

## 12. Sistema de Información Geográfica (SIG-EAE)

### 12.1. INTRODUCCIÓN

Sistema de Información Geográfica, en términos muy simples, es un conjunto de mapas digitales de la misma región geográfica, donde un lugar concreto tiene la misma localización (coordenadas) en todos los mapas incluidos en el sistema de información. Adicionalmente cada uno de estos mapas puede tener relacionada una base de datos con información alfanumérica. Un SIG en determinadas condiciones es también un sistema de apoyo a la decisión.

Los términos técnicos que se utilizan en este trabajo están resumidos en Cuadro 12.1.

**Cuadro 12.1 – Términos Técnicos del SIG**

Sistema de Información Geográfica (SIG):	El conjunto de información con referencias geográficas, tanto datos tabulares como espaciales.
Temas (Themes) o Coberturas	Una cobertura representa un objeto determinado en el espacio, ej.: camino, río, pueblo, comunidad, etc.. Puede ser un archivo vectorial o raster.
Archivo Vectorial	Archivos gráficos de puntos, líneas o polígonos que corresponden a un tema específico.
Metadata	Información sobre los datos.
Archivo Raster	Agrupación de píxeles que representan un tema específico, por ejemplo vegetación.
Vista (View)	Ventana en la cual se activan un conjunto de coberturas.
Proyecto (Project)	Este es un concepto de Arc-View; es la agrupación de vistas y reportes (layout) principalmente.
Tablas	Agrupación de variables relacionadas a un tema.
Mapa Base	Mapa de Referencia, formado por información básica eso es, ríos, caminos y centros poblados.
Mapa temático	Contiene información referida a un solo tema o variable, por ejemplo concesiones mineras.
Resolución espacial	De un sensor remoto es la capacidad de discriminar un objeto en la imagen. La mínima unidad es el tamaño del pixel.
Escala	Relaciona el tamaño de la unidad mínima de la imagen (cm) con la unidad en el terreno (cm, metro, kilómetro) Por ejemplo una escala de 1:100.000, significa que 1 cm en la imagen o mapa, representa 100.000 cm en el terreno. Escala grande equivale a una relación alta 1:10.000 Escala pequeña equivale a una relación baja 1:100.000 La unidad mínima cartografiable se recomienda que no sea menor a 4mm <sup>2</sup> considerando la escala. Para trabajar con Landsat la escala recomendable es 1:100.000.
Proyección	Una forma de representación de la tierra en forma plana.
Datum	Cualquier cantidad numérica, geométrica o conjunto de esas cantidades, que sirven como referencia o base para mediciones de otras cantidades.
Imagen	Es la representación pictórica digital no obtenida por medios fotográficos. La <i>imagen</i> esta compuesta de pequeñas áreas de igual tamaño llamadas <i>píxeles</i> , a los que se asigna un valor digital (ND)

Videografía	La videografía aérea es el proceso de capturar imágenes en movimiento, a una altura promedio constante desde una avioneta, conociendo las coordenadas de la zona que está siendo filmada, las cuales se graban como información anexa en el vídeo.
GPS	Sistema de posicionamiento global
Categorización	Proceso por el cual se cualifica un determinado tema, por ejemplo caminos: asfalto, tierra.
Registro cartográfico	Proceso por el cual las imágenes adquieren variables que determinan su posición en la tierra. Basados en una proyección y un datum determinado.

## 12.2. OBJETIVO DEL SIG

El Sistema de Información Geográfica para la Evaluación Ambiental Estratégica (SIG-EAE) de la Carretera Santa Cruz – Puerto Suárez fue concebido como un instrumento de sistematización de datos recopilados y generados por el Proyecto y, al mismo tiempo, como una herramienta para el análisis de la información espacial y temporal. La información contenida en el SIG-EAE será de utilidad al BID y al SNC para monitorear el Proyecto Vial, en las fases de construcción y operación. También será beneficioso para llevar adelante los planes de acción, los cuales pueden usar el SIG como línea de base.

## 12.3. DESARROLLO DEL SIG

El desarrollo del SIG-EAE cumplió una serie de etapas, las cuales se detallan a continuación.

### 12.3.1. Recuperación de Información Existente

Una de las tareas de mayor envergadura realizada por el equipo de SIG fue la recuperación de información existente para el área del Proyecto. Esa información tuvo que ser compatibilizada, pues al ser producida por diversas fuentes, presentaba distintas proyecciones, escalas, formatos y sobre todo distinto grado de calidad. Se listan a continuación las instituciones de las cuales se obtuvo información y los procesos realizados para su inserción en el SIG.

#### 12.3.1.1. Información del PLUS

El SIG contiene varias coberturas que sirvieron de base para estudios temáticos; son: Plan de Uso de Suelo (polígonos), Coberturas Vial (líneas), Ríos Importantes (líneas) y Centros Poblados (puntos). Estas coberturas sufrieron distorsiones y pérdidas de información en el proceso de exportación del SIG de la Prefectura (UTD-PLUS), las que fueron recuperadas. Se perdió la categorización de los polígonos, líneas y puntos. Adicionalmente, se corrigió la precisión de las coberturas Vial y de Ríos con base en las imágenes de satélite. En la de centros Poblados fue creada la base de datos, ya que los nombres eran solamente texto (anotaciones). El proceso se resume a continuación:

- Recuperar vía E00 (formato de exportación) en Arc Info
- Convertir a Shapefile en Arc-View
- Reproyectar a Coordenadas Geográficas, desde CUTM con Elipsoide de Referencia IUGG (1967)
- Modificar de Datum de IUGG (1967) a WGS84,

- Unir los *tiles* para obtener una sola cobertura,
- Revisar y recategorizar manualmente cada uno de los polígonos, líneas y punto con base en material impreso original

NOTA: Se ha utilizado el límite departamental del PLUS como límite oficial del Departamento y como base para compatibilizar toda la cartografía originaria de otras fuentes. Las coberturas del PLUS, Fisiografía y Suelos, y Capacidad de Uso del Suelo, fueron utilizadas como fuentes de información de referencia secundaria en la elaboración de varios mapas temáticos, pero no están incorporadas al SIG-EAE.

### 12.3.1.2. Información de SERNAP

La cobertura de Áreas Protegidas proviene del Servicio Nacional de Áreas Protegidas. La cobertura, en el formato ArcInfo con Proyección Lambert y Datum desconocido, fue convertida a shapefile y reproyectada a Coordenadas Geográficas. Las coordenadas de sitios específicos no coincidieron con las coberturas del PLUS y fue necesario realizar un desplazamiento tanto en X, como en Y para ajustarlos a la cartografía del SIG-EAE. De la misma manera, los límites de los parques que son también límites departamentales o nacionales fueron compatibilizados con la cartografía del PLUS.

### 12.3.1.3. Información de TYPASA-PCA

La consultora TYPASA-PCA entregó 2 CDs con información de la primera consultoría al Proyecto. La información original tiene formato .dwg (AUTOCAD), con la siguiente organización:

#### **Contenido del CD 1: PROY-PAILON**

directorio: /PARAISO-SAN JOSE:

Contiene archivos de dibujo en planta en AUTOCAD V14 del tramo PARAISO-SAN JOSE de 0+000 a 210+600, divididos cada 10 kilómetros, 21 archivos en total

directorio: /LIMONCITO-ROBORE-SANTIAGOMA:

Contiene archivos de dibujo en planta en AUTOCAD V14 del tramo LIMONCITO-ROBORE-SANTIAGOMA de 119+600 a 153+000 divididos en tres archivos. (archivo contenido.txt del CD)

Fue recuperada en cobertura la *carretera propuesta* para incorporarla al *SIG-EAE*, mediante el siguiente proceso:

- Tramo Pailón - San José de Chiquitos (con diseño final) dividido en 2 subtramos y 24 sub-subtramos, Datum WGS84. Fueron importados uno a uno los subtramos de AutoCad a Arc-view como shapefiles; fueron organizados y unidos en un solo tema (theme) y reproyectado de sistema de coordenadas UTM a Geográficas.
- Tramo San José de Chiquitos – Puerto Suárez (con estudio de factibilidad) dividido en 8 subtramos, con Datum PSAD56. Fueron importados a Arc-View como shapefiles, unidos en una sola cobertura, organizados por tema y reproyectados del sistema de coordenadas UTM a Geográficas, modificado el Datum a WGS84.

Se reintrodujeron datos de la ingeniería de la carretera de dos formas:

- Digitalizando la información de bancos de préstamos (canteras) desde planos existentes,
- Generando archivos de puntos desde las tablas del informe (Anexos) para puentes, alcantarillas, kilometraje y campamentos.

### **Contenido del CD 2: (SIN NOMBRE)**

Estudio de Factibilidad, (Anexos y Informe)

Estudio de Impacto Ambiental (Anexos, Informe, Mapas)

\*Parte de contenido de este directorio fue el utilizado en el SIG

Ingeniería de la vía (Anexo G Pavimentos, Memoria Técnica)

Fue recuperado en cobertura el *Estudio de Factibilidad* para incorporarlo al *SIG-EAE*, con el siguiente proceso:

#### **Hidrografía**

Se intentó la recuperación de la digitalización de ríos en AUTOCAD, pero estos se encontraban en tres tramos sin referencias geográficas. En el proceso de registro cartográfico los errores superaban los 1000 metros. Como ese error es considerado muy grande para la escala de trabajo, se optó por la redigitalización de los ríos del AID en escala 1:50.000, corregidos con base en las imágenes de satélite.

El resto de la información fue descartado debido a la existencia de datos en fuentes primarias. Los mayores problemas en el uso de la información generada en el formato de AUTOCAD (.dwg ) resulta de utilizar un software de diseño gráfico en vez de uno especializado en SIG. Primero, el sistema no exige un registro cartográfico de los archivos digitales (aunque es posible, los usuarios no suelen hacerlo). Segundo, las anotaciones aparecen solamente como texto y no como base de datos o tablas.

#### **12.3.1.4. Información del Servicio Técnico de Minas (SETMIN)**

La información sobre concesiones mineras fue comprada al Servicio Técnico de Minas, en formato digital original, DGN (Microstation) así como sus tablas. Los datos fueron importados a ArcView y reproyectados al sistema de coordenadas Geográficas.

Nota: El enlace de los datos tabulares a los cartográficos no pudo ser confirmado debido a que no hay información que permita verificar si los enlaces están correctos o no.

#### **12.3.1.5. Información del Instituto Geográfico Militar (IGM)**

La fuente primaria de la cobertura de los Límites Municipales es IGM, fuente oficial del país. La cobertura en formato de Arc-View (.shp) fue corregida en su límite departamental en base al límite de Santa Cruz en el PLUS. La información primaria fue corregida debido a que había errores en los nombres de los municipios.

#### **12.3.1.6. Información del INRA**

La información perteneciente al INRA fue compilada en papel, y después de realizar una revisión exhaustiva de cada uno de los expedientes se definieron cuatro grupos:

- a. Expedientes sometidos a Saneamiento Simple.

- b. Expedientes con plano y con referencias cartográficas completas.
- c. Expedientes con plano y un punto de referencia que puede servir de guía para su registro cartográfico.
- d. Expedientes sin datos cartográficos.

Con base en estos datos se decidió utilizar solamente los expedientes de propiedades en las categorías a), b) y c) de los municipios Pailón, San José de Chiquitos, Roboré, El Carmen, Puerto Suárez y Puerto Quijarro. El proceso de generación de la información digital de los expedientes preseleccionados fue el siguiente:

- Calcular coordenadas de los vértices de la poligonal de la propiedad;
- Introducir las coordenadas en UTM a archivos de texto, utilizando el número del expediente del INRA como identificador de la poligonal. Ese identificador será utilizado para el enlace con la base de datos formada con toda la información de cada uno de los expedientes, eso es, nombre de la propiedad, nombre del propietario, número de hectáreas, fecha de registro del expediente, etc.
- A partir de los archivos texto generar en ArcInfo coberturas de líneas, convertirlas en shapefile de ArcView, re proyectarlas de UTM en sus diferentes zonas al sistema de coordenadas Geográficas.

Debido a la enorme sobreposición de propiedades se optó por generar únicamente líneas, ya que el proceso de convertir las líneas con demasiadas intersecciones en polígonos puede acarrear cambios en la forma y en el tamaño de las propiedades. La tarea de la selección de los expedientes y del cálculo de las poligonales fue realizada por cinco agrimensores en un lapso de 3 meses aproximadamente, con un total de 1026 expedientes georeferenciados. Se debe considerar que esa información puede tener un alto grado de error debido a varios factores:

1. A la calidad de la información de los expedientes del INRA en cuanto al error que pueden contener los datos originales de la poligonal;
2. A la calidad de los expedientes (fotocopias);
3. Al trabajo de calcular y digitar las coordenadas de las poligonales.
4. Al poco tiempo disponible y a la falta de trabajo de campo.

El siguiente paso para mejorar la calidad de esta información es contrastarla con los datos de coberturas digitales existentes en el INRA y verificar en campo todos aquellos casos no coincidentes en gabinete. Esta será una cobertura muy útil a la hora de encarar el saneamiento territorial en el área.

#### **12.3.1.7. Información del Centro de Planificación Territorial Indígena (CPTI)**

Mapa de Tierras Comunitarias de Origen, tituladas e inmovilizadas, y mapa de las demandas presentadas en 1999. Se recibieron en formato Arc-View (.shp) en coordenadas UTM y Datum WGS84. Se re proyectaron a coordenadas geográficas.

#### **12.3.1.8. Información del Ministerio de Desarrollo Sostenible y Planificación (MDSP)**

Mapa Forestal de Bolivia. Se recibió en formato Arc-View (.shp) en coordenadas UTM y Datum WGS84. Se re proyectó a coordenadas geográficas.

### **12.3.1.9. Información del Plan de Desarrollo de Pueblos Indígenas (PDPI)**

La información recopilada en papel consiste en fotocopias de los expedientes del INRA. Cada expediente contiene una tabla con las coordenadas de la poligonal y el plano de cada comunidad, además de información general como nombre de la propiedad, nombre del propietario, tamaño, etc. Con la información de las tablas de coordenadas se digitalizaron archivos ASCII(.txt) y a partir de esos, se generaron coberturas en ArcInfo. Estas coberturas fueron convertidas al formato ArcView (.shp), proyectadas de coordenadas UTM en sus diferentes zonas, Datum PSAD56 a coordenadas Geográficas Datum WGS 84 y unidas en un solo tema; se completó la base de datos con la información del expediente.

### **12.3.1.10. Información del Gas Oriente Boliviano (GOB)**

La información de GOB fue recibida en papel, en el cual se encuentran puntos referenciales, los cuales fueron utilizados para generar la cobertura del Gasoducto San Miguel-San Matías.

### **12.3.1.11. Información del Superintendencia Forestal**

Por intermedio de la SF se recibe el mapa de concesiones forestales en formato digital, con proyección UTM y Datum WGS84.

## **12.3.2. Información Generada por el Proyecto**

La recuperación de información existente realizada por el Consorcio fue de mucha importancia, así como su compatibilización, ya que muchos de los formatos no eran apropiados para un SIG ambiental y tenían errores cartográficos, o estaban en formatos de muy poco uso. Pero también el Consorcio ha generado información nueva, con base en el trabajo de campo y el análisis de su equipo de consultores. Se detalla a continuación lo generado con su respectivo proceso:

### **12.3.2.1. Zonas Agroecológicas**

En consenso entre los consultores de las áreas biológica, social y económica se establecieron las variables determinantes para una zonificación agroecológica. Estas son: uso actual de la tierra, capacidad de uso del suelo, plan de uso del suelo y concesiones actuales, las culturas tradicionales en cada región. Con base en las coberturas referentes a esa información se definieron las zonas agroecológicas en el área. Esta cobertura sirvió para distintos análisis socioeconómicos y la elaboración de los escenarios futuros.

### **12.3.2.2. Áreas Protegidas Propuestas**

Varios actores participaron en la elaboración de las distintas coberturas, sobre todo la capacidad de uso de suelo y las características biológicas de la región. Es el resultado de la interacción de todo el grupo de biólogos y geógrafos del Museo, los cuales consideraron factores como la singularidad de hábitats, especies en peligro, corredores biológicos, hábitats críticos, procesos ecológicos, etc. También factores sociales fueron considerados en el trazado de los límites propuestos, tales como asentamientos

humanos, concesiones legales existentes, demandas territoriales y la existencia de estancias legales, como la Reservas de Inmovilización y Parques Regionales. (ver Capítulo 11.4, Programa de Conservación Ambiental).

#### **12.3.2.3. Propiedades Privadas Afectadas por el Derecho de Vía**

Esta cobertura fue elaborada con base en las encuestas y al trabajo de campo del equipo socioeconómico. Se basó en las declaraciones de buena fe de los propietarios afectados por el derecho de vía y se ajustaron los datos basándose en las imágenes de satélite. Esta cobertura es de tipo referencial y se considera que puede tener un alto nivel de error debido al tipo de fuente.

#### **12.3.2.4. Geomorfología y Fisiografía**

Esa cobertura fue creada a partir del mapa de Fisiografía y Suelos del PLUS, en consenso entre el especialista en suelos y el especialista en ecología del Museo Noel Kempff Mercado. Las variaciones más importantes se encuentran en el área del Pantanal, donde los nuevos límites son mucho más detallados.

#### **12.3.2.5. Área de Influencia Directa (AID)**

En la propuesta original del Consorcio Prime-Museo-Potlatch y los Términos de Referencia acordados con el Gobierno de Bolivia y el BID, se especificó que el Área de Influencia Directa sería de 20 kilómetros a ambos lados de la carretera. En el sistema ArcView, se generó automáticamente un buffer de 20 kilómetros a ambos lados de la carretera propuesta.

#### **12.3.2.6. Área de Influencia Indirecta (AII)**

En la propuesta original del Consorcio Prime-Museo-Potlatch y los Términos de Referencia acordados con el Gobierno de Bolivia y el BID, se especificó que el Área de Influencia Indirecta en el departamento de Santa Cruz será un área de aproximadamente 22 millones de hectáreas incorporando los Municipios y provincias al este del Río Grande, al norte de la Frontera con Paraguay y aproximadamente al Sur del latitud 15°. La cobertura del AII se generó utilizando el sistema ArcView (.shp) teniendo como fuente el mapa del PLUS.

#### **12.3.2.7. Zonas de Muestreo de Flora**

El equipo de botánicos, al realizar los estudios de campo utilizando GPS, ha georeferenciado cada uno de los sitios de muestreo. Estos datos fueron incorporados en el SIG como cobertura de puntos con su respectiva base de datos.

#### **12.3.2.8. Zonas de Muestreo de Fauna**

Al igual que el equipo de botánicos de campo, el equipo de zoólogos también ha realizado muestreos georeferenciados. Estos datos se incorporaron en el SIG como cobertura de puntos con su respectiva base de datos.

### 12.3.2.9. Vegetación y Uso de Suelos

El Consorcio recibió las imágenes de satélite Landsat 5 (Cuadro 12.2) de la consultora GEOSYSTEMS S.A., subcontratista de la Empresa Alemana GAF. Contienen 3 bandas (3,4,7) con una resolución de 30 metros (pixel) y, según GEOSYSTEMS, están georeferenciadas con precisión de escala 1:50.000; fueron entregadas al Museo en el formato de ERDAS Imagine (.img). Las imágenes se preprocesaron para resaltar las características del paisaje y se exportaron como imágenes Geotiff, ya que éstas ocupan menos espacio en disco, permitiendo un despliegue más veloz en ArcView o en cualquier software gráfico.

Adicionalmente, se elaboró un mosaico de imágenes para poder visualizar todo el AII en su conjunto, pero degradando la resolución de los geotiffs hasta 100 m el pixel para reducir su tamaño en megabytes y poder proyectarlo en su conjunto en ArcView. Las imágenes proporcionadas por el BID no cubren todo el AII definido por el Consorcio, por lo que se complementaron con otras existentes en el archivo del Museo (ver Cuadro 12.2), las cuales fueron entregadas al Museo mediante un proyecto de fortalecimiento institucional con la NASA. Estas imágenes fueron originalmente utilizadas en un estudio de deforestación y cobertura de bosques (LANDSAT Pathfinder Project) ejecutado por la Universidad de Maryland como un proyecto financiado por la misma NASA.

Se clasificaron digitalmente estas imágenes para obtener el Mapa de Vegetación del AII, aplicando el siguiente proceso para cada imagen:

- Clasificación de la imagen utilizando módulos de clasificación no supervisada en 100 clases; incluye comparación de firmas espectrales, estadísticas radiométricas para cada clase y estratificación de paisajes y unidades vegetales.
- Verificación del mapa borrador con el equipo de botánicos de campo y un ecólogo experimentado en reconocer las unidades naturales de vegetación del área. Se complementó con un sobrevuelo para relacionar los datos del terreno con las unidades paisajísticas a escala local y relacionarlas con las imágenes.
- Corrección de mapa borrador y composición del mapa final.
- Se determinaron en la zona de estudio 15 distintas formaciones, siendo 14 vegetales y una antrópica.

**Cuadro 12.2 – Imágenes satelitales utilizadas en el Proyecto**

Sitio Path/Row (o mosaico)	Fecha	Fuente
230-071	11.06.96	BID
230-072	21.09.98	BID
230-073	13.07.96	Museo
229-071	25.07.97	BID
229-072	25.07.97	BID
228-071	19.04.99	BID
228-072	23.01.97	BID
228-073	23.01.97	BID
227-072	05.07.92	Museo
227-073	27.07.97	BID
230-071	02.07.86	Museo
230-072	02.07.86	Museo

<b>Sitio Path/Row (o mosaico)</b>	<b>Fecha</b>	<b>Fuente</b>
230-073	02.07.86	Museo
229-071	27.07.86	Museo
229-072	27.07.86	Museo
228-071	24.10.86	Museo
228-072	24.10.86	Museo
227-072	13.07.86	Museo
227-073	13-07.86	Museo

### **12.3.2.10. Deforestación**

Esta es una cobertura intermedia que se creó clasificando las imágenes del proyecto (años 1997-1998) e imágenes históricas del archivo del Museo Noel Kempff Mercado (años 193-94). En algunos sitios específicos (Tierras Bajas del Este y Concepción) han sido realizados estudios temporales utilizando imágenes de los años 1976 y 1986 que permitieron hacer cálculos aproximados de tasas de deforestación.

### **12.3.2.11. Escenarios**

Una de las tareas principales de la consultoría fue el desarrollo de modelos que permitan vislumbrar tres escenarios futuros para prever los cambios e impactos que el desarrollo inducido por la carretera, en sinergia con otros proyectos de desarrollo, traerán a la región del AII. Los escenarios responden a diferentes factores e incluyen proyecciones económicas en los sectores productivos. La base de los escenarios está en la proyección de los cambios de uso de suelo, la cual es resultado de una función que incorpora como variables independientes: deforestación, municipios, zonas agroecológicas, hábitats críticos, caminos actuales, áreas protegidas, concesiones forestales, TCOs.

El factor modificado en cada escenario es la zona antrópica; ésta se proyecta alrededor de los caminos producidos en el SIG, según criterios derivados de la calidad de suelos y distancia de centros poblados. En cada escenario se produce una nueva cobertura que incorpora las intersecciones de todas las demás coberturas, para producir superficies de cada clase en hectáreas.

### **12.3.2.12. Videografía**

Un producto especialmente importante para evaluar y visualizar los impactos relacionados con la construcción de la obra es el producido mediante la videografía aérea georeferenciada. La videografía aérea es el proceso de capturar imágenes en movimiento a una altura promedio constante desde una avioneta, mientras se graba la posición geográfica exacta. Para la EAE de la carretera Santa Cruz – Puerto Suárez la videografía fue producida mediante una cámara digital ligada a un GPS habiéndose realizado un sobrevuelo y filmado el derecho de vía de la carretera propuesta. Estas fotografías han sido utilizadas para analizar el estado actual de la cobertura vegetal en el área de intervención. Asimismo fue útil para identificar áreas ribereñas que podrían ser afectadas e identificar el estado de conservación actual de zonas importantes para fauna.

### **Descripción del trabajo**

**Fase 1.** La videografía tiene las siguientes especificaciones: se realizó con 2 cámaras, una con gran angular que abarca un ancho promedio de 800 metros y otra con zoom que abarca un ancho promedio de 200 metros. La videografía dio como resultado 7,5 horas de vídeo digital en cintas de alta resolución de 8 mm. Se realizó en dos tramos

- Pailón - San José de Chiquitos (1,5 horas). La altura promedio de vuelo es: 4000 pies
- San José de Chiquitos - Puerto Suárez (1,7 horas). La altura promedio de vuelo es: 4500 pies
- Adicionalmente se realizaron dos videos paralelos en el tramo San José de Chiquitos - Puerto Suárez. La altura promedio de vuelo es: 4000 pies
- Se tomaron también fotografías de las poblaciones importantes a una altura de 6000 pies

**Fase 2.** Se seleccionó de la videografía un conjunto de imágenes; cada una de estas imágenes es un “frame” individual del video. Un *frame* es una fotografía digital y el video está compuesto de una serie de *frames* tomados en secuencia, al ritmo de 60 *frames* por segundo aproximadamente. Se ha copiado una fotografía por cada 10 segundos de vuelo, lo cual proporciona un traslape del 20% entre ellas. Las fotografías grabadas tienen resolución de 1 m y abarcan 200 x 500 metros en terreno. Debido a la variabilidad del vuelo con respecto a la orientación de la avioneta en los planos horizontales y verticales, los parámetros de las fotografías son aproximados. Los vuelos de grabación fueron realizados en sentido Oeste-Este (o viceversa); luego, las fotografías fueron giradas para que el eje norte-sur corresponda al eje vertical de la fotografía.

**Fase 3** Las fotografías seleccionadas están organizadas en un proyecto de ArcView con dos ventanas. En la ventana superior se puede visualizar una imagen satelital al fondo para apreciar mejor el paisaje, y encima de éste, la cobertura de la carretera propuesta (líneas) y la ruta del sobrevuelo (puntos). En la ventana inferior se desplaza una imagen de la videografía. Cada fotografía posee información de la coordenada georeferencial del centro de la misma, lo que ha permitido enlazar la cobertura de puntos que representa la línea de vuelo con cada fotografía. El proyecto entonces permite visualizar un punto del terreno en detalle, seleccionando un punto del sobrevuelo en la ventana superior (a una resolución de 30 m a la escala de 1:50.000), y simultáneamente mostrando la fotografía (a una resolución de 1 m y escala 1:5.000).

**Nota:** Este producto del SIG-EAE, aunque muy útil para visualizar la carretera y sus impactos, no permitía la sobreposición de las diferentes coberturas del SIG encima de las fotografías en la misma ventana de ArcView. La razón técnica de eso es que las fotografías cuentan con una georeferenciación pero no con una georectificación, donde cada pixel tiene una coordenada geográfica específica (sólo un punto en el centro de la imagen tenía datos geográficos). Por otro lado, los consultores pedían un conjunto de fotografías para poder visualizar los impactos directos de la construcción de la obra. Entonces, se desarrolló un producto adicional, descrito a la continuación:

**Fase. 4** Se juntaron las diferentes imágenes para elaborar mosaicos de entre 10 y 20 fotografías, uniendo las fotografías una por una en orden correlativo.

**Fase 5** Los mosaicos fueron georectificados utilizando como base para el registro las imágenes de satélite Landsat. En este caso datum WGS-84 y esferoide WGS-84. Dada la fuente de las

coordenadas, algunas fotos no pudieron ser registradas, debido a la no-existencia de puntos visibles en ambas capas de información.

#### **12.3.2.13. Hábitats Afectados**

Usando como fondo la imagen de satélite, la videografía, y las notas y registros fotográficos de sus viajes de campo, el equipo de biólogos del Museo determinó los hábitats afectados, permitiendo de esa manera su cuantificación.

#### **12.3.2.14. Corredores Biológicos**

Estos son básicamente bosques de galería y ribereños que conectan los hábitats naturales en el norte y sur de la carretera. Solamente se han seleccionado aquellos que son considerados de importancia, como por ejemplo los bañados de Izozog con Laguna Concepción y los bañados de Otuquis con el Valle de Tucavaca. Una vez seleccionados, se digitalizó en pantalla los corredores, utilizando las imágenes y coberturas necesarias.

### **12.4. RESULTADOS OBTENIDOS**

El SIG-EAE de la carretera Santa Cruz – Puerto Suárez está organizado utilizando los mismos criterios del Estudio de Evaluación Ambiental Estratégica (EAE). Básicamente existen tres escalas de trabajo con datos primarios, productos secundarios temáticos y mapas sintéticos que corresponden a las necesidades analíticas de cada estudio. La herramienta utilizada para la elaboración del SIG-EAE es ArcView® (v3.2) y su lenguaje de desarrollo Avenue, la estructura de los datos es jerárquica, y se lista en el cuadro. Este mismo programa está recomendado para el usuario, pero se pueden leer las diferentes coberturas y imágenes utilizando otros programas de SIG. También, se han exportado todos los mapas en un formato gráfico común (.jpg) para que puedan ser leídos en cualquier programa gráfico.

#### **12.4.1. Proyección y Datum**

Todas las coberturas vectoriales, debido al tamaño del área de estudio, se encuentran en coordenadas geográficas (Latitud y Longitud) para mantener la forma de los mapas. La Proyección UTM fue utilizada para estimaciones de superficies y longitudes, creando coberturas temporales, sobre todo en los estudios de tenencia de tierra y escenarios futuros. Los archivos raster tienen coordenadas geográficas (Lat Long.) y UTM utilizando datum WGS84.

#### **12.4.2. Área de Intervención (AI)**

Para evaluar los impactos relacionados con la construcción de la obra, se han desarrollado varias coberturas que detallan las diferentes características del medio y de la obra a escala de 1:50.000. Las que están relacionadas con la obra fueron entregadas al Consorcio por TYPSA-PCA, mientras otras fueron desarrolladas por el equipo de SIG mediante interpretación directa de las imágenes, la videografía y el trabajo de campo (Cuadro 12.2). Estas coberturas pueden observarse directamente como temas, y al mismo tiempo están presentes en los diferentes mapas (Cuadro 12.3)

**Cuadro 12.3 – Coberturas relacionadas al AI**

<b>Cobertura</b>	<b>Fuente</b>	<b>Escala</b>	<b>Nombre de Archivo (shp)</b>
Hidrografía	Imágenes	1:50.000	Rioscorre.shp
Campamentos	CONSORCIO	1:50.000	Campamentos.shp
Canteras	CONSORCIO	1:50.000	Canteras_poligonos.shp, canteras_punto.shp
Puentes	CONSORCIO	1:50.000	Oam_puente.shp
Kilometraje	CONSORCIO	1:50.000	Kmpailsjose.shp, kmsjpuerto.shp
Alcantarillas	CONSORCIO	1:50.000	Oam_puentes.shp
Hábitats afectados	CONSORCIO	1:50.000	Antropic.shp, bañados.shp, bo_cha.shp, bo_rib.shp, bo_rib.shp, bos_chiqbidr.shp, bos_chiqmadr.shp, cerrado.shp, galeria.shp, manchones.shp, past.shp
Unidades Agrarias afectadas	CONSORCIO	1:100.000	Propiedades-pailon.shp
Pueblos	PLUS	1:250.000	Poblaid.shp
Comunidades PDPI	PDPI	1:50.000	Comunidades.shp

**12.4.2.1. Videografía**

Los resultados producidos por la videografía, además del video y de los proyectos ya listados, son los siguientes:

**Vuelo Santa Cruz - San José**

- 1104 fotografías
- 25 mosaicos en total
- 21 mosaicos georeferenciados
- 4 mosaicos no georeferenciados

**Vuelo San José - Puerto Suárez**

- 482 fotografías
- 53 mosaicos en total
- 31 mosaicos georeferenciados
- 22 no georeferenciados

**Comunidades**

- 17 fotografías
- 16 fotos georeferenciadas
- 1 foto no georeferenciada

**12.4.3. Área de Influencia Directa (AID)**

Para las áreas situadas fuera del derecho de vía, pero que están suficientemente cerca de la carretera y que por lo tanto sufrirán impactos directos, se ha desarrollado una serie de productos y análisis a escala 1:100.000 y 1:250.000 (Cuadro 12.4). La mayor parte de esta información está organizada en siete proyectos de Arc-View (Denominados Mapa I – VII, impresos en escala 1:100.000). Como fondo de

estos proyectos están las imágenes satélites Landsat TM (resolución 30 m) para facilitar la interpretación de la obra y su relación con el paisaje.

También, existen varios mapas que apoyan la discusión de temas específicos en el informe, como las áreas protegidas propuestas, corredores biológicos, uso del suelo en las comunidades indígenas, etc.

**Cuadro 12.4 – Información geográfica relacionada al AID**

<b>Cobertura</b>	<b>Fuente</b>	<b>Escala</b>	<b>Directorio</b>
Propiedades Privadas	INRA	1:50.000	Bioceánico\AID\Temáticos\PropPrivExpeINRA
Sitios de Muestreo de Flora	CONSORCIO	1:50.000	Bioceánico\AID\Temáticos\Muestras Bioceánico\AII\Temáticos\EstudiosBiológicos
Sitios de Muestreo de Fauna	CONSORCIO	1:50.000	Bioceánico\AID\Temáticos\Muestras Bioceánico\AII\Temáticos\EstudiosBiológicos
Sitios arqueológicos	CONSORCIO	Archivo jpg	Bioceánico\AII\Temáticos\Arqueología
PLUS	PLUS	1:500.000	Bioceánico\AII\Temáticos\PLUS
Concesiones Forestales	Superintendencia Forestal		Bioceánico\AII\Temáticos\ConForestales
Unidades políticas (municipios & provincias)	IGM	1:1000.000	Bioceánico\AID\Temáticos\Municipios
Ríos y Arroyos	PLUS-Consorcio	1:50.000	Bioceánico\AID\Base\HidroPCacorregida
Caminos y Ferrocarril	PLUS-Consorcio	1:50.000	Bioceánico\AID\Base\InfraVialActual
Pueblos y Comunidades	PLUS-Consorcio	1:500.000	Bioceánico\AID\Base\Asentamientos
Comunidades PDPI	PDPI		Bioceánico\AID\Temáticos\PropPrivPDPI
Áreas Protegidas Propuestas	CONSORCIO	1:100.000	Bioceánico\AII\Temáticos\ÁreasProtegidas
Corredores Biológicos	CONSORCIO	1:100.000	Bioceánico\AID\Temáticos\ÁreasSensibles
Propiedades afectadas	CONSORCIO	1:100.000	Bioceánico\AID\Temáticos\Propprivddv
Campamentos	TYPSA-PCA	1:100.000	Bioceánico\AID\Temáticos\ÁreasdePrestamo
Canteras	TYPSA-PCA	1:100.000	Bioceánico\AID\Temáticos\ÁreasdePrestamo
Puentes	TYPSA-PCA	1:100.000	Bioceánico\AID\Base\CarreteraPropuesta
Kilometraje	TYPSA-PCA	1:100.000	Bioceánico\AID\Base\CarreteraPropuesta
Obras de Arte	TYPSA-PCA	1:100.000	Bioceánico\AID\Base\CarreteraPropuesta
Propiedades Privadas Con Saneamiento Simple	CONSORCIO	1:100.000	Bioceánico\AID\Temáticos\PropPrivSANSIM
Reservas de Inmovilización	UTD/PLUS-CONSORCIO	500.000	Bioceanico\AII\Temáticos\ÁreasProtegidas
Áreas Críticas	CONSORCIO	1:250.000	Bioceánico\AID\Temáticos\ÁreasSensibles

**Cuadro 12.5 – Proyectos (Mapas) del ArcView relacionados con el AID**

<b>Título &amp; Escala</b>	<b>Capítulo del Informe</b>	<b>Nombre de archivo &amp; Directorio</b>	<b>Breve Descripción</b>
ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA MAPA I-VII Escala 1:100.000	Vol.8/8 Mapas	Bioceánico\AID\Proyectos\Mapa I hasta Mapa VII	Carretera propuesta, AID, imágenes, comunidades, hidrografía, obras de arte de ingeniería, campamentos, áreas de préstamo, centros poblados, kilometraje, gasoductos, división municipal, caminos.
UNIDADES AGRARIAS AFECTADAS POR EL DERECHO DE VIA (1,2,3) Escala 1:100.000	Vol.8/8 Mapas	Bioceánico\AID\Proyectos\Propprivddv2av	Carretera propuesta, AID, comunidades, límites aproximados de las unidades agrarias, Kilometraje, caminos.
ÁREAS COMUNIDADES Escalas variadas	Vol. 5/8 Ítem 8.6	Bioceánico\AID\Proyectos\Áreascomunidades	Uso de la tierra de las comunidades, carretera propuesta, imágenes, comunidades, caminos, obras de arte de ingeniería, campamentos, áreas de préstamo, hidrografía, kilometraje
PROPUESTAS DE ÁREAS PROTEGIDAS: LAGUNA CONCEPCIÓN Y SERRANÍA DE SANTIAGO. VALLE DE TUCAVACA Escala 1:250.000	Vol.8/8 Mapas	Bioceánico\AID\Proyectos\Áreaspropuestas	Carretera propuesta, áreas protegidas propuestas, áreas protegidas existentes, reservas de inmovilización, AID, imágenes, comunidades, hidrografía, centros poblados, gasoductos, división municipal, caminos.
CORREDORES BIOLÓGICOS Escalas variadas	Vol. 5/8 Ítem 8.4	Bioceánico\AID\Proyectos\Corredores biológicos	Corredores biológicos, carretera propuesta, kilometraje, AID, imágenes, comunidades, hidrografía, centros poblados, gasoductos, división municipal, caminos, obras de arte de ingeniería, campamentos, áreas de préstamo,.
PROYECTO DE SANEAMIENTO INTEGRADO AL CATASTRO (por municipio) Escalas variadas	Vol.7/8 TOMO A Ítem 11.2	Bioceánico\AII\Proyectos\CATSAN	Carretera propuesta AID, comunidades, hidrografía, centros poblados, gasoductos, división municipal, caminos, TCOs, propiedades privadas con Saneamiento Simple, áreas sensibles, concesiones forestales, áreas protegidas.

#### 12.4.4. Área de Influencia Indirecta (AII)

La mayor parte de la Evaluación Ambiental Estratégica (EAE) está orientada a responder a los procesos de desarrollo y los impactos inducidos por éstos en toda la región. Consecuentemente, la información está organizada a otra escala, tanto con respecto al margen de error de la digitalización, como en la densidad de información de cada producto. Esta información contempla una serie de temas

que están detallados en el Cuadro 12.6 y se han producido varios proyectos (mapas) orientados a enriquecer los textos analíticos de los informes (Cuadro 12.7):

**Cuadro 12.6 – Información geográfica relacionada al AII**

<b>Cobertura</b>	<b>Fuente</b>	<b>Escala</b>	<b>Directorio</b>
Propiedades privadas	INRA	1:50.000	Bioceanico\AII\Tematicos\ProPrivExpeINRA
Tierras Comunitarias de Origen (TCOs)	CPTI	1.000.000	Bioceanico\AII\Tematicos\TCOs
Áreas Protegidas	SERNAP	1.000.000	Bioceanico\AII\Tematicos\ÁreasProtegidas
Ríos y Arroyos	UTD/PLUS-CONSORCIO	1.000.000	Bioceanico\AII\Base\Hidrografía
Unidades políticas (municipios & provincias)	IGM	1.000.000	Bioceanico\AII\Tematicos\Municipios
Caminos vecinales	UTD/PLUS-CONSORCIO	1.000.000	Bioceanico\AII\Base\InfraestructuraVialActual
Pueblos y Comunidades	UTD/PLUS-CONSORCIO	1.000.000	Bioceanico\AII\Base\Asentamientos
Agroecología	CONSORCIO	250.000	Bioceanico\AII\Temáticos\Agroecología
Agrupaciones Sociales del Lugar	PROMABOSQUE	250.000	Bioceanico\AII\Temáticos\ASLs
Aves	CONSORCIO	500.000	Bioceanico\AII\Temáticos\Aves
Capacidad de Uso de Suelo – Categoría 8	UTD/PLUS-CONSORCIO	250.000	Bioceanico\AII\Temáticos\ Capacidad de Uso del Suelo
CAT-SAN	INRA-CONSORCIO	50.000	Bioceanico\AII\Temáticos\Catsan
Clima	CONSORCIO	.jpg	Bioceanico\AII\Temáticos\Clima
Concesiones Forestales	Superintendencia Forestal	500.00	Bioceanico\AII\Temáticos\ConForestal
Concesiones Mineras	SETMIN	500.000	Bioceanico\AII\Temáticos\ConMineras
Cuencas	CONSORCIO	500.000	Bioceanico\AII\Temáticos\Cuencas
Gasoductos	GOB	1.000.000	Bioceanico\AII\Temáticos\Ductos
Forestal	MDSMA	1.500.000	Bioceanico\AII\Temáticos\Forestal
Geomorfología	UTD/PLUS-CONSORCIO	250.000	Bioceanico\AII\Temáticos\Geomorfo
Incendios	CONSORCIO	.jpg	Bioceanico\AII\Temáticos\Incendios
Isoyetas	Rocha y Roche 1985	1.500.000	Bioceanico\AII\Temáticos\Isoyetas
Municipios	IGM		Bioceanico\AII\Temáticos\Municipios
PLUS	UTD/PLUS-CONSORCIO		Bioceanico\AII\Temáticos\Plus
Presión de Cacería	CONSORCIO	1.000.000	Bioceanico\AII\Temáticos\PresiónCacería
Prop. Manejo Forestal	PROMABOSQUE	500.000	Bioceanico\AII\Temáticos\PropManejoForestal
Prop. Priv. PDPI	PDPI	100.000	Bioceanico\AII\Temáticos\PropPrivPDPI
Propiedad Privada Saneamiento Simple	INRA	100.000	Bioceanico\AII\Temáticos\PropPrivSANSIM
Estudios Biológicos	MHNNKM	50.000	Bioceanico\AII\Temáticos\Estudios Biológicos

**Cuadro 12.7 – Proyectos (Mapas) del ArcView relacionados con el AII**

<b>Título &amp; Escala</b>	<b>Capítulo del Informe</b>	<b>Nombre de archivo &amp; Directorio</b>	<b>Breve Descripción</b>
PLAN DE USO DE SUELO, CONCESIONES FORESTALES, TCOs Y ÁREAS PROTEGIDAS 1:750.000	Vol.8/8 Mapas	Bioceánico\AII\ Proyectos\ plustcoap2	Carretera propuesta, AID, AII, PLUS, imágenes de deforestación, comunidades, hidrografía, centros poblados, concesiones forestales, áreas protegidas, TCO's, gasoductos, división municipal, caminos.
VEGETACIÓN 1997 1: 750.000	Vol.8/8 Mapas	Bioceánico\AII\ Proyectos\vegaii	Imágenes clasificadas, carretera propuesta, AII, AID, centros poblados, caminos, hidrografía.
PROYECTO DE SANEAMIENTO INTEGRADO AL CATASTRO 1: 750.000	Vol.8/8 Mapas	Bioceánico\AII\ Proyectos\catsan	Carretera propuesta, AII, AID, comunidades, caminos, hidrografía, centros poblados, concesiones forestales, áreas protegidas, TCO's, gasoductos, división municipal, caminos, áreas críticas, gasoductos, capuso8.
ESCENARIOS FUTUROS: ESTADO ACTUAL DEL USO 1:1.000.000	Vol.8/8 Mapas	Bioceánico\AII\ Proyectos\ Impactos Escenarios\Proye ctos\estadoactual	Áreas protegidas, concesiones forestales, comunidades, hidrografía, centros poblados, gasoductos, tierras restantes, zona antrópica, división municipal, caminos, agroecología, tierras sin uso, tierras de uso limitado.
ESCENARIOS FUTUROS: SIN CARRETERA 1:1.000.000	Vol.8/8 Mapas	Bioceánico\AII\ Proyectos\ Impactos Escenarios\Proye ctos\sincarretera	Áreas protegidas, concesiones forestales, comunidades, hidrografía, centros poblados, gasoductos, tierras restantes, zona antrópica, división municipal, caminos, agroecología, tierras sin uso, tierras de uso limitado.
ESCENARIOS FUTUROS: CON CARRETERA Y SIN PLAN DE ACCIÓN 1:1.000.000	Vol.8/8 Mapas	Bioceánico\AII\ Proyectos\ Impactos Escenarios\Proye ctos\sin mitigación	Áreas protegidas, concesiones forestales, comunidades, hidrografía, centros poblados, gasoductos, tierras restantes, zona antrópica, división municipal, caminos, agroecología, tierras sin uso, tierras de uso limitado.
ESCENARIOS FUTUROS: CON CARRETERA Y CON PLAN DE ACCIÓN 1:1.000.000	Vol.8/8 Mapas	Bioceánico\AII\ Proyectos\ Impactos Escenarios\Proye ctos\con mitigación	Áreas protegidas, concesiones forestales, comunidades, hidrografía, centros poblados, gasoductos, tierras restantes, zona antrópica, división municipal, caminos, agroecología, tierras sin uso, tierras de uso limitado.
MAPA BASE 1:3.500.000	Vol. 2/8 Ítem 3	Bioceánico\AII\ Proyectos\baseaii	Carretera propuesta AII, AID, hidrografía, centros poblados, gasoductos, división municipal, caminos.
AGRUPACIONES SOCIALES DEL LUGAR 1:3.500.000	Vol. 3/8 TOMO A Ítem 4.9	Bioceánico\AII\ Proyectos\ASIs	Agrupaciones sociales del lugar, AII, AID, carretera propuesta, TCO's, límites municipales.

CONCESIONES FORESTALES 1:3.500.000	Vol. 3/8 TOMO A Ítem 4.9	Bioceánico\AII\ Proyectos\ ConForestales	Concesiones forestales, AII, AID, carretera propuesta, TCO's, límites municipales.
CONCESIONES MINERAS 1:3.500.000	Vol. 3/8 TOMO A Ítem 4.10	Bioceánico\AII\ Proyectos\ ConMineras	Concesiones mineras, AII, AID, carretera propuesta, concesiones forestales, reservas de inmovilización, límites municipales, gasoductos.
GEOMORFOLOGÍA Y FISIOGRAFÍA	Vol.3/8 TOMO A Ítem 4.2	Bioceánico\AII\ Proyectos\ Geomorfo	Geomorfología, carretera propuesta, AII, AID.
HIDROLOGÍA Y CUENCAS 1:3.500.000	Vol. 3/8 TOMO A Ítem 4.3	Bioceánico\AII\ Proyectos\ Cuencas	Límites de cuencas, hidrografía, carretera propuesta AII, AID, caminos, gasoductos.
INCENDIOS 1:3.500.000	Vol. 3/8 TOMO A Ítem 4.4	Bioceánico\AII\ Proyectos\ Cuencas	Fire_chiquitan.jpg
ISOYETAS 1:3.500.000	Vol.3/8 TOMO A Ítem 4.3	Bioceánico\AII\ Proyectos\ Isoyetas	Isoyetas, carretera propuesta AII, AID, mapa forestal
MOVIMIENTOS MIGRATORIOS DE LAS AVES 1:3.500.000	Vol.3/8 TOMO A Ítem 4.5	Bioceánico\AII\ Proyectos\ Mov. migratorios de las aves	Movimientos migratorios de las aves, carretera propuesta AII, AID, hidrografía, áreas protegidas
PRESIÓN DE CACERÍA 1:3.500.000	Vol.3/8 TOMO A Ítem 4.5	Bioceánico\AII\ Proyectos\ Presión cacería	Presión de cacería, carretera propuesta AII, AID, hidrografía, centros poblados, caminos.
PROPIEDADES CON MANEJO FORESTAL 1:3.500.000	Vol. 3/8 TOMO A Ítem 4.9	Bioceánico\AII\ Proyectos\ PropManejo Forestal	Propiedades con manejo forestal, AII, AID, carretera propuesta, límites municipales.
SISTEMAS CLIMÁTICOS	Vol. 3/8 TOMO A Ítem 4.3	Bioceánico\AII\ Proyectos\Clima	Sistemas climáticos (climasudam.jpg)
SITIOS ARQUEOLÓGICOS	Vol. 4/8 Ítem 6.2	Bioceánico\AII\ Proyectos\Sitios rupestres	Mapa_arqueológico.jpg
SITIOS DE MUESTREO BOTÁNICA 1:3.500.000	Vol.4/8 Ítem 5.3	Bioceánico\AII\ Proyectos\Sitios de muestreo de botanica	Puntos de muestreo botánico, puntos de estudios existentes, formaciones forestales, carretera propuesta AII, AID.
SITIOS DE MUESTREO DE FAUNA 1:3.500.000	Vol.4/8 Ítem 5.4	Bioceánico\AII\ Proyectos\ Sitios de muestreo de fauna	Puntos de muestreo botánico, formaciones forestales, carretera propuesta AII, AID.
TIERRAS INDÍGENAS 1:3.500.000	Vol. 3/8 TOMO B Ítem 4.12	Bioceánico\AII\ Proyectos	Comunidades, TCO's, carretera propuesta AII, AID, caminos, concesiones forestales, reservas de inmovilización, áreas protegidas.