

**COMPARACION DE DOS SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRÁFICA (ILWIS  
Y ARCGIS) EN EL LEVANTAMIENTO DE USO Y COBERTURA DEL SUELO Y  
UTILIZACIÓN DEL ERDAS IMAGINE PARA LA ELABORACION DEL MOSAICO  
EN UN SECTOR DEL JUNCAL, MUNICIPIO DE PALERMO, DEPARTAMENTO  
DEL HUILA.**

**DIVIER BLILLUVER ORTIZ BERMUDEZ**

**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
PROGRAMA INGENIERIA AGRICOLA  
NEIVA, 2010**

**COMPARACION DE DOS SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRÁFICA (ILWIS  
Y ARCGIS) EN EL LEVANTAMIENTO DE USO Y COBERTURA DEL SUELO Y  
UTILIZACIÓN DEL ERDAS IMAGINE PARA LA ELABORACION DEL MOSAICO  
EN UN SECTOR DEL JUNCAL, MUNICIPIO DE PALERMO, DEPARTAMENTO  
DEL HUILA.**

**DIVIER BLILLUVER ORTIZ BERMUDEZ**

**Trabajo de Grado presentado para optar al  
Título de Ingeniero Agrícola**

**Director: RODRIGO PACHON BEJARANO**

**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
PROGRAMA INGENIERIA AGRICOLA  
NEIVA, 2010**

NOTA DE ACEPTACION

---

---

PRESIDENTE DEL JURADO

---

JURADO

---

JURADO

---

NEIVA, 4 DE JUNIO DE 2010

*...A mi madre Alicia Bermúdez Guzmán,*

*Máxima responsable de este logro...*

## AGRADECIMIENTOS

Ingeniero, **Rodrigo Alberto Pachón Bejarano**, Director del proyecto.

Ingeniera, **Carol Johanna Monroy Cárdenas**, asesora del proyecto.

Licenciado, **Billy John Calderón Peñafiel**, colaborador en gran parte del proyecto.

Ingeniera, **Angélica María Peña Delgado**, asesora en Ilwis.

A mi madre, **Alicia Bermúdez Guzmán**, promotora y gestora de este proyecto.

## TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN .....	13
ABSTRAC .....	14
1.1 GENERALIDADES DE SIGS.....	16
1.1.1 Arcgis Desktop 9.3. ....	18
1.1.1.1 Principales funcionalidades de ArcMap.....	18
1.1.1.2 ArcGis Básico. ....	18
1.1.1.3 ArcGis Avanzado.....	19
1.1.2 El Ilwis 3.2.....	19
1.1.2.1 Que se puede hacer con ILWIS. ....	19
1.1.3 Erdas Imagine 9.1. ....	19
1.1.3.1 Formación de mosaicos de imágenes. ....	19
1.1.3.2 Mosaicos no Controlados .....	20
1.1.3.3 Mosaicos Semicontrolados.....	20
1.1.3.4 Mosaicos Controlados. ....	20
1.1.3.5 Mosaicos Orthorectificados .....	20
2.1 LOCALIZACION GEOGRAFICA .....	21
2.2. MATERIALES EN EL PROCESO DE ORTORECTIFICACION DE FOTOGRAFIAS AEREAS .....	22
2.3 METODOS.....	22
2.3.1.1 Preparación de las aerofotografías formato 23 x 23 cm.....	22
2.3.1.2 Toma de puntos de control utilizando el GPS Garmin Etrex .....	22
2.3.1.3 Medición y cálculo de escalas en las aerofotografías aéreas.....	23
2.3.1.4 Elaboración de los fotocalcos.....	23
2.3.1.5 Levantamiento de uso y cobertura de la zona en cada área útil de las aerofotografías. ....	23
2.3.1.5 Identificación y nomenclatura .....	23
2.3.1.7 Procesamiento de la información .....	23
2.3.2 Levantamiento de uso y cobertura usando el sistema de información geográfica Ilwis. ....	24
2.3.2.1 Escaneo de aerofotografías .....	24
2.3.2.2 Medición de marcas fiduciales .....	24
2.3.2.3. Uso del modelo digital del terreno DTM .....	24
2.3.2.4 Importación de imágenes en archivo TIFF .....	24

2.3.2.5 Creación de archivos de georeferencia .....	24
2.3.2.6 Orientación Interna.....	24
2.3.2.7 Evaluación del error en cada imagen .....	25
2.3.2.8 Creación de archivos necesarios para la digitalización de la información de uso y cobertura .....	25
2.3.2.9 Elaboración de mapa de segmentos de uso y cobertura .....	25
2.3.2.10 Poligonización .....	25
2.3.2.11 Calculo de Áreas de Uso y Cobertura .....	25
2.3.2.12 Elaboración de Layouts .....	26
2.3.3 Digitalización de cobertura utilizando el sistema de información geográfica Arcgis 9.3 .....	26
2.3.3.1 Importación de imágenes en archivo .....	26
2.3.3.2 Creación de archivos de georeferencia en ArcGis .....	27
2.3.3.3 Puntos de control .....	27
2.3.3.4 Evaluación del error en cada imagen .....	30
2.3.3.5 Chequeo y ajuste de la Georeferenciación .....	32
2.3.3.6 Creación de archivos necesarios para la digitalización de la información de uso y cobertura .....	32
2.3.3.7 Identificación y nomenclatura .....	32
2.3.3.8 Calculo de Áreas de Uso y Cobertura .....	32
2.3.3.9 Elaboración de Layouts. ....	34
2.4 PROCEDIMIENTO PARA LA CREACIÓN DE UN TIN (DEM).....	34
2.5 ELABORACION DE MOSAICOS UTILIZANDO EL SOFTWARE ERDAS 9.1 .....	37
3.1 REPRESENTACION GRAFICA DE LOS FOTOCALCOS.....	43
3.3 TOMA DE PUNTOS DE CONTROL .....	46
3.4 CALCULO DE ESCALAS EN CADA UNA DE LAS FOTOGRAFIAS AEREAS. ....	47
3.6 DIGITALIZACION DE USO Y COBERTURA MEDIANTE EL USO DE ILWIS 3.1 .....	53
3.7 CREACION DE ARCHIVOS DE GEOREFERENCIA .....	56
3.9 CALCULO DEL AREA DE USO Y COBERTURA MEDIANTE ILWIS 3.1 .....	61
3.10 INFORMACION OBTENIDA MEDIANTE EL PROGRAMA ARCGIS .....	62
3.11 CALCULO DE AREA TOTALES Y COMPARACION ENTRE CADA METODOLOGIA .....	69
4. CONCLUSIONES .....	74
5. RECOMENDACIONES .....	76
6. BIBLIOGRAFIA .....	77
ANEXOS .....	78

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Simbología utilizada en el levantamiento de uso y cobertura .....	23
Tabla 2. Nomenclatura de Uso y cobertura .....	32
Tabla 3. Distribución de puntos de control y coordenadas expresados en metros (m) .....	46
Tabla 4. Determinación de escalas .....	47
Tabla 5. Calculo del Área efectiva en la Aerofotografía N. 01 .....	48
Tabla 6. Calculo del Área efectiva en la Aerofotografía N. 02 .....	49
Tabla 7. Calculo del Área efectiva en la Aerofotografía N. 03 .....	50
Tabla 8. Calculo del Área efectiva en la Aerofotografía N. 04 .....	51
Tabla 9. Calculo del Área efectiva en la Aerofotografía N. 05 .....	51
Tabla 10. Calculo del Área efectiva en la Aerofotografía N. 06 .....	52
Tabla 11. Calculo del Área Efectiva total de las aerofotografías .....	52
Tabla 18. Área de Uso y cobertura calculada mediante Ilwis .....	61
Tabla 20. Cálculos Totales de Áreas con las diferentes metodologías .....	69
Tabla 21. Comparación de la metodología de malla de puntos con los software para la determinación de áreas.....	70
Tabla 22. Comparación entre Ilwis y ArcGis .....	71



## INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Mapa conceptual de Operaciones con los SIG'S .....	17
Ilustración 2. Localización Geográfica Municipio de Palermo.....	21
Ilustración 3. Adición de datos raster al ArcGis .....	26
Ilustración 4. Se selecciona la carpeta correspondiente en donde se encuentran los archivos. ....	27
Ilustración 5. Selección del sistema de Coordenadas.....	28
<b>Ilustración 6.</b> Menú para Iniciar el proceso de Georeferencia ARCGIS .....	29
Ilustración 7. Adición de puntos de control en las aerofotografías formato raster .....	29
Ilustración 8. Adición de coordenadas en los puntos de control.....	30
Ilustración 9. Adición de coordenadas en los puntos de control.....	31
Ilustración 10. Georeferenciación finalizada en formato .IMAGE image (Arc Info) .....	31
Ilustración 11. Calculo de Área en ArcGis mediante el uso de formula .....	33
Ilustración 12. Cartografía 323 IV A .....	34
Ilustración 13 .Cartografía 323 IV B .....	35
Ilustración 14. Cartografía 323 IV C .....	35
Ilustración 15. Unión De la Cartografía para la Generación del Modelo Digital del Terreno. ....	36
Ilustración 16. Introducción de datos.....	36
Ilustración 17. Generación del TIN .....	37
Ilustración 18. Visualización del procedimiento Subset las aerofotografías en Erdas .....	38
Ilustración 19. Visualización del procedimiento Subset las aerofotografías en Erdas .....	38
Ilustración 20. Visualización del procedimiento Subset las aerofotografías en Erdas .....	39
Ilustración 21. Visualización del procedimiento Subset las aerofotografías en Erdas .....	39
Ilustración 22. Visualización del procedimiento Subset las aerofotografías en Erdas .....	40
Ilustración 23. Visualización del procedimiento Subset las aerofotografías en Erdas .....	40

Ilustración 24. Visualización del procedimiento Subset las aerofotografías en Erdas .....	41
Ilustración 25. Visualización del procedimiento Mosaic Tool las aerofotografías en Erdas .....	41
Ilustración 26. Creación del Foto mosaico en Erdas Imagine 9.1 .....	42
Ilustración 27. Preparación Fotocalco 01 .....	43
Ilustración 28.Preparacion Fotocalco 02 .....	43
Ilustración 29. Preparación fotocalco 03 .....	44
Ilustración 30. Preparación Fotocalco 04 .....	44
Ilustración 31. Preparación Fotocalco 05 .....	45
Ilustración 32. Preparación Fotocalco 06 .....	45
Ilustración 33. Malla de Puntos para estimación de áreas.....	48
Ilustración 34.Visualizacion del DEM en ILWIS .....	53
Ilustración 35.Fotografia Aérea Importada al Sistema de Información ILWIS .....	53
Ilustración 36. Inserción de las Información de marcas fiduciales en Ilwis. ....	54
Ilustración 37. Georeferenciación Completa de la Aerofoto como ejemplo la N.01. ....	54
Ilustración 38.Chequeo de Ángulos en información adicional-.....	55
Ilustración 39. Vista del Arbol de Operaciones en Ilwis desplegando los diferentes tipos de archivos creados. .....	56
Ilustración 40. Mapa de puntos creado en Ilwis.....	57
Ilustración 41. Creación del Mapa de segmentos y posterior Digitalización de Uso y Cobertura en Ilwis. ....	57
Ilustración 42.Digitalización de la Información en cada aerofotografía. ....	58
Ilustración 43.Digitalización en detalle de la digitalización del uso y cobertura ejemplo Aerofotografía N 02. ..	58
Ilustración 44. Chequeo del Mapa de segmentos en Ilwis.....	59
Ilustración 45. Chequeo del Mapa de segmentos en Ilwis.....	59
Ilustración 45. Poligonización de Segmentos en Ilwis.....	60
Ilustración 46. Representación del histograma de la distribución del uso y cobertura en Ilwis .....	60
Ilustración 47. Representación del Layout en Ilwis .....	61
Ilustración 48. Adición de información fotocalco N. 01 ArcGis .....	63

Ilustración 49. Adición de coordenadas en ArcGis .....	63
Ilustración 50 Terminando la georeferenciación de las aerofotografías en ArcGis .....	64
Ilustración 51. inicio de la digitalización de la información de uso y cobertura en ARCGIS .....	64
Ilustración 52. Visualización del Fotocalco N. 02 en ArcGis .....	65
Ilustración 53. Visualización del DEM generado a partir de las curvas de Nivel de la Cartografía base usando el ArcGis 9.3 .....	65
Ilustración 54. Esquema final del DEM en formato Raster y a escala .....	66
Ilustración 55. Finalización de la digitalización uso y cobertura Sector Juncal .....	66
Ilustración 56. Cálculo del área ArcGis .....	67
Ilustración 57. Mapa temático en Layout Levantamiento de uso y cobertura zona de El Juncal, Municipio de Palermo mediante ARCGIS. ....	68
Ilustración 58. Representación de Clips de cada una de las aerofotografías georeferenciadas con área útil controlada en ERDAS .....	72
Ilustración 59. Representación del Mosaico Controlado con 6 Aerofotografías zona El juncal en ERDAS Imagine y la superposición de la Información digitalizada de uso y cobertura .....	73

## INDICE DE GRAFICOS

Grafico. 1. Distribución del área de uso y cobertura en toda la zona de trabajo El juncal.....	62
Grafico. 2. Distribución de Áreas uso y Cobertura con Ilwis ArcGis, Malla de Puntos .....	69

## RESUMEN

Este trabajo de grado tiene por objeto representar gráficamente y evaluar la utilización de diferentes metodologías para el cálculo de áreas de determinadas zonas geográficas. Se van a representar los usos y coberturas vegetales que se encuentran en cada área útil de las fotografías aéreas, y representar así mediante mapas temáticos la distribución en un solo mosaico.

El ámbito geográfico del trabajo corresponde al área de la Laguna El Juncal y de su entorno. La unión entre la temática uso y cobertura versus la topografía se procesaran mediante los Sistema de Información Geográfica Ilwis, ArcGis y será complementada con la realización de un mosaico de Aerofotografías con el sistema especializado ERDAS Imagine 9.1.

Se han creado en Ilwis, ArcGis, Erdas ficheros raster de dispersión de la distribución del uso y cobertura y se han obtenido de la cartografía digital del terreno una serie de ficheros vectoriales. A través de un proceso de georeferenciación, a las imágenes anteriores se les han superpuesto elementos vectoriales de la cartografía y se ha posibilitado la visualización conjunta en los diferentes Sistemas de Información Geográfica obteniéndose las composiciones de aerofotografías georeferenciadas y clasificadas según una nomenclatura específica.

Lo anteriormente expresado permite de una forma ágil acceder a la información sobre el uso y cobertura vegetal de esta zona de trabajo.

**Palabras Clave:** Sistemas de Información Geográfica (SIG), georeferenciación, digitalización, ortorectificación.

## ABSTRAC

This paper aims degree graph and evaluate the use of different methodologies for calculating certain geographical areas. It will represent each of the uses and cover types that are useful in every area from aerial photographs, and thus represent the distribution by thematic maps in a single mosaic.

The geographic scope of work corresponds to the area of the Laguna El Juncal and its environment. The thematic link between the use and coverage versus the topography will be processed through Ilwis GIS, ArcGIS and will be complemented by the creation of a mosaic of aerial photographs with the specialized system ERDAS Imagine 9.1.

Have been established in Ilwis, ArcGIS, ERDAS raster files dispersion distribution and use and coverage were obtained from digital terrain mapping a series of vector files. Through a process of geo-referencing to previous images have been superimposed are vector elements of cartography and visualization has enabled the joint in various Geographic Information Systems obtained the compositions of georeferenced aerial photographs and classified according to a specific nomenclature.

The above expressed an agile allows access to information on the use and vegetation cover in this area of work.

**Keys Word:** Geographical Systems Information's, georeferentiation, digitalization, orthorectification.

## INTRODUCCION

El proyecto tiene por objeto representar gráficamente y evaluar la utilización de Tres diferentes metodologías (ILWIS, ARGIS y la malla de puntos) para el cálculo de áreas de determinadas zonas geográficas; caracterizada por el uso agropecuario en su mayor porcentaje. Por medio del levantamiento de uso y cobertura se desea cuantificar el área mediante el uso de dos Software que permitan elegir el sistema más adecuado en cuanto a la medición y digitalización de la información de una determinada zona.

El área geográfica del trabajo es la zona cartográfica 323-IV-A, 323 IVB, 323 IV C y 323 IV D que corresponde al área del de la Laguna El Juncal.

La digitalización del uso y cobertura versus la topografía se realizó mediante los Sistema de Información Geográfica Ilwis, ArcGis para complementar con la realización de un mosaico de Aerofotografías con el sistema especializado ERDAS Imagine 9.1. En la industria del análisis funcional raster. Se eligieron estos programas por su versatilidad y funcionalidad en virtud a la necesidad de manipular material cartográfico y aerofotográfico.

En Ilwis, ArcGis, se crearon ficheros raster de dispersión de la distribución del uso y cobertura; de igual manera se obtuvo de la cartografía digital del terreno una serie de ficheros vectoriales. A través de un proceso de georeferenciación a estas imágenes se les superpuso elementos vectoriales de la cartografía y se posibilitó la visualización conjunta en los diferentes Sistemas de Información Geográfica obteniéndose las composiciones de aerofotografías georeferenciadas y clasificadas según una nomenclatura específica. Lo anteriormente expresado permite de una forma ágil acceder a la información sobre el uso y cobertura vegetal de esta zona de trabajo.

## **1. MARCO CONCEPTUAL**

### **1.1 GENERALIDADES DE SIGS**

Es una integración organizada de hardware, software y datos geográficos diseñada para capturar, almacenar, manipular, analizar y desplegar los datos u objetos referenciados espacialmente, para resolver problemas complejos de planeación y administración.

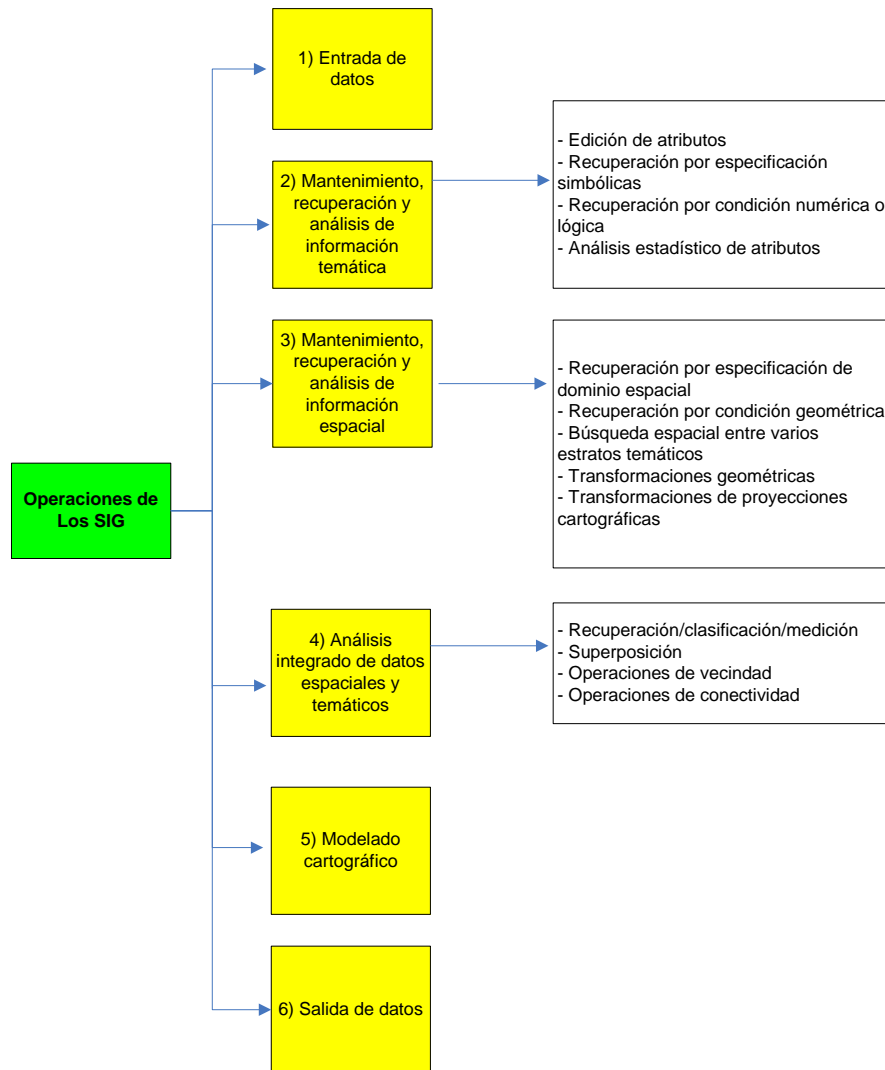
En términos más sencillos; es un programa de computador capaz de mantener y usar datos con localizaciones exactas en una superficie terrestre. Un sistema de información geográfica, es una herramienta de análisis de información. La información debe tener una referencia espacial y debe conservar una inteligencia propia sobre la topología y representación.

Los sistemas de información se han convertido en herramientas útiles de la ingeniería y de las ciencias básicas. Son tres las características que han propiciado que los sistemas de información geográfica (SIG) se están desarrollando en forma considerable y estas características son: el resolver problemas de manera eficiente, rápida y oportuna.

Los SIG son un tipo especializado de sistemas que se distinguen por su capacidad de manejar información espacialmente referenciable y que permiten además su representación gráfica. Se dice que son herramientas, porque ayudan a la formación de elementos de juicio para la toma de decisiones luego que se han aprovechado sus funciones de captura, almacenamiento, refinamiento, análisis y visualización de la información.



Ilustración 1. Mapa conceptual de Operaciones con los SIG'S



La forma de organizar la información en un SIG espacial es importante. La información puede ser muy variada ya que tomamos en cuenta características del mundo real. Podemos tener información tanto de cuerpos y figuras regulares que son bien representados por la geometría tradicional tanto de información que no podrá ser representada de manera trivial. Esto se debe a que la mayoría de los datos espaciales que representan información real no es regular. El uso de nuevas geometrías permitirá un manejo más adecuado de la información espacial<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> López Órnelas, Erick de Jesús, Modelación de Información Espacial y Geográfica, tesis para obtener el grado de Licenciatura en Ingeniería en Sistemas computacionales, UDLA, Mayo de 1998.

**1.1.1 Arcgis Desktop 9.3.** Es un conjunto de aplicaciones integradas: ArcMap, ArcCatalog y ArcToolbox. Usando estas tres aplicaciones juntas, usted puede realizar cualquier tarea SIG, desde una simple hasta una muy avanzada, incluyendo mapeo, administración de datos, análisis geográficos, edición de datos y Geoprocesamiento.

**1.1.1.1 Principales funcionalidades de ArcMap.** Dentro de las aplicaciones ArcGis trabaja en función de datos espaciales y permite la aplicación de herramientas para:

- Visualizar datos espaciales y atributos  
Consultar datos espaciales y atributos
- Crear y editar datos espaciales y atributos
- Analizar datos espaciales.

Clasificación

Superposición

Análisis de redes

Áreas de influencia

Crear mapas, estadísticas y gráficos

**1.1.1.2 ArcGis Básico.** Funciones que permite desarrollar en el sistema primario o básico.

- Interface y propiedades ArcMap (ArcGis)
- Manejo de datos
- Georeferenciación
- Edición en ArcMap
- Consulta de datos
- Simbología en ArcMap
- Manejo de tablas
- Geoprocesamiento
- Layout Impresion
- Manipulación de la extensión ArcCatalog

**1.1.1.3 ArcGis Avanzado.** Funciones que permite desarrollar en el sistema avanzado.

- Calculo de áreas
- Funciones adicionales en ArcCatalog
- Funciones de edición
- Georeferencia de archivo CAD

**1.1.2 El Ilwis 3.2.** The Integrated Land and Water Information System es la Integración de SIG y herramientas para el procesamiento y análisis de productos generados por sensores remotos • Desarrollado por ITC • Diseñado originalmente en 1985 para un proyecto de zonificación de uso del suelo y manejo de cuencas en Sumatra. Desde 1989 ± 5000 sistemas instalados en más de 100 países. Usado extensivamente en cursos dictados en y por fuera del ITC, proyectos e investigación.

**1.1.2.1 Que se puede hacer con ILWIS.** Entrada de datos, Administración de datos, • Análisis de datos, • Preparación de resultados: mapas (data output), – Los datos son geográficamente referenciados: La información es identificada de acuerdo a su localización.

**1.1.3 Erdas Imagine 9.1.** Es un software que comprende un conjunto de herramientas diseñadas para el procesamiento y la interpretación de imágenes de sensores remotos. ERDAS ofrece herramientas para la preparación de la información, modelación espacial, procesamiento y clasificación de imágenes, fotogrametría, análisis estéreo, entre otras. Incorpora además varias funciones de un sistema de información geográfica.

**1.1.3.1 Formación de mosaicos de imágenes.** Un mosaico aerofotográfico es el arreglo de fotografías aéreas que cubren una zona, ajustadas a una escala uniforme, recortadas y ensambladas ordenadamente, para dar la impresión de un todo continuo del área que se trate. Los diversos tipos de mosaicos dependen básicamente del control cartográfico o apoyo de algún otro tipo que se emplee al elaborarlos; de acuerdo con esto, se consideran los siguientes tipos de mosaicos: no controlados, semicontrolados, controlados y los ortofotográficos<sup>2</sup>.

---

<sup>2</sup> Wolf, P y Dewit B.A. (2000) Elements of Photogrammetry with applications in GIS. 3a. edición Mc Graw Hill. ISBN 0-07-292454-3. 608 p.

**1.1.3.2 Mosaicos no Controlados.** Consisten de la integración directa de las fotografías aéreas, basadas exclusivamente en sus sobreposiciones laterales y longitudinales, las cuales estarán colocadas en la posición relativa en que fueron tomadas durante el vuelo.

**1.1.3.3 Mosaicos Semicontrolados.** Son aquellos en cuya construcción se emplea un control gráfico para fijar, en forma aproximada, la posición de los accidentes principales existentes en el área (ríos, caminos o poblaciones).

**1.1.3.4 Mosaicos Controlados.** Para la construcción de estos mosaicos se emplea un control gráfico, topográfico o fotográfico, para fijar exactamente la posición de los principales accidentes de un área, puede considerarse que en los mosaicos controlados la escala horizontal es precisa.

**1.1.3.5 Mosaicos Orthorectificados.** Son elaborados mediante equipo opto-mecánico, o actualmente, electrónico que compensa analíticamente las diferentes fuentes de error presentes en las fotografías aéreas, integrando así materiales de un alto grado de precisión cuyo uso sustituye, en algunos casos con ventaja, a los mapas elaborados por medios solo fotogramétricos o topográficos.

Para poder formar un mosaico ortorectificado, donde podamos efectuar mediciones con un determinado margen de error, es fundamental que en las imágenes obtenidas en el levantamiento aéreo, sean corregidas las distorsiones geométricas, éstas se refieren a los desplazamientos de puntos en la imagen, con respecto a su posición esperada y pueden ser atribuidos a: los movimientos en los tres ejes de rotación de la plataforma aérea al momento de la toma, a la distorsión del lente y a los desplazamientos debidos al relieve.

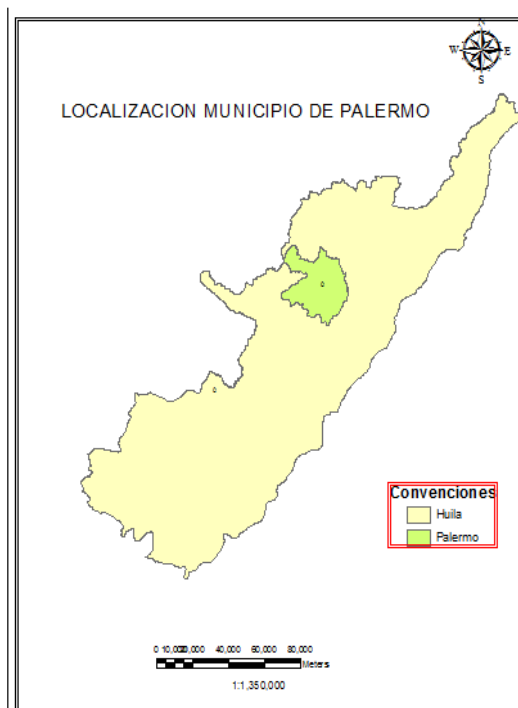
## 2. MATERIALES Y METODOS

### 2.1 LOCALIZACION GEOGRAFICA

El área de influencia es el Municipio de Palermo Huila, limita al norte con el municipio de Neiva Y Planadas, al sur con Yaguará y Teruel, al oriente con Rivera, Campoalegre, Neiva y al occidente con Santa María y Neiva. Extensión total: 92.2885100 Has. Km<sup>2</sup>, Extensión área urbana: 13.8890 Has. Km<sup>2</sup>, Extensión área rural: 78.4000 Has. Km<sup>2</sup>.

Temperatura media: El municipio presenta unas temperaturas que oscilan entre los 15°C en las zonas de las cordilleras y 27°C para las zonas bajas la cual corresponde a los valles del río Magdalena, Bache. El casco urbano presenta una temperatura promedio de 26.2°C;° C ,. Distancia de referencia: Palermo está distante a 320 Km. de la ciudad de Bogotá y a 18 Km. al sur occidente de la ciudad de Neiva capital del Huila.<sup>3</sup>

Ilustración 2. Localización Geográfica Municipio de Palermo



<sup>3</sup> <http://www.palermo-huila.gov.co/sitio.shtml?apc=m1T1--&m=f#identificacion>

## **2.2. MATERIALES EN EL PROCESO DE ORTORECTIFICACION DE FOTOGRAFIAS AEREAS**

Los materiales requeridos para el levantamiento de uso y cobertura del área de estudio (El Juncal) y su información georeferenciada en cada uno de los sistemas de información geográfica son:

- ✓ Aerofotografías de contacto (Formato 23 x 23 cm) IGAC C-2340 fotos: 074, 075, 076, 077, 078 y C-2358 foto 064 con sus respectivos fotocalcos, Municipio de Palermo, Sector JUNCAL.
- ✓ GPS Garmin Etrex.
- ✓ Cartografía digital del municipio de Palermo:, 323 IV A, 323 IV B, 323 IV C. 323 IV D Escala 1:25000
- ✓ Mapas políticos formato DWG departamento Huila, municipio Palermo.
- ✓ Escaner tamaño oficio, con su respectivo software para las aerofotografías de 23 x 23 cm.
- ✓ Datum Local (Bogotá) Superficie de Referencia ELIPSOIDE INTERNACIONAL
- ✓ Sistema de coordenadas (Origen Bogota) para este caso de acuerdo a la ubicación de la Zona de estudio.
- ✓ Modelo Digital del Terreno DTM.

## **2.3 METODOS**

### **2.3.1 Levantamiento De Uso Y Cobertura Cuantificando Áreas Mediante Malla De Puntos**

**2.3.1.1 Preparación de las aerofotografías formato 23 x 23 cm.** La preparación de aerofotografías tiene por objeto determinar a través de las áreas efectivas de cada aerofotografía, la mejor cobertura fotográfica para una zona, como previo requisito a su interpretación. Se determina el PP (Punto Principal) de acuerdo con las marcas fiduciales.

**2.3.1.2 Toma de puntos de control utilizando el GPS Garmin Etrex.** Los puntos escogidos en la aerofotografía deberán ser nítidos y bien definidos, fáciles de reconocer en el terreno, tales como intersecciones de vías, edificaciones, drenajes, etc.

**2.3.1.3 Medición y cálculo de escalas en las aerofotografías aéreas.** La determinación de la escala se hace mediante comparaciones entre mediciones fotográficas y mediciones terrestres escogiendo puntos bien definidos y fáciles de reconocer en el terreno.

**2.3.1.4 Elaboración de los fotocalcos.** Mapas temáticos en los cuales se consignan los conocimientos de los elementos físicos de cada aerofotografía.

**2.3.1.5 Levantamiento de uso y cobertura de la zona en cada área útil de las aerofotografías.** Haciendo un reconocimiento de las áreas en el terreno y analizando sus características, a fin de tomar los criterios necesarios para su delimitación.

**2.3.1.5 Identificación y nomenclatura.** Cada área delimitada se identifica en cada aerofotografía o en cada fotocalco mediante una sigla que represente el tipo de cobertura o el uso del suelo. De acuerdo a las diversas clasificaciones del uso y cobertura, en este caso la nomenclatura es la siguiente:

**Tabla 1.** Simbología utilizada en el levantamiento de uso y cobertura

Símbolo	Cobertura
A	Arroz
P	Pastos
B	Bosque de Galería
R	Rastrojos
CU	Casco Urbano
AL	Algodón
PL	Plátano
Z	Maíz
F	Frutales
L	Lagos
Ch	Pantano
C	Cacao

**2.3.1.7 Procesamiento de la información.** Determinación del área mediante el uso de la malla de puntos.

### **2.3.2 Levantamiento de uso y cobertura usando el sistema de información geográfica Ilwis.**

**2.3.2.1 Escaneo de aerofotografías.** Se usaron aerofotografías de contacto de tamaño 23 x 23 cm, IGAC Resolución de escaneo 500 dpi. El formato de los archivos es TIFF. Se mencionan los fotocalcos como FC 01 y consecutivos y las fotografías como F 01 y consecutivos. Se debe escanear con el Norte apuntando hacia la parte superior. Las aerofotografías y los fotocalcos se deben escanear de forma independiente.

**2.3.2.2 Medición de marcas fiduciales.** Se toma la medida de cada una de las marcas fiduciales hasta el punto principal de cada fotografía trabajada y se expresa esta medida en milímetros.

**2.3.2.3. Uso del modelo digital del terreno DTM.** Se usa el DEM-PALERMO objeto raster que contiene valores de la elevación del área de estudio zona EL JUNCAL Municipio de Palermo.

**2.3.2.4 Importación de imágenes en archivo TIFF.** Las Aerofotografías se encuentran escaneadas en formato TIFF y por tanto es necesario importarla al ILWIS. Al finalizar el proceso generado en Ilwis el tipo de formato generado es .MPR. Para la importación de los fotocalcos se realiza el mismo procedimiento.

**2.3.2.5 Creación de archivos de georeferencia.** Estos archivos establecen la relación entre filas y columnas de un archivo raster y el sistema de coordenadas utilizado (para este caso es el TRANSVERSE MERCATOR -ORIGEN BOGOTA). Al finalizar el proceso de georeferenciación se procede a colocar el valor de la distancia principal de la cámara que aparece en una sección marginal de cada aerofotografía de 23x23 cm. Y Se procede a digitar cada uno de los valores de las marcas fiduciales como la ubicación del plano cartesiano origen (0,0) teniendo en cuenta cada uno de los signos (+) (-).

**2.3.2.6 Orientación Interna.** Las marcas fiduciales de la foto se encuentran visibles al menos deben estar 3. El punto central o principal de la foto corresponde a la intersección de los pares de marcas fiduciales diametralmente opuestas.



**2.3.2.7 Evaluación del error en cada imagen.** El chequeo para cada aerofotografía y fotocalcos respectivamente deberán tener las siguientes condiciones: Sigma:  $\leq 12$  Ángulos:  $\leq 3.5$ - Finalizado el chequeo y realizando los ajustes pertinentes se termina el proceso de georeferenciación de las aerofotografías y fotocalcos. Para que esta sea confiable, se deben digitalizar de 8 a 10 puntos, bien distribuidos sobre las aerofotografías y fotocalcos. Una vez finalizado el proceso teniendo la imagen raster tanto de los fotocalcos como de las aerofotografías con coordenadas reales, se procederá a iniciar el proceso de digitalización del levantamiento de uso y cobertura.

**2.3.2.8 Creación de archivos necesarios para la digitalización de la información de uso y cobertura.** Los puntos de control están ubicados en cada aerofotografía e identificados con un número, normalmente son cruces de vías, drenajes, sitios de fácil identificación. En este mapa se encuentra ubicado cada punto e identificado con una etiqueta o numero.

**2.3.2.9 Elaboración de mapa de segmentos de uso y cobertura.** Digitalización de la información de uso y cobertura de los fotocalcos. Para empezar el proceso se deben escoger los siguientes parámetros de acuerdo a la escala; estos son: Snap Tolerance: Definido en metros y pixeles, se define como la distancia permitida para conectar dos segmentos. Se usa un valor igual a 5. Tunnel Tolerance: Definido en metros se define como el ancho del corredor o túnel entre el primero y último de tres puntos. El rango de valores es de 2 a 7.5 metros

**2.3.2.10 Poligonización.** Para este paso es necesario realizar el chequeo de cada uno de los mapas de segmentos creados en el levantamiento de uso y cobertura para asegurar que no haya errores en el trazo de segmentos al hacer la digitalización. Una vez creado el mapa de polígonos finalmente se procede a calcular el histograma.

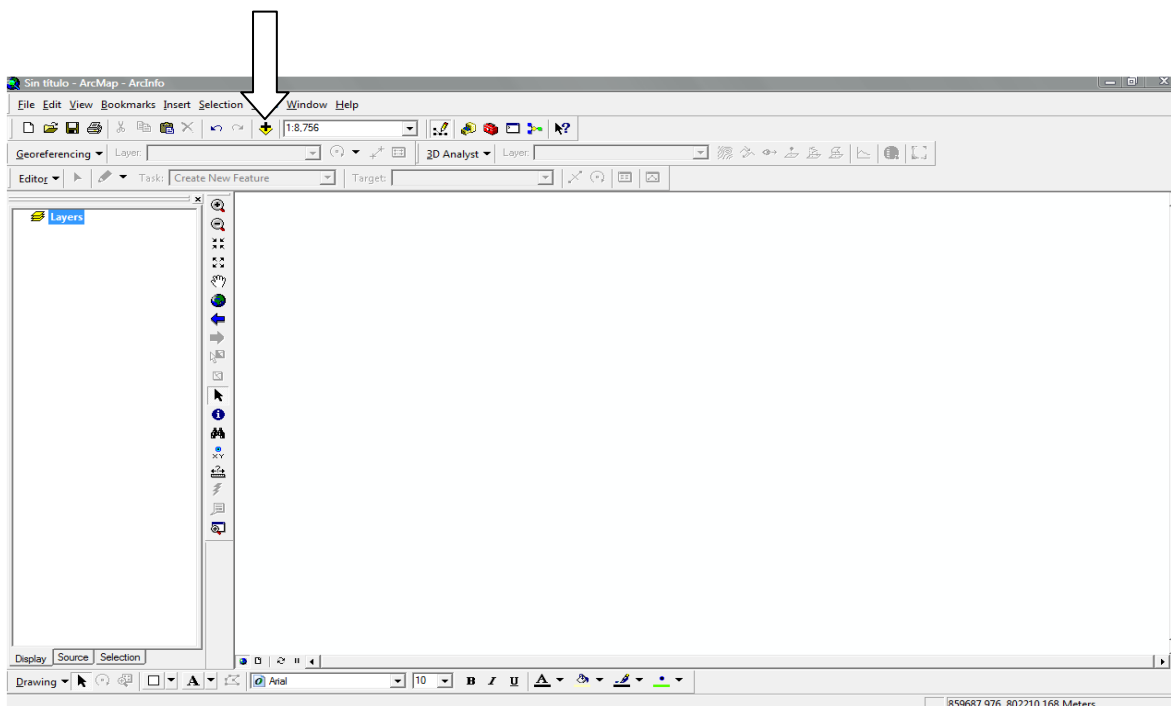
**2.3.2.11 Calculo de Áreas de Uso y Cobertura.** Tras haber calculado el histograma este automáticamente genera las respectivas áreas de cada polígono es decir cada ítem de uso y cobertura levantado en cada uno de los Fotocalcos.

**2.3.2.12 Elaboración de Layouts.** Se hace un archivo de visualización que contenga: Aerofotografía Georeferenciada, mapa de segmentos de uso y cobertura, mapa de puntos de control.

### 2.3.3 Digitalización de cobertura utilizando el sistema de información geográfica Arcgis 9.3

**2.3.3.1 Importación de imágenes en archivo.** Las Aerofotografías se encuentran escaneadas en formato TIFF y por tanto es necesario importarla al ARCGIS. Al finalizar el proceso generado el tipo de formato generado es .IMG. Para la importación de los fotocalcos se realiza el mismo procedimiento. Se muestra a continuación el procedimiento:

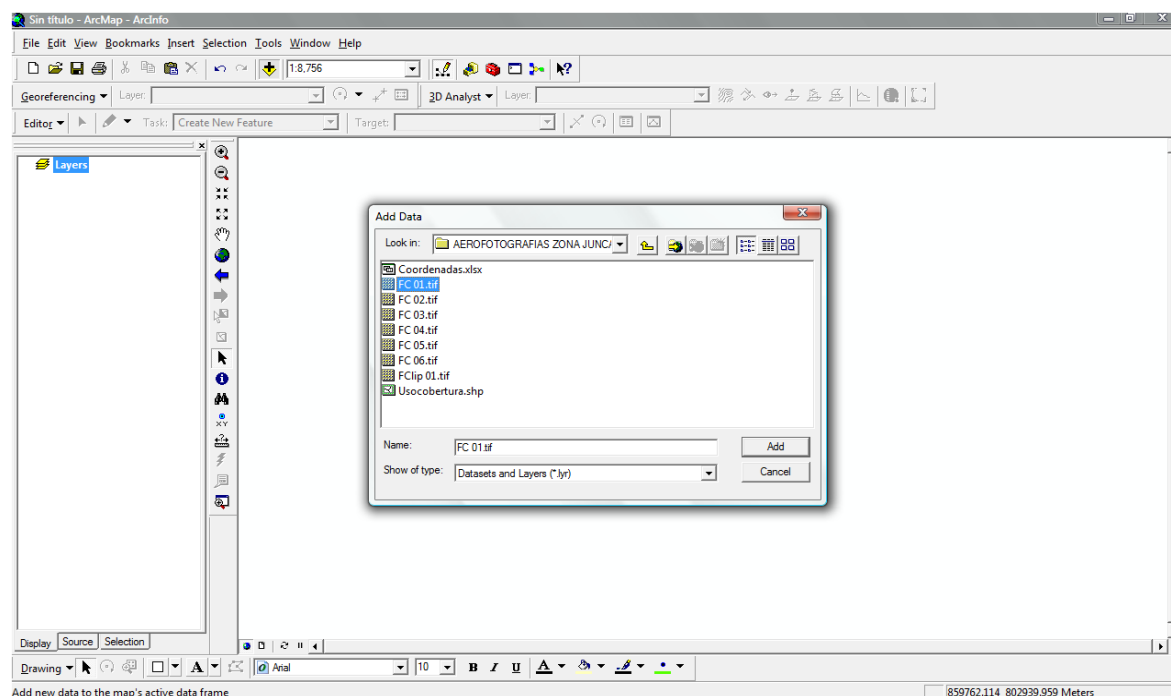
**Ilustración 3.** Adición de datos raster al ArcGis



**2.3.3.2 Creación de archivos de georeferencia en ArcGis.** Estos archivos establecen la relación entre filas y columnas de un archivo raster y el sistema de coordenadas utilizado (para este caso es el TRANSVERSE MERCATOR –ORIGEN BOGOTA). Al finalizar el proceso de georeferenciación se procede a colocar el valor de la distancia principal de la cámara que aparece en una sección marginal de cada aerofotografía de 23x23 cm.

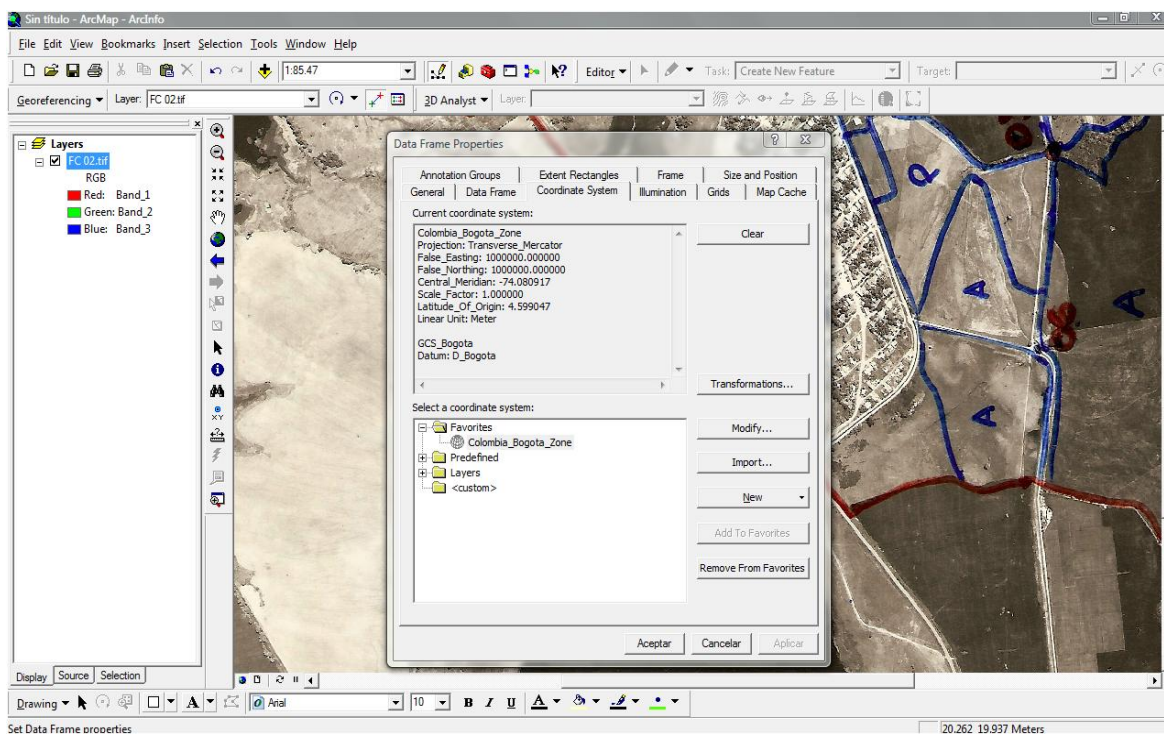
**2.3.3.3 Puntos de control.** Una vez definida la orientación interna de la foto se procede a seleccionar y ubicar los puntos de control para la creación del set de parámetros de orientación externa. Para esto se usarán los 56 puntos de control que fueron tomados en campo mediante GPS.

**Ilustración 4.** Se selecciona la carpeta correspondiente en donde se encuentran los archivos.



Se despliega la imagen para iniciar el proceso de georeferenciación tal y como se ilustra a continuación:

**Ilustración 5.** Selección del sistema de Coordenadas



Antes de iniciar la georeferenciación es necesario seleccionar el Sistema de Referencia a trabajar para esta zona del Juncal Municipio de Palermo:

Colombia\_Bogota\_Zone *ELIPSOIDE INTERNACIONAL* cuyas características son:

*Projection:* Transverse\_Mercator

*False\_Easting (m):* 1000000.00000000

*False\_Northing (m):* 1000000.00000000

*Central\_Meridian:* -74.08091667

*Scale\_Factor:* 1.00000000

*Latitude\_Of\_Origin:* 4.59904722

Al añadir la imagen para georeferenciar se debe desplegar del menú principal del ArcGis la herramienta Georeferencing para iniciar el proceso.

Ilustración 6. Menú para Iniciar el proceso de Georeferencia ARCGIS

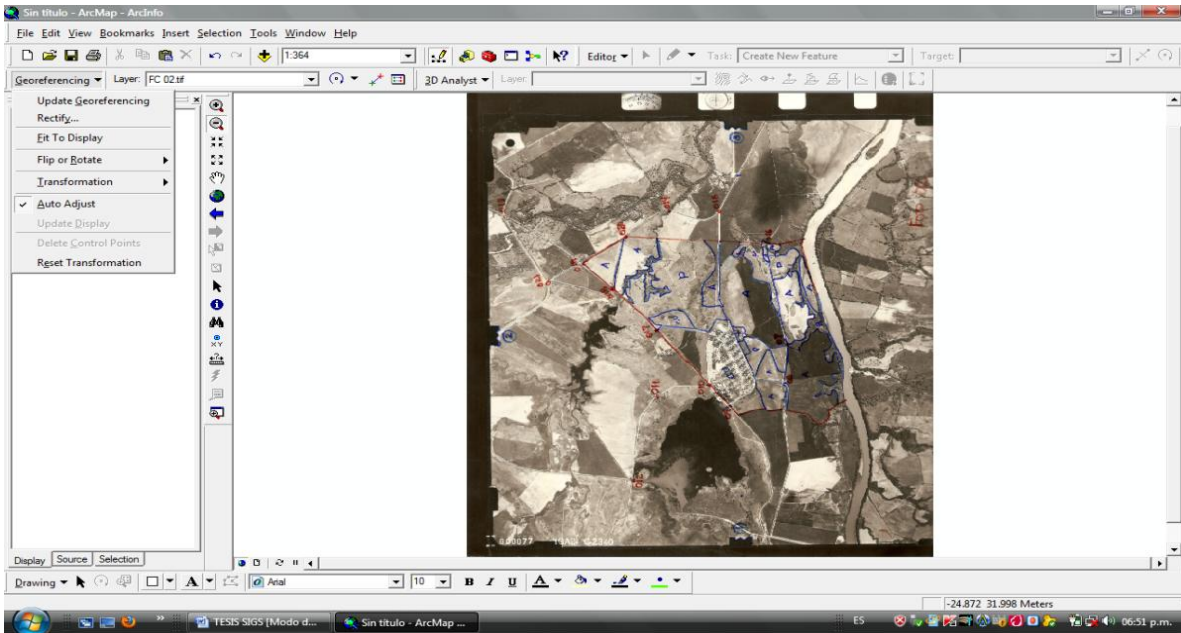
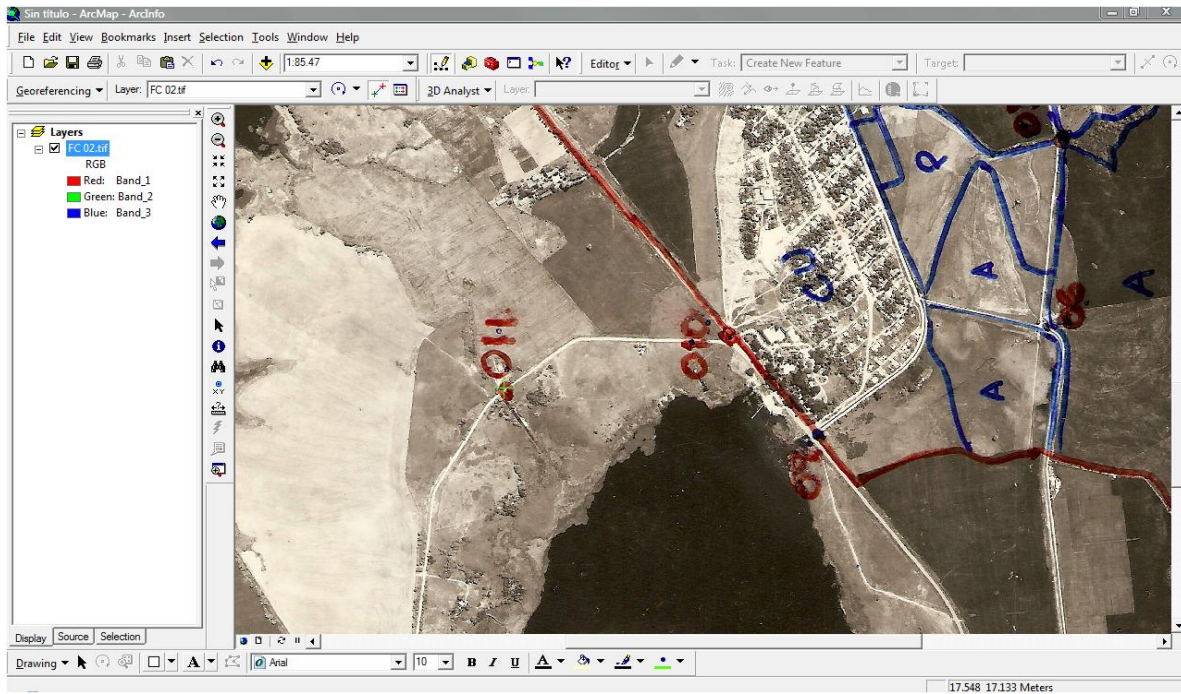


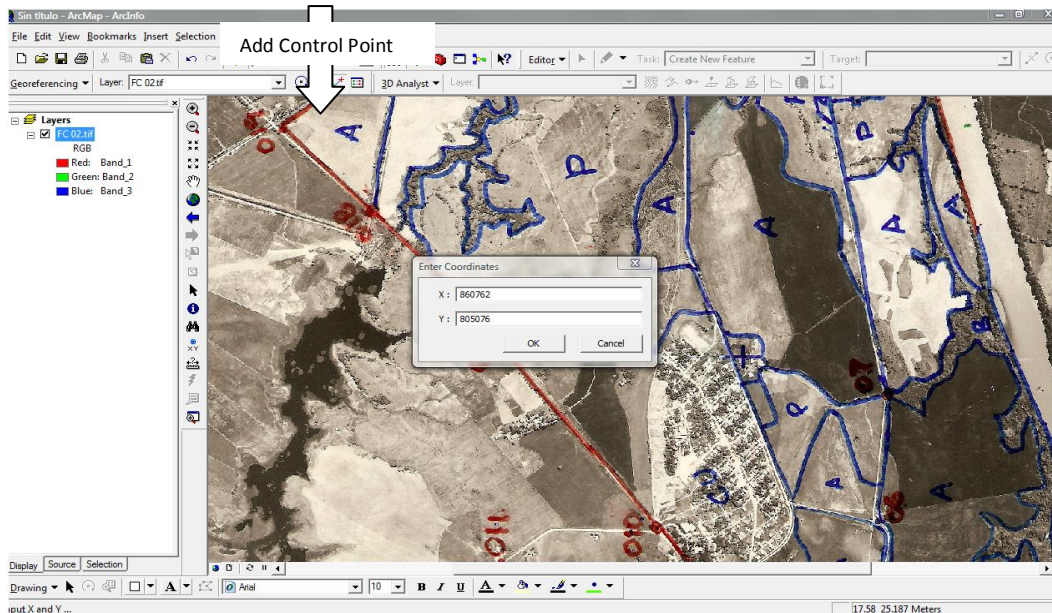
Ilustración 7. Adición de puntos de control en las aerofotografías formato raster





Con base a la tabla de puntos de control tomados en campo a cada una de las aerofotografías, se selecciona cada punto y se asigna las coordenadas correspondientes.

Ilustración 8. Adición de coordenadas en los puntos de control



Se añaden todas las coordenadas tomadas de los puntos de control señalados en cada una de las aerofotografías. Finalizado este proceso se evalúa el error que deberá ser menor a 0.5.

**2.3.3.4 Evaluación del error en cada imagen.** El chequeo para cada aerofotografía y fotocalcos respectivamente deberán tener las siguientes condiciones: Error menor a 0.5 metros. Finalizado el chequeo y realizando los ajustes pertinentes se termina el proceso de georeferenciación de los y fotocalcos. Para que esta sea confiable, se deben digitalizar de 8 a 10 puntos, bien distribuidos sobre las aerofotografías y fotocalcos.

Una vez finalizado el proceso teniendo la imagen raster tanto de los fotocalcos como de las aerofotografías con coordenadas reales, se procederá a iniciar el proceso de digitalización del levantamiento de uso y cobertura.

Ilustración 9. Adición de coordenadas en los puntos de control

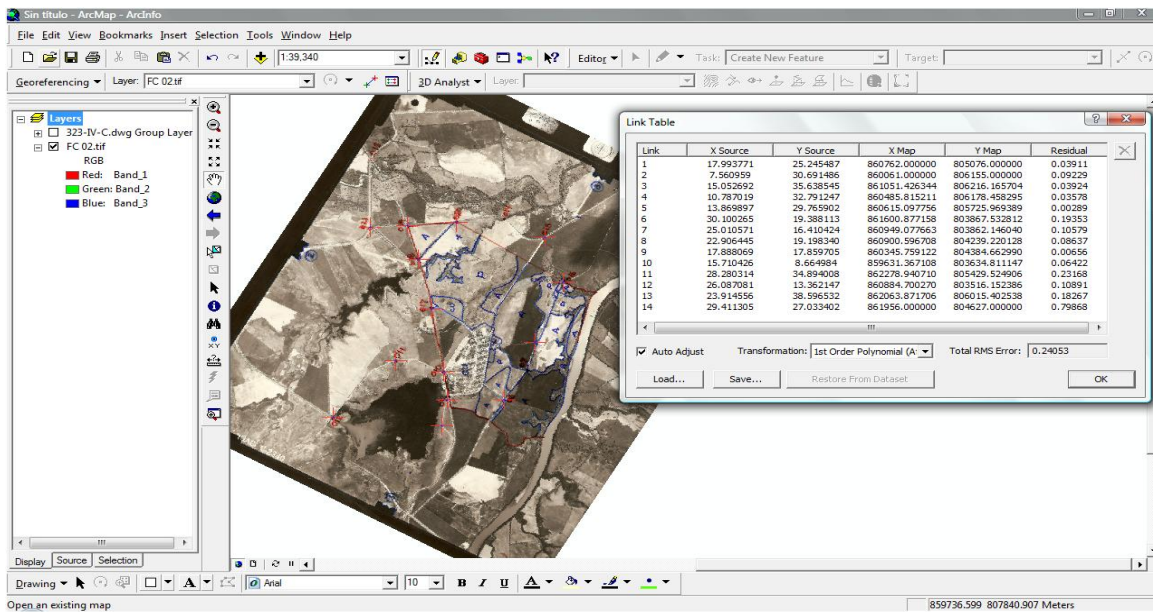
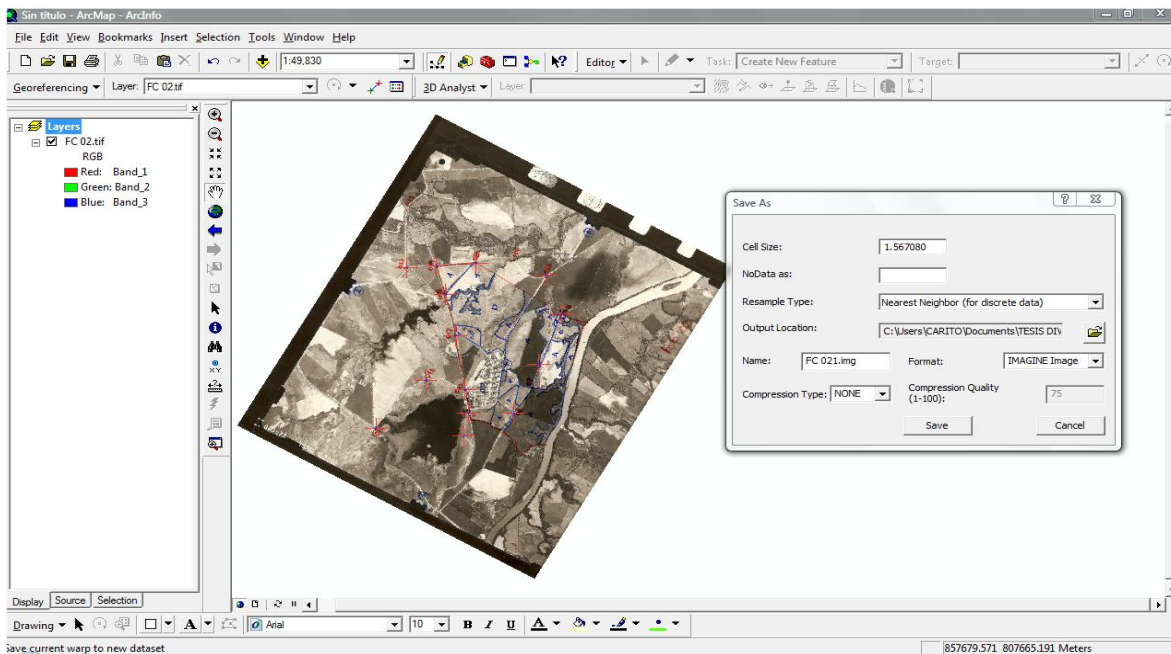


Ilustración 10. Georeferenciación finalizada en formato .IMAGE image (Arc Info)



Teniendo en cuenta que el nombre del nuevo archivo de salida, podrá ser el mismo de la aerofotografía trabajada.

**2.3.3.5 Chequeo y ajuste de la Georeferenciación.** El ajuste de la georeferenciación realizada tomando como base la cartografía digital y de esta manera se evalúa tanto el grado de error como el empalme, como se muestra a continuación. Finalmente se guarda el archivo en formato IMAGINE Image que por defecto trabaja el ArcGis utilizando la herramienta Georeferencing – Rectify – Save As como se ilustra a continuación:

**2.3.3.6 Creación de archivos necesarios para la digitalización de la información de uso y cobertura.** En este mapa se encuentra ubicado cada punto e identificado con una etiqueta o numero. Los archivos creados se encuentran en formato SHAPE (líneas, puntos o polígonos).

**2.3.3.7 Identificación y nomenclatura.** Cada área delimitada se identifica en cada aerofotografía o en cada fotocalco mediante una sigla que represente el tipo de cobertura o el uso del suelo. De acuerdo a las diversas clasificaciones del uso y cobertura, en este caso la nomenclatura es la siguiente:

**Tabla 2.** Nomenclatura de Uso y cobertura

Símbolo	Cobertura
A	Arroz
P	Pastos
B	Bosque de Galería
R	Rastrojos
CU	Casco Urbano
AL	Algodón
PL	Plátano
Z	Maíz
F	Frutales
L	Lagos
Ch	Pantano
C	Cacao

**2.3.3.8 Calculo de Áreas de Uso y Cobertura.** Para calcular el Área de una entidad en ArcGIS dentro de un Shapefile debemos seguir el siguiente procedimiento: Se carga el Proyecto sobre el que se va a editar.



- Se añade la capa de “Polígonos” en este caso la cobertura del área útil de cada aerofotografía. para proceder al cálculo del área de la zona de estudio del juncal.
- Se abre la tabla de dicho shapefile y añadimos un campo que se denominará “Cobertura” o el nombre que queramos asignarle, y seleccionamos de tipo Double – 10 dígitos y 3 o 4 decimales.

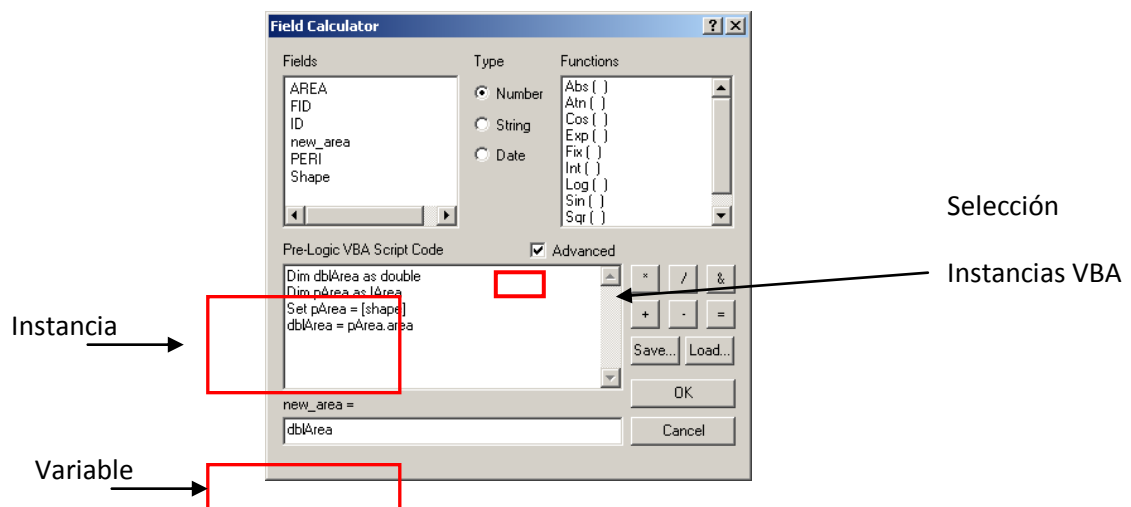
Para ello la capa no podrá estar en edición ya que no estará activa la opción de “Add Field” dentro de las opciones de Tabla.

- Una vez añadido el Campo donde se asignarán los valores de área se comenzará la edición de la capa de cobertura.
- Inicia la edición → Start Editing.
- Se dirige a la tabla, pulsa con el 2º Botón del Ratón en el campo “New Area” y se clickea “ Calculate Values”. Se elige la opción “Advanced” para introducir la instancia de VBA (Visual Basic for Application) que aparece a continuación:

**Dim dblArea as double**  
**Dim pArea as Iarea**  
**Set pArea = [shape]**  
**dblArea = pArea.area**

Y en el campo reservado a la variable introducimos la variable **dblArea**. Finalmente se presiona OK y se tendrá el cálculo de las áreas útiles de cada una de las fotografías aéreas que fue señalada de manera automática.

**Ilustración 11.** Calculo de Área en ArcGis mediante el uso de formula



**2.3.3.9Elaboración de Layouts.** Se hace un archivo de visualización que contenga la aerofotografía Georeferenciada, mapa de segmentos de uso y cobertura.

## 2.4 PROCEDIMIENTO PARA LA CREACIÓN DE UN TIN (DEM)

El 3D Analyst permite crear TINs a partir de temas de puntos, polígonos o líneas, así como también desde Grids o Rasters. El TIN puede crearse en cualquier ArcMap o ArcScene. El TIN se genera a partir de todos los elementos (features) del tema activo, a no ser que sólo se tenga seleccionado un set de features del mismo tema.

Se creó un TIN para la zona de Palermo El Juncal, ocupando curvas de nivel a cada 25 m. Desde ArcMap, se carga toda la cartografía digital que cubre la zona de trabajo estas son: Cartografía **323 IV A**, **323 IV B**, **323 IV C**, **323 IV D**, desde el folder **ARCGIS**.

Ilustración 12. Cartografía 323 IV A

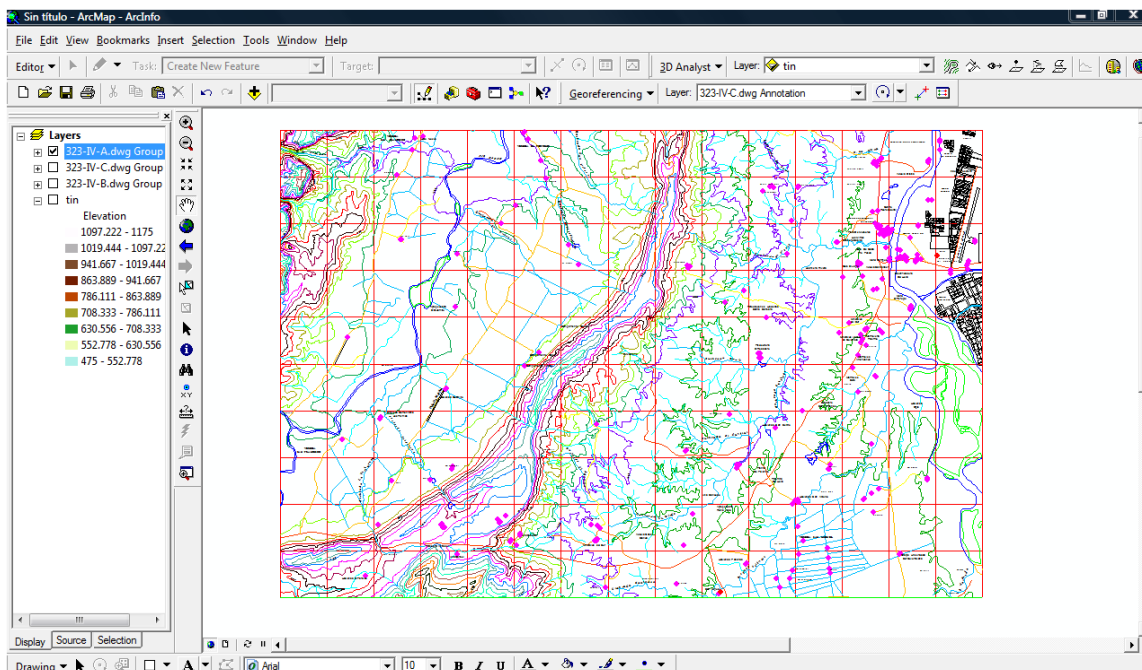


Ilustración 13. Cartografía 323 IV B

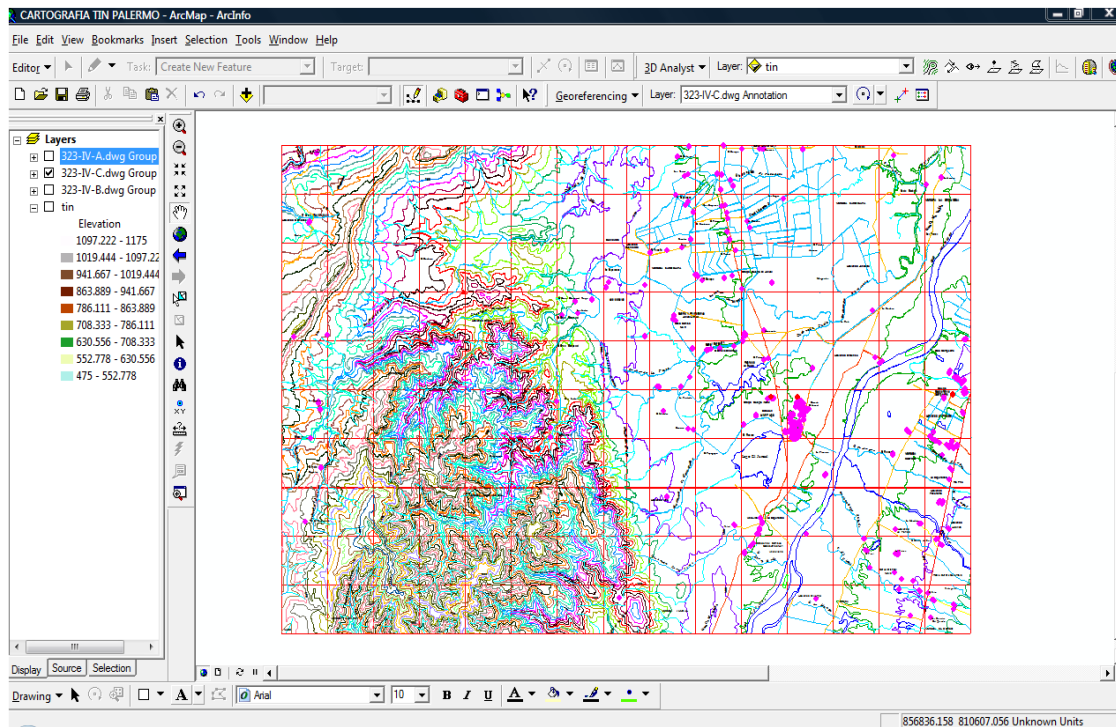


Ilustración 14. Cartografía 323 IV C

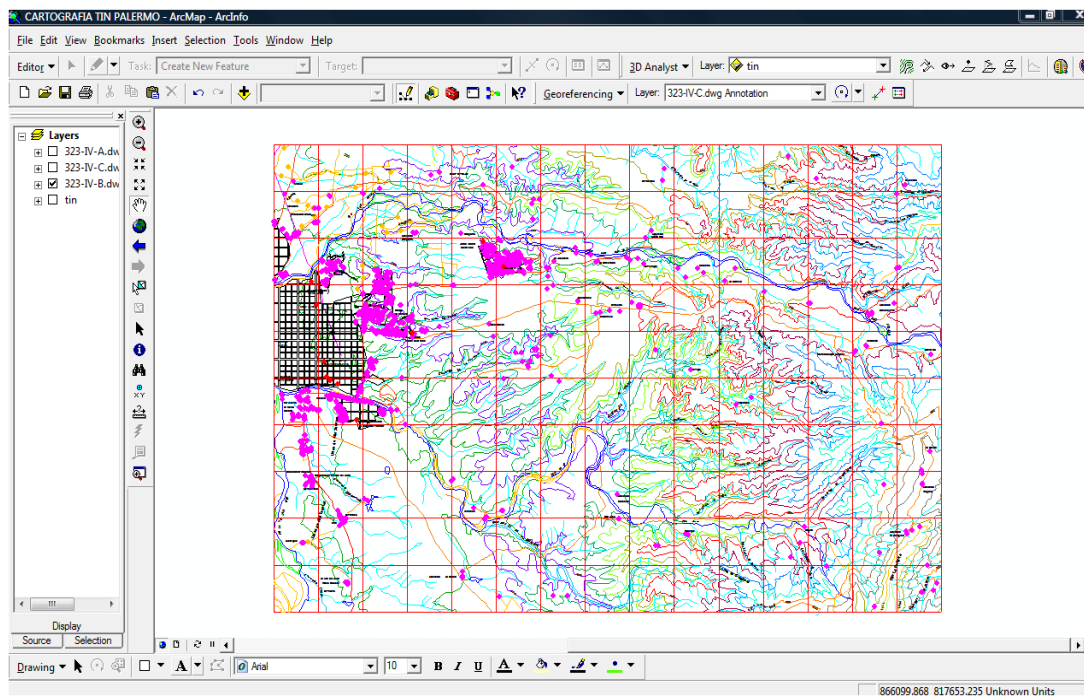
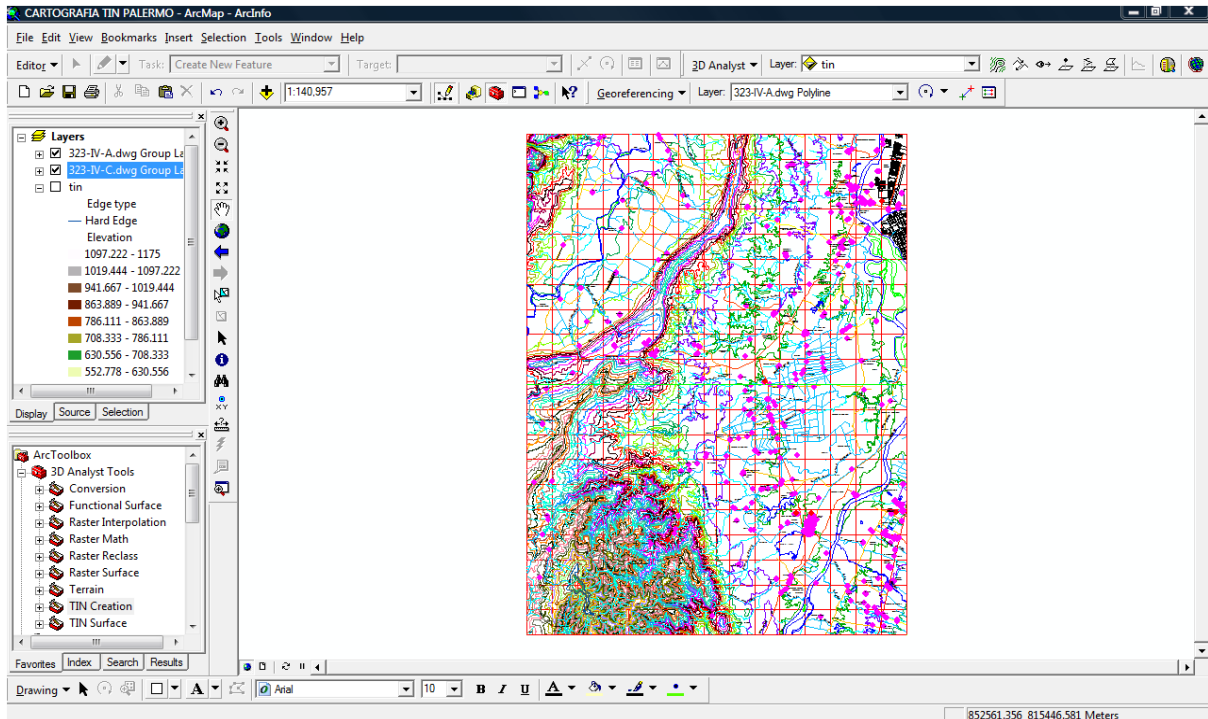
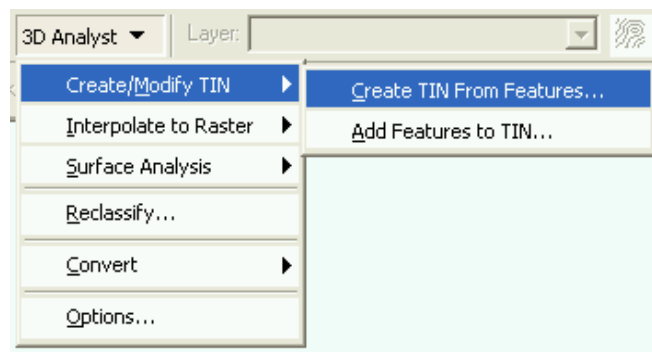


Ilustración 15. Unión De la Cartografía para la Generación del Modelo Digital del Terreno.



En la barra de **3D Analyst**, se selecciona **Create/Modify TIN, Create TIN from Feature**. A partir de la información contenida en la cartografía digital, la información necesaria para la creación de un TIN serán las curvas de nivel, se realiza un proceso corto que permite hacer una interpolación sobre la topografía del terreno, las curvas están cada 25 metros.

Ilustración 16. Introducción de datos



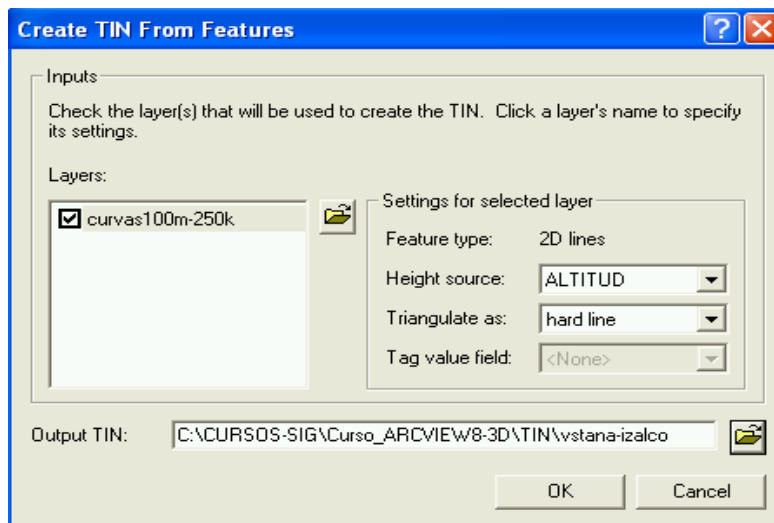


Ilustración 17. Generación del TIN



Para finalizar el proceso se da clic en OK para iniciar la creación del TIN. El TIN es creado y desplegado en la vista. Se recomienda deshabilitar las líneas de las curvas de nivel para mejor visión.

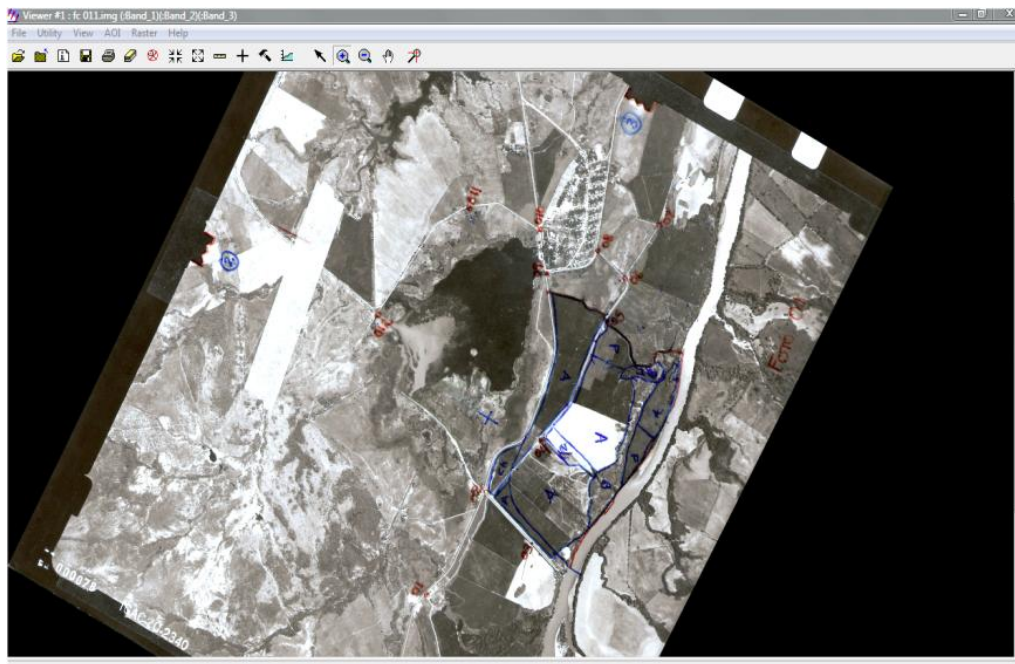
## 2.5 ELABORACION DE MOSAICOS UTILIZANDO EL SOFTWARE ERDAS 9.1

Para la creación de los mosaicos cada una de las aerofotografías se encontrará debidamente georeferenciada, de la misma manera que solo se necesita el área útil, por lo que se debe recortar exclusivamente la zona que se va a trabajar en cada aerofoto, ya que las aerofotografías abarcan superficies geográficas variables, las cuales a veces superan ampliamente el área de estudio que se desea analizar.



Por tal motivo, se realiza un recorte de la imagen mediante un procedimiento conocido como *Subset*. El formato de las imágenes de la aerofotografía debe ser *.img*. Desde la ventana se abre por defecto (viewer 1) Se despliega la aerofotografía de interés en el formato *img*.

Ilustración 18. Visualización del procedimiento Subset las aerofotografías en Erdas



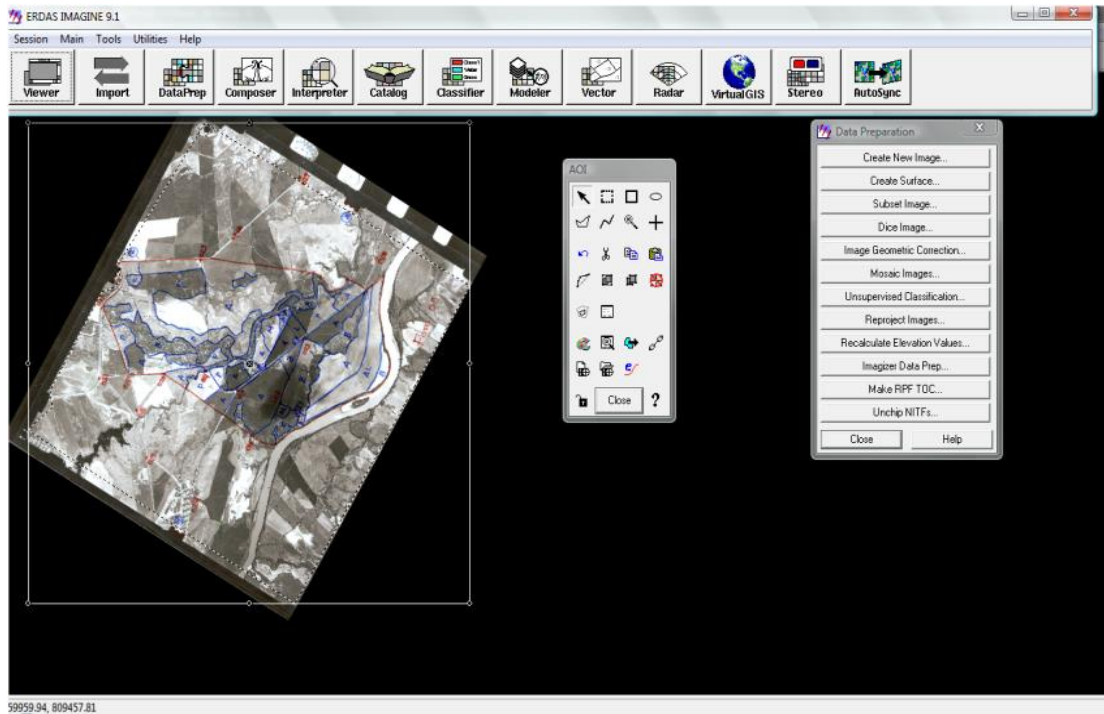
Al realizar el click en el icono correspondiente al modulo DATA PREP del menú principal del Erdas 9.1

Ilustración 19. Visualización del procedimiento Subset las aerofotografías en Erdas



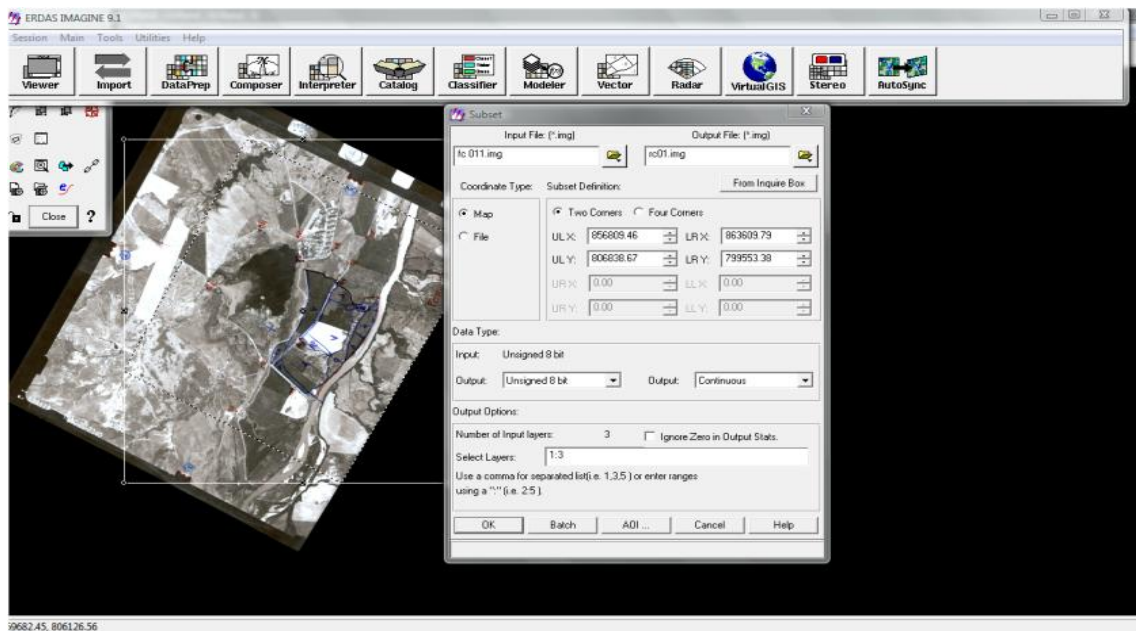
Se despliega en la ventana y se selecciona Subset Image.

Ilustración 20. Visualización del procedimiento Subset las aerofotografías en Erdas



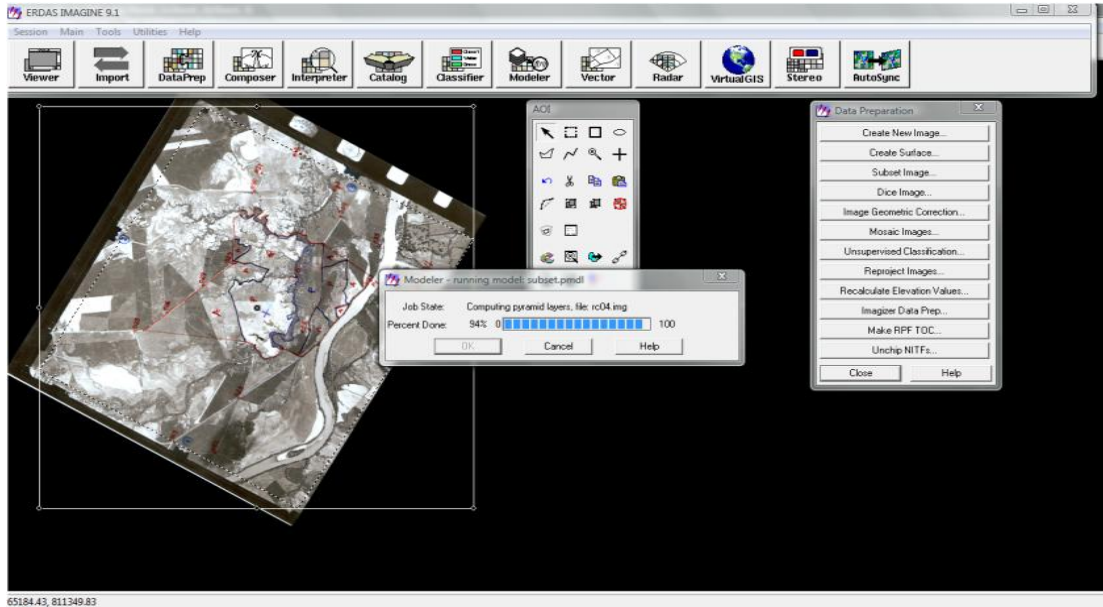
Se abre un cuadro de dialogo (Subset) en el que se selecciona:

Ilustración 21. Visualización del procedimiento Subset las aerofotografías en Erdas



En el cuadro que se despliega la información contenida es: Input: fc 011.img Output: rc01.img Coordinate: Type Map Subset: From AOI, Viewer (De esta manera se selecciona la forma deseada: poligono, circulo, o la mas irregular)

Ilustración 22. Visualización del procedimiento Subset las aerofotografías en Erdas



Se realiza el *Subset* de la zona en la aerofotografía que se procesará el resultado del procesamiento es el siguiente,

Ilustración 23. Visualización del procedimiento Subset las aerofotografías en Erdas

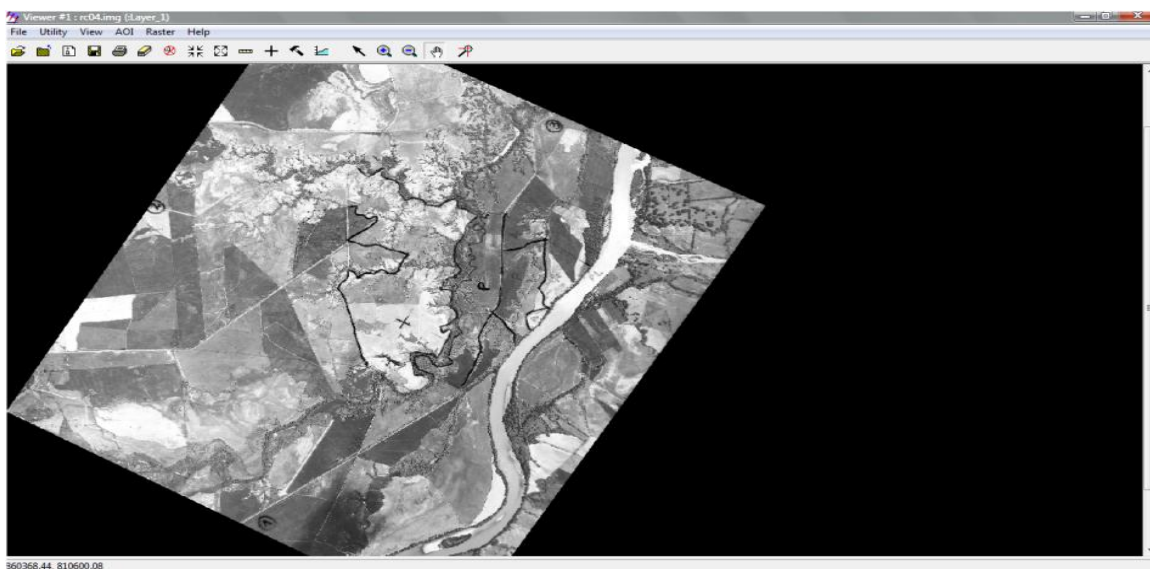
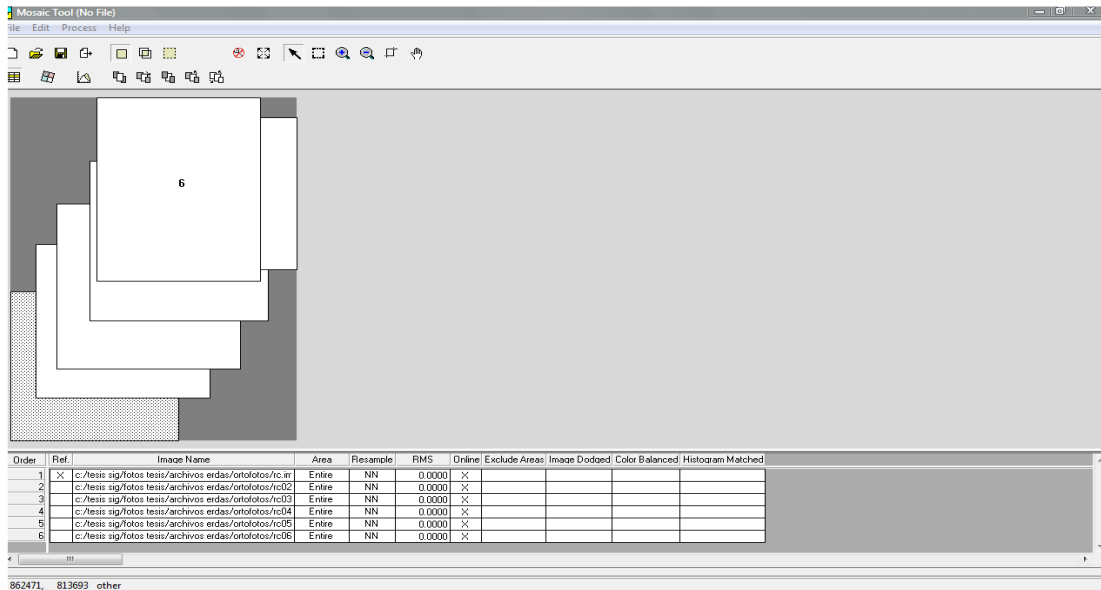


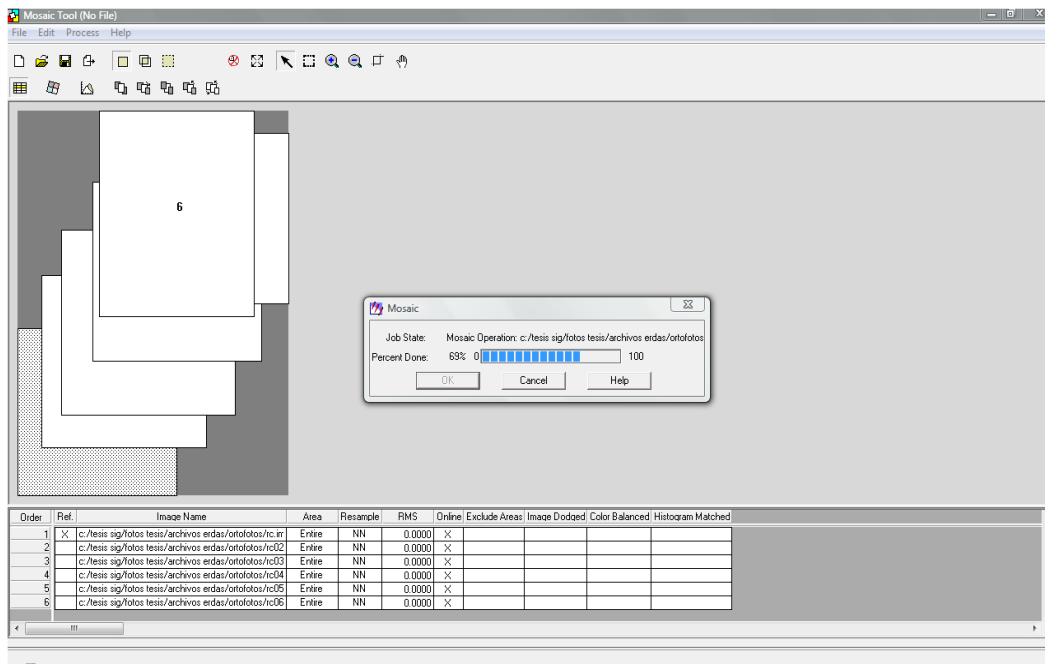


Ilustración 24. Visualización del procedimiento Subset las aerofotografías en Erdas



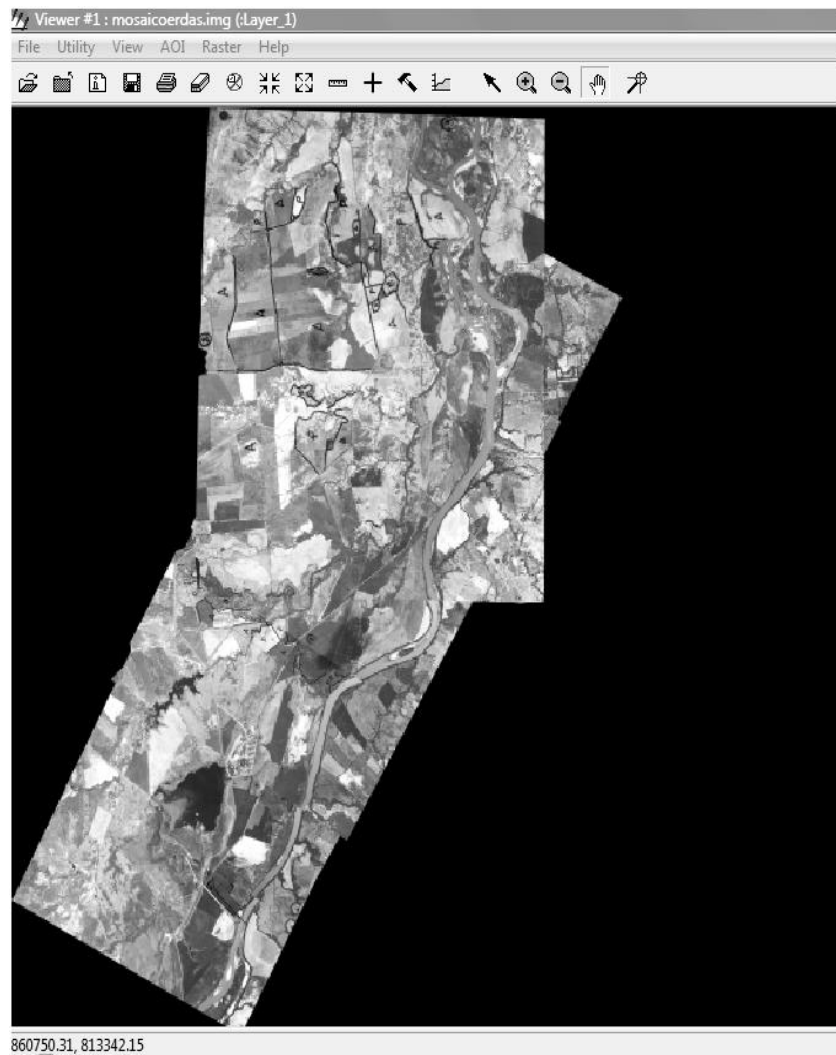
Una imagen georeferenciada, limpia y lista para ser procesada en la elaboración de mosaicos. Seleccionando DATA PREP en el cuadro menú principal de Erdas, y se selecciona Mosaic Image. Se selecciona de la carpeta en la cual se trabaja y se adicionan una a una las aerofotografías georeferenciadas previamente como se ve a continuación:

Ilustración 25. Visualización del procedimiento Mosaic Tool las aerofotografías en Erdas



Se adicionaron las 6 aerofotografías, una vez seleccionada se usa la herramienta MOSAIC TOOL la opción Process y dentro de ella RUN MOSAIC, se obtiene lo siguiente:

Ilustración 26. Creación del Foto mosaico en Erdas Imagine 9.1



Ahora se ha generado un fotomosaico georeferenciado y geoméricamente corregido de las aerofotografías recientemente. Puede que este limitado por la capacidad del computador; especialmente si las fotografías fueron escaneadas con alta resolución, en este trabajo se utilizaron fotografías escaneadas a 500 d.p.i.. El fotomosaico, cubre específicamente una parte del área de estudio que corresponde al Sector del Juncal.

### 3. RESULTADOS

#### 3.1 REPRESENTACION GRAFICA DE LOS FOTOCALCOS

De acuerdo a la metodología anteriormente explicada se presenta orientación de las líneas fiduciales y la norte de cada una de los fotocalcos.

Ilustración 27. Preparación Fotocalco 01

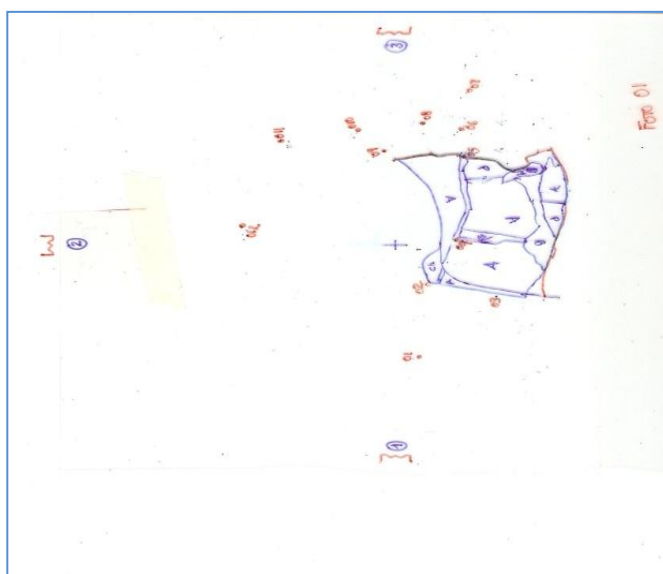


Ilustración 28. Preparacion Fotocalco 02

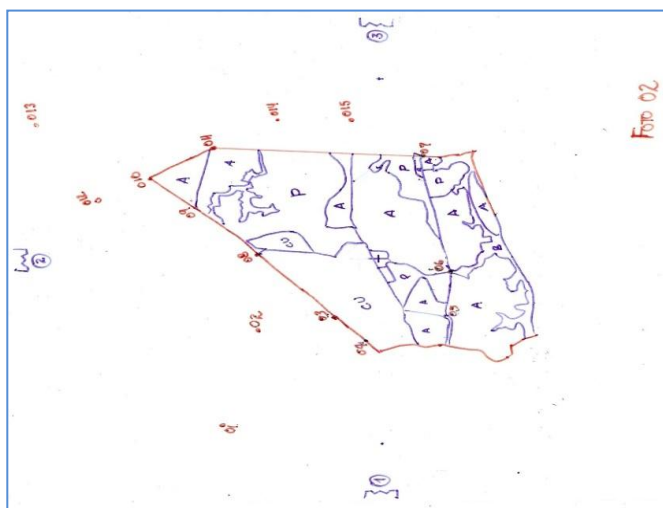


Ilustración 29. Preparación fotocalco 03

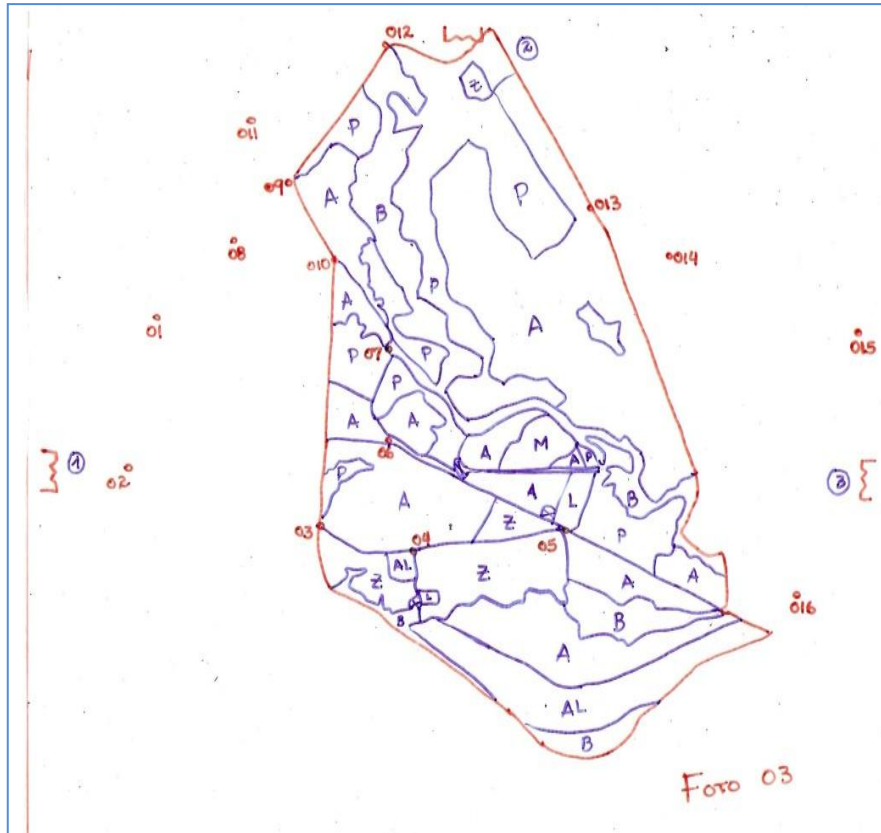


Ilustración 30. Preparación Fotocalco 04

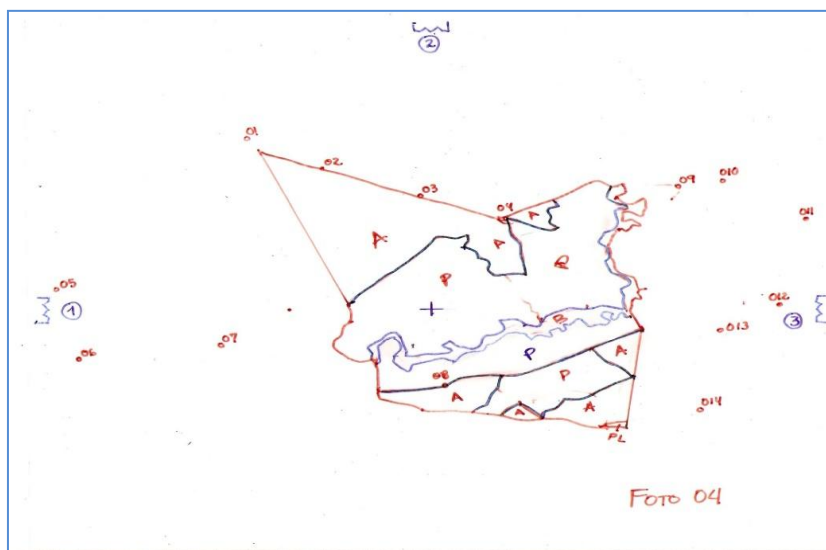


Ilustración 31. Preparación Fotocalco 05

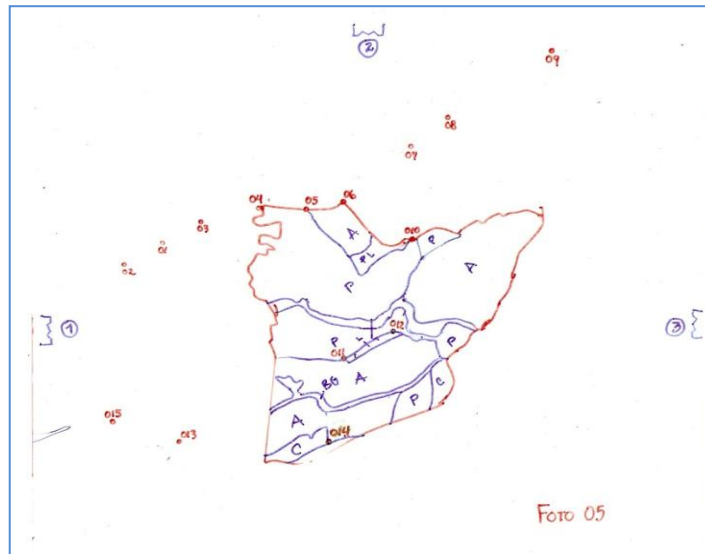
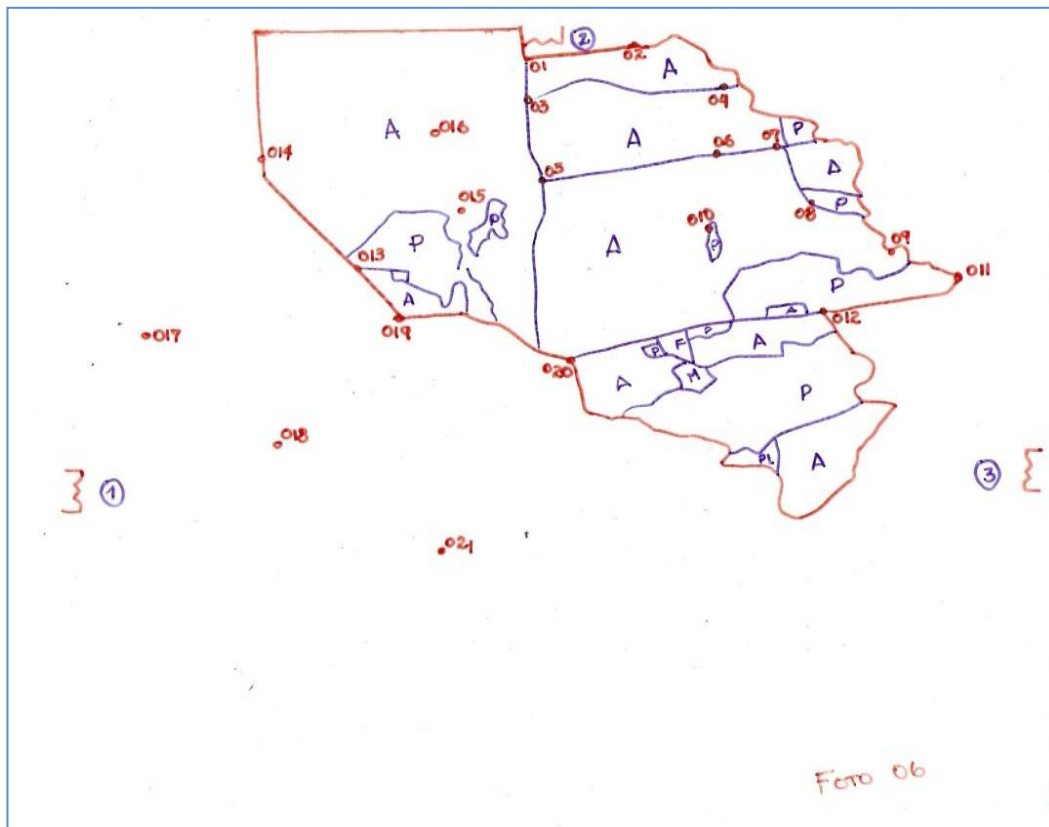


Ilustración 32. Preparación Fotocalco 06



### 3.3 TOMA DE PUNTOS DE CONTROL

Fue necesario realizar en campo una toma de 56 puntos de control con un GPS distribuido en diferentes zonas de cada fotocalco aérea. En la siguiente tabla se muestran los resultados.

Tabla 3. Distribución de puntos de control y coordenadas expresados en metros (m)

Punto	FOTO 01 COORDENADA		Punto	FOTO 02 COORDENADA		Punto	FOTO 03 COORDENADA		Punto	FOTO 04 COORDENADA		Punto	FOTO 05 COORDENADA		Punto	FOTO 06 COORDENADA	
1	x	0860028	6	x	0861542	13	x	0860069	15	x	0862023	27	x	0862930	19	x	0860465
	y	0801664		y	0803857		y	0807072		y	0805971		y	0808811		y	0806178
2	x	0860480	7	x	0861811	14	x	0861605	22	x	0862657	28	x	0864434	21	x	0860061
	y	0802377		y	0804240		y	0806240		y	0805823		y	0808092		y	0806155
3	x	0860846	9	x	0860942	15	x	0862023	23	x	0863012	30	x	0863237	23	x	0863012
	y	0802739		y	0803914		y	0805971		y	0806682		y	0809926		y	0806682
4	x	0860895	10	x	0860878	16	x	0862243	25	x	0861498	31	x	0863332	28	x	0864434
	y	0802739		y	0804207		y	0805364		y	0807728		y	0810204		y	0808092
5	x	0861399	11	x	0860338	17	x	0860762	26	x	0861973	32	x	0863900	29	x	0862485
	y	0803564		y	0804365		y	0805076		y	0808018		y	0810514		y	0808444
6	x	0861542	12	x	0859629	18	x	0860609	27	x	0862930	33	x	0864476	31	x	0863332
	y	0803857		y	0803622		y	0806178		y	0808811		y	0809981		y	0810204
7	x	0861811	13	x	0860069	19	x	0860465	28	x	0864434	34	x	0864470	42	x	0860690
	y	0804240		y	0807072		y	0806178		y	0808092		y	0809532		y	0809926
8	x	0861329	14	x	0861605	20	x	0861003	29	x	0862485	35	x	0865023	43	x	0860599
	y	0804059		y	0806240		y	0806204		y	0808444		y	0809068		y	0810789
9	x	0860942	15	x	0862023	21	x	0860061	30	x	0863237	36	x	0862930	44	x	0861070
	y	0803914		y	0805971		y	0806155		y	0809926		y	0808468		y	0809923
10	x	0860878	16	x	0862243	22	x	0862657	31	x	0863332	37	x	0862924	45	x	0861004
	y	0804207		y	0805364		y	0805823		y	0810204		y	0809173		y	0811534
11	x	0860338	17	x	0860762	23	x	0863012	32	x	0863900	38	x	0863042	46	x	0861771
	y	0804365		y	0805076		y	0806682		y	0810514		y	0809610		y	0810026
12	x	0859629	18	x	0860609	24	x	0861409	33	x	0864476	39	x	0863177	47	x	0861597
	y	0803622		y	0806178		y	0804532		y	0809981		y	0810917		y	0811462
			19	x	0860465	25	x	0861498	34	x	0864470	40	x	0863124	48	x	0861550
				y	0806178		y	0807728		y	0809532		y	0811286		y	0811985
			20	x	0861003	26	x	0861973	35	x	0865023	41	x	0864028	49	x	0862060
				y	0806204		y	0808018		y	0809068		y	0807749		y	0812217
			21	x	0860061	27	x	0862930				56	x	0863024	50	x	0862530
				y	0806155		y	0808811		y	0812294		y	0812871		y	0812871
						28	x	0864434							51	x	0862278
							y	0808092								y	0811361
															52	x	0862742
														y		0813414	
															53	x	0861496
														y		0807728	
															54	x	0861990
														y		0809335	
															55	x	0861298
														y		0809163	
															56	x	0863032
														y		0812290	

### 3.4 CALCULO DE ESCALAS EN CADA UNA DE LAS FOTOGRAFIAS AEREAS.

La fórmula para la determinación de las escalas es la siguiente:

$$1 / E = df / DT \quad \text{donde,} \quad \begin{array}{l} df = \text{Distancia en la fotografía} \\ DF = \text{Distancia en el terreno} \\ E = \text{Módulo Escalar} \end{array}$$

Tabla 4. Determinación de escalas

FOTO	LINEA DE VUELO	CONSECUTIVO	ESCALA
1	C 2340	78	1 : 22000
2	C 2340	77	1 : 22000
3	C 2340	76	1 : 22000
4	C 2340	75	1 : 22000
5	C 2340	74	1 : 22000
6	C 2358	64	1 : 38000

### 3.5 CALCULO DE LAS AREAS EFECTIVAS DE CADA AEROFOTOGRAFIA MEDIANTE EL USO DE LA MALLA DE PUNTOS

Para la determinación de áreas se utilizo la siguiente fórmula, por el método de la malla de puntos.

$$\text{Malla 1 } At = \left( \frac{E}{20000} \right)^2 * \text{No. de Puntos}$$

$$\text{Malla 2 } At = \left( \frac{E}{50000} \right)^2 * \text{No. de Puntos}$$

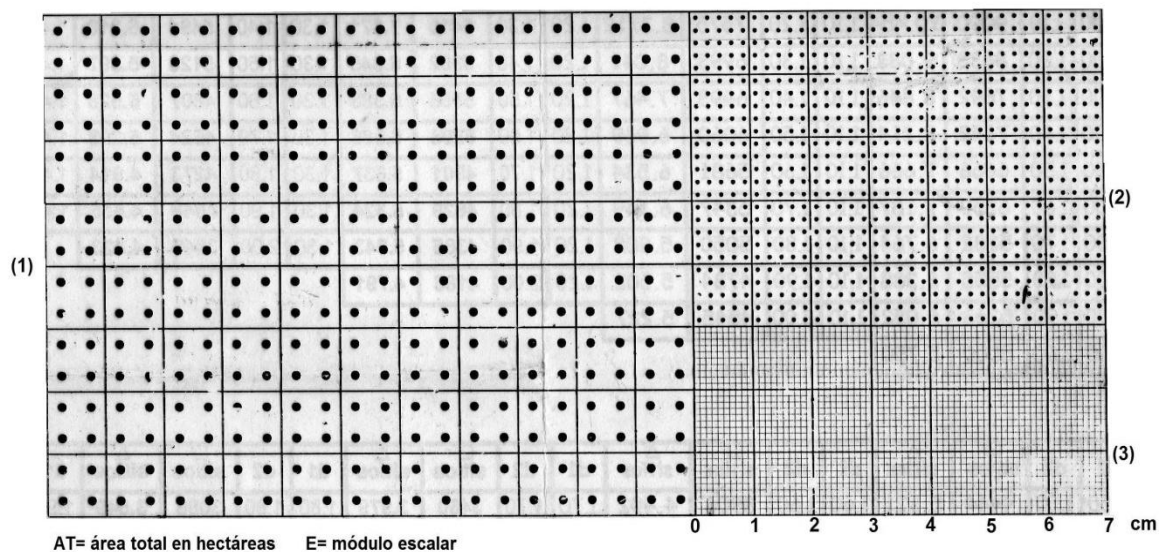
$$\text{Malla 3 } At = \left( \frac{E}{100000} \right)^2 * \text{No. de Puntos}$$

Donde;

$AT$  = Área total en hectáreas (Ha)

$E$  = Módulo Escalar

Ilustración 33. Malla de Puntos para estimación de áreas



**MALLA DE PUNTOS (Para estimación de áreas)**

FUENTE: manual para cálculo de áreas Federación Nacional de Cafeteros 2006

Tabla 5. Cálculo del Área efectiva en la Aerofotografía N. 01

FOTO 01	Código	N. de puntos	N. de malla	Área (Ha)
A	1	131	2	25.36
	3	73	3	3.53
	4	167.5	2	32.43
	5	146	2	28.27
	12	141	3	6.82
Subtotal				<b>96.41</b>
P	7	126	3	6.1
	11	81	3	3.92
Subtotal				<b>10.02</b>
B	8	284	3	13.75
	10	46	3	2.23
Subtotal				<b>15.97</b>
R	9	67	3	3.24
	Subtotal			
Z	6	78	3	3.78
	Subtotal			
Ch	2	73	3	3.53
Total area efectiva				<b>132.95</b>



Tabla 6. Calculo del Área efectiva en la Aerofotografía N. 02

FOTO 02	Código	N. de puntos	N. de malla	Área (Ha)
A	1	210	3	10.16
	2	81	3	3.92
	6	175	2	33.88
	7	171	3	8.28
	8	127	3	6.15
	12	244.5	3	11.83
	14	18	2	3.48
	15	221.5	2	42.88
	16	152.5	2	29.52
	18	37	3	1.79
	20	120	3	5.81
	Subtotal			
P	4	277.5	2	53.72
	9	191	3	9.24
	13	235	3	11.37
	17	140	3	6.78
	Subtotal			
B	3	162	3	7.84
	19	428	3	20.72
	Subtotal			
CU	5	318	2	61.56
	11	15	3	0.73
	Subtotal			
L	10	15	3	0.73
<b>Total área efectiva</b>				<b>330.4</b>

Tabla 7. Calculo del Área efectiva en la Aerofotografía N. 03

FOTO 03	Código	N. de puntos	N. de malla	Área (Ha)
A	5	701.5	2	135.81
	8	175	3	8.47
	9	142	3	6.87
	11	26	3	1.26
	13	192	3	9.29
	16	152	3	7.36
	17	116	3	5.61
	19	149	3	7.21
	20	232	2	44.92
	28	80	2	15.49
	30	196.5	2	38.04
	33	95	2	18.39
	Subtotal			
P	1	37.5	2	7.26
	3	416	2	80.54
	6	207	3	10.02
	7	229	3	11.08
	12	174	3	8.42
		66	2	12.78
	15	63	3	3.05
	18	229	3	11.08
	21	62	3	3
	Subtotal			
B	2	204	2	39.49
		439	3	21.25
	24	122	3	5.9
	29	80	2	15.49
	32	174	3	8.42
	Subtotal			
Z	4	50	3	2.42
	22	136	3	6.58
	23	248	3	12
	27	158	2	30.59
	Subtotal			
AI	25	54	3	2.61
	31	226.5	2	43.85
	Subtotal			
L	14	101	3	4.89
	26	14	3	0.68
	Subtotal			
R	10	186	3	9
<b>Total área efectiva</b>				<b>649.14</b>

Tabla 8. Calculo del Área efectiva en la Aerofotografía N. 04

FOTO 04	Código	N. de puntos	N. de malla	Área (Ha)
A	1	467	2	90.41
	2	83	3	4.02
	6	68	2	13.16
	8	43	3	2.08
	9	128	3	6.2
	10	69	2	13.36
	Subtotal			<b>129.23</b>
P	3	678	2	131.26
	5	211	2	40.85
	7	139	2	26.91
	Subtotal			<b>199.02</b>
B	4	516	3	24.97
	Subtotal			
PI	11	12	3	0.58
Total área efectiva				<b>353.8</b>

Tabla 9. Calculo del Área efectiva en la Aerofotografía N. 05

FOTO 05	Código	N. de puntos	N. de malla	Área (Ha)
A	1	59	2	11.42
	4	304	2	58.85
	8	204	2	39.49
	10	133.5	2	25.85
	Subtotal			<b>135.62</b>
P	3	378	2	73.18
	6	166	2	32.14
	12	149	3	7.21
	Subtotal			<b>112.53</b>
B	5	227	3	10.99
	9	127	3	6.15
	Subtotal			<b>17.13</b>
C	11	126	3	6.1
	13	93	3	4.5
	Subtotal			<b>10.6</b>
PI	2	97	3	4.69
	Subtotal			
L	7	50	3	2.42
Total área efectiva				<b>282.99</b>

Tabla 10. Calculo del Área efectiva en la Aerofotografía N. 06

FOTO 06	Código	N. de puntos	N. de malla	Área (Ha)
A	1	131	1	448,35
	4	143	3	19,58
	5	169.5	1	580,11
	10	29	3	3,97
	11	81	2	44,36
	15	63	2	34,50
	19	109	2	59,69
	Subtotal			1190,55
P	2	57	3	7,80
	3	126	2	69,00
	7	44	3	6,02
	8	56	3	7,67
	9	130.5	2	71,46
	12	10	3	1,37
	14	27	3	3,70
	17	228	2	124,85
	6	18	3	2,46
	Subtotal			294,34
R	16	44	3	6,02
PI	18	56	3	7,67
F	13	40	3	5,48
Total área efectiva				1504,05

Tabla 11. Calculo del Área Efectiva total de las aerofotografías

USO	Área (Ha)
A	2008,24
P	844,26
B	177,19
R	18,27
CU	62,29
AL	46,46
PL	12,94
Z	55,37
F	5,48
L	8,71
Ch	3,53
C	10,60
<b>AREA TOTAL</b>	<b>3253,35</b>

### 3.6 DIGITALIZACION DE USO Y COBERTURA MEDIANTE EL USO DE ILWIS 3.1

Ilustración 34. Visualización del DEM en ILWIS

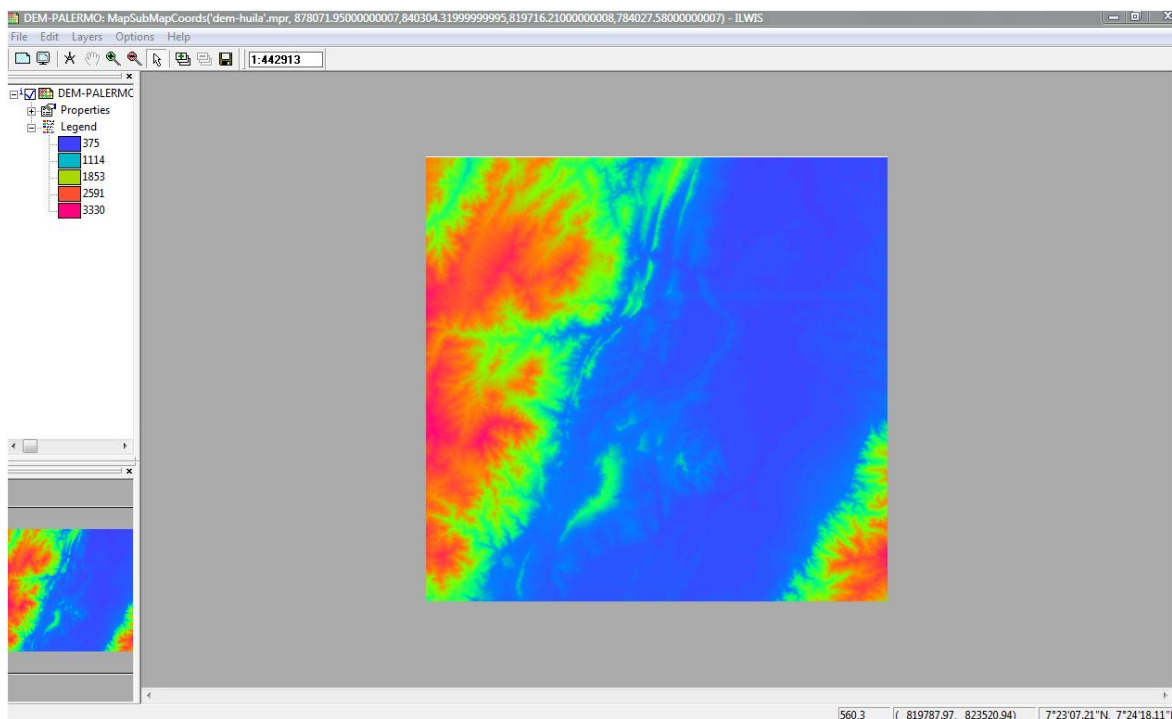


Ilustración 35. Fotografía Aérea Importada al Sistema de Información ILWIS

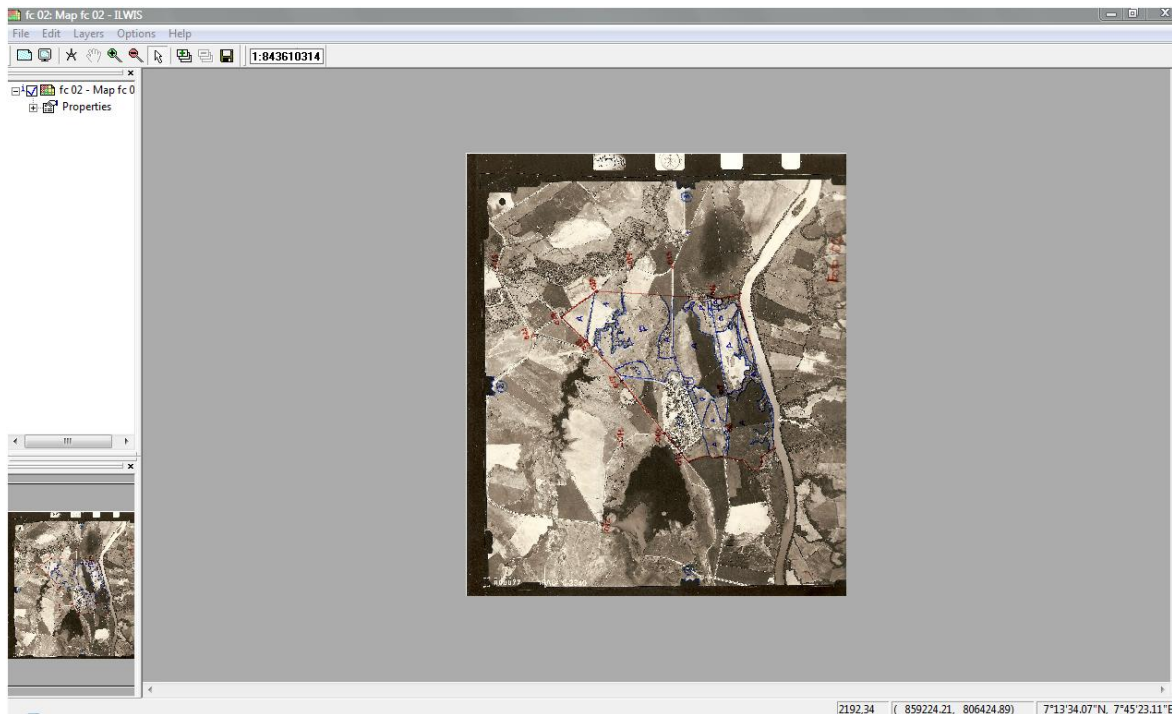


Ilustración 36. Inserción de las Información de marcas fiduciales en llwis.

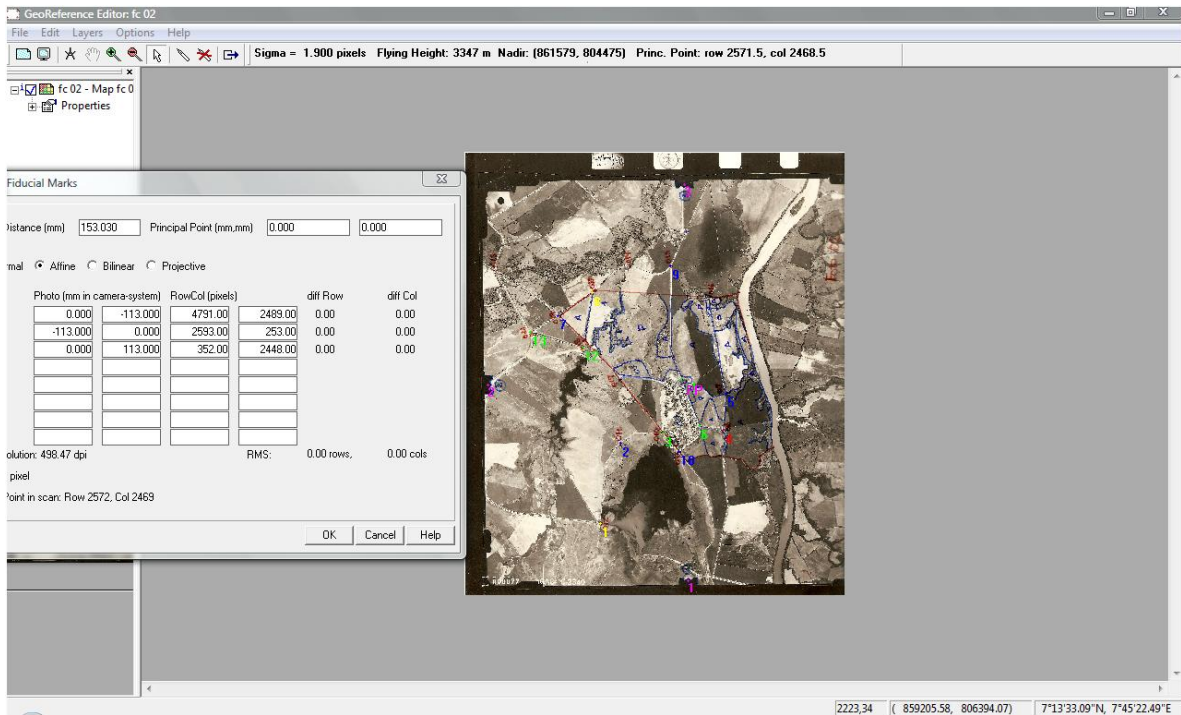
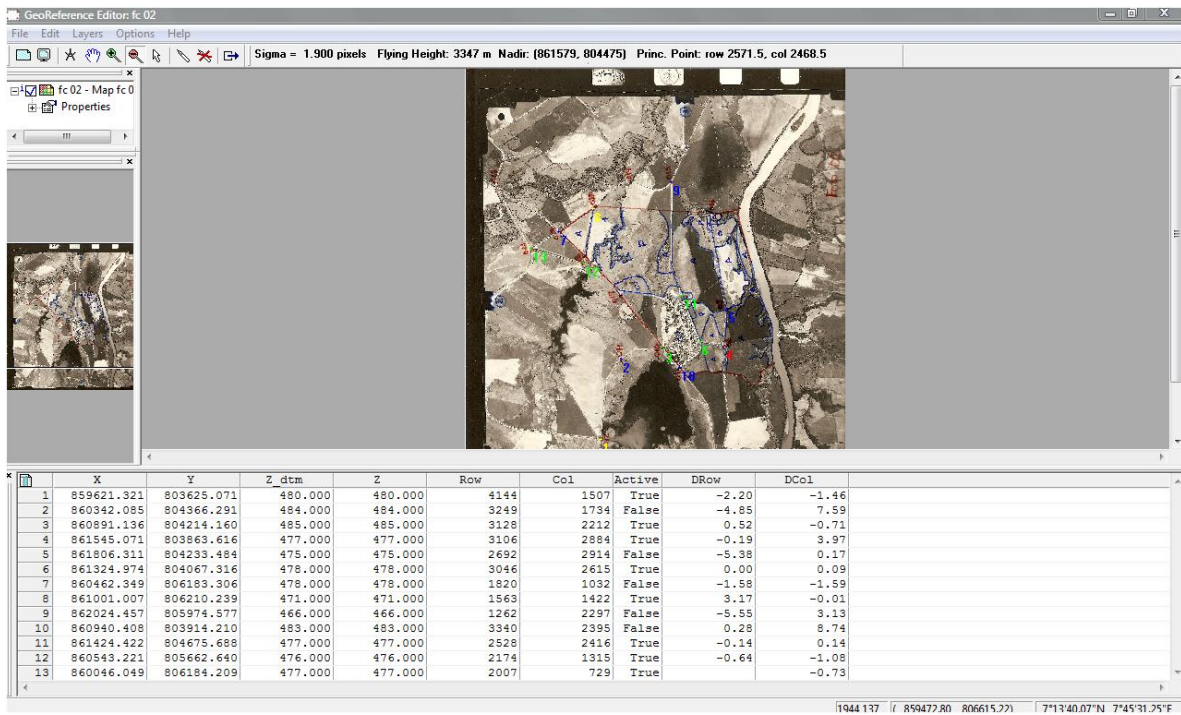


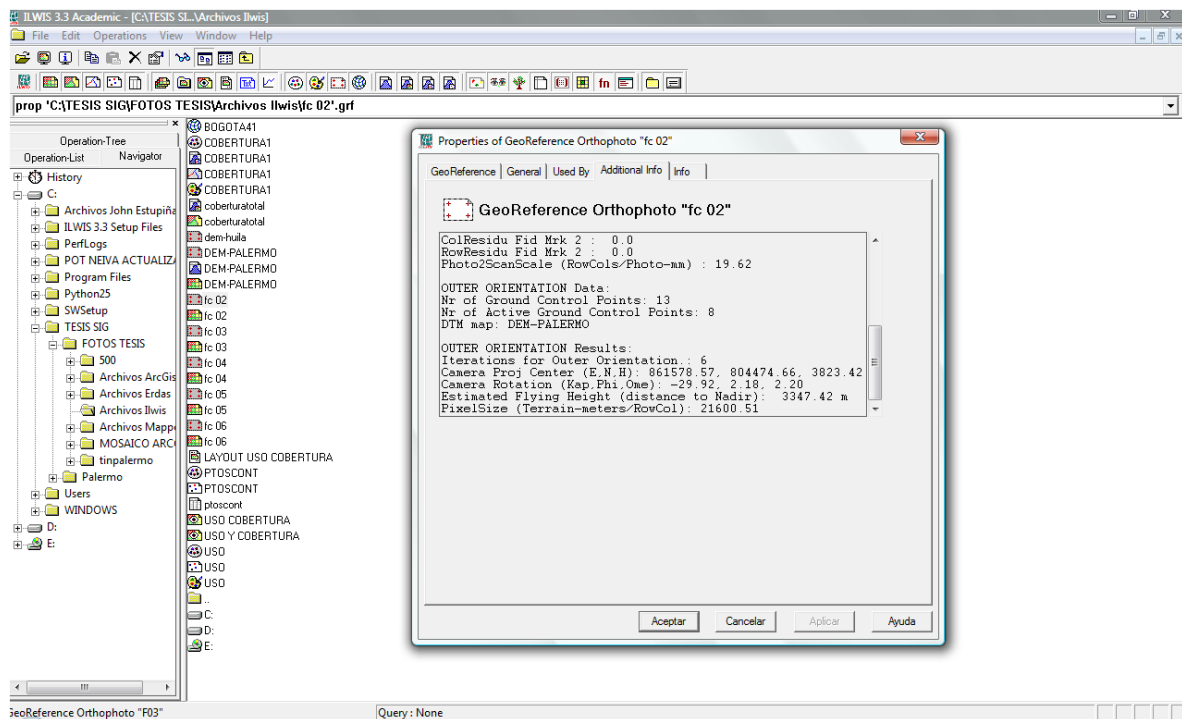
Ilustración 37. Georeferenciación Completa de la Aerofoto como ejemplo la N.01.



De acuerdo a los parámetros que se deben tener en cuenta para una buena georeferenciación explicada anteriormente en la metodología, al desplegar los datos de la

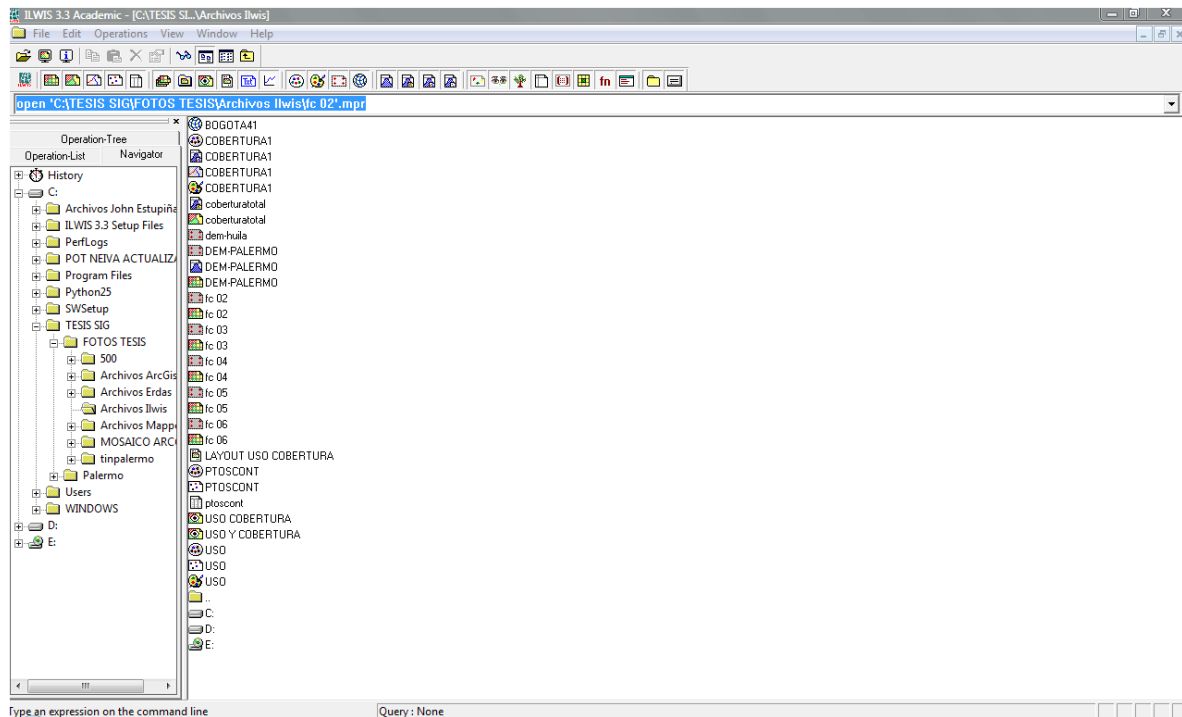
Georeferencia se deben tener en cuenta que los ángulos no sean superiores a 3.5 ni el sigma mayor a 12. Como se muestra en la ilustración 36 se cumplió con cada uno de los parámetros y se procedió a crear cada uno de los archivos raster de puntos y polígonos para iniciar la interpretación del uso y cobertura.

Ilustración 38. Chequeo de Ángulos en información adicional-



Se evaluó cada georeferenciación, como se ve en la ilustración N. 38. Los datos de cada Georeferenciación se muestran a continuación en tablas expresando los detalles de la localización de las marcas fiduciales, el número de puntos de control que se utilizaron en la georeferenciación, cabe destacar que a pesar de que en cada fotografía se utilizaron entre 10 y 16 puntos de control, para la georeferenciación en Ilwis se usaron en algunas aerofotografías menos de 10 puntos de control con sus coordenadas respectivas.

Ilustración 39. Vista del Arbol de Operaciones en Ilwis desplegando los diferentes tipos de archivos creados.



### 3.7 CREACION DE ARCHIVOS DE GEOREFERENCIA

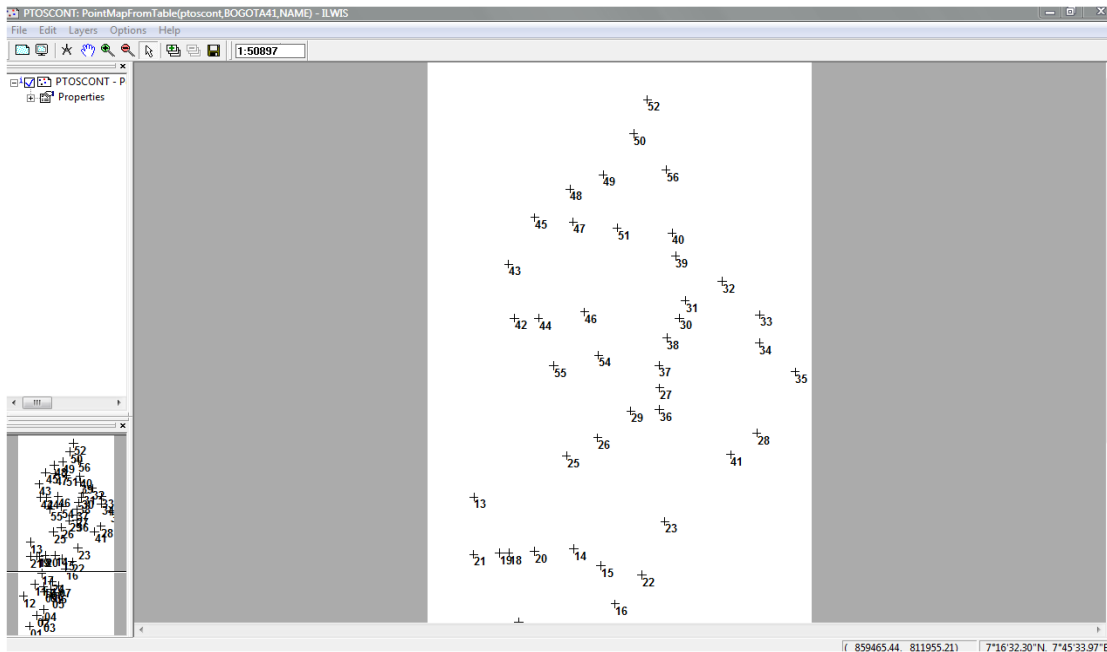
Una vez finalizado el chequeo de cada error en los fotocalcos (Archivos Raster), se procede a generar cada uno de los archivos pertinentes para la digitalización de la información en Ilwis. Cada aerofotografía georeferenciada guarda información valiosa sobre lo que contiene información como el sigma, los puntos de control utilizados (es muy importante el orden en que se digitalizo cada punto, para la creación del mapa de puntos de control), por aerofotografía y ángulos.

### 3.8 MAPAS ELABORADOS EN EL PROCESO DE DIGITALIZACION DEL USO Y COBERTURA USANDO EL SISTEMA DE INFORMACION GEOGRAFICA ILWIS

Se elaboro el mapa de puntos de control, importando de la tabla en formato .DBF de la cual se crea un archivo de referencia para realizar el respectivo ajuste. Se encuentran distribuidos en la zona de trabajo, contienen las coordenadas y la numeración específica que identifica su ubicación espacial.



Ilustración 40. Mapa de puntos creado en Ilwis



Una vez listos los archivos para trabajar en formato raster, se creó el mapa de puntos que contiene datos espaciales del Área útil en cada aerofotografía, con el fin de especificar la zona correspondiente. Mapa que contiene las coordenadas de cada uno de los 56 puntos que fueron tomados en la zona de estudio, dispersos en cada una de las fotografías aéreas.

Ilustración 41. Creación del Mapa de segmentos y posterior Digitalización de Uso y Cobertura en Ilwis.

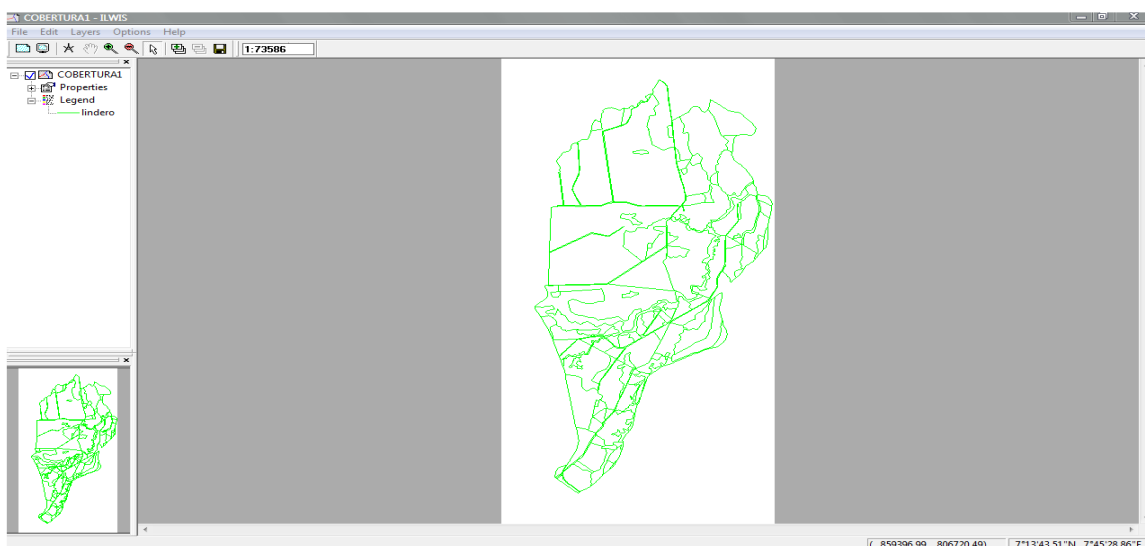


Ilustración 42. Digitalización de la Información en cada aerofotografía.

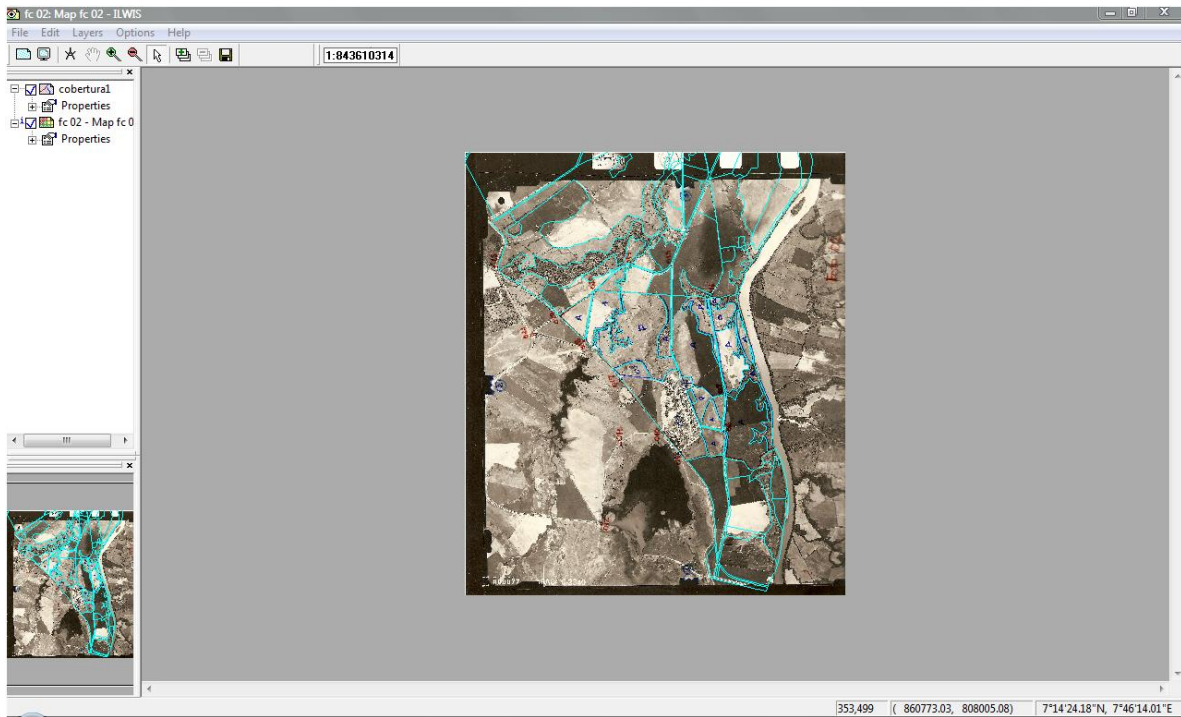


Ilustración 43. Digitalización en detalle de la digitalización del uso y cobertura ejemplo Aerofotografía N 02.



Al finalizar toda la digitalización de la información se evaluó cada uno de los polígonos , y se realizó el chequeo de segmentos para revisar intersecciones entre líneas para la creación de polígonos.

Ilustración 44. Chequeo del Mapa de segmentos en Ilwis.

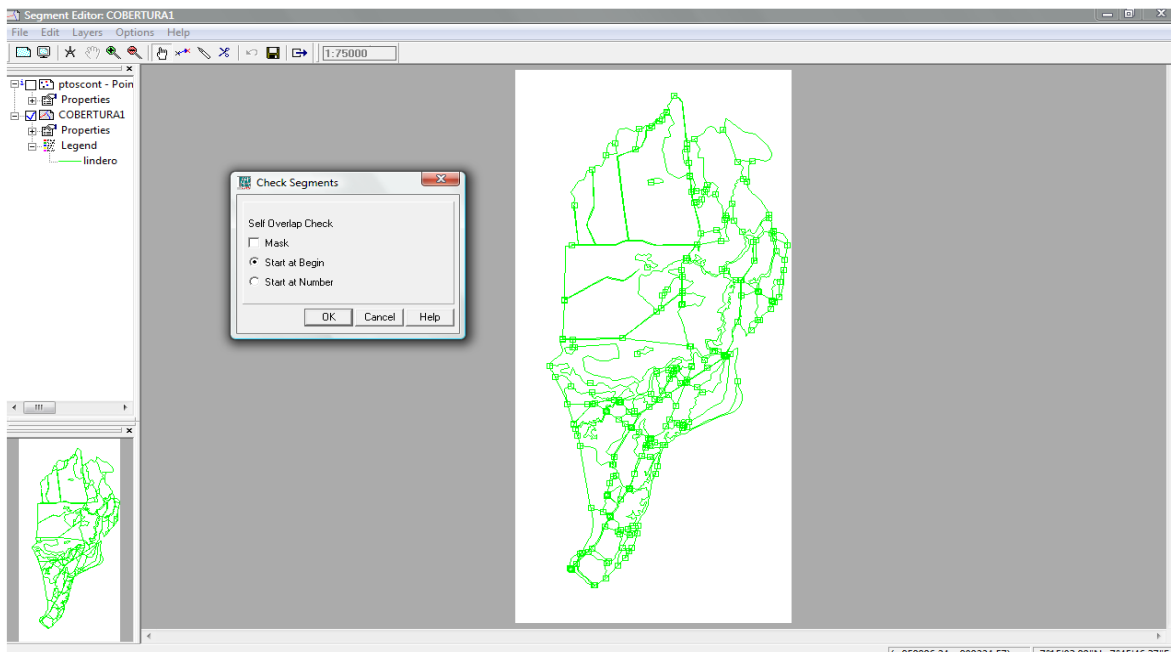
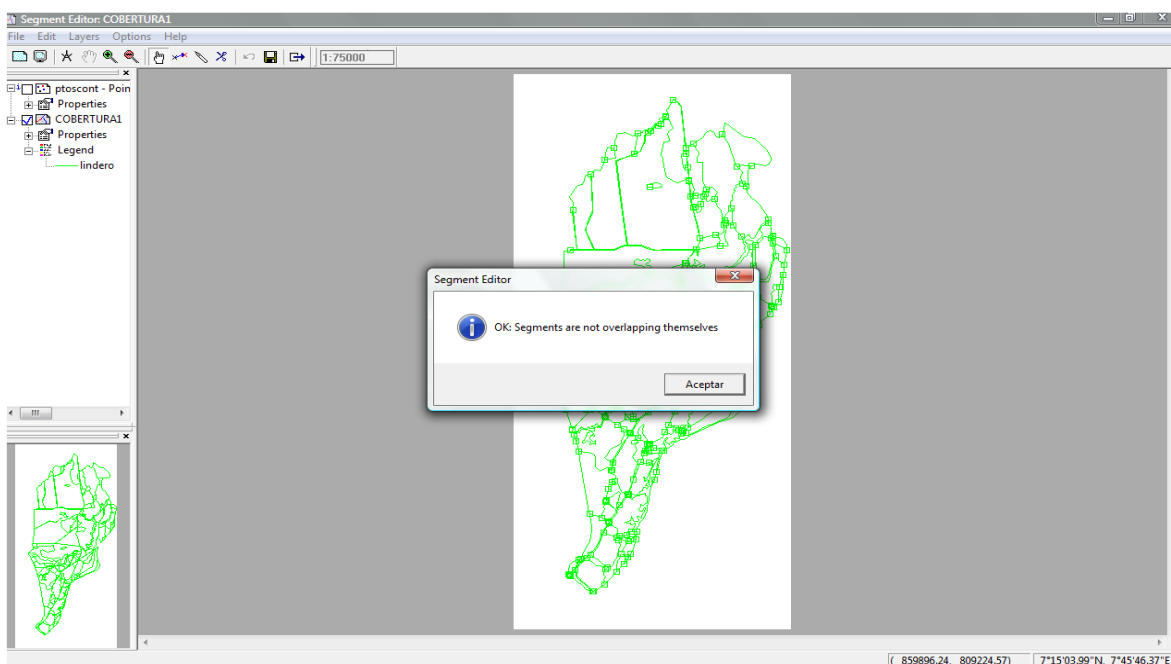


Ilustración 45. Chequeo del Mapa de segmentos en Ilwis



Finalizado todo el proceso, el último proceso fue la creación de polígonos que contiene la información del uso y cobertura, se está seguro de que no existieron errores en el trazo de los polígonos. La Poligonización de segmentos se aprecia a continuación.

Ilustración 46. Poligonización de Segmentos en Ilwis

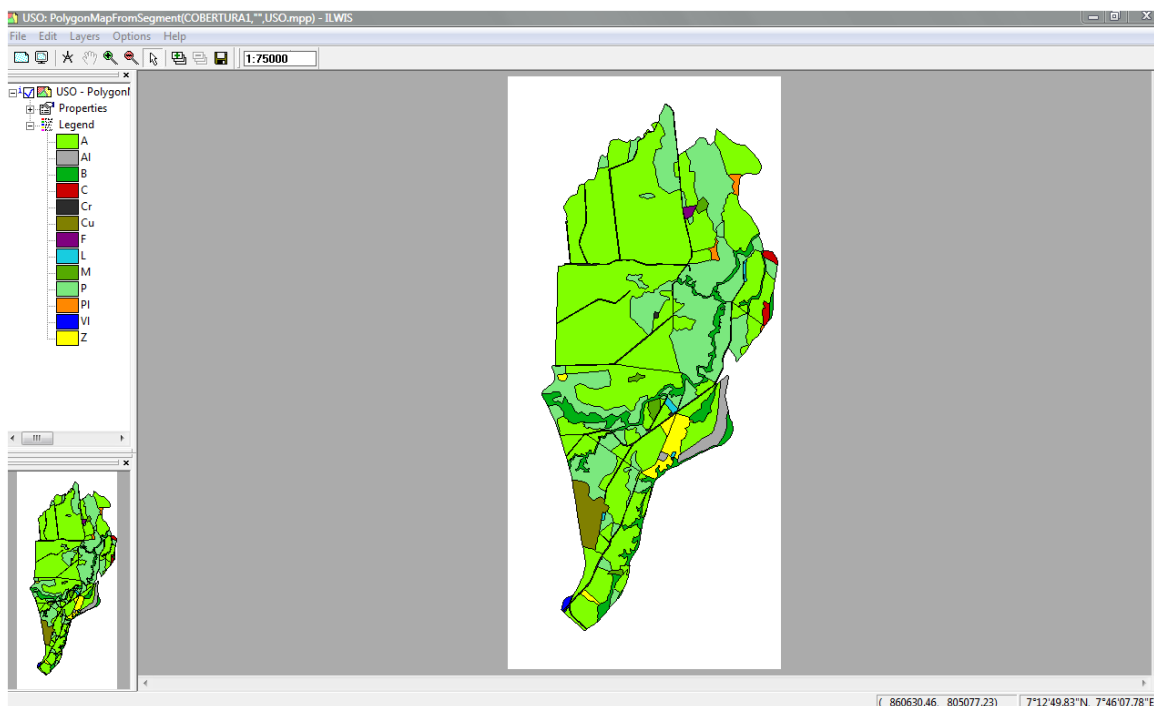
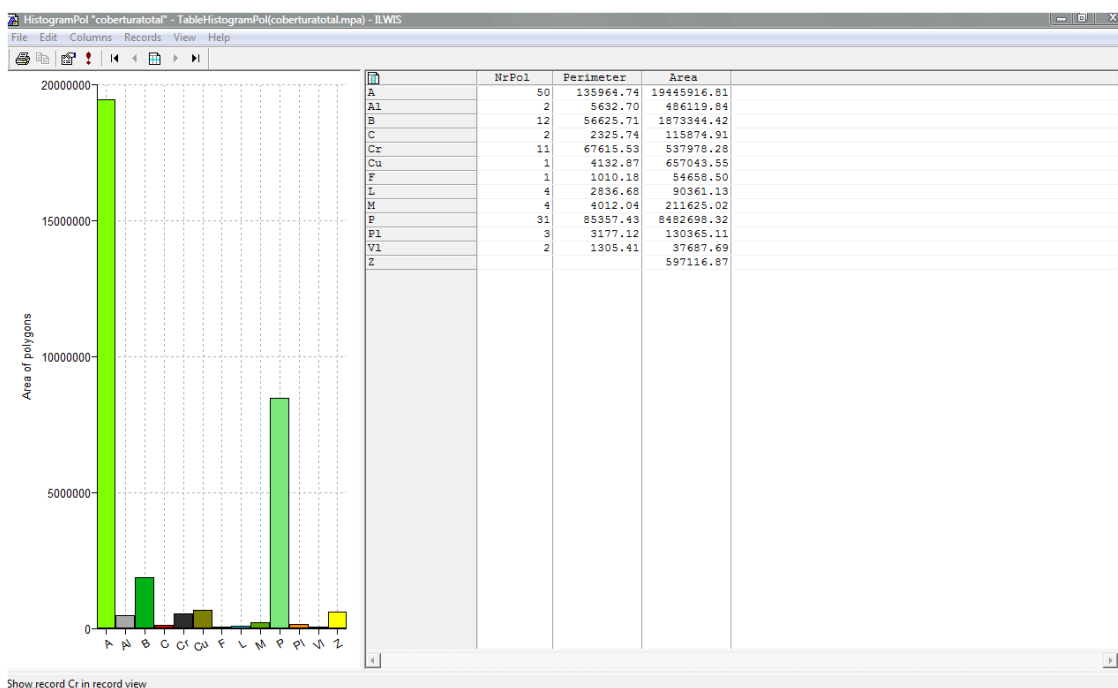
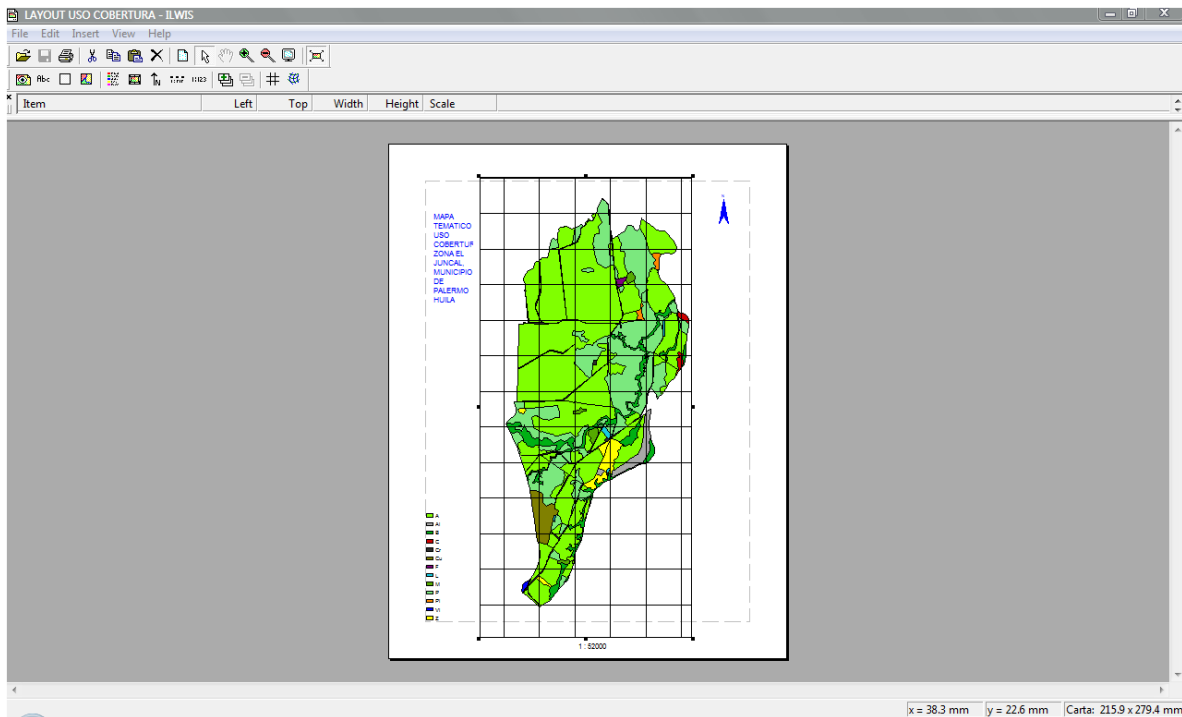


Ilustración 47. Representación del histograma de la distribución del uso y cobertura en Ilwis



### Ilustración 48. Representación del Layout en Ilwis



### 3.9 CALCULO DEL AREA DE USO Y COBERTURA MEDIANTE ILWIS 3.1

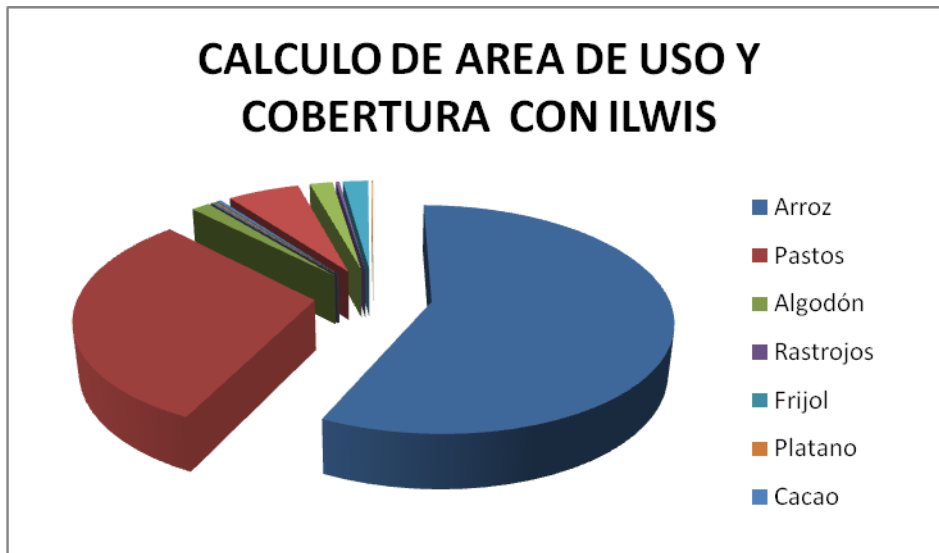
Para realizar el cálculo del área es necesario trabajar con el mapa de polígonos elaborado en donde se contiene la información de uso y cobertura. Los datos que calcula el Ilwis.

Tabla 12. Área de Uso y cobertura calculada mediante Ilwis

Uso	ILWIS
Arroz	1854.63
Pastos	980.69
Algodón	48.61
Rastrojos	2.12
Frijol	5.44
Plátano	6.03
Cacao	11.59
Bosque	187.39
Maíz	59.65
Lago	9.04
Casco Urbano	65.7

Pantano	4.05
<b>Área Total</b>	<b>3234.94</b>

**Grafico. 1.** Distribución del área de uso y cobertura en toda la zona de trabajo El juncal.



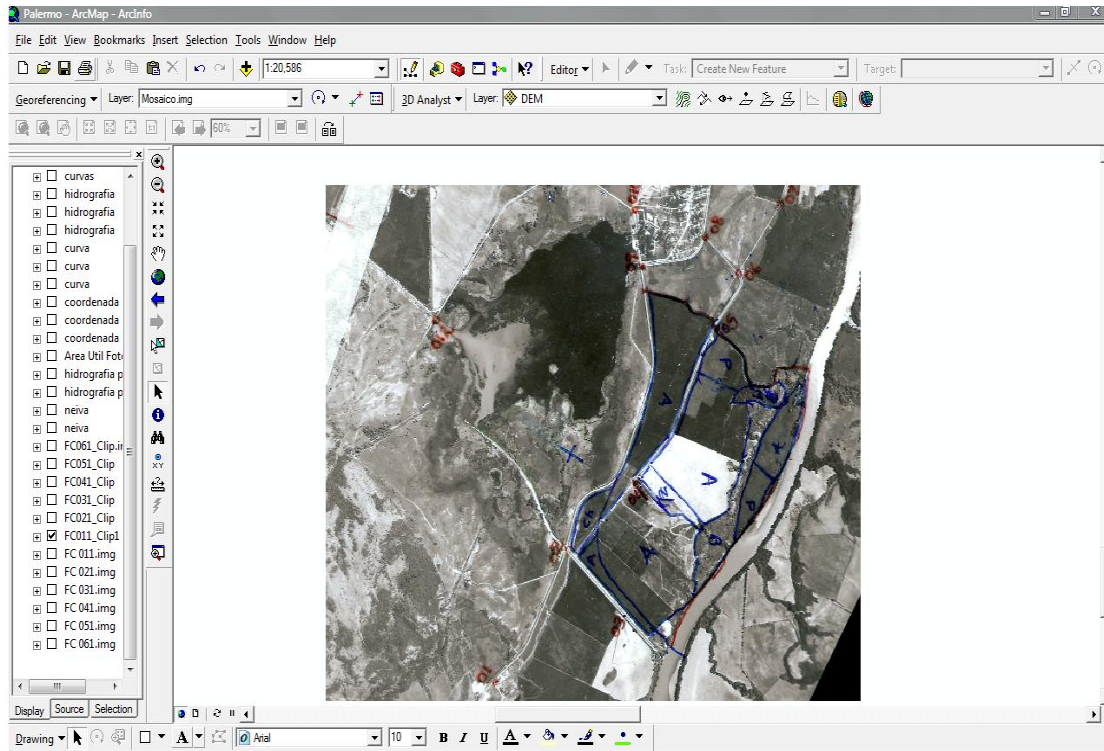
### 3.10 INFORMACION OBTENIDA MEDIANTE EL PROGRAMA ARCGIS

De acuerdo a los resultados obtenidos en campo se procede a generar información en el área útil de cada aerofotografía para ello el primer paso es realizar la georeferenciación.

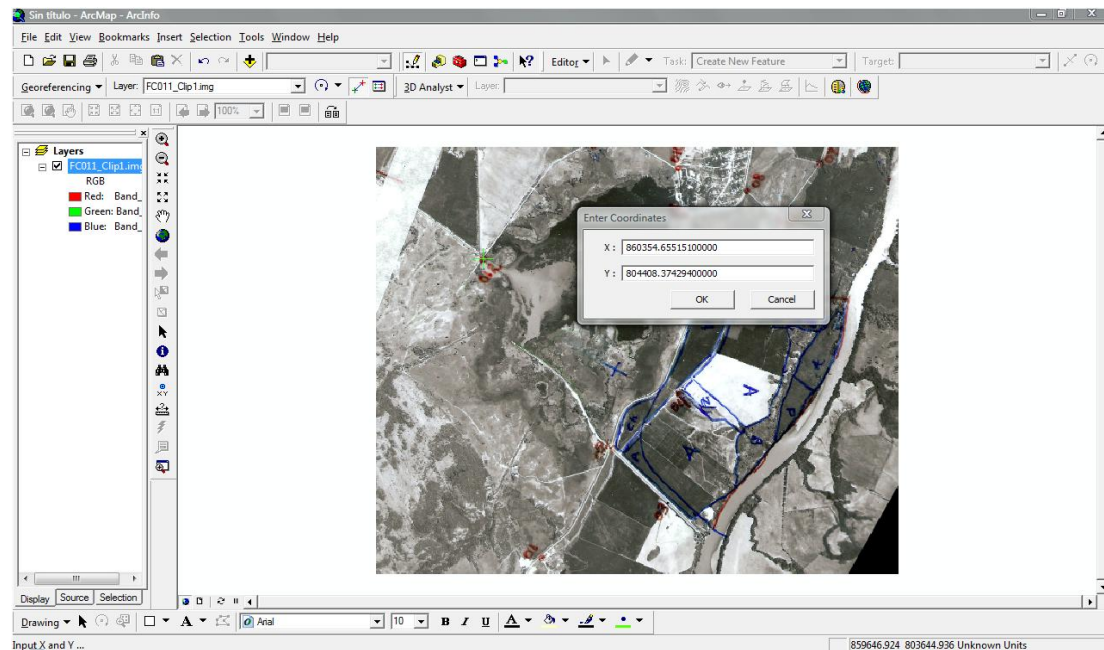
**3.10.1 Georeferenciación fotografías aéreas.** Descrito la metodología en el capítulo anterior a continuación se muestra mediante ilustraciones cada uno de los pasos para la digitalización de la información contenida en cada aerofotografía como se ve a continuación:



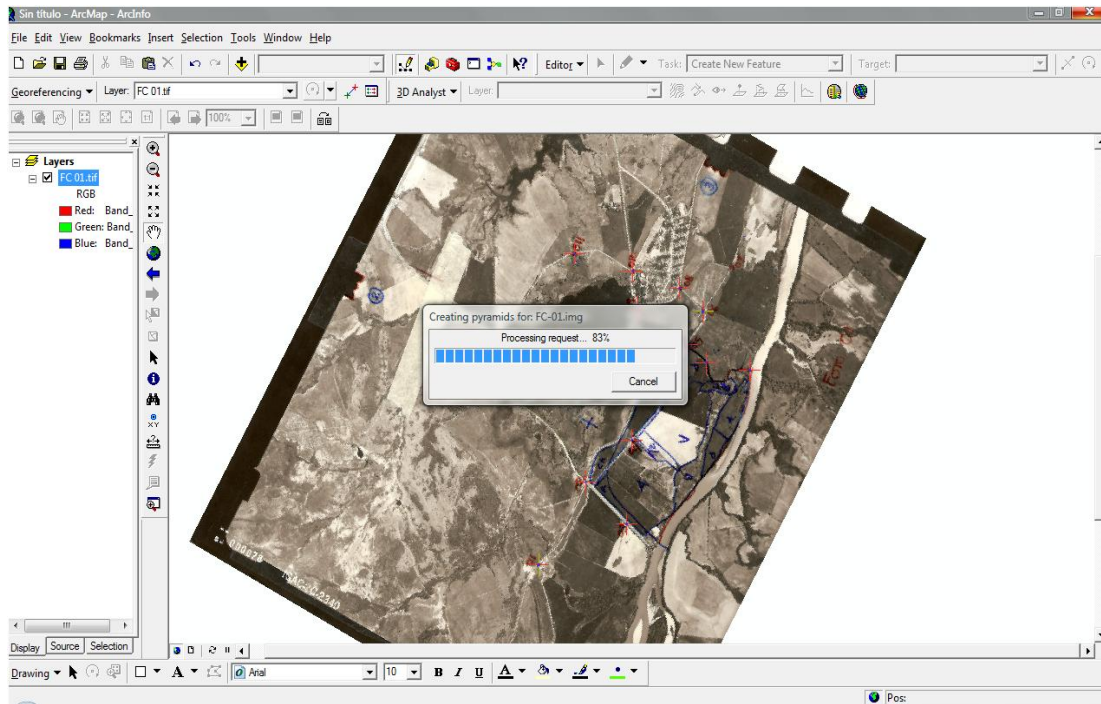
**Ilustración 49.** Adición de información fotocalco N. 01 ArcGis



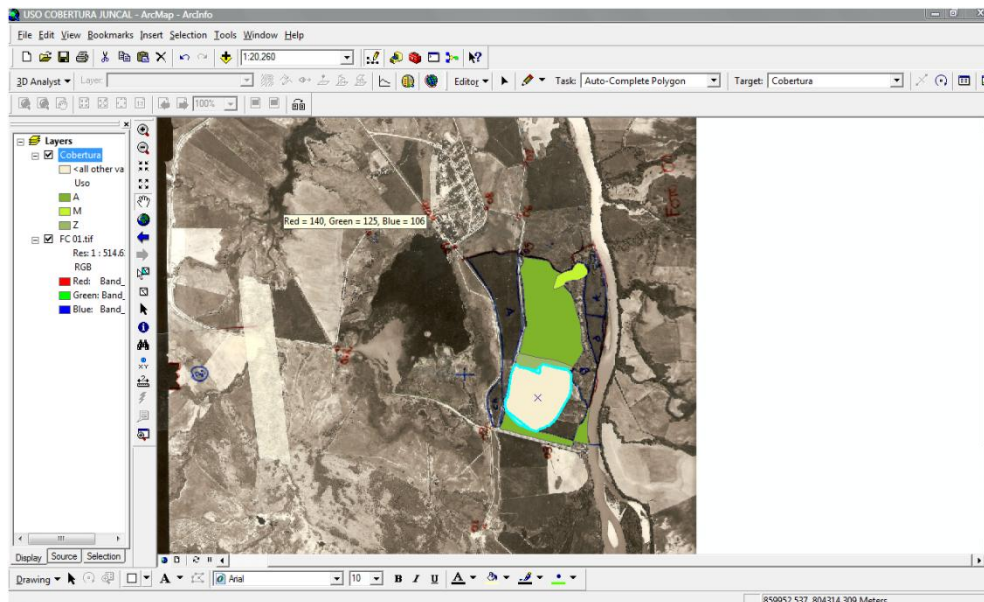
**Ilustración 50.** Adición de coordenadas en ArcGis



## Ilustración 51 Terminando la georeferenciación de las aerofotografías en ArcGis

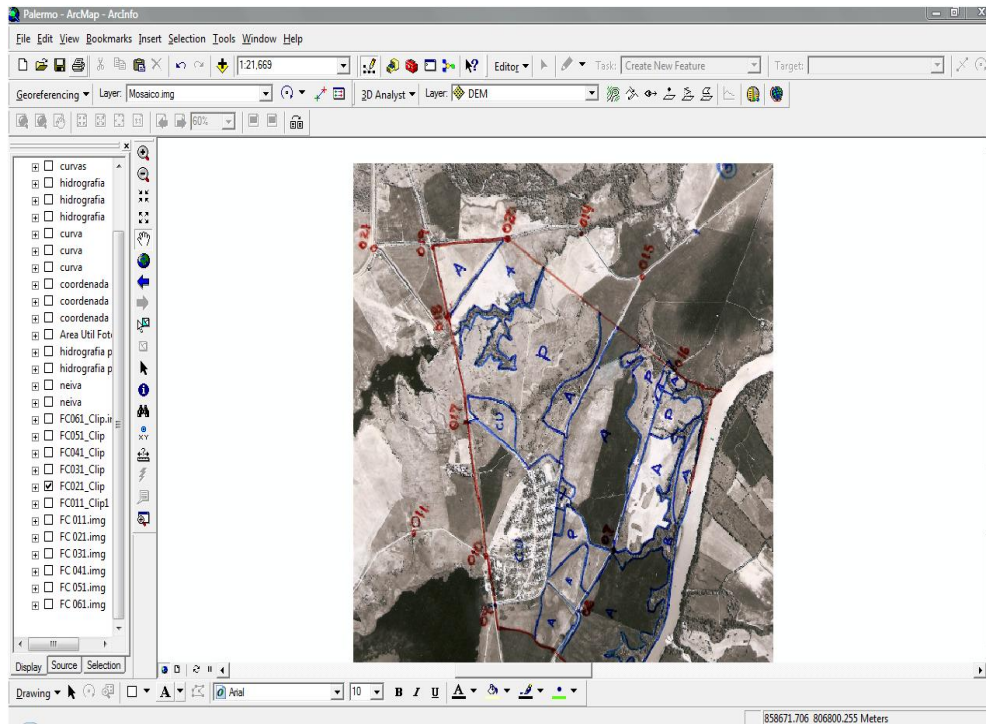


## Ilustración 52. inicio de la digitalización de la información de uso y cobertura en ARCGIS

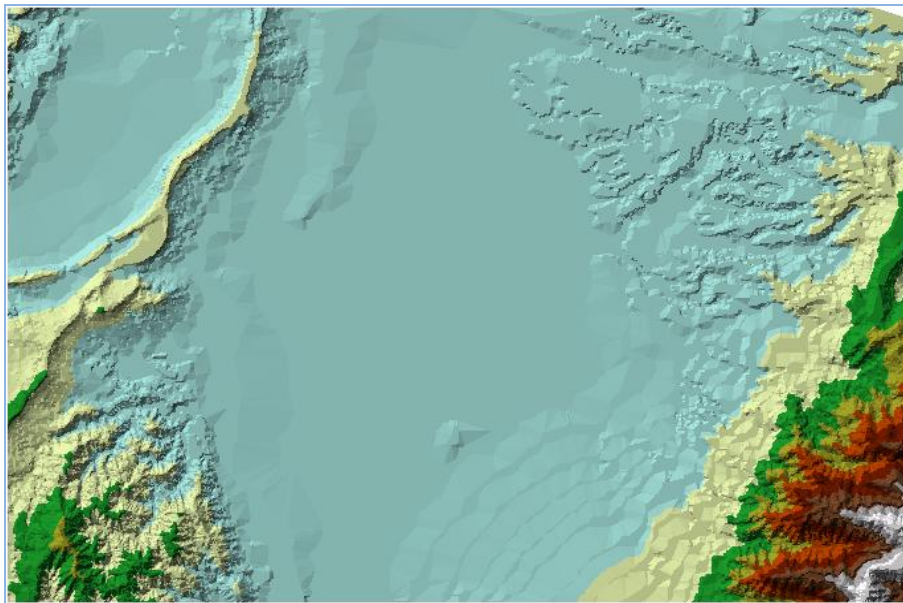




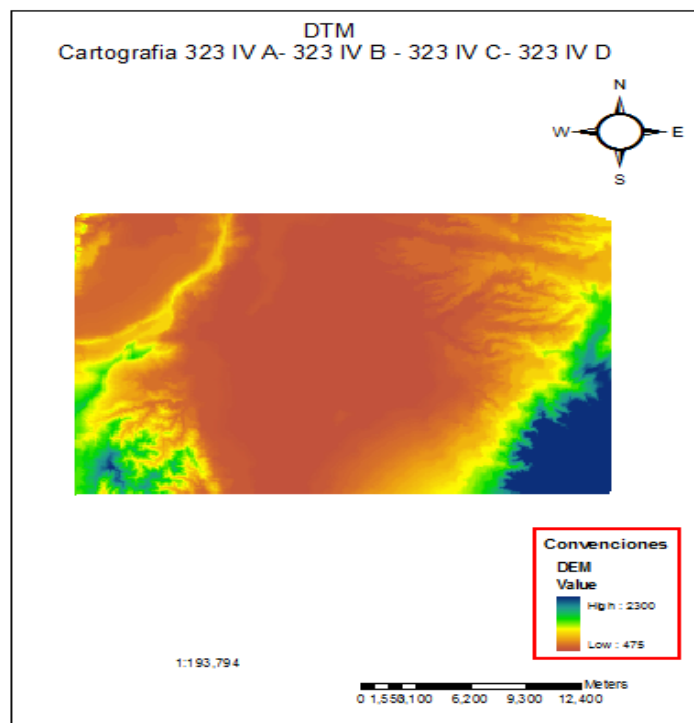
**Ilustración 53.** Visualización del Fotocalco N. 02 en ArcGis



**Ilustración 54.** Visualización del DEM generado a partir de las curvas de Nivel de la Cartografía base usando el ArcGis 9.3



**Ilustración 55.** Esquema final del DEM en formato Raster y a escala



**Ilustración 56.** Finalización de la digitalización uso y cobertura Sector Juncal

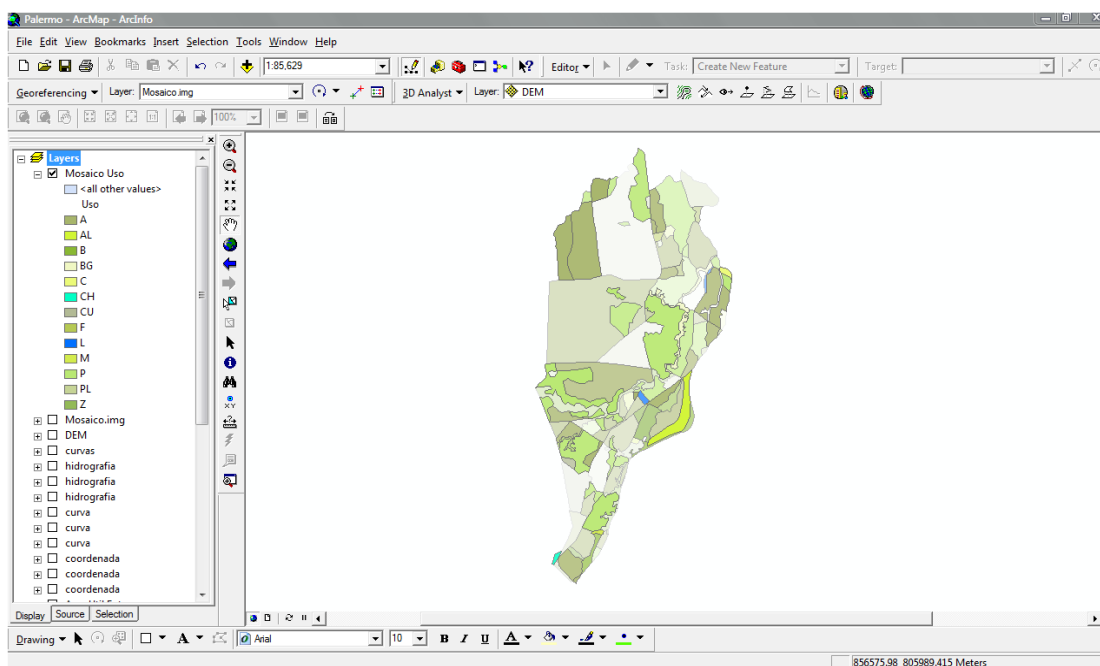
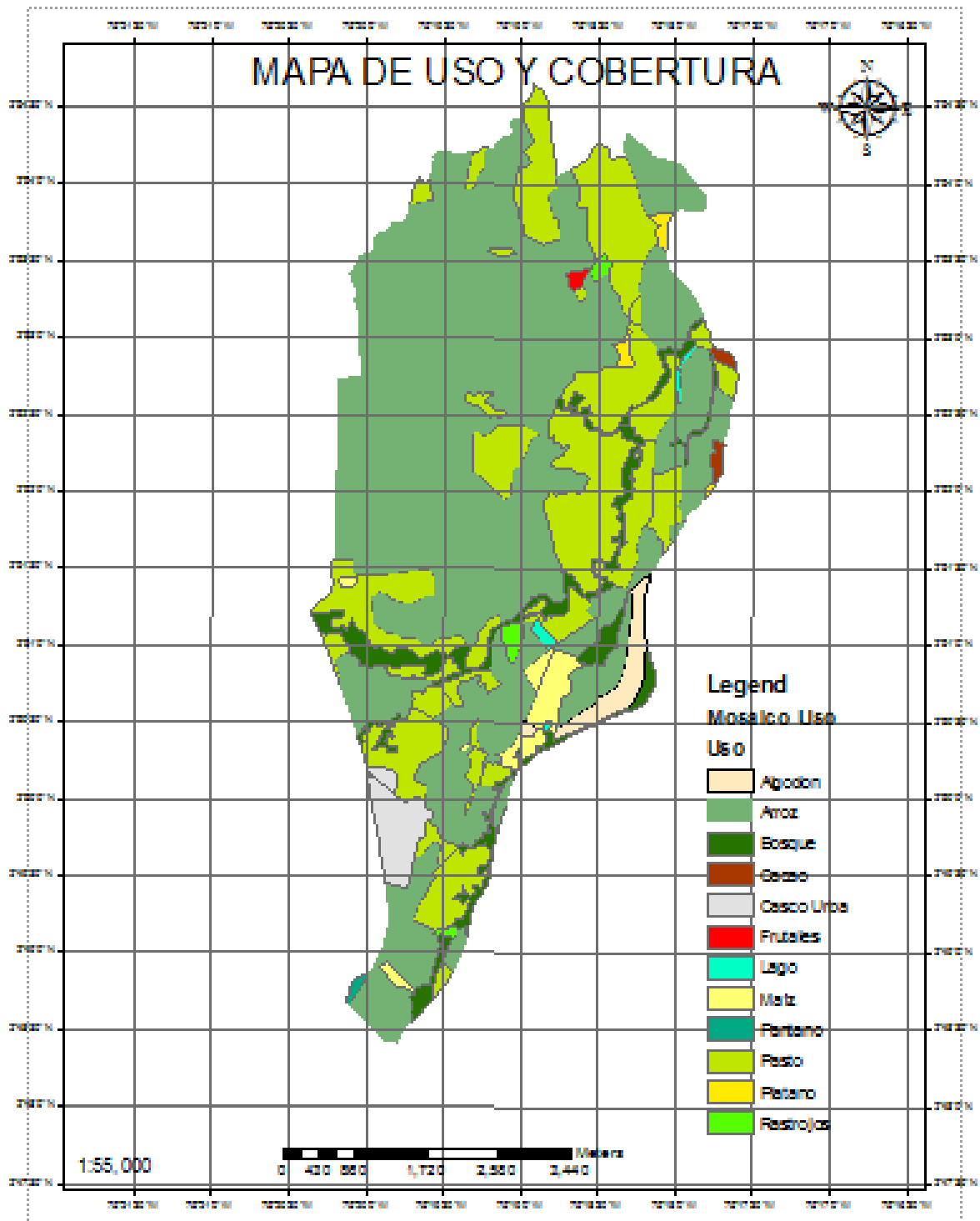


Ilustración 57. Cálculo del área ArcGIS

The screenshot shows the ArcGIS interface with a table titled 'Attributes of Mosaico Uso'. The table contains 32 rows of data, each representing a polygon feature. The columns are: ID, Shape, Uso, Perimeter, Area, and Hectareas. The 'Uso' column lists various categories such as A, AL, B, BG, C, CH, CU, F, L, M, P, PL, Z, curvas, hidrografia, curva, coordenada, and coordenada.

ID	Shape	Uso	Perimeter	Area	Hectareas
0	Polygon	A	4181.708696	572339.959871	572339.959
1	Polygon	P	1344.487543	74718.176508	74718.1765
2	Polygon	A	2013.254891	231104.559908	231104.559
3	Polygon	A	9657.649172	3305404.20217	3305404.20
4	Polygon	P	691.663566	19934.148902	19934.1489
5	Polygon	P	1023.148891	60869.079376	60869.0793
6	Polygon	A	5291.08381	1299593.55251	1299593.55
7	Polygon	P	4757.228455	683907.534433	683907.534
8	Polygon	A	823.938642	31403.532994	31403.5329
9	Polygon	A	2916.572882	309126.972378	309126.972
10	Polygon	A	950.653904	34253.727887	34253.7278
11	Polygon	P	5335.796917	1113102.672962	1113102.67
12	Polygon	M	1000.72365	59516.481198	59516.4811
13	Polygon	F	972.493294	50550.840248	50550.8402
14	Polygon	P	521.324591	16453.640758	16453.6407
15	Polygon	A	3130.34294	420502.237191	420502.237
16	Polygon	P	2927.569951	438034.64017	438034.640
17	Polygon	A	13397.033084	4491404.01414	4491404.01
18	Polygon	P	1456.738925	62647.939996	62647.9399
19	Polygon	A	3217.147129	531458.89969	531458.899
20	Polygon	PL	1371.73092	64988.711644	64988.7116
21	Polygon	A	1415.932581	114785.218452	114785.218
22	Polygon	PL	1274.716737	51030.179425	51030.1794
23	Polygon	P	493.033868	39913.24191	39913.2419
24	Polygon	P	4863.438609	726313.053518	726313.053
25	Polygon	P	916.483059	55669.096203	55669.0962
26	Polygon	C	1633.049723	51906.072672	51906.0726
27	Polygon	P	1234.119701	76406.430188	76406.4301
28	Polygon	A	3015.639892	279205.053895	279205.053
29	Polygon	C	1306.664243	63639.374255	63639.3742
30	Polygon	BO	3708.391734	70164.83809	70164.8380
31	Polygon	A	3304.154901	602616.683396	602616.683
32	Polygon	PL	4884.264106	30316.888646	30316.8886

Ilustración 58. Mapa temático en Layout Levantamiento de uso y cobertura zona de El Juncal, Municipio de Palermo mediante ARCGIS.



Finalizado todo el procedimiento y elaboración de los mosaicos, se generaron Layouts con la información digitalizada como se ilustra en la figura anterior.

### 3.11 CALCULO DE AREA TOTALES Y COMPARACION ENTRE CADA METODOLOGIA

**Tabla 13.** Cálculos Totales de Áreas con las diferentes metodologías

Uso Cobertura	AREA CON MALLA PUNTOS	AREA CON ILWIS	AREA CON ARCGIS
Arroz	2,008.24	1854.63	1974.93
Pastos	844.26	980.69	877.67
Algodón	46.46	48.61	51.42
Rastrojos	18.27	2.12	18.41
Frijol	5.48	5.44	5.06
Platano	12.94	6.03	12.55
Cacao	10.60	11.59	11.55
Bosque	177.19	187.39	186.28
Maiz	55.37	59.65	61.59
Lago	8.71	9.04	10
Casco Urbano	62.29	65.7	58.64
Pantano	3.53	4.05	3.7
<b>Area Total</b>	<b>3253.34</b>	<b>3234.94</b>	<b>3271.8</b>

**Grafico. 2.** Distribución de Áreas uso y Cobertura con Ilwis ArcGis, Malla de Puntos

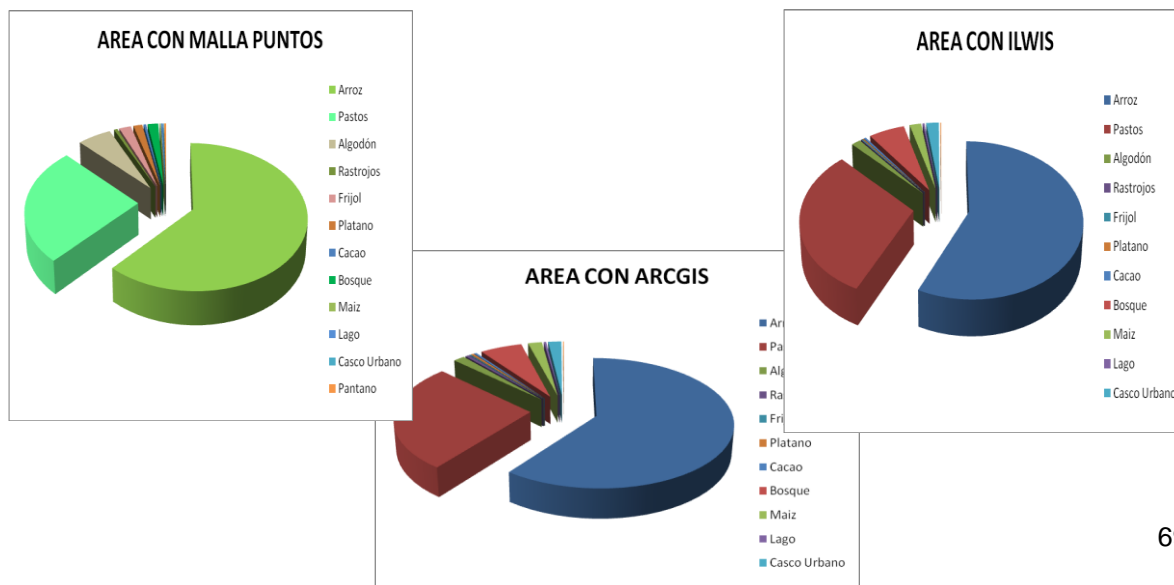


Tabla 14. Comparación de la metodología de malla de puntos con los software para la determinación de áreas.

<b>MALLA DE PUNTOS</b>	<b>SOFTWARE</b>
La determinación del área se realiza directamente sobre el fotocalco.	Es necesario realizar procesos de georeferenciación, ortorectificación y digitalización.
Este sistema está limitado a solamente determinar áreas.	Se pueden obtener más datos como los perímetros de cada polígono.
En el caso que se deba determinar grandes áreas, resulta muy tedioso por el conteo de puntos.	Para determinar grandes áreas resulta mucho más rápido y eficiente.
Resulta económico ya que no es necesaria una computadora (hardware y software).	Se tiene que realizar una inversión mayor, ya que se requiere el uso de un computador para realizar los análisis pertinentes, además se debe tener en cuenta el costo del software.
Este método requiere la determinación previa de las escalas en cada fotografía	Se trabaja con escala 1 : 1
Puede existir alguna imprecisión ya que se trabaja solamente con la escala que tiene la foto, lo que indica que factores como el grosor del lápiz puede influir en los resultados.	Se pueden obtener datos más precisos debido a que el programa puede realizar acercamientos y minimizar el error.

**Tabla 15. Comparación entre Ilwis y ArcGis**

ITEM	SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA	
	Ilwis	ArcGis
Georeferenciación	Es más limitado en la selección del sistema de coordenadas.	Se puede trabajar con cualquier tipo de coordenadas (origen Bogotá), según la ubicación.
	Realiza los procesos de georeferenciación y ortorectificación por separado.	En un solo proceso es posible georeferenciar y ortorectificar.
	Es necesario ubicar las marcas fiduciales y la distancia del punto principal de la aerofotografía.	Al ubicar los puntos de control indicados se ortorectifica con la norte automáticamente.
	Se requiere la ubicación de mínimo 8 puntos para la georeferenciación.	Se requiere la ubicación de mínimo 4 puntos para la georeferenciación.
	El margen de error se debe medir por separado en cada foto, teniendo en cuenta el sigma y los ángulos.	Solo exige un margen de error menor a 0.5m en la georeferenciación.
	Es necesario el uso de un DTM para la georeferenciación y para generar la ortofoto.	El uso del DTM lo condiciona la topografía. En terrenos planos no es necesario.
Digitalización	Es necesario realizar: Mapa de puntos, mapa de segmentos, mapa de polígonos, mapa raster y tablas para digitalizar la información de campo.	Se requiere solo la elaboración de un mapa de polígonos usando el Arc. Catalog para crear una tabla ordenada de datos.
	Para la elaboración del mapa de puntos y de segmentos se deben crear dominios que contengan características que representen la información recogida en campo.	Solo se necesita elaborar tablas de datos para puntos, líneas o polígonos.
	Para corregir la información se deben seguir una serie de procesos y tener en cuenta los parámetros que indica el programa.	Basta con una sola herramienta para que el cierre del polígono sea automático y no se produzcan errores.
	Para revisar ajustes de polígonos se debe realizar un proceso denominado "Poligonización".	Con la operación anterior esta labor no es necesaria.
Performance	La presentación de los mapas (Layouts) es simple.	Esta presentación se hace más atractiva por la diversidad de herramientas en la edición final.

### 3.12 CREACION DEL MOSAICO CONTROLADO CON ERDAS IMAGINE 9.1

Ilustración 59. Representación de Clips de cada una de las aerofotografías georeferenciadas con área útil controlada en ERDAS

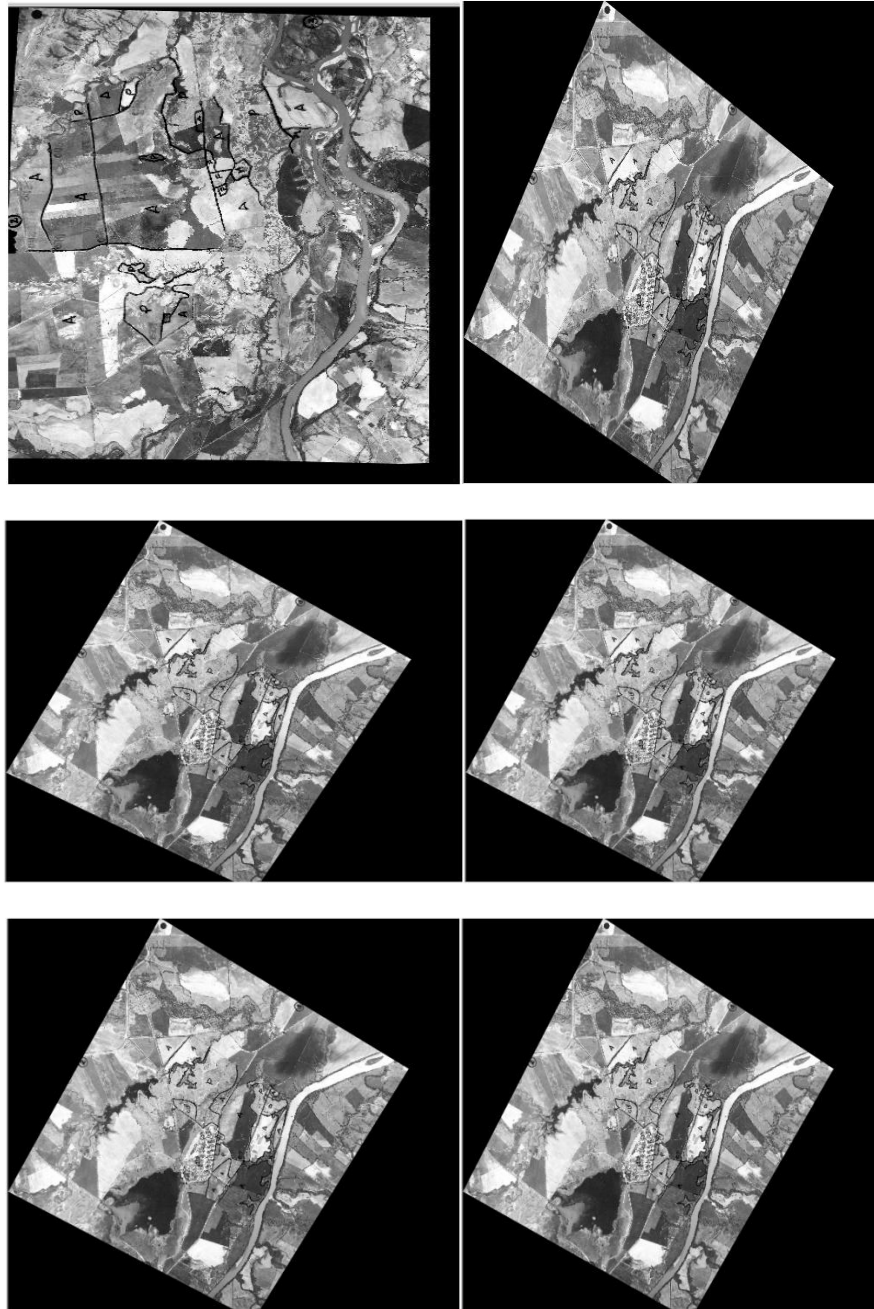




Ilustración 60. Representación del Mosaico Controlado con 6 Aerofotografías zona El juncal en ERDAS Imagine y la superposición de la Información digitalizada de uso y cobertura.



## 4. CONCLUSIONES

Tanto el Ilwis, como el ArcGis, (Sistemas de Información Geográfica) permiten análisis matemático y salidas gráficas para visualizar resultados parciales y finales de un trabajo en corto tiempo.

El trabajo con fotografías aéreas e imágenes en general constituyen un apoyo indispensable en las tareas relacionadas con temáticas asociadas a levantamientos de información sobre recursos naturales.

De los softwares utilizados para el procesamiento de la información del levantamiento de uso y cobertura, se define el ArcGis como el Sistema de Información más completo por poseer todas las herramientas útiles para procesar dicha información con más rapidez; pues el tiempo en el análisis de información es más corto, preciso con relación al Ilwis.

En la determinación del área el resultado arrojado por la malla de puntos mostró un mayor acercamiento al promedio de las tres áreas, lo cual justifica el hecho que varias empresas sigan empleando esta metodología.

El método con el que menos tiempo se empleó para obtener los resultados es la malla de puntos, pero es necesario tener en cuenta que solamente se hizo uso de seis aerofotografías.

Este documento recoge un proceso metodológico sobre el cual se diseñan y construyen los mapas, que son documentos de consulta obligatoria en múltiples ámbitos institucionales y privados. Si bien la foto aérea posee inigualables ventajas tanto en costo como en aplicaciones específicas, también tiene algunas desventajas, las cuales hasta cierto punto establecen ciertas limitaciones cuando de trabajos especializados se trata. Por ejemplo, si bien la interpretación de fotos aéreas aporta gran cantidad de información, estos reconocimientos llevan en sí mismos inconvenientes geométricos y deformaciones imposibles de corregir si no se acude a procesos fotogramétricos.

Para la elaboración de mosaicos el Erdas resulta ser una herramienta muy eficaz en razón a la mínima restricción para la selección de las áreas útiles.

Pueden generarse mosaicos de diferente tipo a partir de las imágenes digitales de alta resolución, utilizando diversas configuraciones, dependiendo del equipo disponible, los recursos económicos y las necesidades específicas. Otras aplicaciones de esta tecnología incluyen el muestreo para evaluar cosechas, actualización de cartas temáticas, evaluación de recursos naturales, validación de la interpretación realizada con imágenes satelitales de baja resolución.

Dado el volumen de información que se maneja, la utilización de los Software especializados nos permite manipular rápida y oportunamente el manejo de información, lo que hace que el proceso de filtrado de información sea más selectivo.

## 5. RECOMENDACIONES

Dado el alto volumen de datos que se recogen en un levantamiento de uso y cobertura se hace imprescindible el uso de un sistema de información geográfica. Pese a los altos costos que implica la adquisición de la licencia siempre es recomendable la utilización del ARCGIS por su funcionalidad en el manejo de datos especiales y geográficos.

Para la construcción de mosaicos, se recomienda utilizar el Erdas Imaines dada su especialidad para el almacenamiento de imágenes tanto en monobanda como en multibanda.

Es conveniente recomendar el uso del ARCGIS para la manipulación de aerofotografías antes de ser procesadas en Erdas.

Para determinar áreas pequeñas basta con el uso de la malla de puntos, ya que es un método que mostró confiabilidad y economía. En caso contrario en donde se usarían varias aerofotografías, lo ideal es el uso de un software, preferiblemente el ARCGIS que es el programa que mayores facilidades y precisión puede dar.

En el trabajo de campo donde se requiere marcar la fotografía con los puntos de control y los alinderamientos, se recomienda hacer trazos finos, lo que permite disminuir el error en cualquier método a usar.

## 6. BIBLIOGRAFIA

Fraser C. (2002) Prospects for mapping from high-resolution satellite imagery. (<http://www.gisdevelopment.net/aars/acrs/2002/vhr/070.pdf>). Junio de 2008.

López, F. (2006) Formación de mosaicos ortorectificados utilizando imágenes aéreas digitales. Tesis de Licenciatura en Geografía. Facultad de Filosofía y Letras, UNAM. pp 1-103.

López Órnelas, Erick de Jesús, Modelación de Información Espacial y Geográfica, tesis para obtener el grado de Licenciatura en Ingeniería en Sistemas computacionales, UDLA, Mayo de 1998.

PTlens. (2008) Programa para corregir las distorsiones por los lentes (<http://epaperpress.com/ptlens/>).

Vélez Macías, Fabio., Introducción a los Sistemas de información Geográficos, Universidad de Antioquia Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, <http://quimbaya.udea.edu.co/~fabiovel/>, Medellín, Septiembre de 1996.

Wolf, P y Dewit B.A. (2000) Elements of Photogrammetry with applications in GIS. 3a. edición Mc Graw Hill. ISBN 0-07-292454-3. 608 p.

<http://www.palermo-huila.gov.co/sitio.shtml?apc=m1T1--&m=f#identificacion>

# **ANEXOS**





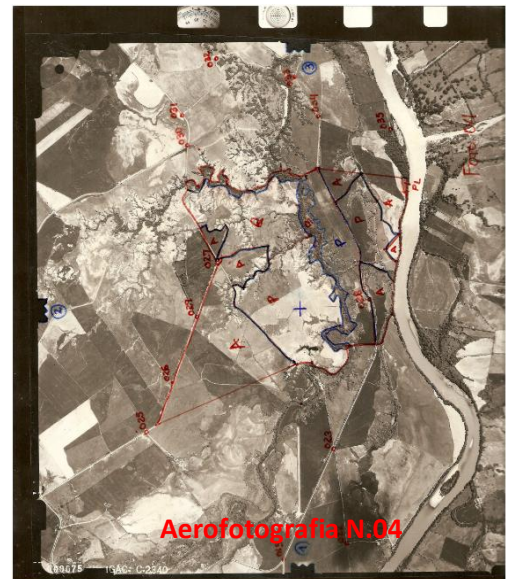
**Aerofotografia N.01**



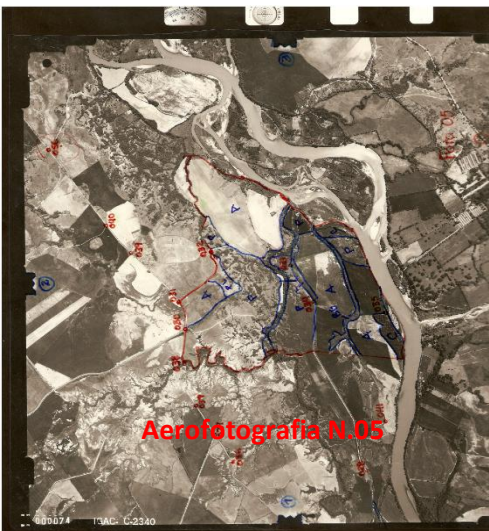
**Aerofotografia N.02**



**Aerofotografia N.03**



**Aerofotografia N.04**



**Aerofotografia N.05**



**Aerofotografia N.06**

