



**Instituto Profesional Diego Portales
Escuela de Ingeniería en Geomensura**

**ESTUDIO Y EVALUACION DE UNA METODOLOGIA PARA LA
GENERACION DE MOSAICOS AEROFOTOGRAMETRICOS**

**PARA OPTAR AL TITULO DE
INGENIERO GEOMENSOR**

**ALUMNO : GUSTAVO PATRICIO SANTANA URIBE.
PROFESOR GUÍA : JORGE ESPINOZA MARINO.**

CHILLAN MARZO 2006

EPÍGRAFE

Todos los triunfos nacen cuando nos atrevemos a comenzar.

C. TONLEY

DEDICATORIA

A mis Padres y Hermanas.

Oscar y Patricia

Luz y Tamara

AGRADECIMIENTOS

A todas las personas que me ayudaron a llevar acabo este trabajo de título, especialmente a mi familia, profesor guía, Instituto de Investigación Agropecuaria Quilamapu (INIA), en especial al personal del Programa de Agricultura de Precisión (PROGAP), amigos y colaboradores que me dieron su apoyo y conocimiento.

Gracias.

ÍNDICE

Materia	Página
RESUMEN.....	12
ABSTRACT.....	13
1.- INTRODUCCIÓN.....	14
1.1 Antecedentes Generales.....	14
1.2 AutoStitch aplicado a la confección de mosaicos Aerofotogrametricos.....	16
1.3 Procesamiento de Imagen.....	18
1.3.1 Tratamientos Geométricos.....	18
1.3.2 Ajuste Polinomial.....	19
1.4 Índices Vegetacionales.....	20
2.- OBJETIVOS.....	23
2.1 Objetivos Generales.....	23
2.2 Objetivos Específicos.....	23
3.- METODOLOGÍA DE TRABAJO.....	24
3.1 Antecedentes Generales.....	24
3.1.1 Definición Territorial.....	25
3.1.2 Materiales requeridos y procesos ejecutados.....	26
3.1.2.1 Imágenes Multiespectrales.....	26
3.1.2.2 Conversión de imágenes de Geotiff a Jpeg para ser Utilizadas en el software AutoStitch y Erdas.....	27
3.1.3 Obtención de los puntos de control terrestre (PCT) a través de Levantamiento GPS por método Diferencial (DGPS).....	28
3.2 Método Semi-automatizado (AutoStitch + Erdas).....	29
3.2.1 Parámetros utilizados en confección de mosaico AutoStitch.....	29
3.2.2 Mejoramiento del Mosaico.....	30
3.2.3 Corrección Geométrica del Mosaico AutoStitch.....	33
3.2.3.1 Determinación de Puntos de Control Terrestre (PCT).....	33

3.2.3.2 Obtención de Coordenadas de Imagen.....	34
3.2.3.3 Definición del modelo matemático.....	35
3.2.3.4 Georreferenciación.....	35
3.2.3.5 Reasignación Espectral.....	36
3.2.4 Mosaico Georreferenciado A.....	36
3.3 Método tradicional (Erdas).....	37
3.3.1 Corrección Geométrica de las imágenes multiespectrales.....	37
3.3.1.1 Determinación de Puntos de Control Terrestre (PCT).....	37
3.3.1.2 Obtención de Coordenadas de Imagen.....	38
3.3.1.3 Definición del modelo matemático.....	38
3.3.1.4 Georreferenciación.....	39
3.3.2 Imágenes Georreferenciadas.....	40
3.3.3 Confección del mosaico Georreferenciado con Erdas.....	40
3.3.4 Mosaico Georreferenciado B.....	41
3.4 Calidad de Corrección Geométrica.....	42
3.4.1 Escaneo de ortofoto.....	42
3.4.2 Corrección geométrica de ortofoto escaneada.....	43
3.4.2.1 Determinación de Puntos de Control Terrestre (PCT).....	43
3.4.2.2 Obtención de Coordenadas de Imagen.....	43
3.4.2.3 Definición de modelo matemático.....	44
3.4.2.4 Georreferenciación.....	44
3.4.2.5 Reasignación Espectral.....	44
3.4.3 Ortofoto Georreferenciada.....	44
3.5 Calidad Espectral (NDVI).....	45
3.5.1 Procedimiento (NDVI).....	45
4.- RESULTADOS.....	47
4.1 Comparación Calidad Espectral (NDVI).....	47
4.2 Resultado Calidad Espectral (NDVI).....	49
4.3 Comparación Corrección Geométrica.....	50
4.4 Resultado Corrección Geométrica.....	51
5.- DISCUSIÓN.....	52

6.- CONCLUSIONES.....	53
7.- BIBLIOGRAFÍA.....	54
8.- GLOSARIO.....	55
9.- ANEXOS.....	59

ÍNDICE FIGURAS

NºFigura	Titulo	Página
Fig. Nº 01	Plano Ubicación Geográfica.....	15
Fig. Nº 02	Algoritmo: Reconocimiento Panorámico.....	17
Fig. Nº 03	Espectro Electromagnético.....	21
Fig. Nº 04	Diagrama de flujo metodología de trabajo.....	24
Fig. Nº 05	Cámara digital Multiespectral Duncan Tech modelo Ms3100.....	26
Fig. Nº 06	Separación del prisma tres sensores.....	26
Fig. Nº 07	Ventana de Inicio Programa Photoshop.....	27
Fig. Nº 08	Cargando las imágenes para la ejecución del mosaico.....	29
Fig. Nº 09	Cuadro de modificación de parámetros para la ejecución del mosaico	30
Fig. Nº 10	Cuadro resumen de nuevos parámetros del mosaico.....	31
Fig. Nº 11	Mosaico obtenido con el Software AutoStitch.....	32
Fig. Nº 12	Puntos de control terrestre dentro del mosaico AutoStitch.....	34
Fig. Nº 13	Cálculo del modelo matemático, residuales del ajuste del mosaico AutoStitch.....	35
Fig. Nº 14	Cálculo del modelo matemático, residuales del ajuste de la imagen multiespectral 1232.....	38
Fig. Nº 15	Cálculo del modelo matemático, residuales del ajuste de la Imagen multiespectral 1233.....	38
Fig. Nº 16	Cuartel Nº 16 del mosaico AutoStitch.....	47
Fig. Nº 17	Cuartel Nº 16 del mosaico Erdas.....	47
Fig. Nº 18	Cuartel Nº 16 del mosaico AutoStitch Sometido a Vegetative Index...	48
Fig. Nº 19	Cuartel Nº 16 del mosaico Erdas Sometido a Vegetative Index.....	48
Fig. Nº 20	Cuartel Nº 16 del mosaico AutoStitch Sometido a tres Smooth.....	48
Fig. Nº 21	Cuartel Nº 16 del mosaico Erdas Sometido a tres Smooth.....	48
Fig. Nº 22	Cuartel Nº 16 del mosaico AutoStitch Sometido a tres Categorize.....	49
Fig. Nº 23	Cuartel Nº 16 del mosaico Erdas Sometido a tres Categorize.....	49
Fig. Nº 24	Componentes del Cuartel Nº 16 en sus tres clases de Vigor.....	50
Fig. Nº 25	Imagen que muestra las diferencias de la corrección Geométrica.....	51

TITULO TABLAS

Nº Tabla	Titulo Tabla	Página
Tabla 01	Descripción Longitud de onda cámara multiespectral.....	27
Tabla 02	Línea de vuelo, numero de imágenes multiespectrales.....	29
Tabla 03	Propiedades del modelo geométrico del mosaico AutoStitch.....	36
Tabla 04	Propiedades del modelo geométrico de las imágenes multiespectrales	39
Tabla 05	Coordenadas para el muestreo de las diferencias espaciales.....	52

INDICE ANEXOS

Nº de Anexos	Titulo de Anexos	Página
Anexo N° 01	Planilla toma de datos del levantamiento topográfico.....	59
Anexo N° 02	Imagen Multiespectral N° 1232, contiene 9 P.C.T.....	60
Anexo N° 03	Imagen Multiespectral N° 1233, contiene 10 P.C.T.....	61
Anexo N° 04	Puntos de control que fueron utilizados para la corrección geométrica de la imagen multiespectral N° 1232.....	62
Anexo N° 05	Puntos de control que fueron utilizados para la corrección geométrica de la imagen multiespectral N° 1233.....	62
Anexo N° 06	Puntos de control que fueron utilizados para la corrección geométrica del mosaico de AutoStitch.....	63
Anexo N° 07	Método por el cual el software AutoStitch, realiza el Resampling.....	63
Anexo N° 08	Cuadro de información de la Sociedad Ruefenacht.....	64

RESUMEN

Este seminario consiste, en realizar un estudio de una nueva metodología para la generación de mosaicos aerofotogramétricos con un programa diseñado para la creación de mosaicos panorámicos automáticos de licencia gratuita y de libre acceso en Internet, para luego llevar a cabo una evaluación de éste, de tal forma que pueda ser utilizado como alternativa al procedimiento tradicional de generación de mosaicos, a través de softwares de sensoramiento remoto.

Los datos necesarios para ejecutar el proyecto se obtuvieron del predio de la Sociedad Rufenacht sector Tres Esquinas, comuna de Bulnes, Octava Región.

Con el apoyo del Instituto de Investigación Agropecuaria Quilamapu (INIA), específicamente, dentro del Programa de Agricultura de Precisión (PROGAP).

ABSTRACT

This seminar consists, in carrying out a study of a new methodology for the generation of mosaics aerofotogramétricos with a program designed for the creation of automatic panoramic mosaics of gratuitous license and of free access in Internet, it stops then to carry out an evaluation of this, in such a way that can be used as alternative to the traditional procedure of generation of mosaics, through softwares of remote sensoramiento.

The necessary data to execute the project were obtained of the property of the Society Ruefenacht sector Three Corners, commune of Bulnes, Eighth Region.

With the support of the Institute of Agricultural Investigation Quilamapu (INIA), specifically, inside the Program of Agriculture of Precision (PROGAP).

1.- INTRODUCCIÓN

1.1. ANTECEDENTES GENERALES

La teledetección es una técnica aplicada, y como tal muy dependiente de la tecnología existente en cada momento. Esta conjuga aspectos muy variados de óptica y detectores del sensor, vehículo que lo sustenta, sistemas de transmisión, equipos de tratamiento de datos, etc. Las formas de teledetección han variado ostensiblemente en las últimas décadas. (Chuvienco, 1996).

Por lo tanto, hoy en día es de vital importancia adquirir mayores conocimientos en esta área, para desenvolverse como profesional integral, tanto en el trabajo de terreno como en el de gabinete.

Uno de los productos de la teledetección son los mosaicos aerofotogramétricos georreferenciados. En la actualidad existen una amplia gama de aplicaciones fotogramétricas digitales que facilitan la confección de mosaicos, mediante un método común que requiere un número determinado de puntos de control terrestre por cada fotografía (o imagen a utilizar). Si bien, a través de este método, es posible lograr altos niveles de precisión, en términos de la geometría, se requiere la obtención de un número considerable de puntos de apoyo. Lo anterior, va en perjuicio del tiempo y los costos de desarrollo de cualquier proyecto fotogramétrico de grandes extensiones.

Es así como, el presente estudio propone evaluar una nueva metodología para la confección de mosaicos, que fundamentalmente considera en una primera etapa, la construcción de este, para posteriormente corregirlo geométricamente (georreferenciación). Esto a diferencia del método tradicional, que considera en primer término, la georreferenciación de cada fotografía, y luego la generación del mosaico, es decir, el proceso inverso.

Se espera, por medio de este nuevo método, disminuir en forma considerable la cantidad de puntos de control terrestre, sin afectar la calidad del resultado final.

La importancia fundamental que tienen los mosaicos aerofotogramétricos es la capacidad que poseen, de levantar información de grandes extensiones de terreno, abarcando una extensión de territorio mayor que la de una sola fotografía (una fotografía aérea de 20*20 cm. a Escala 1:10.000, cubre aprox. 4 Km² de territorio).

En este sentido, los mosaicos aerofotogramétricos georreferenciados, son ampliamente solicitados como herramientas de apoyo en la planificación del territorio y actividades productivas tales como, agricultura, forestería, geología, minera, planificación territorial, etc.

De acuerdo a todo lo anterior, este estudio establece como propósito fundamental definir una metodología alternativa al procedimiento tradicional en la confección de mosaicos aerofotogrametricos, basándose en el uso de una aplicación computacional denominada AutoStitch. Para el correcto entendimiento del método propuesto, se desarrollará un ejemplo concreto para ser aplicado al estudio de cultivos agrícolas (viñas y frutales), con el apoyo del Instituto de Investigación Agropecuaria Quilamapu (INIA), específicamente, dentro del Programa de Agricultura de Precisión (PROGAP).

El área de estudio se ubica en la propiedad de la Sociedad Agrícola Ruefenacht de la Viña "TIERRA Y FUEGO" ubicada en la comuna de Bulnes, 24 kilómetros al sur de Chillán y 7 kilómetros hacia el oriente de la Ruta 5 Sur, camino a Yungay, sector Tres Esquinas, Octava Región del Bio-Bio. La propiedad posee una superficie de aproximadamente 30 hectáreas.



Figura N° 01 Plano Ubicación Geográfica.

1.2. AUTOSTITCH APLICADO A LA CONFECCIÓN DE MOSAICOS AEROFOTOGRAMETRICOS.

Para dar curso a la investigación de una aplicación computacional que pudiera ser utilizada con los objetivos planteados anteriormente (confección más rápida y económica de mosaicos), ésta debía cumplir con ciertos requisitos, los cuales estaban enmarcados en tener elementos básicos para poder ser relacionados con los parámetros que enmarcan la teledetección. Es así, como en Internet, se encontró una aplicación que reunía a simple vista las condiciones requeridas. Estas son:

- ◆ Permitir la construcción semi-automatizada de mosaicos. Es decir, que el software construya totalmente sólo el mosaico, donde el usuario se limita exclusivamente a definir algunos parámetros requeridos para la correcta obtención de resultados.
- ◆ Construir mosaicos aerofotogrametricos sin contar con imágenes multiespectrales georreferenciadas.
- ◆ Y por último, entregar como resultado un mosaico en algún formato compatible con otros software de sensoramiento remoto (JPG, TIFF, etc.)

Es así como se decidió estudiar AutoStitch, que es un software resultante de una investigación de dos años realizada por Matthew Brown y David Lowe en la Universidad of British Columbia, Vancouver, Canadá.

La versión que esta disponible en Internet es la versión demo 2.184 que trabaja exclusivamente con imágenes en formato JPEG. Esta aplicación se encuentra en permanente desarrollo, lo que ha permitido un mejoramiento continuo, gracias a las sugerencias de los usuarios del programa. Según su autor Matthew Brown, se prevé una nueva versión para la ejecución de mosaicos con imágenes en formato GEOTIFF, y la inclusión de nuevas herramientas para hacer de éste un programa de uso masivo. (Matthew Brown, 2005).

AutoStitch centra su funcionamiento en la construcción automática de imágenes panorámicas a partir de imágenes parciales de un territorio. En el caso particular de este seminario de título, cada imagen corresponde a una fotografía aérea correspondiente a una porción parcial de terreno para dar origen a un mosaico de una gran extensión del territorio, con fines fotogramétricos, de fotointerpretación o cartográficos.

AutoStitch opera en base al reconocimiento de partes comunes para fotogramas adyacentes, para su posterior unión.

En primer lugar, el funcionamiento de AutoStitch consiste básicamente, en reconocer en cada imagen el área común (o traslapo), a partir de la cual se unirá un set de fotografías. Previa definición de parámetros establecidos por el usuario o restricciones sobre la secuencia de imágenes.

En este trabajo se utilizan técnicas de reconocimiento de objetos basadas sobre figuras locales invariables de las imágenes para su unión, y un modelo probabilística para verificación. De esta manera, el método es insensible al orden,

Algoritmo: Reconocimiento Panorámico

Input: n imágenes no ordenadas

I. Extraer figuras SIFT desde las imágenes (SIFT, figuras invariables en su geometría y luminosidad).

II. Encontrar k vecinos cercanos para cada figura

III. Para cada imagen:

(i) Seleccionar m imágenes candidatas para ser unidas (con el número máximo de figuras de ajuste para cada imagen).

(ii) Encontrar consistencia geométrica de las figuras de ajuste usando RANSAC.

(iii) Verificar imágenes ajustadas usando modelo probabilística.

IV. Encontrar componentes de conexión de las imágenes a ajustar.

V. Para cada componente de conexión:

(i) Ejecutar paquete de ajuste para encontrar los ángulos de rotación y distancia focal de todas las cámaras

(ii) Pedir panorama usando el mezclador multi-banda.

Output: Imagen Panorámica

Figura N° 02 Algoritmo: Reconocimiento Panorámico.

orientación, escala e iluminación de las imágenes. Es insensible también, a imágenes ruido que no forman parte del panorama.

Esto sugiere múltiples aplicaciones para fotógrafos (incluido los fotógrafos aéreos). En resumen, el sistema se alimenta con imágenes digitales de entrada, reconociendo las que forman parte del panorama, para su posterior unión.

1.3. PROCESAMIENTO DE IMAGEN

Las fotografías aéreas presentan distorsiones geométricas y radiométricas, que dependen del tipo de sensor, la plataforma y las condiciones de captura. En las aplicaciones agrícolas, la información es de múltiples fuentes es usada muy frecuentemente. Por lo que, para estandarizar, y por ende para ser capaz de comparar e integrar los datos adquirida con otra información, debe ser un procedimiento normal el rectificar y restaurar las fotografías aéreas. El proceso de nivelación y de corrección depende de las imágenes evaluadas y de la aplicación a la que el producto final va a ser expuesto. En algunos casos puede ser suficiente sólo corregir los errores de sistema y luego coregistrar las imágenes con otra data previamente georreferenciada; en otros casos, las imágenes serán corregidas y representadas en una proyección cartográfica con una escala dada. La corrección completa de una imagen envuelve el proceso inicial de una data de imagen cruda para eliminar las distorsiones geométricas, la calibración radiométrica y la reducción del ruido de los datos reales.

1.3.1 TRATAMIENTO GEOMÉTRICOS

Las distorsiones geométricas pueden ser clasificadas como sistemáticas (predecible y corregible) y accidentales (al azar). Los errores sistemáticos son fácilmente recuperables al aplicar la formula derivada del moldeado de las fuentes de distorsión. Los errores accidentales son corregidos al aplicar polinomios con puntos de control terrestre (PCT) convenientemente distribuidos en la imagen.

Las correcciones geométricas pueden ser agrupadas en los siguientes procesos:

- ◆ Corregistro (o simplemente registro): Es el ajuste de una imagen tomando como referencia otra imagen, usando una transformación polinomial entre los puntos en común de ambas. Es usada cuando se comparan ambos grupos de datos, sin utilizar la proyección cartográfica (posición absoluta).

- ◆ Georreferenciar: Consiste en la asignación de coordenadas a los píxeles de la imagen por medio de la definición de las ecuaciones de transformación.
- ◆ Geocodificación: Envuelve el paso de la imagen al mapa por medio de la aplicación de las ecuaciones de transformación. La imagen se vuelve una carta, donde cada píxel tiene su par de coordenadas geográficas correspondientes. La geocodificación es central a las imágenes integras de distintas fuentes, logrando la compatibilidad integral de su data en una base píxel a píxel.

1.3.2 AJUSTE POLINOMIAL

La rectificación polinomial es un método de corregir las imágenes geoméricamente relativamente simple. Consiste en la transformación de la imagen original en un grupo de puntos con coordenadas conocidas distribuidos apropiadamente. Es necesario que los puntos tengan coordenadas en ambos sistemas: origen (x y y) y final (X y Y).

El número de puntos bien conocidos refleja el orden de la polinomial en uso; a medida que el orden se incrementa, un número más alto de puntos con coordenadas bien conocidas es requerido.

Un sistema de ecuaciones, cuyos coeficientes son obtenidos por el método de ajuste de mínimos cuadrados.

Una polinomial de primer orden (lineal) requiere de 6 puntos de coordenadas bien conocidos, corrige para la translación, la rotación, la escala, la inclinación, la perspectiva y las distorsiones oblicuas en la imagen.

La aproximación polinomial sólo corrige localmente la imagen, ya que depende de la distribución de los puntos y de su precisión. En general asegura una imagen correcta en terrenos llanos y sin rasgos, pero no es muy útil para áreas muy ondulantes.

La efectividad del ajuste viene de la evaluación de los residuos (desviaciones); el indicador más utilizado es el de error de Raíz Cuadrada Media (RMS).

La asignación de un DN apropiado al píxel de nueva posición (**X** y **Y**) puede ser hecha siguiendo algoritmos diferentes: el vecino más cercano, la interpolación bilineal y la circunvolución cúbica.

- ◆ El vecino más cercano asigna a cada píxel de la imagen transformada el DN del píxel más cercano en la imagen original. Es la solución más rápida, pero algunos rasgos lineales (como caminos o riveras de río, etc.) pueden aparecer como líneas fracturadas en la imagen transformada.
- ◆ La interpolación bilineal calcula el promedio medido de los 4 píxeles más cercanos. Aquí la distorsión de los rasgos lineales es menor pero el contraste espacial es disminuido.
- ◆ La circunvolución cúbica considera el DN de los 16 píxeles más cercanos. Produce una imagen mejor transformada pero necesita de una capacidad de cálculo considerablemente más grande.

En resumen, el tipo de método depende del uso final y del objetivo del proyecto, en los recursos de computadoras disponibles (hardware, software) y de la disponibilidad del PCT.

1.4 ÍNDICES VEGETACIONALES

El cálculo de índices de vegetación es una técnica de uso habitual en teledetección y es comúnmente utilizada para mejorar la discriminación entre dos cubiertas que presenten un comportamiento reflectivo muy distinto en dos o más bandas, por ejemplo para realzar suelos y vegetación en el visible e infrarrojo cercano, y para reducir el efecto del relieve (pendiente y orientación) en la caracterización espectral de distintas cubiertas (Chuvieco, 1996).

El empleo de cocientes o índices para identificar masas vegetales, tiene su base en el particular comportamiento radiométrico de la vegetación. Una masa vegetal en óptimas condiciones, es decir en buen estado sanitario, posee una firma espectral que se caracteriza por un claro contraste entre las bandas visibles, y en especial la banda que corresponde al rojo (0.6 μm 0.7 μm) y el infrarrojo cercano (0.7 μm 1.1 μm).

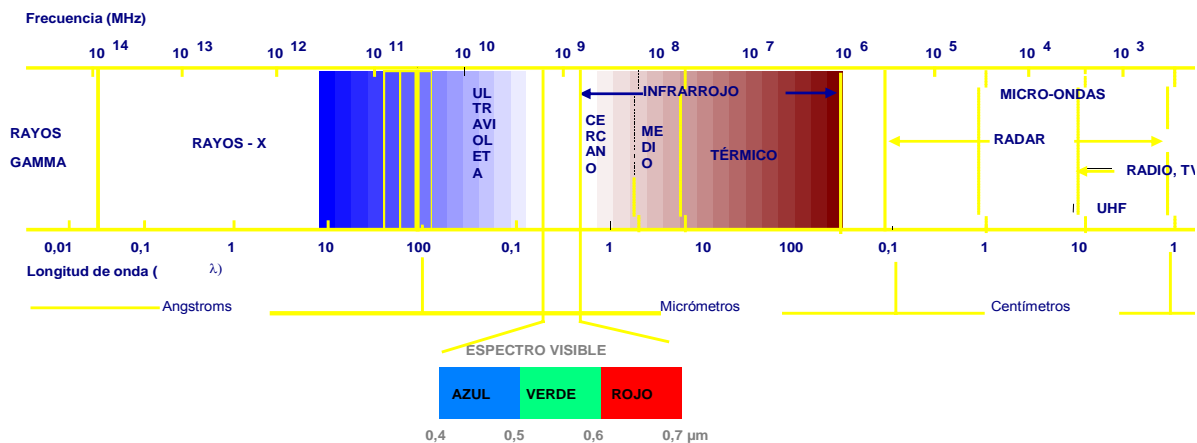


Figura N° 03 Espectro electromagnético.

Esto se da debido a que la mayor parte de la radiación solar recibida por la planta en el visible, es absorbida por los pigmentos de las hojas, mientras que éstos apenas afectan a la radiación recibida en el infrarrojo cercano, por lo que se presenta un alto contraste entre una baja reflectividad en el visible y una alta reflectividad en el infrarrojo cercano. Por lo tanto este comportamiento permite separar con relativa facilidad, la vegetación sana de otras cubiertas.

En este comportamiento se basan la mayoría de los denominados índices de vegetación, en los que se combinan las bandas roja e infrarrojo cercano del espectro electromagnético.

Entre otros figuran el simple cociente entre bandas (rojo/infrarrojo cercano) y el índice de vegetación de diferencia normalizado, NDVI su sigla en inglés. Este último es el que aplicaremos para la comparación de nuestros mosaicos para identificar masas vegetales y discriminar sus distintos tipos.

Entre otras aplicaciones prácticas de esta técnica figuran:

- ◆ Identificación de áreas forestadas-deforestadas
- ◆ Evaluación del estado de la vegetación y su grado de estrés
- ◆ Separación entre distintos tipos de masas vegetales
- ◆ Monitoreo de plagas
- ◆ Evaluación de riesgos de incendio.

Además existen numerosas variables que se pueden derivar de este índice como por ejemplo: contenido de agua en las hojas, productividad neta de la vegetación, contenido de clorofila en la hoja, dinámica fenológica, etc. Un aspecto interesante del NDVI es que varía dentro de márgenes conocidos (-1 a +1), lo que facilita notablemente su interpretación.

2.- OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL.

Realizar un estudio del software AutoStitch de licencia gratuita, y aplicar el uso de imágenes aéreas multiespectrales, para la obtención de mosaicos, realizando una evaluación del software, para su uso en agricultura de precisión en relación a los patrones de índice vegetacional diferencial normalizado (NDVI). Aplicado al estudio de cultivos agrícolas como viñas y frutales.

2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS.

- ◆ Estudiar el software AutoStitch, para lograr un manejo eficiente de este, en el área de teledetección.
- ◆ Aplicar el software AutoStitch en la construcción de mosaicos, a través de imágenes aéreas multiespectrales.
- ◆ Corrección geométrica del mosaico.
- ◆ Comparar los mosaicos de AutoStitch, y otros software de sensoramiento remoto, en relación a los patrones de índice de vegetación diferencial normalizado (NDVI).

3.- METODOLOGIA

3.1. ANTECEDENTES GENERALES

De acuerdo a los objetivos planteados para el presente estudio, la metodología de trabajo estará enfocada en la comparación de dos métodos de confección de mosaicos aerofotogramétricos, desde el punto de vista de la corrección geométrica (georreferenciación) y de la determinación de los patrones de índice de vegetación diferencial normalizado (NDVI).

CONFECCIÓN DE MOSAICOS GEORREFERENCIADOS

EVALUACIÓN METODOLÓGICA

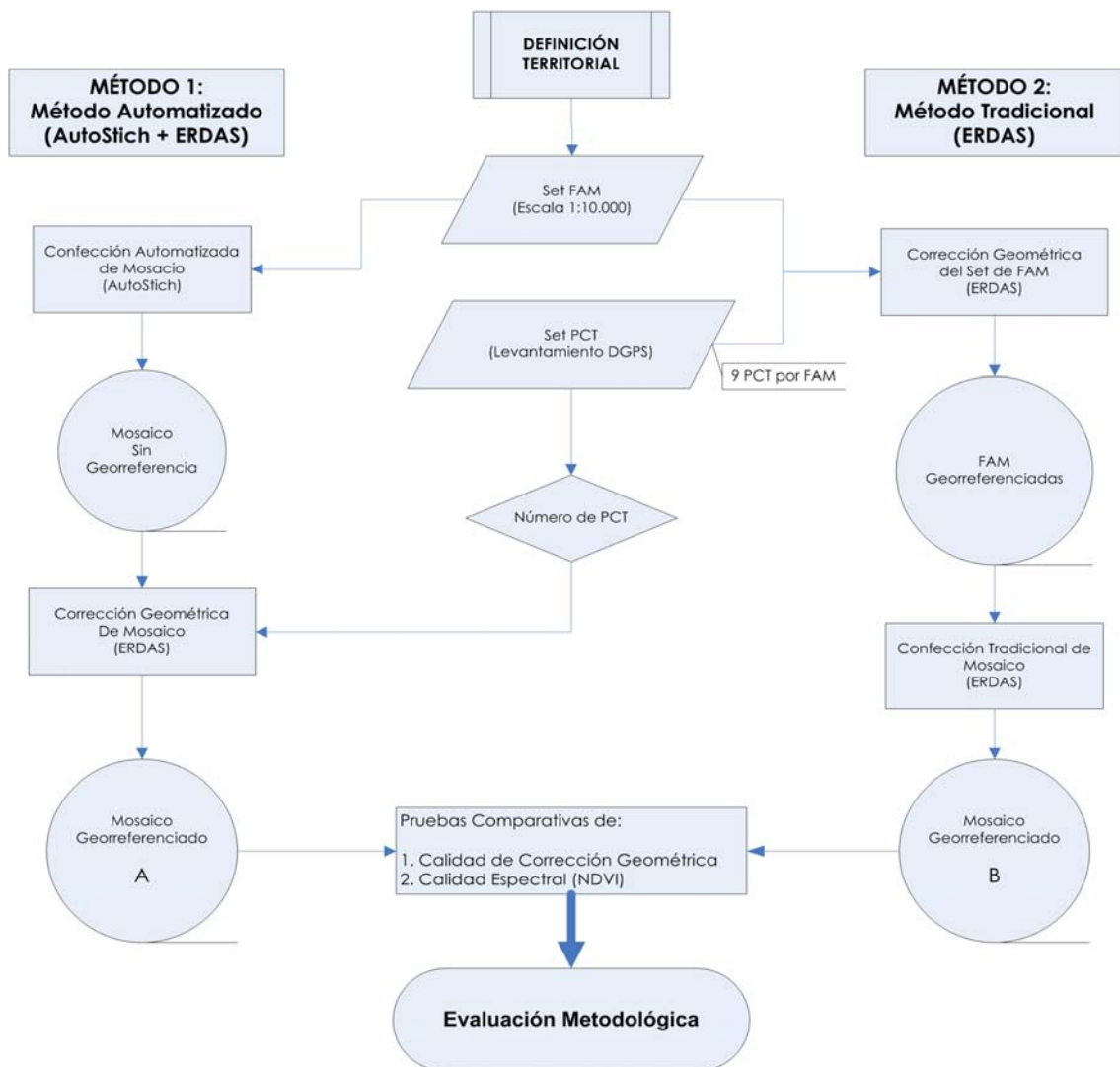


Figura N° 04 Diagrama de flujo metodología de trabajo.

Ambas metodologías serán desarrolladas a partir de un mismo set de imágenes multispectrales, cuyas características técnicas se entregan más adelante.

Los puntos de control utilizados para la corrección geométrica de los mosaicos desarrollados a través de ambas metodologías, provienen de un mismo levantamiento con tecnología DGPS.

3.1.1 DEFINICIÓN TERRITORIAL

El área de estudio se ubica en la propiedad de la sociedad agrícola Ruefenacht de la Viña TIERRA Y FUEGO ubicada en la comuna de Bulnes, 24 kilómetros al sur de Chillán y 7 kilómetros hacia el oriente de la ruta 5 sur, por el camino a Yungay, sector de tres Esquinas, Octava región del Bio-Bio.

El área de estudio se encuentra como referencia en las coordenadas geográficas:

- ◆ Latitud 36° 46' 45" S
- ◆ Longitud 72° 12' 55" W

Nuestra zona de estudio esta delimitada por las coordenadas UTM:

- | | | |
|---------------|--------------|-----------------|
| ◆ Vértice 1 : | Este 748.459 | Norte 5.925.720 |
| ◆ Vértice 2 : | Este 747.635 | Norte 5.926.210 |
| ◆ Vértice 3 : | Este 747.893 | Norte 5.926.670 |
| ◆ Vértice 4 : | Este 748.643 | Norte 5.926.230 |

La propiedad posee una superficie de aproximadamente de 30 hectáreas, la cual cuenta con una superficie sembrada que alcanza las 16.26 hectáreas.

3.1.2 MATERIALES REQUERIDOS Y PROCESOS EJECUTADOS

3.1.2.1 IMÁGENES MULTIESPECTRALES.

Las imágenes multiespectrales utilizadas provienen del vuelo aerofotogramétrico N° 030304 realizado por la empresa Agro Precisión Ltda., la fecha de toma de imágenes fue realizada en el mes de Enero del año 2005. Las fotografías fueron tomadas a una altura promedio de 2850mts. En un avión cesna con lo cual, se obtuvieron fotografías con una resolución espacial de 1 metro por píxel.

Se utilizó una cámara fotográfica digital multiespectral Marca Duncan Tech modelo MS3100 de tres bandas (Fig.05) con las siguientes características.

- ◆ Separación del prisma con tres sensores CCD. (Fig.06)
- ◆ 1392 (H) x 1040 (V) del píxel (por el sensor)
- ◆ Modelos estándares para el RGB
- ◆ Velocidad de 4.5 frame por segundos



Fig. N° 05 Cámara fotográfica digital Multiespectral Duncan Tech modelo MS3100.

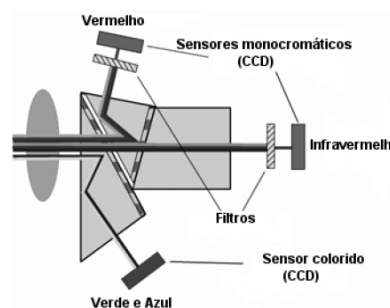


Fig. N° 06 Separación del prisma tres sensores.

Tabla N° 01 Descripción Longitud de onda cámara multispectral.

Banda	Centro	Ancho de la banda
Verde	540 μm	40 μm
Rojo	660 μm	40 μm
Infrarrojo Cercano	800 μm	65 μm

Adquiriendo las imágenes necesarias de las áreas de estudio y además de las áreas aledañas con motivo de presentar más información útil para la confección del mosaico.

3.1.2.2 CONVERSIÓN DE IMÁGENES DE GEOTIFF A JPEG PARA SER UTILIZADAS EN EL SOFTWARE AUTOSTITCH Y ERDAS.

Considerando que este estudio está acotado a una superficie de territorio menor que la superficie total levantada en el vuelo fotogramétrico, en primer lugar será necesario seleccionar las imágenes requeridas.

Es importante destacar que las imágenes fueron obtenidas considerando un traslape longitudinal +/- 60% y un traslape lateral +/- 30%.

Las imágenes obtenidas por el vuelo fotogramétrico fueron almacenadas en formato digital GEOTIFF, con un tamaño promedio de cada archivo de 1 MB . Considerando que el software AutoStitch (en su versión DEMO) confecciona mosaicos a partir de imágenes en formato JPEG, se requiere la transformación del formato, proceso que se realizó mediante el software Adobe® Photoshpe® Versión 6.0.



Fig. N° 07 Ventana de Inicio Programa Photoshpe.

Una vez obtenidas nuestras imágenes en formato JPEG, procedemos a la confección del mosaico con el software AutoStitch.

3.1.3 OBTENCIÓN DE LOS PUNTOS DE CONTROL TERRESTRE (PCT) A TRAVÉS DEL MÉTODO, SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL DIFERENCIAL (DGPS).

Para la obtención de los puntos de control terrestre (PCT), se utilizó tecnología GPS, a través del método de posicionamiento diferencial DGPS (Differential Global Position System), permite realizar medidas diferenciales en tiempo real con una precisión menor a un metro, gracias a la recepción de una señal adicional que entrega la corrección a las medidas.

En relación al número óptimo de PCT, de acuerdo a la superficie de estudio, se estimó la toma de 12 PCT. Para este estudio se adquirieron coordenadas por medio de un GPS topográfico marca Scouting DGPS, con las siguientes características:

- ◆ Receptor AgGPS 114
- ◆ Baterías portátiles recargables 12 Volt
- ◆ Computador de mano
- ◆ Ipaq Pocket PC
- ◆ Cables de conexión
- ◆ Software para navegación DGPS

Esta corrección diferencial es suministrada por la empresa OmniStar, es un sistema global de transmisión GPS en tiempo real que suministra las correcciones de una serie de estaciones base. Este procedimiento asegura que todos los datos de referencia generados dentro de la transmisión de satélite están rápidamente a la disposición del usuario.

3.2 MÉTODO SEMI-AUTOMATIZADO (AUTOSTITCH + ERDAS)

De acuerdo a los objetivos planteados para el presente estudio, se evaluará una metodología de confección de mosaicos aerofotogrametricos, utilizando el software AutoStitch (versión DEMO). Dicho software opera en los sistemas operativos Windows 98, 2000, XP, etc.

3.2.1 EL MOSAICO A EJECUTAR SE REALIZO CON LOS SIGUIENTES PARÁMETROS

- ◆ Línea de vuelo
- ◆ Número de Imágenes Multiespectrales

Tabla N° 02 Línea de vuelo, numero de imágenes multiespectrales.

LINEA DE VUELO	N° 030304		
CANTIDAD	ID	X	Y
1	1232	-36,0077698	-72,0022253
2	1233	-36,0077682	-72,0021973

- ◆ La cantidad de Imágenes Multiespectrales fueron 02

Seleccionar en el directorio donde se encuentran las imágenes que son necesaria para la confección del mosaico. Presione abrir.

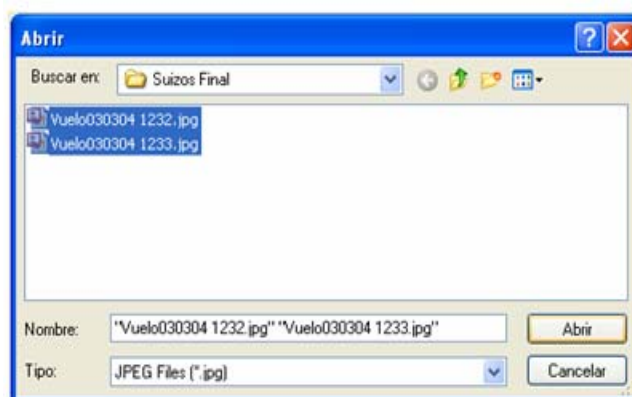


Figura N° 08 Cargando las imágenes para la ejecución del mosaico.

- ◆ El proceso se llevó a cabo con un procesador Pentium 4 , CPU 2.26 GHz, 224 MB de RAM, sistema Microsoft Windows XP Profesional Versión 2002.
- ◆ Se le ingresaron estos parámetros al software AutoStitch, este proceso tuvo una duración de 30 Segundos.

3.2.2 MEJORAMIENTO DEL MOSAICO

El resultado es ciertamente impresionante pero es posible optimizarlo. En efecto, AutoStitch reduce por defecto la imagen final a 1400 píxeles de ancho, lo que puede a veces ser justo para armar una serie de imágenes. Por otra parte, comprime las imágenes al formato JPEG al 75%, lo que daña ostensiblemente la imagen final. Se pueden indicar al programa AutoStitch de no ajustar la imagen ni aplicarle ninguna compresión. Para eso, en Edit Options. Se aconseja en la opción Output Size seleccionar Scale al 100%. Para evitar la compresión de la imagen en el fichero JPEG igual seleccionarlo al 100% (JPEG Quality). Para que todo funcione sin obstáculos, se aconseja no modificar los ajustes básicos.

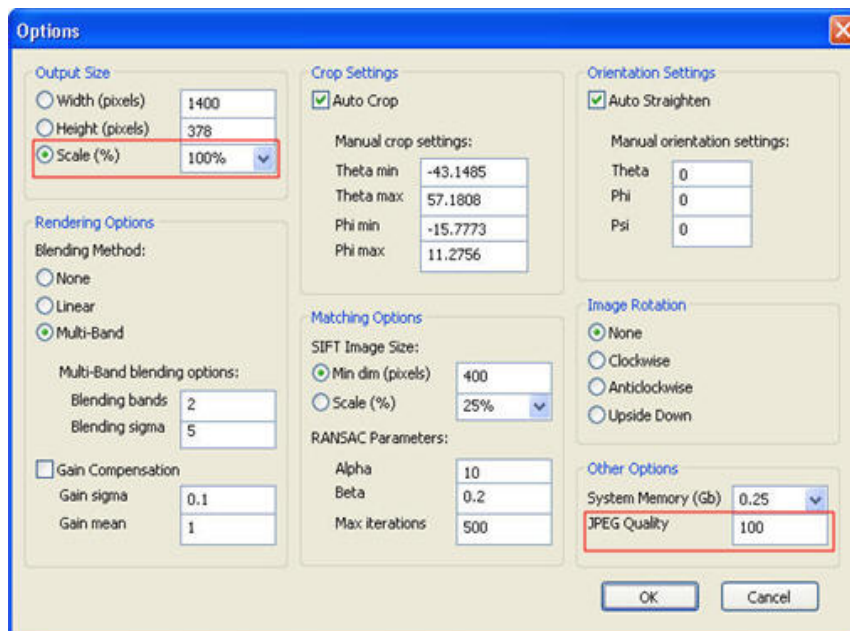


Figura N° 09 Cuadro de modificación de los parámetros para la ejecución del mosaico.

El software procesa la información y entrega como resultado un mosaico, además el cuadro con los nuevos parámetros del mosaico.

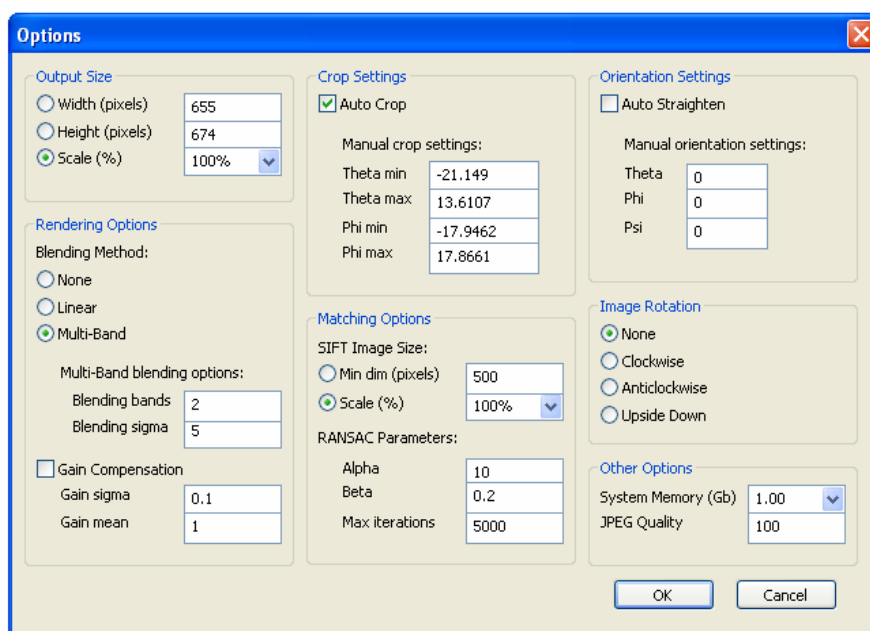


Figura N° 10 Cuadro resumen, de los nuevos parámetros del mosaico.

Una vez confeccionado el mosaico con las imágenes, AutoStitch abre el resultado en un programa para visualizar imágenes que posee en computador donde se llevo a cabo el procedimiento.

Se le ingresaron 02 Imágenes Multiespectrales con las siguientes características:

- ◆ Dimensión de 493 x 656 C/U
- ◆ Tamaño de 319 KB (326.981 bytes) Todas
- ◆ Tipo de Archivo JPG

Se obtuvo como resultado un mosaico con las siguientes características:

- ◆ Dimensión de 655 x 674
- ◆ Tamaño de 332 KB (340.107 bytes)
- ◆ Tipo de Archivo JPG

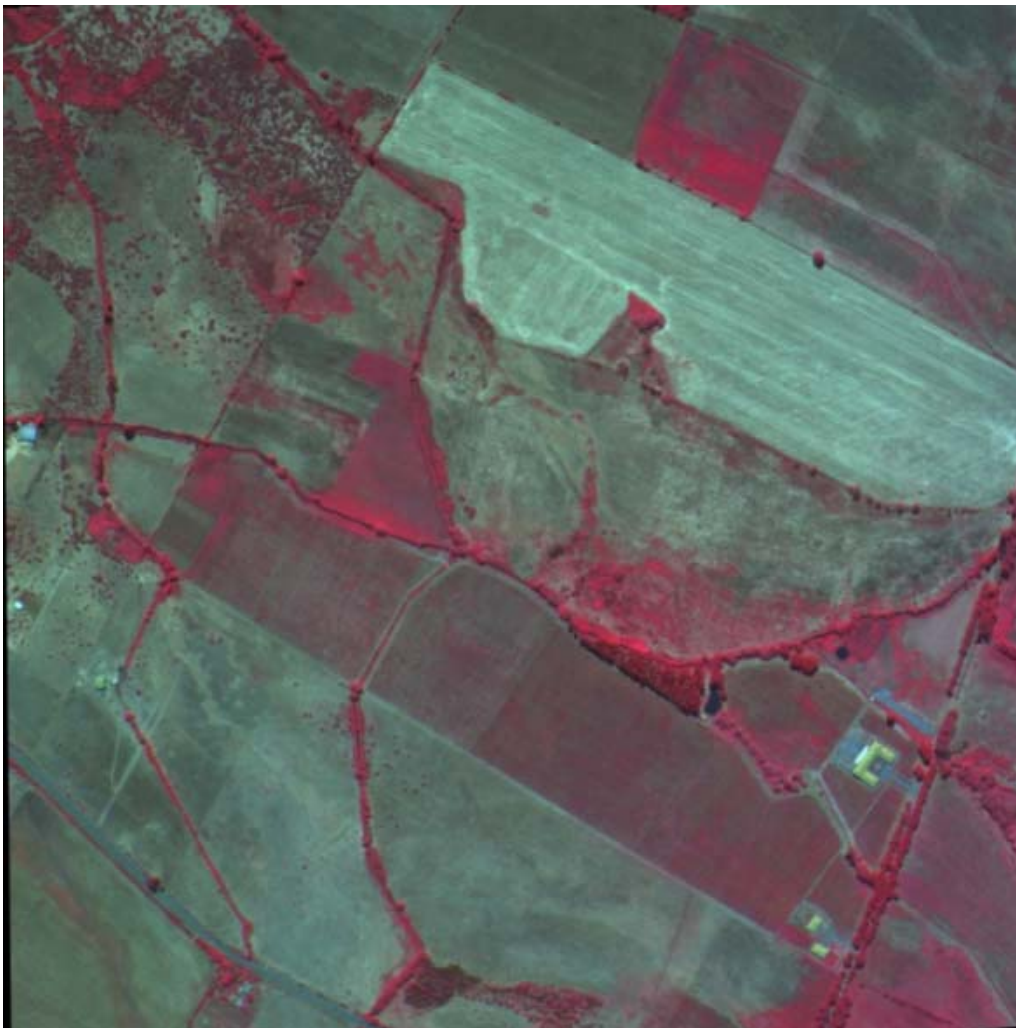


Figura N° 11 Mosaico obtenido con el Software AutoStitch.

3.2.3 CORRECCIÓN GEOMÉTRICA DEL MOSAICO AUTOSTITCH.

El proceso de georreferenciación consiste en la transformación matemática de coordenadas, desde un sistema de imagen (número de fila y columna) a un sistema de coordenadas reales del terreno. El principio se basa en identificar puntos dentro de los dos sistemas y, determinar de esta manera, un modelo matemático que permita realizar la transformación de todos los puntos raster. Este proceso fue complementado con la reasignación de los valores espectrales, que en este caso, fue realizado mediante el método vecino más cercano para minimizar el cambio de la resolución espectral de los píxeles.

Este procesamiento consiste de los siguientes pasos:

3.2.3.1 DETERMINACIÓN DE PUNTOS DE CONTROL TERRESTRE (PCT)

Se estableció una cantidad de 8 puntos de control terrestre (PCT) identificables en el mosaico y repartidos en toda la escena cuyas coordenadas fueron obtenidas mediante el método DGPS mencionado anteriormente. La ubicación de los puntos de control está condicionada por varios factores, entre ellos, se puede citar la facilidad de encontrar detalles discernibles en las imágenes, relieve existente en la zona, además se debe tratar de que los puntos guarden en cierta medida una distribución homogénea dentro de la imagen para que los errores se puedan compensar uniformemente dentro de toda la escena.

3.2.3.2 OBTENCIÓN DE COORDENADAS DE IMAGEN

El segundo paso fue la determinación de las coordenadas de imagen correspondientes a los puntos de control antes seleccionados. Para el efecto se utilizó el software ERDAS® Imagine v.8.5, y se trabajó sobre el mosaico generado por el software AutoStitch.

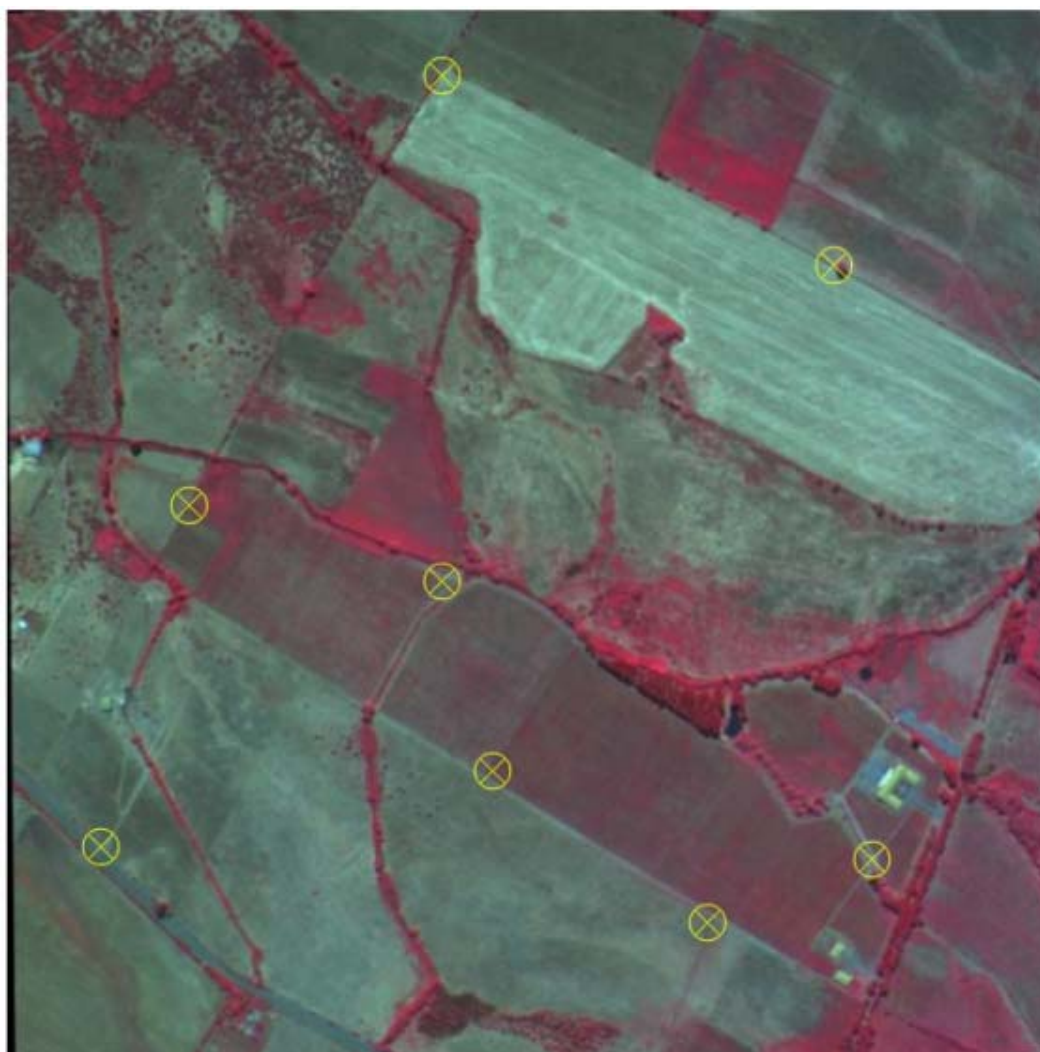


Figura N° 12 Puntos de control terrestre dentro del mosaico AutoStitch.

3.2.3.3 DEFINICIÓN DEL MODELO MATEMÁTICO

Las coordenadas de los puntos de control y de imagen fueron la base para realizar el cálculo del modelo matemático para la georreferenciación. Para la georreferenciación del mosaico producido por AutoStitch se escogió una transformación Polinomial de Segundo orden.

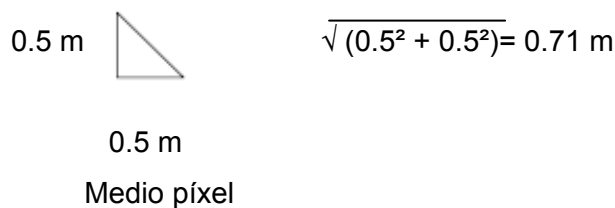
Point #	Point ID	X Input	Y Input	X Ref.	Y Ref.	Type	X Residual	Y Residual	RMS Error	Contrib.
1	GCP #1	540.625	-540.875	748455.458	5925884.916	Control	0.251	-0.162	0.299	0.633
2	GCP #2	274.875	-45.375	747960.725	5926793.651	Control	0.014	-0.285	0.285	0.604
3	GCP #3	62.125	-534.125	747586.731	5925879.008	Control	0.170	-0.227	0.283	0.600
4	GCP #4	515.557	-173.897	748400.802	5926564.904	Control	0.104	-0.044	0.112	0.238
5	GCP #5	444.125	-569.625	748280.091	5925828.012	Control	-0.260	-0.088	0.274	0.581
6	GCP #6	275.375	-362.875	747968.507	5926207.273	Control	-0.417	1.102	1.179	2.498
7	GCP #7	297.199	-479.177	748011.827	5925990.064	Control	0.059	-0.151	0.162	0.343
8	GCP #8	112.463	-320.385	747672.746	5926277.562	Control	0.080	-0.146	0.166	0.352

Figura N° 13 Cálculo del modelo matemático, residuales del ajuste del mosaico AutoStitch.

3.2.3.4 GEORREFERENCIACIÓN

El modelo matemático que se obtuvo al georreferenciar el mosaico generado por el software AutoStitch, y los cálculos de las coordenadas cartográficas de todos los píxeles del mismo. El mosaico fue georreferenciado utilizando modelos matemáticos cuyos residuales (en X y Y) fueron menores al error medio cuadrático.

Error medio cuadrático (Mosaico AutoStitch, tamaño de píxel = 1m)



3.2.3.5 REASIGNACIÓN ESPECTRAL

De acuerdo a los requerimientos establecidos, y con la finalidad de conservar la respuesta espectral de la superficie terrestre en cada una de las imágenes, se procedió a la reasignación espectral por el método del vecino más cercano (Tabla 03), manteniendo la información original en cuanto a esta variable se refiere, lo que facilita posteriores procesos de clasificación temática.

Tabla N° 03 Propiedades del modelo geométrico del mosaico AutoStitch.

Tipo de Georreferenciación	Georreferenciación utilizando modelo Polinomial de Segundo Orden
Método de reasignación espectral	Vecino más cercano
Datum	SAD-69
Proyección	Universal Transversal de Mercator (UTM)
Huso	18

3.2.4 MOSAICO GEORREFERENCIADO A

Se obtuvo como resultado de todo el proceso antes mencionado un mosaico georreferenciado con las siguientes características:

- ◆ Capa temática de 3 layer
- ◆ Dimensión de 603 x 638
- ◆ Tamaño de 1,19 MB (1.249.925 bytes)
- ◆ Tipo de Archivo ERDAS (*.img)
- ◆ Resolución 8-bit Color
- ◆ Resolución espacial de 2 metro por píxel
- ◆ Proyección UTM
- ◆ Elipsoide y Datum SAD-69
- ◆ Huso 18

3.3 MÉTODO TRADICIONAL (ERDAS)

De acuerdo a los objetivos planteados a continuación se llevará el proceso de confección de mosaicos aerofotogramétricos, utilizando el software ERDAS® Imagine v.8.5. Dicho software opera en los sistemas operativos Windows 98, 2000, XP, etc.

3.3.1 CORRECCIÓN GEOMÉTRICA DE LAS IMÁGENES MULTIESPECTRALES

El proceso de georreferenciación consiste en la transformación matemática de coordenadas, desde un sistema de imagen (número de fila y columna) a un sistema de coordenadas reales del terreno. El principio se basa en identificar puntos dentro de los dos sistemas y, determinar de esta manera, un modelo matemático que permita realizar la transformación de todos los puntos del raster. Este proceso fue complementado con la reasignación de los valores espectrales, que en este caso, fue realizado mediante el método vecino más cercano para minimizar el cambio de la resolución espectral de los píxeles.

Este procesamiento consiste de los siguientes pasos:

3.3.1.1 DETERMINACIÓN DE PUNTOS DE CONTROL TERRESTRE (PCT)

Se estableció una cantidad de 9 puntos de control terrestre (PCT) identificables en cada fotografía aérea y repartidos en toda la escena cuyas coordenadas fueron obtenidas mediante el método DGPS mencionado anteriormente. La ubicación de los puntos de control está condicionada por varios factores, entre ellos, se puede citar la facilidad de encontrar detalles discernibles en las imágenes, relieve existente en la zona; además se debe tratar de que los puntos guarden en cierta medida una distribución homogénea dentro de la imagen para que los errores se puedan compensar uniformemente dentro de toda la escena.

3.3.1.2 OBTENCIÓN DE COORDENADAS DE IMAGEN

El segundo paso fue la determinación de las coordenadas de imagen correspondientes a los puntos de control antes seleccionados. Para el efecto se utilizó el software ERDAS® Imagine v.8.5, y se trabajó sobre cada fotografía aérea obtenida del vuelo 030304.

3.3.1.3 DEFINICIÓN DEL MODELO MATEMÁTICO

Las coordenadas de los puntos de control y de imagen fueron la base para realizar el cálculo del modelo matemático para la georreferenciación. Para la georreferenciación de cada fotografía aérea se escogió una transformación Polinomial de Segundo orden. Con la cual se obtuvo un RMS promedio de ambas imágenes multispectrales de 0.41.

#	Point ID	Color	X Input	Y Input	X Ref.	Y Ref.	Type	X Residual	Y Residual	RMS Error
1	GCP #1		417.386	-558.009	748280.091	5925828.012	Control	0.497	-0.169	0.524
2	GCP #2		280.186	-466.853	748011.827	5925990.064	Control	-0.390	-0.491	0.627
3	GCP #3		56.497	-516.942	747596.731	5925879.008	Control	0.286	-0.109	0.306
4	GCP #4		259.653	-352.364	747968.507	5926207.273	Control	0.026	0.257	0.258
5	GCP #5		106.258	-309.086	747672.746	5926277.562	Control	-0.056	0.072	0.091
6	GCP #6		217.146	-430.864	747889.642	5926055.314	Control	-0.341	0.385	0.515
7	GCP #7		262.060	-42.996	747960.725	5926793.651	Control	0.253	-0.267	0.368
8	GCP #8		375.339	-116.072	748180.318	5926663.869	Control	0.040	-0.034	0.053
9	GCP #9		390.895	-328.949	748218.258	5926261.713	Control	-0.315	0.357	0.476

Figura N° 14 Cálculo del modelo matemático, residuales del ajuste de la imagen multispectral 1232.

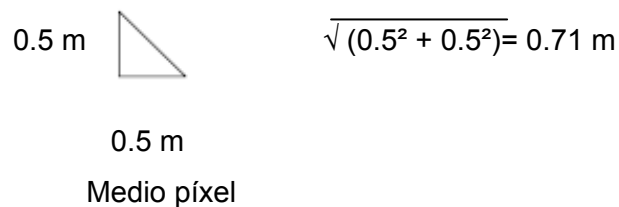
#	Point ID	Color	X Input	Y Input	X Ref.	Y Ref.	Type	X Residual	Y Residual	RMS Error
1	GCP #1		381.375	-526.125	748455.458	5925884.916	Control	-0.480	-0.080	0.486
2	GCP #2		287.625	-554.625	748280.091	5925828.012	Control	0.563	0.091	0.571
3	GCP #3		148.125	-468.125	748011.827	5925990.064	Control	0.234	0.541	0.589
4	GCP #4		127.875	-353.375	747968.507	5926207.273	Control	-0.572	-0.249	0.624
5	GCP #5		84.375	-432.125	747889.642	5926055.314	Control	0.228	-0.333	0.404
6	GCP #6		128.000	-47.000	747960.725	5926793.651	Control	-0.113	0.130	0.173
7	GCP #7		356.875	-170.125	748400.802	5926564.904	Control	0.692	0.018	0.692
8	GCP #8		259.375	-327.125	748218.258	5926261.713	Control	-0.255	-0.067	0.263
9	GCP #10		429.642	-318.408	748541.514	5926283.464	Control	-0.298	-0.050	0.302

Figura N° 15 Cálculo del modelo matemático, residuales del ajuste de la imagen multispectral 1233.

3.3.1.4 GEORREFERENCIACIÓN

El modelo matemático que se obtuvo al georreferenciar el set de imágenes, generado por el software ERDAS® Imagine v.8.5, y los cálculos de las coordenadas cartográficas de todos los píxeles del mismo. El set de imágenes fue georreferenciado utilizando modelos matemáticos cuyos residuales (en X y Y) fueron menores al error medio cuadrático.

Error medio cuadrático (Mosaico AutoStitch, tamaño de píxel = 1m)



3.3.1.5 REASIGNACIÓN ESPECTRAL

De acuerdo a los requerimientos establecidos, y con la finalidad de conservar la respuesta espectral de la superficie terrestre en cada una de las imágenes, se procedió a la reasignación espectral por el método del vecino más cercano (Tabla 04), manteniendo la información original en cuanto a esta variable se refiere, lo que facilita posteriores procesos de clasificación temática.

Tabla N° 04 Propiedades del modelo geométrico de las imágenes Multiespectrales.

Tipo de Georreferenciación	Georreferenciación utilizando modelo Polinomial de Segundo Orden
Método de reasignación espectral	Vecino más cercano
Datum	SAD-69
Proyección	Universal Transversal de Mercator (UTM)
Huso	18

3.3.2 IMÁGENES GEORREFERENCIADAS

Se obtuvo como resultado de todo el proceso antes mencionado un set de imágenes multispectrales aéreas con las siguientes características:

- ◆ Capa temática de 3 layer
- ◆ Dimensión de 483 x 639
- ◆ Tamaño de 1,04 MB (1.101.803 bytes)
- ◆ Tipo de Archivo ERDAS (*.img)
- ◆ Resolución 8-bit Color
- ◆ Resolución espacial de 2 metro por píxel
- ◆ Proyección UTM
- ◆ Elipsoide y Datum SAD-69
- ◆ Huso 18

3.3.3 EL MOSAICO A EJECUTAR SE REALIZO CON EL SOFTWARE ERDAS® IMAGINE v.8.5.

Con las imágenes georreferenciadas, obtenidas del proceso anterior procedemos a la confección del mosaico con el software ERDAS® Imagine v.8.5.

El proceso se llevó a cabo ejecutando el software y seleccionando preparación de datos, imágenes para la confección del mosaico.

Luego se procede a especificar reasignación espectral, en la cual se especifica la tolerancia del RMS y el tipo de Resampling.

A continuación se procede a ingresar las imágenes, terminado este proceso se selecciona la proyección de salida del mosaico.

3.3.4 MOSAICO GEORREFERENCIADO B

Se obtuvo como resultado de todo el proceso antes mencionado un mosaico georreferenciado con las siguientes características:

- ◆ Capa temática de 3 layer.
- ◆ Dimensión de 608 x 643.
- ◆ Tamaño de 1,30 MB (1.373.216 bytes)
- ◆ Tipo de Archivo ERDAS (*.img)
- ◆ Resolución 8-bit Color.
- ◆ Resolución espacial de 2 metro por píxel.
- ◆ Proyección UTM.
- ◆ Elipsoide y Datum SAD-69.
- ◆ Huso 18.

3.4 CALIDAD DE CORRECCIÓN GEOMETRICA

De acuerdo a los objetivos planteados a continuación se llevara el proceso de calidad de corrección geométrica de los mosaicos aerofotogramétricos generados por ambas metodologías mencionadas anteriormente, utilizando el software ERDAS® Imagine v.8.5. Dicho software opera en los sistemas operativos Windows 98, 2000, XP, etc.

3.4.1 ESCANEADO DE LA ORTOFOTO.

El escaneó es un proceso común utilizado para convertir planos, imágenes o fotografías en formato análogo a formato digital, convirtiendo un dibujo o plano en una imagen electrónica conocida como un archivo raster.

Para este estudio, la Ortofoto en papel se escaneó a 300 DPI. Se realizaron pruebas a 400 DPI y además del aumento en el tamaño del archivo, no se obtiene mayor diferencia con respecto a la calidad de la resolución de la imagen. Se consideró que los 300 DPI son suficientes para el tipo de producto que se desea obtener. Se utilizó como formato de almacenamiento del archivo el JPG-JPEG Image.

La Ortofoto utilizada fue:

- ◆ Ortofoto N° 3207

- ◆ Estero Llolinco
3640-7207

- ◆ Escala 1:20.000

3.4.2 CORRECCIÓN GEOMÉTRICA DE LA ORTOFOTO ESCANEADA.

El proceso de georreferenciación consiste en la transformación matemática de coordenadas, desde un sistema de imagen (número de fila y columna) a un sistema de coordenadas reales del terreno. El principio se basa en identificar puntos dentro de los dos sistemas y, determinar de esta manera, un modelo matemático que permita realizar la transformación de todos los puntos del raster. Este proceso fue complementado con la reasignación de los valores espectrales, que en este caso, fue realizado mediante el método vecino más cercano para minimizar el cambio de la resolución espectral de los píxeles.

Este procesamiento consiste de los siguientes pasos:

3.4.2.1 DETERMINACIÓN DE PUNTOS DE CONTROL TERRESTRE (PCT)

Se estableció una cantidad de 12 puntos de control terrestre (PCT) identificables en la ortofoto y repartidos en toda la escena cuyas coordenadas fueron obtenidas manualmente de la ortofoto. La ubicación de los puntos de control está condicionada por varios factores, entre ellos, se puede citar la facilidad de encontrar detalles discernibles en las imágenes, relieve existente en la zona; además se debe tratar de que los puntos guarden en cierta medida una distribución homogénea dentro de la imagen para que los errores se puedan compensar uniformemente dentro de toda la escena.

3.4.2.2 OBTENCIÓN DE COORDENADAS DE IMAGEN

El segundo paso fue la determinación de las coordenadas de imagen correspondientes a los puntos de control antes seleccionados. Para el efecto se utilizó el software ERDAS® Imagine v.8.5, y se trabajó sobre la ortofoto escaneada.

3.4.2.3 DEFINICIÓN DEL MODELO MATEMÁTICO

Las coordenadas de los puntos de control y de imagen fueron la base para realizar el cálculo del modelo matemático para la georreferenciación. Para la georreferenciación de la ortofoto se escogió una transformación Polinomial de Segundo orden.

3.4.2.4 GEORREFERENCIACIÓN

El modelo matemático que se obtuvo al georreferenciar la ortofoto escaneada y georreferenciada, por el software ERDAS® Imagine v.8.5, y los cálculos de las coordenadas cartográficas de todos los píxeles del mismo. La ortofoto fue georreferenciada utilizando modelos matemáticos cuyos residuales (en X y Y) fueron menores al error medio cuadrático.

3.4.2.5 REASIGNACIÓN ESPECTRAL

De acuerdo a los requerimientos establecidos, y con la finalidad de conservar la geometría de la superficie terrestre en la ortofoto, se procedió a la reasignación espectral por el método del vecino más cercano.

3.4.3 ORTOFOTO GEORREFERENCIADA

Se obtuvo como resultado de todo el proceso antes mencionado la ortofoto georreferenciada.

La cual se sometió al software ArcView 3.2, para realizar un muestreo de algunos puntos bien identificables para obtener sus coordenadas para así realizar una comparación con los mosaicos generados por el software AutoStitch y Erdas, para saber el desplazamiento que poseen nuestros mosaicos con respecto a la ortofoto antes mencionada.

3.5 CALIDAD ESPECTRAL (NDVI)

El NDVI es calculado automáticamente por el modulo de Análisis de Imagen del software ArcView 3.2, el cual utiliza las bandas infrarroja y roja de la imagen, en un cociente entre la resta y la suma de las bandas. Este procedimiento entrega una nueva imagen compuestas por píxeles con valores de gris, los cuales son luego categorizados en 3 clases (Vigor Alto, Vigor Medio y Vigor Bajo) que presentan 3 niveles de vigor o NDVI. Los niveles mas altos de NDVI se muestran con alta intensidad (blanco) en la imagen original, la que luego de la categorización es coloreada por convención con verde oscuro. Niveles de vigor bajo se muestran en tonos oscuros en la imagen original y en amarillo en el mapa final. Las áreas de colores indican la extensión y patrón espacial de la variabilidad en el vigor de las plantas dentro del cuartel.

3.5.1 PROCEDIMIENTO (NDVI)

Este proceso requiere que los mosaicos se encuentren adecuadamente georreferenciados, ya que se trazaron los límites físicos de cada cuartel de la viña.

Una vez que se obtuvieron los mosaicos georreferenciados y fueron trazados los limites físicos, se procedió al cálculo automatizado del NDVI. Este proceso se llevó a cabo con el software ArcView 3.2, de la siguiente manera:

- ◆ Se seleccionaron los shape, de los cuarteles de iguales características: variedad, conducción y marco de plantación.
- ◆ Se convierten a un nuevo shape.
- ◆ Con este nuevo shape, se selecciona la imagen al shape general.
- ◆ Se selecciona la imagen: Image Análisis/Properties.
- ◆ En la ventana que aparece se configuro de la siguiente manera:
 1. Analysis extent : la imagen a cortar.
 2. Analysis Cell Size : la imagen a cortar.
 3. Analysis Mask : el shape de corte.
- ◆ En el menu Theme escoger la opcion Save Image As, se guardara solo el corte de la imagen.

- ◆ En la ventana Vegetative Index, seleccionar el Layer_1 para el Near Infrared Layer y para el numero de clases para la categorización, poner 3 clases .

- ◆ Una vez terminado el proceso, en las ventanas que aparecen elegir las opciones de agregar el tema a la vista y borrar todos los temas temporales.

- ◆ En la tabla del shape del NDVI seleccionar todos los Gridcode = 0 y cambiarlo a valor 1.

4.- RESULTADOS

4.1. COMPARACIÓN CALIDAD ESPECTRAL (NDVI)

El software AutoStitch tiene la gran ventaja de la sencillez de su construcción y operación y más importante aun permite la obtención de mosaicos sin que las fotos estén georreferenciadas y de muy buena calidad. Cuando un cuartel se forma con dos o más fotografías, el software Erdas genera muchos problemas en las zonas de traslape, problema que no muestra el software AutoStitch homologando en muy buena forma los brillos y contrastes y no produciendo alteraciones significativas en los valores de píxel de las imágenes.

A continuación se presenta el cuartel N° 16 de la Viña Sociedad Ruefenacht el cual sirvió para presentar los resultados de este estudio.

Para comparar los resultados se realizaron dos mosaicos con las dos imágenes multiespectrales mencionadas anteriormente con el software AutoStitch y con software Erdas. Finalmente de estos mosaicos se obtuvo los NDVI, utilizando el Modulo Image Analisis, del software Arc View 3.2, cuyos resultados se muestran a continuación:

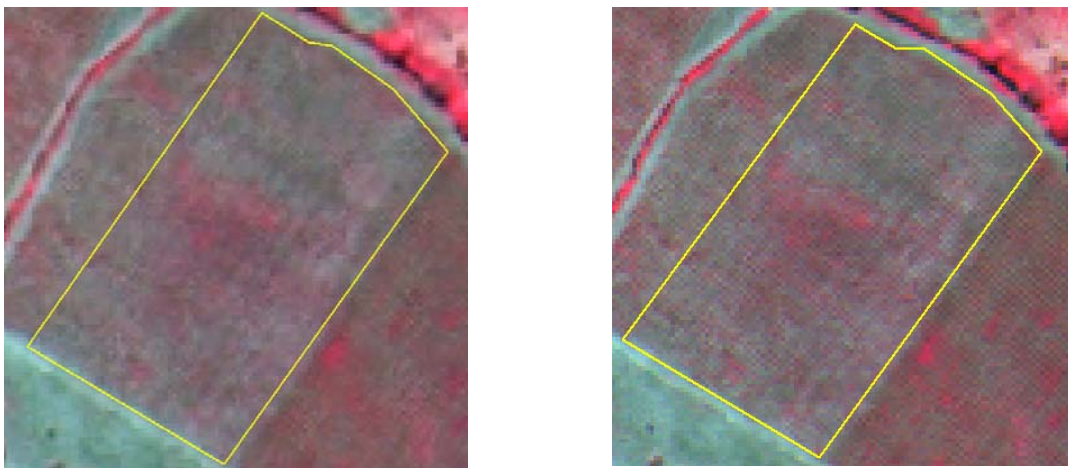


Fig. N° 16 Cuartel N°16 del mosaico AutoStitch. Fig. N° 17 Cuartel N°16 del mosaico Erdas.

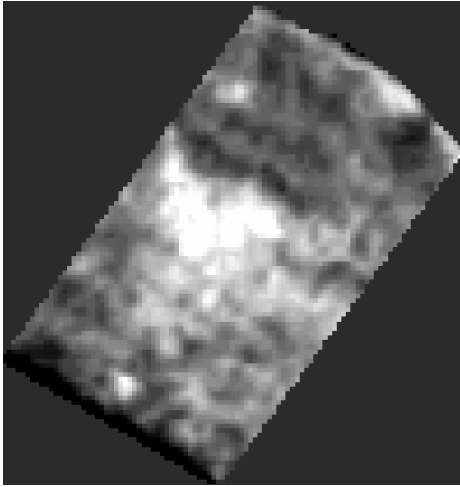


Fig. N° 18 Cuartel N°16 del mosaico AutoStitch
Sometido a Vegetative Index.

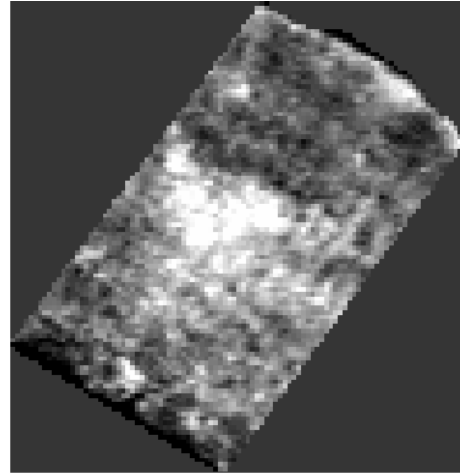


Fig. N° 19 Cuartel N°16 del mosaico Erdas.
Sometido a Vegetative Index.

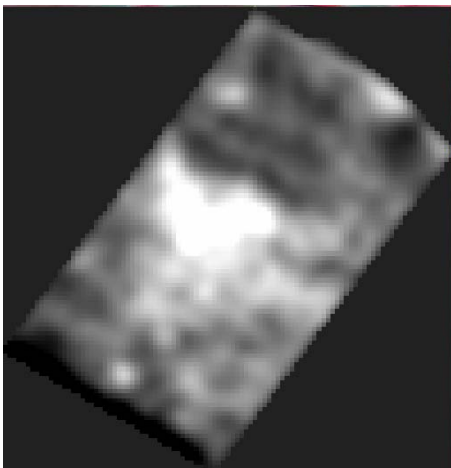


Fig. N° 20 Cuartel N°16 del mosaico AutoStitch
Sometido a tres Smooth.

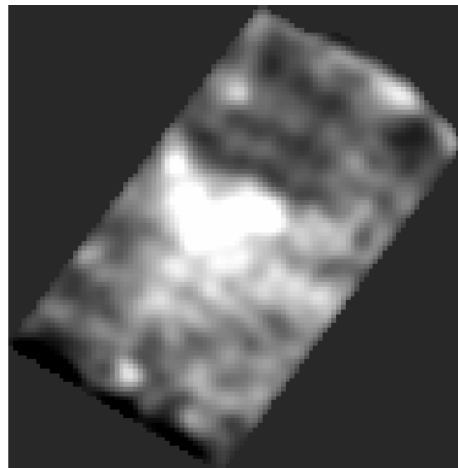


Fig. N° 21 Cuartel N°16 del mosaico Erdas.
Sometido a tres Smooth.

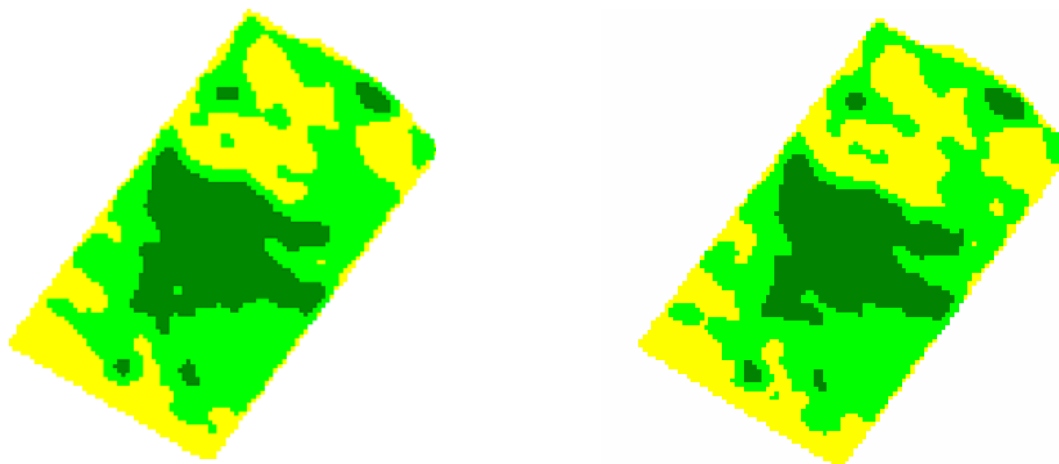


Fig. N° 22 Cuartel N°16 del mosaico AutoStitch Sometido a tres Categorize. Fig. N° 23 Cuartel N°16 del mosaico Erdas. Sometido a tres Categorize.

4.2. RESULTADOS CALIDAD ESPECTRAL (NDVI)

La imagen de NDVI, cuyo mosaico se generó en el software AutoStitch, muestra muy pocas diferencias al compararla con la imagen de NDVI obtenida de un mosaico del software Erdas, las áreas de vigor se mantienen con diferencias poco significativas que indican que las tendencias generales se mantienen sin alteración. Esto señala al software AutoStitch como una excelente alternativa para el usuario para generar mosaicos que una vez sometidos al proceso de obtención de índices vegetacionales mantienen la integridad de los patrones de vigor sirviendo al propósito de interpretación buscado.

Para comparar los resultados se realizó un gráfico que muestra las características que posee el cuartel en estudio de ambos mosaicos el cual nos dice que las diferencias se encuentran dentro de los rangos establecidos para los cálculos de NDVI.

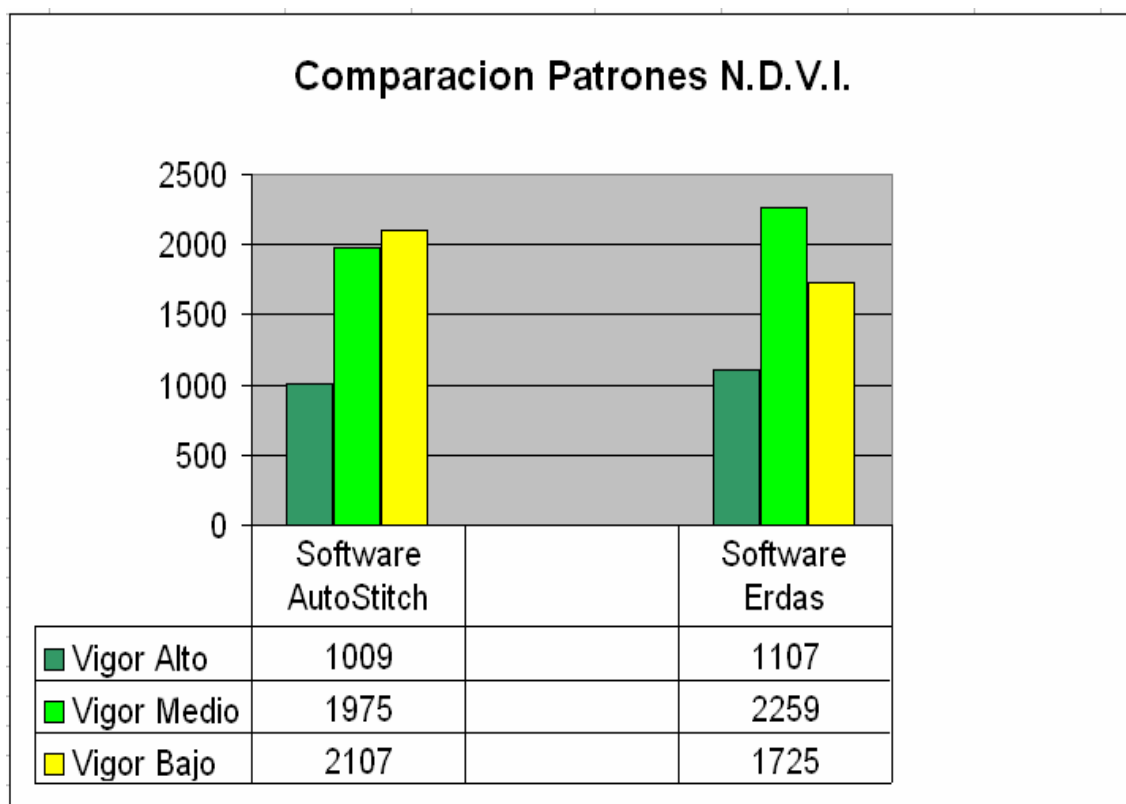


Fig. N° 24 Componentes del cuartel N° 16 en sus tres clases de vigor, de ambos mosaicos.

4.3 COMPARACION CORRECCIÓN GEOMÉTRICA

Al momento de georreferenciar la ortofoto mencionada anteriormente, para la corrección geométrica de nuestros mosaicos nos dimos cuenta que las diferencias no eran significativas, ya que los mosaicos se ajustan a la necesidad del usuario, es más uno tiene la facultad de extenderlo o encogerlo según las coordenadas que tenga para su georreferenciación.

Para nuestro estudio se consideraron coordenadas en puntos estratégicos que facilitaron este proceso. Por lo cual se obtuvo una buena corrección geométrica.

4.4 RESULTADO CORRECCIÓN GEOMÉTRICA

A continuación se presenta:

- ◆ El límite predial de la ortofoto con una línea roja.
- ◆ El límite predial de nuestros mosaicos con una línea amarilla.

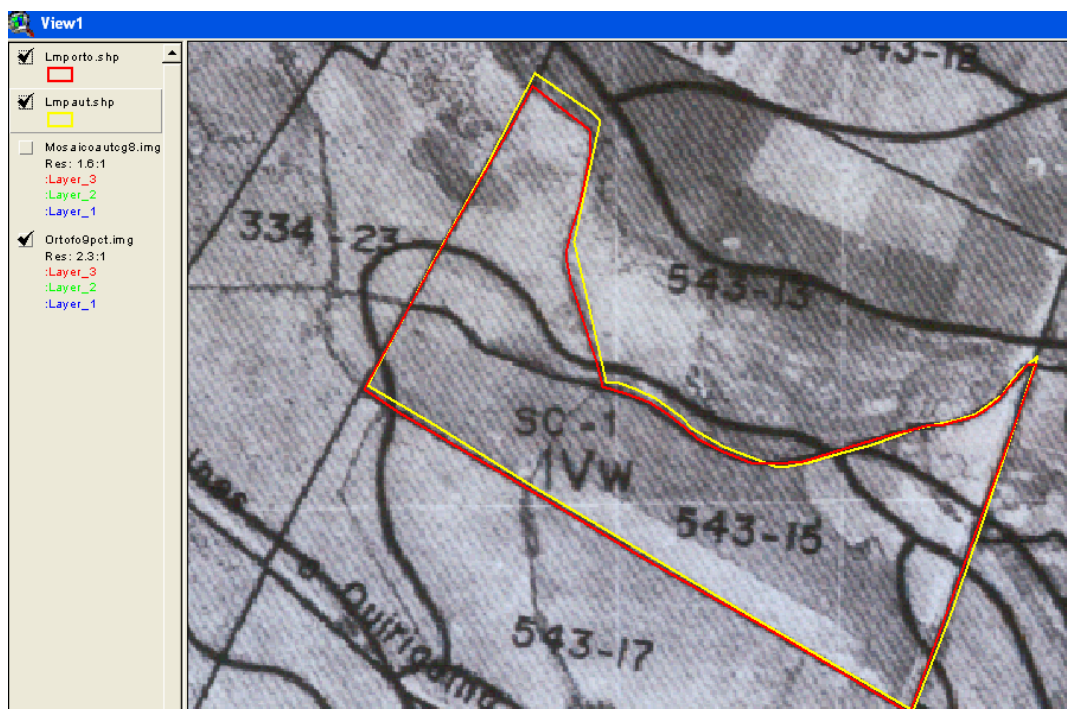


Figura N° 25 Imagen que demuestra la diferencia en la corrección geométrica.

La tabla que se presenta a continuación nos muestra las diferencias que poseen nuestros mosaicos con respecto a la ortofoto que posee cartografía regular confeccionada por el Instituto Geográfico Militar (IGM), la cual nos dice que la diferencia de los mosaicos con la ortofoto en Este y Norte no supera los 5 M. Y la desviación estándar fluctúa dentro del 1.8 que se considera buena para un trabajo de estas características.

Tabla N° 05 Coordenadas para el muestreo de las diferencias espaciales.

ORTOFOTO		MOSAICO		DIFERENCIAS M	
Este	Norte	Este	Norte	Este	Norte
748456	5925710	748459	5925715	-3	-5
747631	5926200	747636	5926207	-5	-7
747979	5925984	747980	5925990	-1	-6
748567	5926018	748570	5926020	-3	-2
747990	5926193	747997	5926200	-7	-7
747635	5926200	747639	5926205	-4	-5
747884	5926668	747889	5926672	-5	-4
747646	5925718	747650	5925721	-4	-3
MEDIA				-4,00	-4,88
DESVIACION ESTANDAR				1,77281052	1,80772153

5.- DISCUSION

En el transcurso de esta investigación se emplearon dos metodologías para la generación de mosaicos aerofotogramétricos.

Como es sabido, la utilización de una de estas metodologías es usada masivamente, el objetivo principal de este seminario fue la investigación de un nueva metodología para la generación de mosaicos aerofotogramétricos.

Reduciendo notablemente la cantidad de P.C.T. y como se demuestra en las páginas anteriores ese objetivo se cumplió sin perjudicar el resultado final, que es un mosaico georreferenciado; además los mosaicos mantienen la integridad de los patrones de vigor.

Los resultados alcanzados han demostrado que el uso del software AutoStitch combinado con el software Erdas y ArcView permite llevar a cabo la tarea de obtener mosaicos georreferenciados de muy buenas características en un tiempo menor y con una cantidad menor de P.C.T. que la generación de ellos en su forma tradicional.

6.- CONCLUSIONES

Al realizar este trabajo de título me di cuenta que se cumplió al máximo todos los antecedentes mencionados acerca de la confección de mosaicos aerofotogrametricos.

No debemos dejar de mencionar los cálculos de la corrección geométrica que son muy importantes al momento de la confección de los mosaicos.

También debemos tener en cuenta la gran importancia que tienen estos mosaicos en las áreas de agricultura, forestaría, geología y minería etc.

Esperando que este trabajo de título sea beneficioso para sus lectores bebido a la amplia información que se encuentra en cuanto a la confección de mosaicos aerofotogramétricos, tratando de atender las necesidades y dudas que se encuentran acerca de los procedimientos y software que hay que tener en cuenta al momento de realizar los mosaicos.

Cumplí con entregar en forma clara y bien definida cada paso, cada etapa, que nos lleva a obtener un buen mosaico, ventajas y desventajas que tienen cada una de las metodologías.

Traté de mostrar en forma bien didáctica los procedimientos para la confección de los mosaicos y los distintos software que se utilizaron para llevar cabo este seminario.

7.- BIBLIOGRAFIA

Emilio Chuvieco, Fundamentos de Teledetección Espacial. Editorial Rialp, S.A. MADRID.
Tercera edición revisada. 255-257 Pág.

Concurso Nacional de Proyectos de Innovación Agraria 2004, Formulario para Presentación
de Propuestas. 43-47 Pág.

Manual para la implementación operativa en viñedos productivos de vinos de calidad en el
Valle del Itata VIII Región, Primera Parte. 16-21; Pág. 32-35 Pág.

- ◆ www.agroprecision.cl

- ◆ www.autostitch.net

- ◆ www.inia.cl

- ◆ www.progapinia.cl

- ◆ www.redlake.com

- ◆ www.tierrayfuego.cl

8.- GLOSARIO

INFRARROJO : Porción del espectro comprendido entre 0.7 y 100 micras, que tiene gran importancia para estudios de teledetección. Normalmente suele dividirse en infrarrojo cercano, medio y lejano. Este último también se conoce como infrarrojo térmico.

INFRARROJO COLOR : Se trata de una composición coloreada en la cual se aplican a las bandas espectrales verde, roja e infrarrojo próximo, los colores naturales azul, verde y rojo, respectivamente. Resulta muy útil para detectar cambios en las condiciones de las superficies vegetales.

GEOTIFF es un formato TIFF (Tag Image File Format) : Para datos raster georreferenciados. Los datos geográficos pueden ser usados para posicionar la imagen en forma correcta respecto a la geometría de la pantalla.

JPEG (Joint Photographic Experts Group) : Más utilizado para fotografías e imágenes que utilicen más de 256 colores. JPEG es un algoritmo comprimido y no un formato de archivo. JPEG comprime la imagen y "elimina" información para reducir el tamaño.

FRAME : Equivalente del fotograma en soporte magnético (cinta de vídeo, donde la imagen está codificada electrónicamente). Un segundo de vídeo está compuesto de diversos números de frames, según la norma de grabación. En la norma PAL, utilizada en la mayoría de países europeos, un segundo contiene 25 frames. En la norma NTSC, estándar norteamericano, un segundo contiene aproximadamente 30 frames

RMS (Error medio cuadrático) : El RMS se calcula como la raíz cuadrada de las desviaciones entre los valores observados y los estimados por la regresión cuando se hace la corrección geométrica de la imagen. También puede calcularse el RMS para cada punto,

como la raíz de los residuales al cuadrado para ese punto. Este valor no es más que la distancia entre sus coordenadas reales y las estimadas por la regresión de mínimos cuadrados. Para este caso, la calidad de la regresión geométrica puede valorarse comparando, para cada punto de control, las coordenadas estimadas por la regresión con las reales. El promedio de los residuales es lo que conocemos como error medio cuadrático. Es decir, el RMS se puede usar para evaluar la calidad general del ajuste.

DATUM HORIZONTAL : Superficie elipsoidal como base para referenciar coordenadas de localización X, Y.

CORRECCIÓN GEOMÉTRICA : Proceso por el cual la geometría de un archivo raster o vectorial se ajusta empíricamente a la de la base cartográfica de referencia.

PUNTOS DE CONTROL : Un punto de control es un punto identificable en el documento a corregir, del cual también se conocen sus coordenadas en el sistema cartográfico de referencia.

PUNTOS DE CONTROL EN TERRENO (GCP) : Son puntos con coordenadas conocidas y claramente identificables en la imagen. Son usados para definir las ecuaciones de transformación de las coordenadas desde la imagen al sistema de referencia geodésico y a la proyección cartográfica. Pueden ser obtenidas de documentos cartográficos (cartas) o comenzando las tareas del campo topográfico. En algunos casos las señales que se reflejan en la tierra (respondedores) pueden ser instaladas, los cuales son fácilmente detectables en la imagen, permitiendo así la geocodificación en áreas con pocos detalles naturales o artificiales.

DESVIACIÓN ESTÁNDAR : Nos dice cuánto tienden a alejarse los puntajes del promedio. De hecho específicamente la desviación estándar es "el promedio de lejanía de los puntajes respecto a la media".

CONDUCCIÓN : Organización de la plantación ya sea a través de la poda, alambrado y poste de madera.

MARCO DE PLANTACIÓN : Ubicación, espaciamiento entre plantas sobre una hilera y entre hilera.

TRANSFORMACIONES.

Estas son las funciones polinomiales de interpolación que utiliza el programa para georreferenciar su imagen (ajustar las coordenadas de su imagen basados en las coordenadas de su imagen o mapa de referencia).

A: LINEAL (PRIMER ORDEN) : En lo posible se debe tratar de utilizar una ecuación lineal o de primer orden. Para utilizar esta ecuación se requiere de un mínimo de 3 puntos de control; sin embargo, es deseable tener al menos 6 puntos para lograr un ajuste razonable. Es la cual produce solamente la rotación o traslación de la imagen. Corrige solo deformaciones lineales.

B: CUADRÁTICA (SEGUNDO ORDEN) : Este es un polinomio de segundo grado. Para utilizar esta ecuación se requiere de un mínimo de 6 puntos de control; sin embargo, es deseable tener al menos 12 puntos para lograr un ajuste razonable. Esta ecuación magnifica el error en los puntos de control y por lo tanto solo debe utilizarse cuando la ecuación de orden 1 brinda un ajuste inaceptable. La ecuación también es apropiada para georreferenciar material escaneado; ya que tiende a corregir los patrones no lineales de error del escáner.

C: CÚBICA (TERCER ORDEN) : Este es un polinomio de tercer grado. Para utilizar esta ecuación se requiere de un mínimo de 10 puntos de control; sin embargo, es deseable tener al menos 20 puntos para lograr un ajuste razonable. Esta ecuación magnifica el error en los puntos de control y por lo tanto solo debe utilizarse cuando la ecuación de orden 1 ó 2 brindan un ajuste pobre. La ecuación también es apropiada para georeferenciar material escaneado, dado los patrones no lineales de error del escáner.

MÉTODOS DE REMUESTREO.

Este es el método que utilizará el programa para recrear los valores de brillantés/color de cada píxel una vez georreferenciada la imagen.

1. VECINO MÁS CERCANO O PRÓXIMO : El valor del píxel más cercano en la antigua celda es utilizado para establecer el valor de dicha celda en el nuevo sistema de referencia. Esta opción es apropiada cuando la variable mapeada es un atributo (Ej. tipos de bosque, tipos de suelo, etc.).

2. INTERPOLACIÓN BILINEAL : El valor de brillantés/color de cada píxel en la nueva imagen es un promedio ponderado por distancia del valor de las 4 celdas más cercanas ha dicho píxel en la imagen no georreferenciada. Esta opción es apropiada cuando la variable mapeada es discreta o continua (Ej. Foto aérea escaneada, valores de precipitación, reflectancia en una imagen de satélite, etc.). El proceso de cálculo es más lento que el anterior.

3. CONVOLUCIÓN CÚBICA : El valor de brillantes/color de cada píxel en la nueva imagen es un promedio ponderado por distancia del valor de los 16 píxeles más cercanos a dicho píxel en la imagen no georreferenciada. Esta opción es apropiada cuando la variable mapeada es discreta o continua (Ej. valores de precipitación, reflectancia en una imagen de satélite, foto aérea escaneada etc.). Genera valores muy cercanos a los de la imagen original; sin embargo requiere de mayor tiempo de cómputo.

MOSAICOS : Se trata de un ensamble de distintas imágenes aéreas o espaciales que cubren parte, al menos, del mismo territorio.

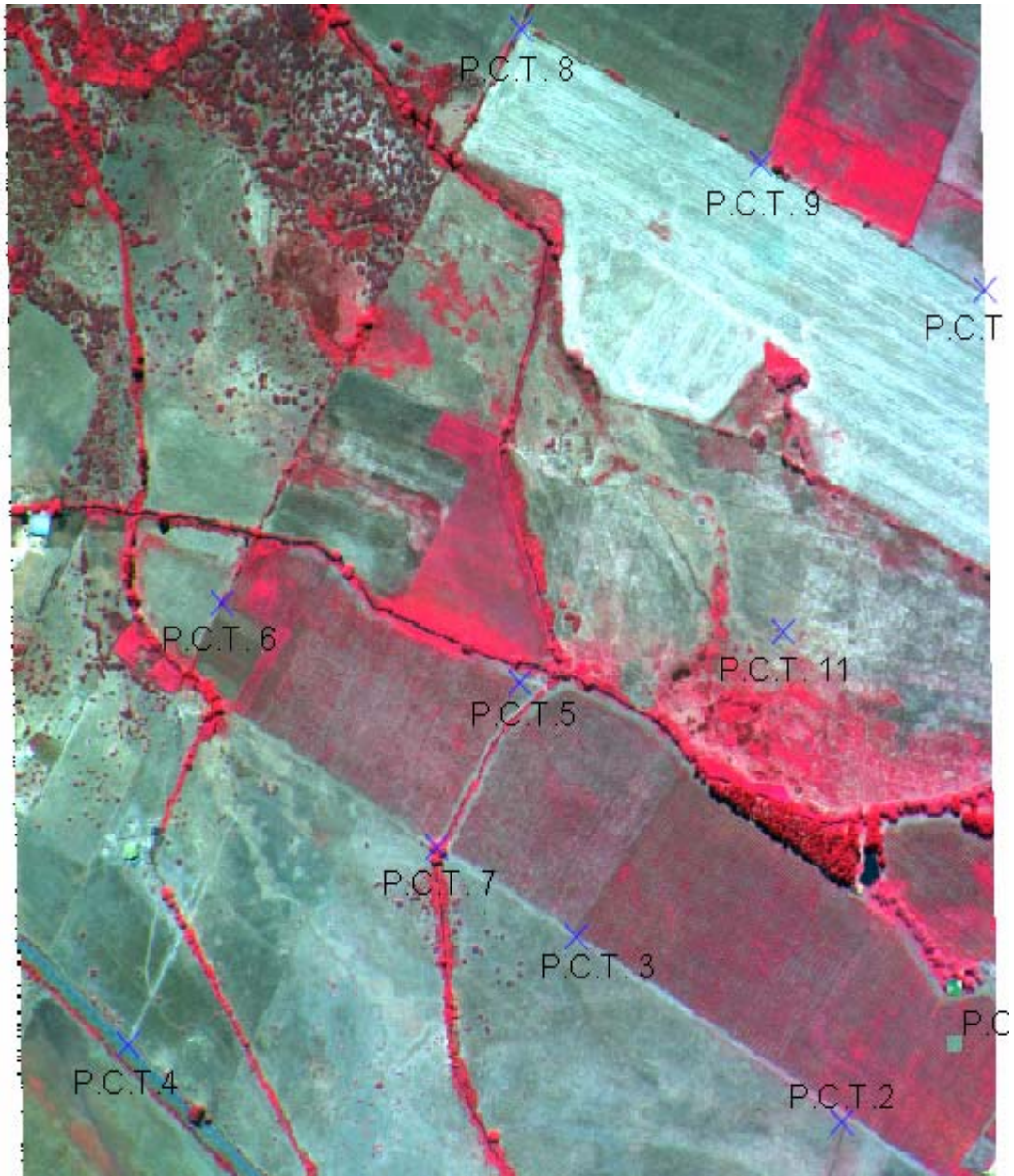
TELEDETECCIÓN: Es la técnica que permite obtener información sobre un objeto, área o fenómeno a través del análisis de los datos adquiridos por un instrumento que no está en contacto con el objeto, área o fenómeno bajo investigación.

9.- ANEXOS

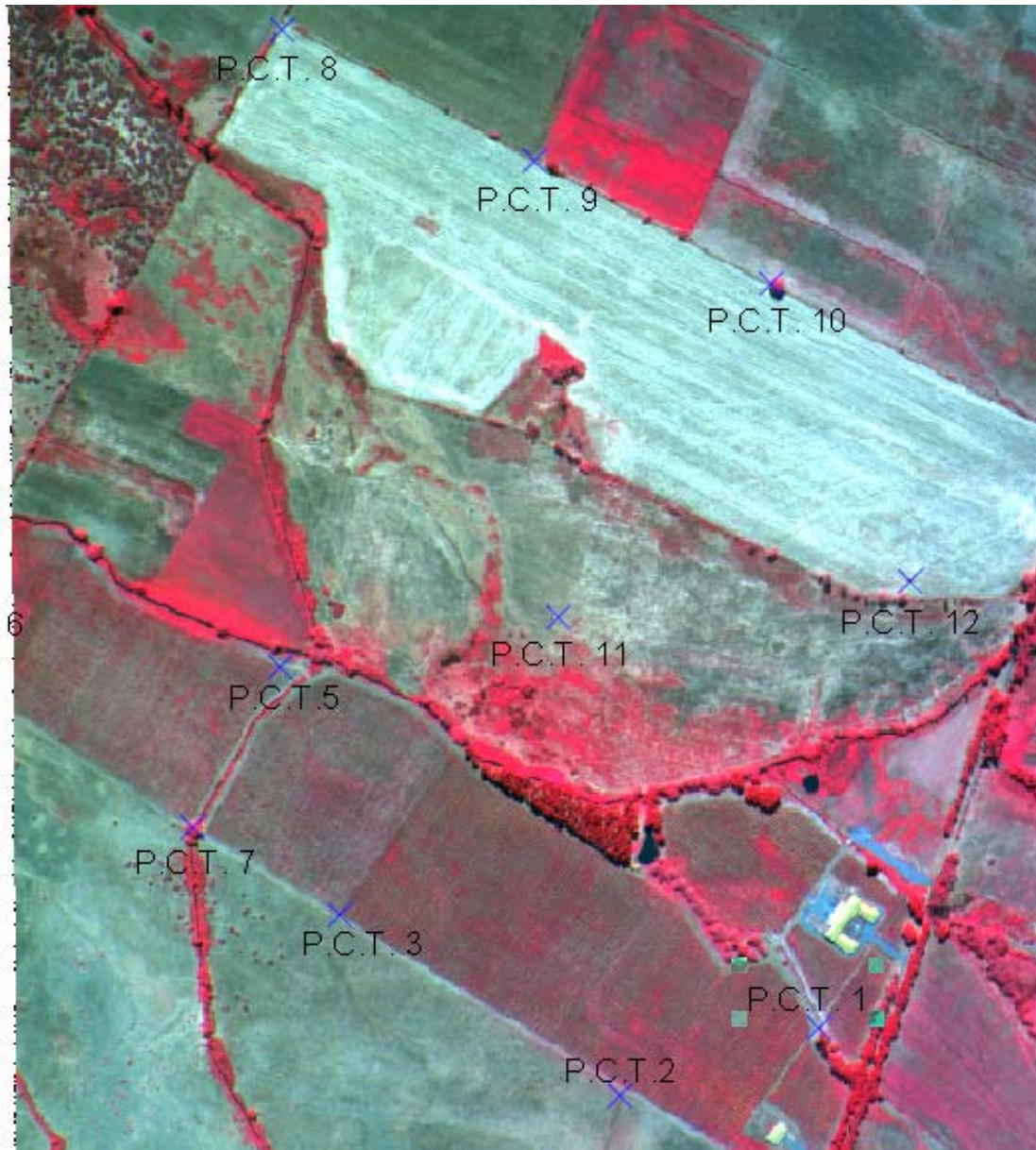
Anexo N° 01 Planilla de toma de datos de levantamiento topográfico.

Proyecto Itata Wines Sociedad Ruefenacht Viña Tierra y Fuego					
Nombre Usuario	Gustavo Santana U.		Fecha 24/11/05		
Sistema Coordenadas	UTM		Hora 10:30:45a.m.		
Datum y Elipsoide	SUDAMERICANO 1969		Zona Huso 18		
Unidades Coordenadas	Metros				
Unidades Distancia	Metros				
Unidades Altura	Metros				
Lista de puntos					
Nombre	Norte	Este	Elevación	Código	Característica
1	5925884,92	748455,46	-	-	-
2	5925828,01	748280,09	-	-	-
3	5925990,06	748011,83	-	-	-
4	5925879,01	747586,73	-	-	-
5	5926207,27	747968,52	-	-	-
6	5926277,56	747672,75	-	-	-
7	5926055,31	747889,64	-	-	-
8	5926793,65	747960,73	-	-	-
9	5926663,87	748180,32	-	-	-
10	5926564,90	748400,80	-	-	-
11	5926261,71	748218,26	-	-	-
12	5926283,46	748541,51	-	-	-

Anexo N° 02 Imagen Multiespectral N° 1232, contiene 9 P.C.T.



Anexo N° 03 Imagen Multiespectral N° 1233, contiene 10 P.C.T.



Anexo N° 04 Puntos de control terrestre que fueron utilizados para la corrección geométrica de la imagen multiespectral N° 1232.

	Norte Y	Este X
P.C.T.	Coordenadas UTM	Coordenadas UTM
2	5925828,01	748280,09
3	5925990,06	748011,83
4	5925879,01	747586,73
5	5926207,27	747968,51
6	5926277,56	747672,75
7	5926055,31	747889,64
8	5926793,65	747960,73
9	5926663,87	748180,32
11	5926261,71	748218,26

Anexo N° 05 Puntos de control terrestre que fueron utilizados para la corrección geométrica de la imagen multiespectral N° 1233.

	Norte Y	Este X
P.C.T.	Coordenadas UTM	Coordenadas UTM
1	5925884,92	748455,46
2	5925828,01	748280,09
3	5925990,06	748011,83
5	5926207,27	747968,51
7	5926055,31	747889,64
8	5926793,65	747960,73
9	5926663,87	748180,32
10	5926564,90	748400,80
12	5926283,46	748541,51

Anexo N° 06 Puntos de control terrestre que fueron utilizados para la corrección geométrica del mosaico AutoStitch.

P.C.T.	Norte Y	Este X
	Coordenadas UTM	Coordenadas UTM
1	5925884,92	748455,46
2	5925828,01	748280,09
3	5925990,06	748011,83
4	5925879,01	747586,73
5	5926207,27	747968,51
6	5926277,56	747672,75
8	5926793,65	747960,73
10	5926564,90	748400,80

Anexo N° 07 Metodo por el cual el software AutoStitch realiza el Resampling.

Vecino más próximo

- + No modifica los valores.
- + Es el más rápido
- Aparecen elementos lineales en “escalera”
- Pueden perderse valores

Chuvieco, 2002

Anexo N° 08 Cuadro de información de la Sociedad Ruefenacht.

Cuartel	Variedad	Año Plantación	Hileras	Hectáreas	Conducción	N° Plantas	Marco
1	Sau. blanc	2003	43	1,03	Espaldera	3169	2.5x1.3
2	Carmenere	2001	48	1,28	Espaldera	3938	2.5x1.3
3	Carmenere	2001	28	0,14	Espaldera	431	2.5x1.3
4	Carmenere	2001	7	0,03	Espaldera	92	2.5x1.3
5	Carmenere	2001	28	0,24	Espaldera	738	2.5x1.3
6	Cab. Sauvign	2001	19	0,24	Espaldera	738	2.5x1.3
7	Tintorera	2000	26	0,29	Espaldera	892	2.5x1.3
8	Pinot y Tintorer	2000	15	0,06	Espaldera	185	2.5x1.3
9	Carmenere	2000	27	0,99	Espaldera	3046	2.5x1.3
10	Shiraz clon 300	2000	39	1,44	Espaldera	4431	2.5x1.3
11	Shiraz clon 100	2000	8	0,33	Espaldera	1015	2.5x1.3
12	Merlot	2000	23	0,95	Espaldera	2923	2.5x1.3
13	Cab. Sauvign	2000	26	1,09	Espaldera	3354	2.5x1.3
14	Pinot noir	2000	43	1,25	Espaldera	3846	2.5x1.3
15	Shiraz	2000	31	0,56	Espaldera	1723	2.5x1.3
16	Cot	2001	43	2,00	Espaldera	6154	2.5x1.3
17	Cab. Sauvign	2001	16	0,62	Espaldera	1908	2.5x1.3
18	Franc y Zinfan	2001	50	1,84	Espaldera	5662	2.5x1.3
19	Carmenere	2001	28	0,97	Espaldera	2985	2.5x1.3
20	Merlot	2001	8	0,30	Espaldera	923	2.5x1.3
21	Merlot	2003	6	0,23	Espaldera	708	2.5x1.3
22	Merlot	2003	3	0,06	Espaldera	185	2.5x1.3
23	Shiraz	2003	12	0,20	Espaldera	615	2.5x1.3
24	Pinot noir	2003	7	0,12	Espaldera	369	2.5x1.3

