-4.559	-3.486
77	2.458	2.888
78	0.766	-0.563
79	-1.952	0.181

RMSE of 8 points: mx=2.559, my=4.134

The image ID = 34

Point ID	Vx	Vy
69	-0.665	-0.594
70	-1.333	-2.719
71	-3.744	-6.893
72	-0.489	6.116
73	5.175	1.216
74	-2.083	4.136
76	0.552	-6.609

RMSE of 7 points: mx=2.616, my=4.705

The image ID = 33

Point ID	Vx	Vy
66	6.861	-4.367
67	-0.400	-2.320
68	1.028	4.771
69	-2.619	0.250
70	-1.113	-5.056
71	-4.452	-7.623
72	-3.532	6.828
73	6.404	0.468

RMSE of 8 points: mx=4.026, my=4.714

The image ID = 32

Point ID	Vx	Vy
62	2.174	-3.686
63	5.682	0.581
64	-0.968	-3.830
65	2.008	2.845
66	1.994	-5.606
67	-3.266	-0.568
68	-1.344	4.357
69	-4.229	-0.200
70	2.567	-6.546

RMSE of 9 points: mx=3.035, my=3.805

The image ID = 31

Point ID	Vx	Vy
57	13.966	1.354
60	3.362	1.098
61	-1.096	3.044
62	1.130	-2.566
63	4.429	0.472
64	4.526	-0.523
65	2.368	0.779
66	-4.114	-0.146
67	-4.514	-1.522
68	1.250	1.268

RMSE of 10 points: mx=5.417, my=1.963

The image ID = 30

Point ID	Vx	Vy
16	29.950	1.896
57	21.933	1.575
58	13.250	1.274
59	-9.964	0.823
60	7.738	0.781
61	2.369	1.619
62	-0.899	-1.669
63	3.237	0.752
64	8.451	-0.860
65	9.610	0.424

RMSE of 10 points: mx=13.760, my=0.144