

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS**

**FACULTAD TÉCNICA**

**CARRERA DE TOPOGRAFÍA Y GEODESIA**



**MEMORIA TÉCNICA**

**APLICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO  
GLOBAL Y LA GEOMÁTICA PARA LA PLANIFICACIÓN DE  
ELECTRIFICACIÓN RURAL  
CASO: URUJARA - PONGO**

**NIVEL LICENCIATURA  
POSTULANTE: EMILIO CHOQUE LLUSCO  
TUTOR: ING. JOSÉ LUIS DELGADO ÁLVAREZ**

**LA PAZ – BOLIVIA  
2011**





# CAPÍTULO I

## 1. ASPECTOS GENERALES.

### 1.1. INTRODUCCIÓN.

Desde el año 1987 ELECTROPAZ<sup>1</sup> (en ese entonces COBEE<sup>2</sup>), se comenzó con un programa de electrificación rural a objeto de llevar electricidad al área rural, al inicio se electrificó el centro poblado de Palca y localidades adyacentes.

Luego en 1994 se electrificó con el proyecto 16 comunidades que están ubicadas en las provincias Ingavi, Murillo y Aroma.

Actualmente, Electropaz viene ejecutando este programa de electrificación rural mediante solicitudes de servicio por parte de los interesados de diferentes localidades, ubicados dentro de área de concesión concedidas por la Autoridad de fiscalización y control social de electricidad. (Choque, 2011).

En años anteriores, el diseño de líneas eléctricas se utilizaba la topografía clásica, vale decir taquímetro; para el presente trabajo se utilizó nuevas técnicas para desarrollar un óptimo trabajo, actualmente se trata de implementar nueva tecnología como los GPS<sup>3</sup> y herramientas geomáticas que ayudan a la toma de decisiones y cálculos más precisos.

---

<sup>1</sup> ELECTROPAZ. Electricidad de La Paz

<sup>2</sup> COBEE. Compañía Boliviana de Energía Eléctrica

<sup>3</sup> GPS. Sistema de Posicionamiento Global

## 1.2. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El Área de trabajo se encuentra camino a los Yungas empezando de la Urbanización Urujara actual pago del peaje, continuando paralela a la carretera asfaltada hasta llegar a la localidad de Pongo aproximadamente a 24 km. de longitud con altitudes que varían de 2400 a 3100 m.s.n.m. su ubicación geográfica está comprendida en las siguientes coordenadas

SISTEMA DE REFERENCIA WGS 84		
VÉRTICE	ESTE	NORTE
1	598318	8196031
2	612034	8195911
3	598348	8182913
4	612063	8182853

**Tabla 1.** Coordenadas del área de estudio.

*Fuente:* Datos obtenidos en gabinete mediante Cartas IGM, 2011.

### 1.2.1. Topografía.

La región en la cual se encuentra la zona estudiada participa de dos ambientes geográfico – ecológicos: a una región alta que corresponden a serranías elongadas, señaladas geológicamente como pertenecientes a la formación La Paz, otra región baja por la que discurre un el rio descendiente de la Cumbre y está formada por planicies ligeramente inclinadas, con vegetación propia de zonas frías. (Meave, 2011).



**Fotografía 1.** Topografía del área de Estudio.

*Fuente:* Choque, 2011.

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **1.3.1. Objetivo General.**

Utilizar la nueva tecnología de los Sistema de Posicionamiento Global, Imágenes Satelitales y Técnicas Geomáticas, para optimizar y reducir el tiempo de trabajo y costos en la electrificación en el área rural.

#### **1.3.2. Objetivos Específicos.**

- Realizar el diagnostico del área del proyecto.
- Recopilar la información Espacial del Área del Proyecto.
- Realizar una planificación adecuada para el Trabajo de Campo y el Trabajo de Gabinete.
- Realizar el Tratamiento de Imágenes de Satélite.
- Realizar la Mensura de Puntos GPS en el área de diseño.
- Diseñar la línea eléctrica según especificaciones técnicas.

## **1.4. JUSTIFICACIÓN**

### **1.4.1. Justificación Técnica.**

La Topografía y Geodesia mediante el empleo los Sistemas de Posicionamiento Global, Geomática, Teledetección, Cartografía, y las tecnologías actuales; se constituyen un soporte técnico para dar soluciones a problemas de servicios básicos como la expansión de las líneas eléctricas en el área rural.

El buen empleo de la información obtenida, tanto en campo como en gabinete, las herramientas y la metodología planteada facilitaran el diseño de líneas eléctricas en el área rural, permitiendo de esta forma diseñar y planificar los proyectos de forma más eficaz.

### **1.4.2. Justificación Económica.**

En la actualidad en el diseño de líneas eléctricas no cuenta con una metodología que utilice herramientas disponibles, lo que ocasiona que se incrementen tanto el trabajo de campo y como el trabajo de gabinete, encareciendo los costos del proyecto.

Por medio del uso de una metodología que utilice Los Sistemas de Posicionamiento Global y la Geomatica como instrumento técnico, se propone disminuir los costos en trabajo de campo, de gabinete y el tiempo de inversión para el diseño de líneas eléctricas en el área rural.

### **1.4.3. Justificación Social.**

Al evaluar proyectos de extensión de líneas eléctricas a un menor costo se propone mejorar la realización a diseño final, lo que hará que el acceso a la electricidad en el área rural sea más factible, con consiguientes mejoras sociales, como:

- **Desarrollo.-** debido a la accesibilidad de la información como el internet, la televisión, la radio que mejoren la calidad de vida.
- **Salud.-** la implementación de aparatos electrónicos en postas sanitarias y hospitales.
- **Seguridad.-** alumbrado público que permite mejorar el control nocturno.

#### **1.4.4. Justificación Ambiental.**

La electricidad es una energía limpia que tiene impacto ambiental mínimo, en áreas que no realicen cambios en el ecosistema de la zona motivo por el cual se justifica ambientalmente su uso en relación a otro tipo de energías.

### **1.5. ALCANCE.**

#### **1.5.1. Alcance Temático.**

El trabajo abarcó las áreas temáticas que son afines a la carrera de Topografía y Geodesia como:

- Geomática.
- Teledetección.
- Tratamiento Imágenes de Satélite.
- Cartografía.
- Topografía.
- Geodesia Satelital.

También el presente trabajo abarco temáticas referentes al sistema eléctrico como:

- Diseño de líneas aéreas de distribución eléctricas.

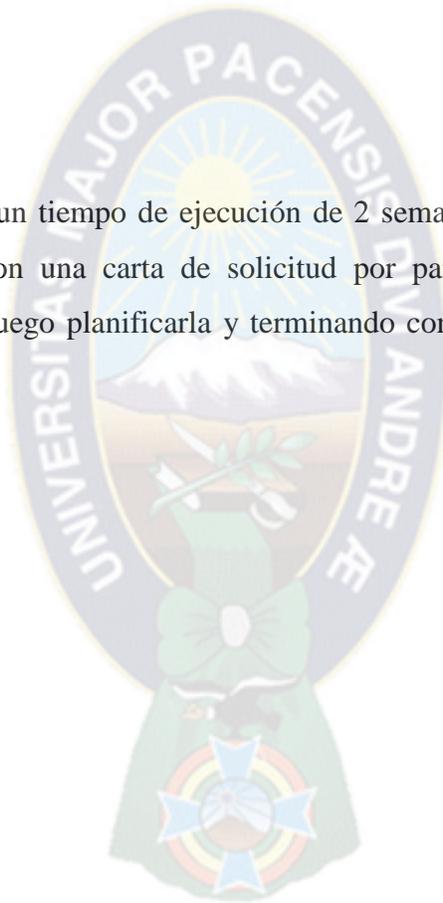
### **1.5.2. Alcance Social.**

El presente proyecto trata de alcanzar a la sociedad que vive en el área rural debido que se aplico una metodología a él aérea dispersa.

La metodología que se emplea no es aplicable al área urbana debido a la densificación de casas que existen lo que provoca que el GPS tenga más error en el momento de captar señal de los satélites.

### **1.5.3. Alcance Temporal.**

El presente proyecto tiene un tiempo de ejecución de 2 semanas empieza a mediados del año 2009 que se inicia con una carta de solicitud por parte de los interesados, para posteriormente aprobarla, luego planificarla y terminando con la construcción finalizando en los próximos años.



## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO.

#### 2.1. DISEÑO DE LAS LÍNEAS ELÉCTRICAS NRECA<sup>4</sup>

Para realizar la parte técnica conceptual de diseño de líneas eléctricas de distribución, se tomo como base el “Manual Simplificado de estacado para líneas aéreas de distribución” debido a que es un manual que norma este tipo de proyectos en el territorio nacional, este es un libro que consta de 235 páginas, al cual se realizó un resumen por capítulo y se extrajo los conceptos más relevantes que hay que tomar en cuenta.

##### 2.1.1. Prácticas y procedimientos de estacado de campo.

El diseño de líneas eléctricas, consiste en realizar un trazo longitudinal y transversal a lo largo de la superficie del terreno, la misma que permita identificar la distancia más corta entre el final de una línea eléctrica y lugar donde se pretende llevar la energía, tratando de evitar pendientes bruscas y los cambios de dirección, de esta manera reduciendo costos y tiempo de trabajo<sup>5</sup>.

Una línea eléctrica según Calderón debe dimensionarse para:

- Transportar la potencia requerida con total seguridad.
- Que el transporte se efectúe con un mínimo de pérdidas de energía.
- La solución planteada debe tener un costo razonable.

El diseño de una línea eléctrica también consiste en determinar qué tipo de poste formarán parte de la misma, determinar el poste más adecuado en el terreno, sea este poste de pino, madera, concreto y su altura de 8, 10 y 12 metros.

---

<sup>4</sup> National Rural Electric Cooperative Association

<sup>5</sup> Manual simplificado de estacado para líneas aéreas de distribución pag.3

Para una completa evaluación de las condiciones que se consideran en la elección y colocación de un poste, se debe considerar las siguientes condiciones locales<sup>6</sup>:

**Terreno:** Una inspección detallada de la topografía a lo largo de la ruta propuesta proporcionará una idea de los aspectos visibles del terreno como: carreteras, ríos, morfología, relieve, y otros factores que se deberán tomar en cuenta.

**Instalaciones Existentes:** El voltaje de las instalaciones existentes es determinante en el tipo de estructuras que compondrán la futura línea eléctrica, además se deberá realizar una evaluación de los postes y estructuras existentes en el final o el paso desde donde se derivara la línea, para determinar lo siguiente:

**Camino y vías de acceso:** Es importante que el diseño este en base a los caminos y vías de acceso (principalmente de motorizados); inicialmente, se debe tener en cuenta la facilidad de llegada al punto donde se colocarán postes e instalarán las estructuras y, posteriormente, el mantenimiento necesario para toda línea eléctrica (Calderón, 2009).

**Derecho de Vía:** Se deberá realizar una revisión de los derechos de vía o de paso a lo largo de la ruta propuesta para lograr la siguiente información:

- La cantidad y tipo de árboles y maleza a ser despejados o podados.
- El apoyo que debe ser obtenido por parte de los comunarios.
- Los permisos de intromisión que deben ser obtenidos para situar los postes en propiedades estatales o locales (derechos de paso en carreteras), vías férreas, compañía de gas y otros servicios públicos.

**Puntos de control.-** Un Punto de Control es un punto a lo largo de la ruta que fija definitivamente la ubicación de un poste<sup>7</sup>.

---

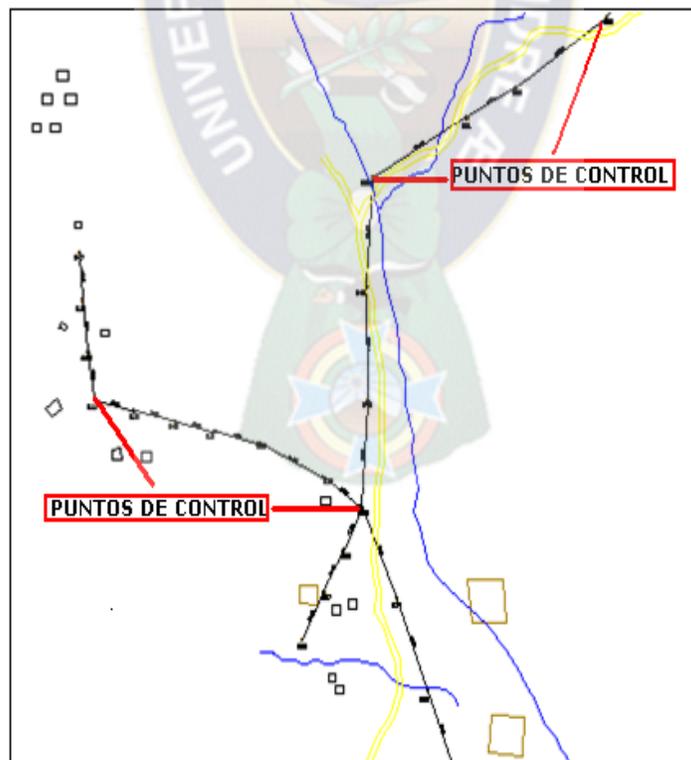
<sup>6</sup> Manual simplificado de estacado para líneas aéreas de distribución pag.4

<sup>7</sup> Manual simplificado de estacado para líneas aéreas de distribución pag.4

En cualquier línea habrá ciertos puntos que fijarán la ubicación los postes. Estos puntos pueden presentarse en cruces de corrientes de agua, ubicación de transformadores, derivaciones y en ángulos en la línea. (Ver Figura 1)

Los primeros puntos de control establecidos son aquellos donde la ruta cambia de dirección, en el lugar donde la línea eléctrica tomará un ángulo de desviación. Durante la planificación y diseño se encontrarán otros puntos que controlarán la longitud de los segmentos de la línea intermedia. Los típicos puntos de control incluyen:

- Puntos requeridos para la unión de postes o transformadores y derivaciones.
- Cambios abruptos en la topografía, tales como barrancos, cerros, riscos y canales.
- Requerimientos del consumidor o del propietario.
- Problemas especiales de espacios libres, tales como letreros, depósitos o edificaciones
- Cambios en la dirección de la línea.



**Figura 1.** Ejemplos de puntos de control, determinados por el GPS.

*Fuente:* Elaboración Propia mediante Autocad. 2011

**Accesibilidad.-** Al seleccionar la ubicación de una estructura, se deberá considerar la accesibilidad al lugar para el personal, vehículos y equipo de construcción de línea.

En terreno con accidentes como pantanos, canales, zanjas profundas y laderas pronunciadas limitarán la accesibilidad. En lo posible, se deberá seleccionar otra ubicación alternativa para permitir un mejor acceso al lugar de trabajo.

**Conveniencia y confiabilidad operativa.-** Al seleccionar una ruta para la reconstrucción de una línea ya existente, el técnico en estacado debe determinar si se reconstruye la línea en el lugar o si se traslada a otra ubicación más conveniente.

Los factores que afectan la confiabilidad y conveniencia operativa incluyen lo siguiente:

- Las líneas ubicadas en áreas visibles desde los caminos permiten inspecciones de mantenimiento eficientes.
- Las líneas ubicadas cerca de los caminos facilitan su mantenimiento y reparación.

**Factores que afectan en el costo de una línea eléctrica.**

- Tamaño y cantidad de postes
- Clases de estructuras
- Longitud de los vanos<sup>8</sup>
- Cantidad de estructuras de rienda
- Métodos de construcción (trabajos en línea viva o muerta. y/o accesibilidad)

---

<sup>8</sup> Distancia lineal entre dos postes adyacentes que sostienen un conductor

### **2.1.2. Códigos y especificaciones aplicables.**

Para especificar correctamente la estructura apropiada para un conductor particular y estacar una línea de distribución, se debe poseer un conocimiento técnico de lo siguiente para que sea aplicado al estacado de líneas de distribución eléctrica<sup>9</sup>:

- Código Nacional de Seguridad Eléctrica (NESC<sup>10</sup>)
- Planos y Especificaciones
- Lista de Materiales; Aceptable para el Uso en los Sistemas de Usuarios de Electrificación.

El NESC se aplica a los sistemas y equipos de distribución eléctrica bajo el control de personas calificadas y operado por servicios públicos o establecimientos similares.

El Código Nacional de Seguridad Eléctrica (NESC) es una norma de seguridad para líneas de energía eléctrica.

El NESC está escrito en lo que comúnmente se llama jerga legal, el lenguaje de los abogados, lo cual es algunas veces muy difícil de leer o interpretar.

### **2.1.3. Características del conductor.**

Los conductores son los bloques de edificación fundamentales en el diseño y construcción de líneas aéreas de distribución<sup>11</sup>.

El calibre del conductor, tipo y diseño de tensión controlarán la selección de la altura y clase de poste, tipo de estructura de poste y el tamaño y cantidad de riendas y anclas.

---

<sup>9</sup> Manual simplificado de estacado para líneas aéreas de distribución pag.27

<sup>10</sup> NESC: National Electricity Security Code.

<sup>11</sup> Manual simplificado de estacado para líneas aéreas de distribución pag.53

El conductor seleccionado es el factor más importante en el diseño total de la línea debido a que prácticamente todo el diseño gira en torno a esta variable.

### **Selección del Vano<sup>12</sup>.**

La longitud del vano que es determinado por la dimensión y tipo del conductor, controlará la selección de los postes, ensambles superiores de poste y de retención y de ancla<sup>13</sup>.

- **Altura del Poste:** El poste proporciona un soporte vertical para mantener despejado, por encima del suelo al conductor.
- **Resistencia del Poste:** Además de proporcionar la distancia libre, el poste deberá también brindar la resistencia mecánica suficiente para sostener los conductores.
- **Riendas y Anclas:** Las riendas y anclas proporcionan al poste soporte lateral. El tamaño y cantidad de las retenciones y anclas deberán brindar mayor solidez mecánica que las fuerzas producidas por los conductores.

Considerando que los vanos más largos producen mayores cargas, se requerirá, por lo tanto, de mayor cantidad o riendas y anclas más grandes.

**Vano de terreno llano.-** El vano del terreno llano es el vano máximo para un conductor dado y una altura de poste dada sobre el terreno llano.

La longitud del vano de terreno llano es determinada por la distancia libre del conductor en el medio del vano que controla esta separación con el nivel del terreno.

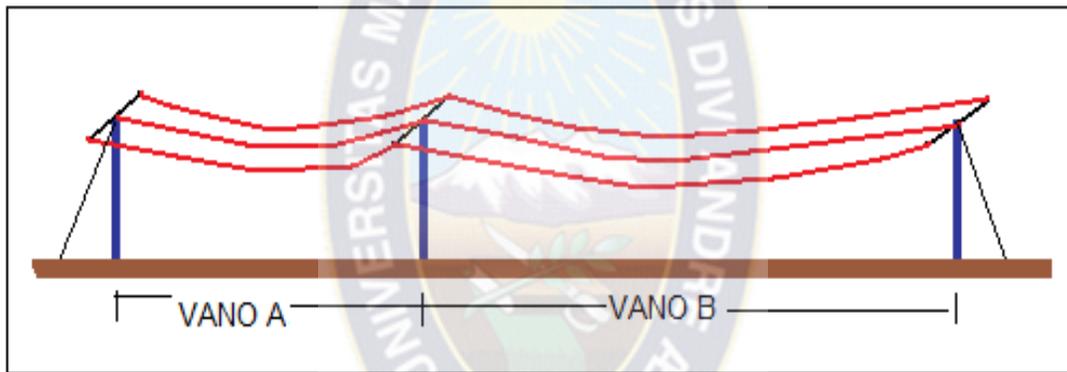
---

<sup>12</sup> Distancia lineal entre dos postes adyacentes que sostienen un conductor

<sup>13</sup> Manual simplificado de estacado para líneas aéreas de distribución pag.59

**Vano regulador**<sup>14</sup>.- Vano regulador es uno de los términos más frecuentemente utilizados y a menudo mal interpretados en la proyección, estacado, y construcción de líneas de distribución eléctrica.

En el proceso de estacado, está generalmente asociado con la selección de diseño del conductor. El vano regulador puede ser considerado como un supuesto "vano de diseño" que garantiza la mejor tensión promedio a lo largo de una sección de línea, de longitudes de vano desiguales entre terminales de de retención. Se basa en la longitud total y tensión promedio del conductor en una serie de vanos flechados en una sola operación (*Ver figura 2*).



**Figura 2.** Ejemplos de vanos dos tramos entre estructuras terminales de rienda.

*Fuente:* NRECA Manual de estacado.

**Curva de flechado (catenaria).**- Es la forma de la curva asumida por un conductor completamente Flexible. Cuando se encuentra suspendido entre dos soportes rígidos, es definida como una curva catenaria. (*Ver Figura 3*).

---

<sup>14</sup> El vano regulador puede ser considerado como el vano de diseño, garantiza la mejor tensión promedio a lo largo de una sección de la línea

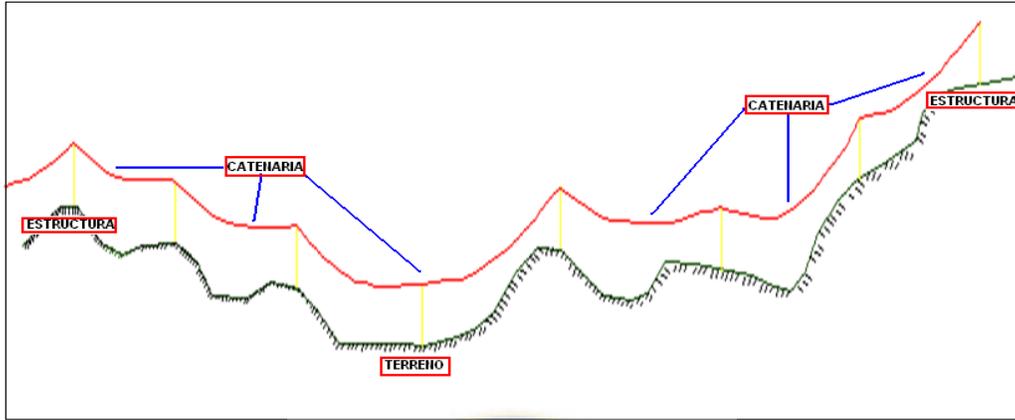


Figura 3. Ejemplo de catenarias.

Fuente: Elaboración Propia mediante Autocad, 2009.

**Vano inclinado:** Es el flechado que existe entre dos postes que se encuentran en distintas alturas. (Ver Figura 4).

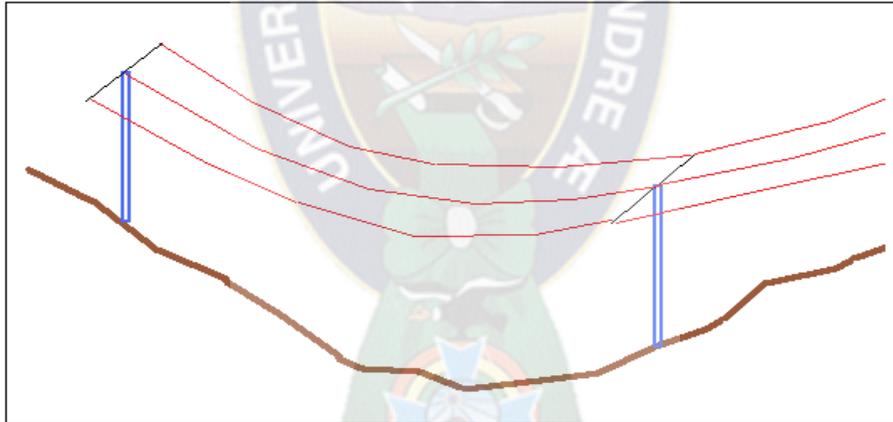


Figura 4. Ejemplo de vano inclinado.

Fuente: Elaboración propia mediante Autocad, 2009.

#### **2.1.4. Resistencia del poste.**

Se deberá seleccionar un poste suficientemente fuerte para sostener al conductor, cable, y equipo instalado en el poste, así como también su resistencia al viento que sopla contra las superficies del poste, conductores, y equipo<sup>15</sup>.

El tamaño del poste es también afectado por la dimensión y tipo del equipo eléctrico, como transformadores instalados en el poste.

La carga producida por el equipo es el resultado del peso del equipo y la presión del viento que sopla en los ángulos rectos del equipo.

#### **2.1.5. Prácticas y procedimientos para instalar riendas y anclas.**

Las riendas son parte de las estructuras de distribución a fin de evitar que estas sean volteadas por los conductores. Generalmente, el porcentaje de estructuras de rienda en una sección o circuito principal de la línea es relativamente pequeño.

Las estructuras de rienda son, por lo general, las más difíciles de diseñar y estacar, a menudo debido a que el mejor diseño teórico de una rienda no puede ser adaptado a la ubicación de la estructura. Con frecuencia es difícil obtener el permiso de los propietarios del terreno para colocar una rienda y su ancla en sus propiedades<sup>16</sup>.

Para el estacado de riendas se deberá tener el conocimiento técnico de lo siguiente:

- La tracción horizontal producida por fuerzas que actúan sobre la estructura y los conductores.

---

<sup>15</sup> Manual simplificado de estacado para líneas aéreas de distribución pag.75

<sup>16</sup> Manual simplificado de estacado para líneas aéreas de distribución pag.125

- La carga total de rienda colocada en la estructura en el ancla y que resulta de la separación del ancla del poste.
- Los métodos para determinar la magnitud de estas cargas.
- Las estructuras y materiales disponibles y que pueden ser utilizados para retener en forma efectiva una estructura de distribución.

## **2.2. TOPOGRAFÍA.**

La topografía es una ciencia geométrica aplicada a la descripción de la realidad física inmóvil circundante. Es plasmar en un plano topográfico la realidad vista en campo, en el ámbito rural o natural, de la superficie terrestre; en el ámbito urbano, es la descripción de los hechos existentes en un lugar determinado: muros, edificios, calles, entre otros.

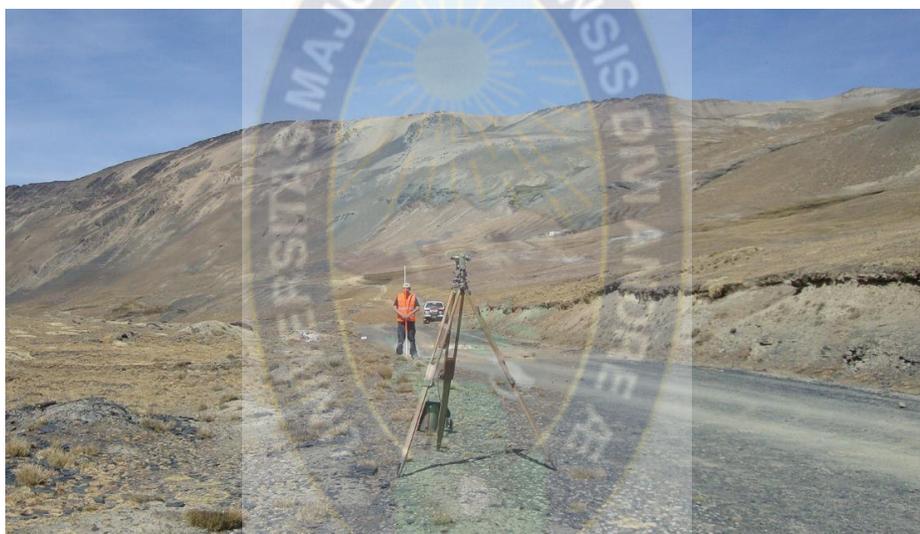
Se puede dividir el trabajo topográfico como dos actividades congruentes: llevar "el terreno al gabinete" (mediante la medición de puntos o relevamiento, su archivo en el instrumental electrónico y luego su edición en la computadora) y llevar "el gabinete al terreno" (mediante el replanteo por el camino inverso, desde un proyecto en la computadora a la ubicación del mismo mediante puntos sobre el terreno). Los puntos relevados o replanteados tienen un valor tridimensional; es decir, se determina la ubicación de cada punto en el plano horizontal (de dos dimensiones, norte y este) y en altura (tercera dimensión). (Disponible en <http://www.monografias.com>).

La topografía no sólo se limita a realizar los levantamientos de campo en terreno, sino que posee componentes de edición y redacción cartográfica, para que al confeccionar un plano se puede entender el fonema representado a través del empleo de símbolos convencionales y estándares previamente normados, para la representación de los objetos naturales en los mapas o cartas topográficas. (Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos en Topografía de España).

### 2.2.1. Levantamientos Topográficos.

Un levantamiento topográfico se realiza con el fin de determinar la configuración del terreno y la posición sobre la superficie de la tierra, de elementos naturales o instalaciones construidas por el hombre.

En un levantamiento topográfico se toman los datos necesarios para la presentación grafica o elaboración del mapa del área en estudio.



**Fotografía 2.** Ejemplo de un Levantamiento Topográfico.

*Fuente:* Choque, 2009.

### 2.2.2. Replanteo.

El replanteo es la operación inversa del levantamiento topográfico. En este último, el plano se deduce y construye a partir de las medidas y observaciones realizadas en el campo. El replanteo, por el contrario pretende situar en el terreno puntos y detalles tomados del plano y deducidos del estudio que se realice sobre el mismo

Los replanteos pueden ser motivados por diferentes causas. Así, puede ser necesario replantear un vértice topográfico o geodésico del que ha desaparecido la señal y que necesita como apoyo de otros trabajos.

Otras veces será necesario efectuar el replanteo de las lindes de las parcelas que se han estudiado y distribuido en el plano, como es el caso de las urbanizaciones, y para ello nos apoyaremos en señales fijas en el terreno y que figuran en el plano (Biblioteca CEAC del Topógrafo).

En otras ocasiones habrá que replantear el eje de líneas eléctricas por la pérdida de las estacas que se pusieron en el momento del levantamiento.

En definitiva, cualquier caso que se presente se reduce en último término al replanteo de puntos, de alineaciones rectas o al trazado de alineaciones curvas.

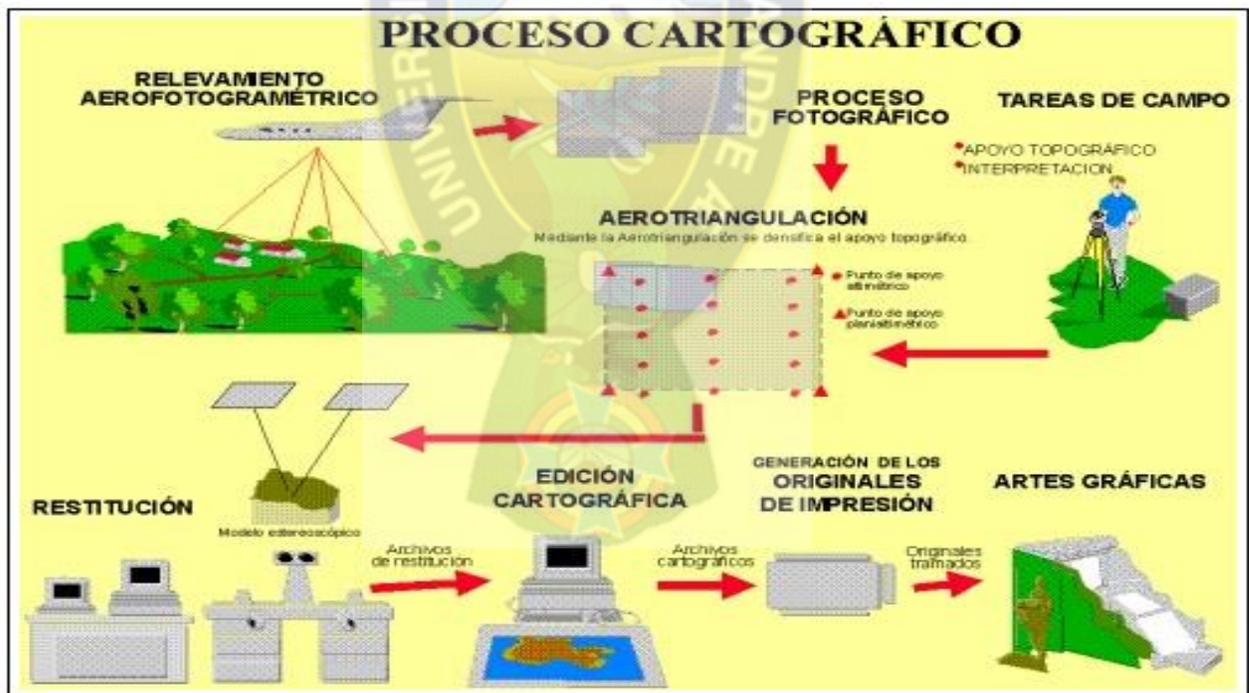
### **2.3. CARTOGRAFÍA.**

La **cartografía** (del griego *χάρτις*, *chartis* = mapa y *γραφειν*, *graphein* = escrito) es la ciencia que se encarga del estudio y de la elaboración de los mapas geográficos, territoriales y de diferentes dimensiones lineales y demás. Por extensión, también se denomina cartografía a un conjunto de documentos territoriales referidos a un ámbito concreto de estudio. (Needham, Volumen 3, 227).

Al ser la Tierra esférica, o más bien geoide, lo cual es una derivación del término "esférico", ha de valerse de un sistema de proyecciones para pasar de la esfera al plano. El problema es aún mayor, pues en realidad la forma de la Tierra no es exactamente esférica, su forma es más achatada en los polos, que en la zona ecuatorial. A esta figura se le denomina Elipsoide.

Actualmente estas representaciones cartográficas se pueden realizar con programas de informática llamados SIG<sup>17</sup>, en los que tiene georreferencia desde un árbol y su ubicación, hasta una ciudad entera incluyendo sus edificios, calles, plazas, puentes, jurisdicciones, etc.

Amberes fue el centro de la cartografía en la segunda mitad del siglo XVI, cuando la ciudad era el principal puerto del imperio español con acceso al Mar del Norte; con el declive del imperio español durante el reinado de Felipe III, y la política ejercida por los gobernadores españoles sobre los flamencos protestantes, gran parte de éstos dejaron los Países Bajos españoles (la actual Bélgica) y pasaron a trabajar en los Países Bajos rebeldes: la "República de las Provincias Unidas de los Países Bajos", determinando así que en la primera mitad del siglo XVII fuese Ámsterdam, la principal fuente de cartografía moderna, luego el impulso pasaría a Francia, hasta mediados del siglo XVIII, y de allí en adelante a Gran Bretaña, así como a los Estados Unidos a partir del siglo XIX.



**Figura 5.** Proceso Cartográfico

*Fuente:* [www.cartomundo.com](http://www.cartomundo.com)

<sup>17</sup> SIG. Sistemas de Información Geográfica

En la actualidad, son numerosos los portales que permiten visualizar y consultar mapas de casi todo el mundo.

### **2.3.1. Sistema de Coordenadas Universal Transversal de Mercator.**

El Sistema de Coordenadas Universal Transversal de Mercator (En inglés *Universal Transverse Mercator*, UTM) es un sistema de coordenadas basado en la proyección cartográfica transversa de Mercator, que se construye como la proyección de Mercator normal, pero en vez de hacerla tangente al Ecuador, se la hace tangente a un meridiano.

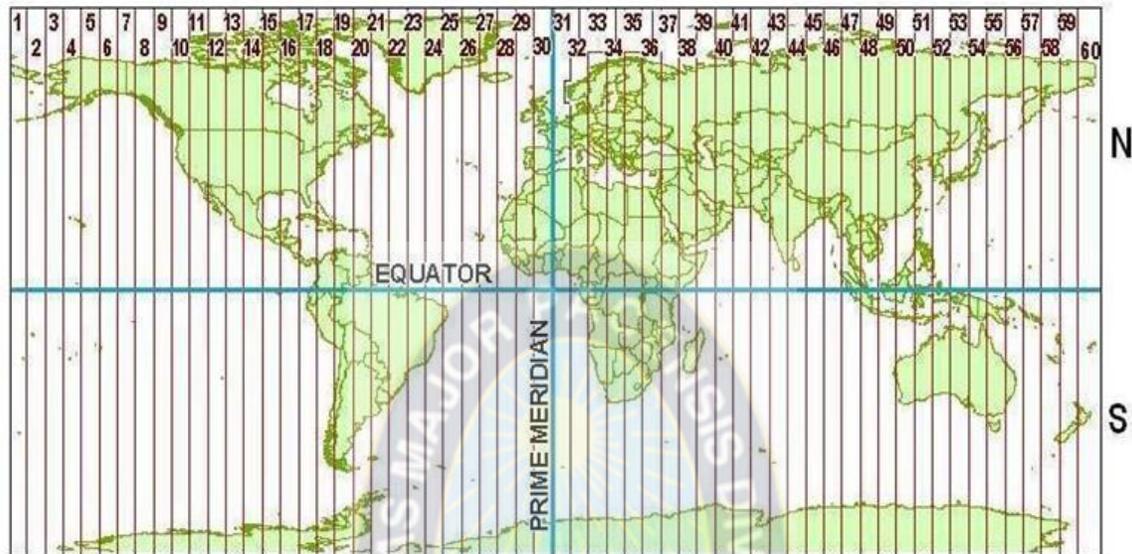
A diferencia del sistema de coordenadas geográficas, expresadas en longitud y latitud, las magnitudes en el sistema UTM se expresan en metros únicamente al nivel del mar que es la base de la proyección del elipsoide de referencia

La UTM es una proyección cilíndrica conforme. El factor de escala en la dirección del paralelo y en la dirección del meridiano son iguales ( $h = k$ ). Las líneas loxodrómicas se representan como líneas rectas sobre el mapa. Los meridianos se proyectan sobre el plano con una separación proporcional a la del modelo, así hay equidistancia entre ellos. Sin embargo los paralelos se van separando a medida que nos alejamos del Ecuador, por lo que al llegar al polo las deformaciones serán infinitas. Por eso sólo se representa la región entre los paralelos  $84^{\circ}\text{N}$  y  $80^{\circ}\text{S}$ . Además es una proyección compuesta; la esfera se representa en trozos, no entera. Para ello se divide la Tierra en husos de  $6^{\circ}$  de longitud cada uno, mediante el artificio de Tyson .

La proyección UTM tiene la ventaja de que ningún punto está demasiado alejado del meridiano central de su zona, por lo que las distorsiones son pequeñas. Pero esto se consigue al coste de la discontinuidad: un punto en el límite de la zona se proyecta en coordenadas distintas propias de cada Huso.

Para evitar estas discontinuidades, a veces se extienden las zonas, para que el meridiano tangente sea el mismo. Esto permite mapas continuos casi compatibles con los estándares.

Sin embargo, en los límites de esas zonas, las distorsiones son mayores que en las zonas estándar.



**Figura 6. Zonas UTM del Mundo.**

Fuente: Mapping, Interactivo.

## 2.4. GEODESIA SATELITAL.

### 2.4.1. Sistemas de posicionamiento global

El SPG o GPS (Global Positioning System: sistema de posicionamiento global) o NAVSTAR<sup>18</sup>-GPS, es un sistema global de navegación por satélite (GNSS), que permite determinar en todo el mundo la posición de un objeto, una persona o un vehículo con una precisión hasta de centímetros (si se utiliza GPS diferencial), aunque lo habitual son unos pocos metros de precisión. El sistema fue desarrollado, instalado y actualmente operado por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos.

El GPS funciona mediante una red de 24 satélites en órbita sobre el globo, a 20.200 km, con trayectorias sincronizadas para cubrir toda la superficie de la Tierra. Cuando se desea

<sup>18</sup> NAVigation System with Time And Ranking, sistema de navegación con tiempo y telemetría.

determinar la posición, el receptor que se utiliza para ello localiza automáticamente como mínimo tres satélites de la red, de los que recibe unas señales indicando la identificación y la hora del reloj de cada uno de ellos.

Con base en estas señales, el aparato sincroniza el reloj del GPS y calcula el tiempo que tardan en llegar las señales al equipo, y de tal modo mide la distancia al satélite mediante "triangulación" (método de trilateración inversa), la cual se basa en determinar la distancia de cada satélite respecto al punto de medición. Conocidas las distancias, se determina fácilmente la propia posición relativa respecto a los tres satélites. Conociendo además las coordenadas o posición de cada uno de ellos por la señal que emiten, se obtiene la posición absoluta o coordenada reales del punto de medición. (Página oficial de NAVSTAR)

También se consigue una exactitud extrema en el reloj del GPS, similar a la de los relojes atómicos que llevan a bordo cada uno de los satélites.

La antigua Unión Soviética construyó un sistema similar llamado GLONASS, ahora gestionado por la Federación Rusa. Actualmente la Unión Europea está desarrollando su propio sistema de posicionamiento por satélite, denominado Galileo.

A su vez, la República Popular China está implementando su propio sistema de navegación, el denominado Beidou, que proveen que cuente con entre 12 y 14 satélites entre 2011 y 2015. Para 2020, ya plenamente operativo deberá contar con 30 satélites. De momento (abril 2011), ya tienen 8 en órbita.

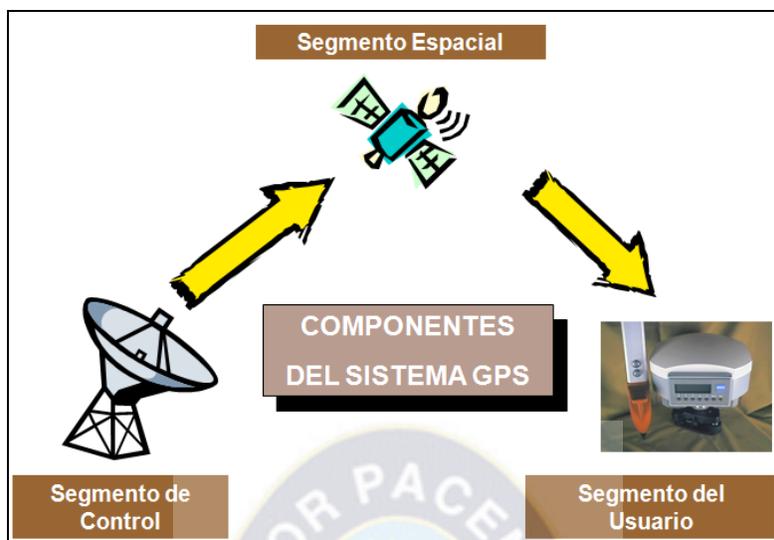


Figura 7. Componentes del Sistema G.P.S.

Fuente: Diapositivas, IGM. La Paz

#### 2.4.2. Sistemas de Referencia.

Un sistema de referencia o marco de referencia es un conjunto de convenciones usadas por un observador para poder medir la posición y otras magnitudes físicas de un objeto o sistema físico en el tiempo y el espacio.

El WGS84 es un sistema de coordenadas cartográficas mundial que permite localizar cualquier punto de la Tierra (sin necesitar otro de referencia) por medio de tres unidades dadas. WGS84 son las siglas en inglés de World Geodetic System 84 (que significa Sistema Geodésico Mundial 1984).

Se trata de un estándar en geodesia, cartografía, y navegación, que data de 1984. Tuvo varias revisiones (la última en 2004), y se considera válido hasta una próxima reunión (aún no definida en la página web oficial de la Agencia de Inteligencia Geoespacial). Se estima un error de cálculo menor a 2 cm. por lo que es en la que se basa el Sistema de Posicionamiento Global (GPS).

Consiste en un patrón matemático de tres dimensiones que representa la tierra por medio de un elipsoide, un cuerpo geométrico más regular que la Tierra, que se denomina WGS 84 (nótese el espacio). El estudio de este y otros modelos que buscan representar la Tierra se llama Geodesia.



## CAPÍTULO III

### 3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.

#### 3.1. METODOLOGÍA.

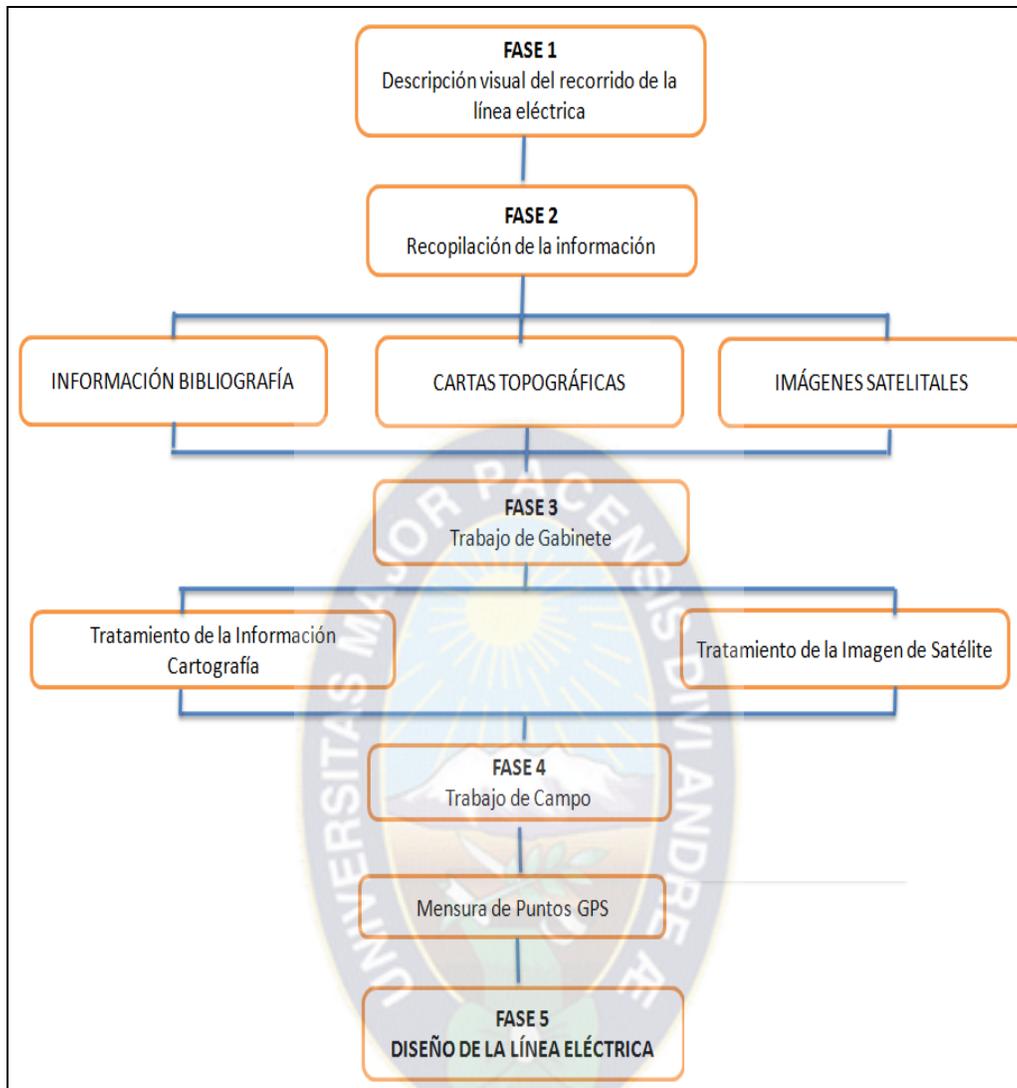
El presente proyecto en su primera etapa fue de tipo exploratorio por que se realizó una revisión bibliográfica y recopilación de la información sobre el empleo los sistemas de posicionamiento global y herramientas geomáticas al encarar este tipo de proyectos.

Al realizar el diseño de la línea eléctrica en el área rural sobre relieve medio una herramienta confiable son las aplicaciones geomáticas con la ayuda del trabajo de campo, para este fin se propone el siguiente esquema metodológico en el cual se explica todo el proceso metodológico que se siguió para realizar el presente proyecto (*Ver Figura 8*)

#### 3.2. ESTADO DE LA INVESTIGACIÓN.

El Presente esquema metodológico es el resultado de diversos trabajos realizados en el diseño de líneas eléctricas en el cual se vio la forma más conveniente de formar un sistema de trabajo el cual sea usado para este tipo de proyectos

El proyecto también es único debido a que no se cuenta con información bibliográfica de trabajos similares, el proyecto se baso en el libro (Manual de Estacado de Diseño de líneas eléctricas) el cual nos ayuda a tomar todas las especificaciones técnicas que se debe adoptar y también nos apoyamos en todos los conocimientos adquiridos al cursar la carrera de Topografía y Geodesia



**Figura 8.** Esquema Metodológico.

**Fuente:** Elaboración Propia mediante Power Point.

**Fase 1: Descripción visual del recorrido de la línea eléctrica:** se debe realizar una descripción del área de estudio para recopilar la información de:

- Topografía.
- Redes eléctricas existentes.
- Número de Beneficiarios.

En esta primera fase se establece la factibilidad del proyecto, en función a la distancia y los beneficiarios.

## **Fase 2: Recopilación de la información.**

**Información bibliográfica:** la información bibliográfica es de gran ayuda para la planificación, la información obtenida se debe adecuar a toda la normativa que se deben tomar en cuenta en el diseño.

**Cartas topográficas:** la cartografía nacional creada por el Instituto Geográfico Militar son sustento principal en el diseño de una línea eléctrica como mapa base del proyecto de esta se puede obtener toda la información necesaria para realizar distintos procesos.

**Imágenes de satélite:** las imágenes de satélite obtenidas mediante distintos medios como el internet o adquiridas mediante la compra, son de gran ayuda para el diseño ya que nos permite ubicarnos en el terreno y así poder obtener información a través de ellas

## **Fase 3: Trabajo de gabinete.**

**Tratamiento de la Información Cartográfica:** se debe tener en cuenta los planos y cartas que se obtiene del área del proyecto, el sistema de referencia, la escala, la toponimia, nos ayudara a planificar los trabajos que efectuaremos en el momento de realizar el trabajo de campo.

**Tratamiento de la Imagen Satelital:** se debe tener en cuenta los siguientes procesos: corte, georreferenciación, rectificación, mosaiqueo, para posteriormente la digitalización.

## **Fase 4: Trabajo de campo.**

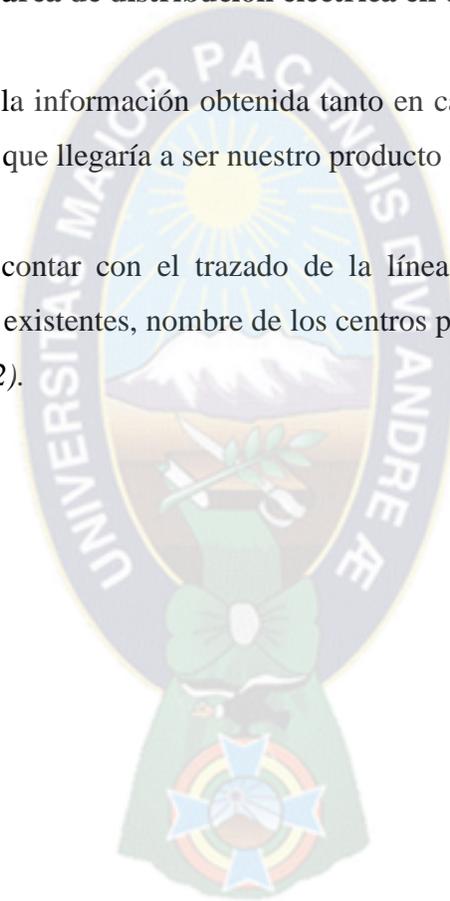
**Mensura de puntos de control:** para realizar la mensura en el trabajo de campo se tiene que tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- Puntos requeridos para la unión de postes.
- Cambios abruptos de la topografía.
- Requerimientos del consumidor o propietario.
- Problemas especiales como espacios libres, letreros, depósitos y otros.
- Cambios de dirección de la línea eléctrica.

#### **Fase 5: Diseño de la línea área de distribución eléctrica en el área rural.**

En esta fase se reúne toda la información obtenida tanto en campo como en gabinete para realizar un plano de diseño que llegaría a ser nuestro producto final.

El presente plano deberá contar con el trazado de la línea según normas establecidas, distancias, postes, caminos existentes, nombre de los centros poblados por los que pasara, y otros aspectos (*Ver Anexo 2*).



## CAPÍTULO IV

### 4. MARCO PRÁCTICO.

#### 4.1. DESCRIPCIÓN VISUAL DEL RECORRIDO DE LA LÍNEA ELÉCTRICA.

##### 4.1.1. Redes eléctricas existentes.

El final de la red eléctrica existente se encuentra a pocos metros de la tranca de Urujara esta pertenece a ELECTROPAZ (electricidad de la ciudad de La Paz), de este poste se derivara la nueva línea eléctrica.

El último poste de la red eléctrica de ELECTROPAZ tiene las siguientes coordenadas:

SISTEMA DE REFERENCIA WGS 84			
COORDENADAS UTM ZONA 19 S			
ESTE	NORTE	ALTURA	CARACTERÍSTICAS
599409	8183752	4130.4	Poste de 12 metros de altura material de concreto existente con línea de Baja tensión (Urujara)

**Tabla 2.** Coordenadas del último poste eléctrico Urujara.

**Fuente:** Datos obtenidos en campo mediante GPS Navegador, 2011.

Las características técnicas de la red eléctrica desde la cual se planteará la ampliación son las siguientes:

Voltaje en media tensión: 6.9 kV<sup>19</sup>

Fase: 1 F

Calibre del conductor de la fase: Aluminio 1/0 desnudo

Calibre de conductor del neutro: Aluminio 1/0 desnudo

---

<sup>19</sup> kV. Kilovoltios



**Fotografía 3.** Identificación del último poste de la cual se derivara la línea eléctrica.

*Fuente:* Choque, 2011.

Siguiendo el recorrido de la línea eléctrica, se identificaron los primeros beneficiarios que pertenecen a la localidad de Huayllara que se encuentran a 15.1 Km. del último poste eléctrico existente, las coordenadas de ubicación son las siguientes:

COMUNIDAD	COORDENADAS UTM ZONA 19 S		CARACTERÍSTICAS
	SIST.REF.WGS 84		
Huayllara	ESTE	NORTE	Localidad con aproximadamente 50 beneficiarios
	608179	8194951	

**Tabla 3.** Coordenadas Localidad Huayllara.

*Fuente:* Datos obtenidos en campo mediante GPS Navegador, 2011.



**Fotografía 4.** Toma de coordenadas de la Localidad de Huayllara.

*Fuente:* Choque, 2011.

Siguiendo el recorrido a 22.3 Km. pasando se encuentra la localidad de Pongo con las siguientes coordenadas:

COMUNIDAD	COORDENADAS UTM ZONA 19 S		CARACTERÍSTICAS
	SIST.REF.WGS 84		
PONGO	ESTE	NORTE	Localidad con aproximadamente 100 beneficiarios
	611637	8194550	

**Tabla 4.** Coordenadas Comunidad Pongo

*Fuente:* Datos obtenidos en campo mediante GPS Navegador, 2011.



**Fotografía 5.** Toma de coordenadas de la Localidad de Pongo.

*Fuente:* Choque, 2011.

#### **4.1.2. Descripción de las tecnologías utilizadas para el Trabajo de Campo y Trabajo de Gabinete.**

La tecnología que fue utilizada para el diseño de la línea eléctrica en la urbanización Urujara – Pongo responde a los requerimientos de la planificación tanto en trabajo de campo como en gabinete.

- **Equipo.**
  - Automóvil 4 x 4 (Medio de Transporte)
  - Computadora portátil Toshiba satélite L305 – s5909 Core2 Duo (Para descargar los puntos GPS en campo y visualizarlos en tiempo real en Google Earth)
  - Teodolito Wild (Utilizado para alinear y determinar ángulos de la línea eléctrica)
  - GPS Garmin MAP 76 CSX. (Para determinar Puntos en campo)

- Cintas Métricas de 50 y 20 metros (Para Medir algunas distancias entre postes que no coincidan con el GPS)
- Tablero
- Cámara Digital



**Fotografía 6.** Equipo para realizar el trabajo de Campo, Pongo.

*Fuente:* Choque, 2011

- **Programas.**

Los programas que mejor se adecuaron para el cumplimiento de los objetivos del proyecto son los siguientes:

- **Google Earth:** Es un programa, creado por la empresa Keyhole Inc., que permite ver imágenes en 3D del planeta, combinando imágenes de satélite, mapas y el motor de búsqueda de Google que permite visualizar imágenes a escala de un lugar específico del planeta.

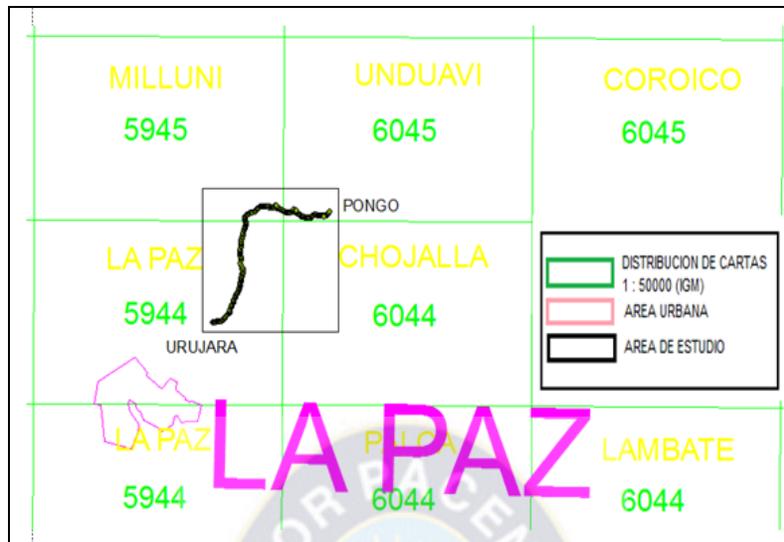
- **ArcGIS 9.3:** Es un programa desarrollado por la empresa ESRI que sirve para el manejo de sistemas de información geográfica (SIG) además permite la sobreposición de coberturas georeferenciadas para mejorar el diseño de líneas eléctricas.
- **Map Source :** Programa desarrollado por Garmin que sirve para poder visualizar los puntos del Sistema de Posicionamiento Global (GPS) tomados en campo y descargarlos en un ordenador.
- **Auto CAD 2009:** Es un programa de diseño asistido por ordenador (CAD "Computer Aided Design"; en inglés, (Diseño Asistido por Computador) para dibujo en 2D y 3D. Actualmente es desarrollado y comercializado por la empresa Autodesk.

#### **4.2. RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN.**

La información cartográfica fue recopilada de las cartas 1:50000 del Instituto Geográfico Militar (I.G.M.<sup>20</sup>) correspondientes a las cartas 5944- 1(La Paz Norte), 5945-2 (Milluni), 6045- 3 (Unduavi) y 6044 - 4 (Chojlla) estas cartas fueron utilizadas como mapa base del área de estudio.

---

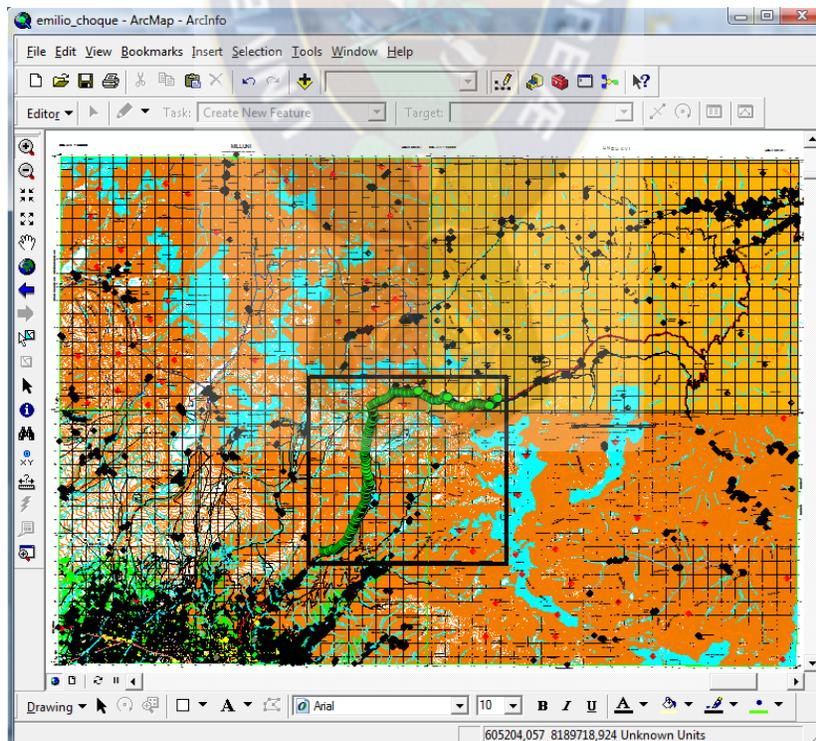
<sup>20</sup> I.G.M. Instituto Geográfico Militar



**Figura 9.** Distribución de Cartas IGM, para la ubicación del Área de Estudio.

*Fuente:* Elaboración propia mediante Arcgis 9.3.

Se utilizaron las cartas topográficas para poder extraer de estas la toponimia del lugar y así identificar los nombres de las poblaciones, ríos, quebradas, lagos, lagunas y otros aspectos que nos serán de gran utilidad.



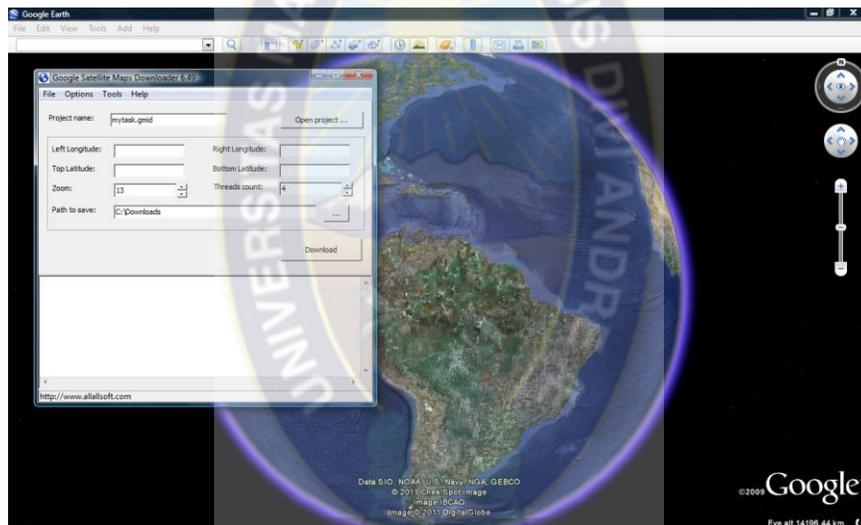
**Figura 10.** Visualización de las 4 cartas I.G.M. en Arc Gis 9.3.

*Fuente:* Elaboración propia mediante Arcgis 9.3.

#### 4.2.1. Descarga de las Imágenes de Satélite.

Las imágenes del aérea de estudio se descargaron del programa Google Earth gratuitamente para posteriormente ser georeferenciadas, estas imágenes serán de gran ayuda para podernos ubicar en el terreno y poder ver rasgos naturales del recorrido de la línea eléctrica como: ríos, montañas, aéreas verdes también poder visualizar las edificaciones, carreteras puentes u otros.

Primeramente se utilizó el Programa gratuito de Google Satellite Maps Downloader para identificar cuantas imágenes recubrían el área de estudio

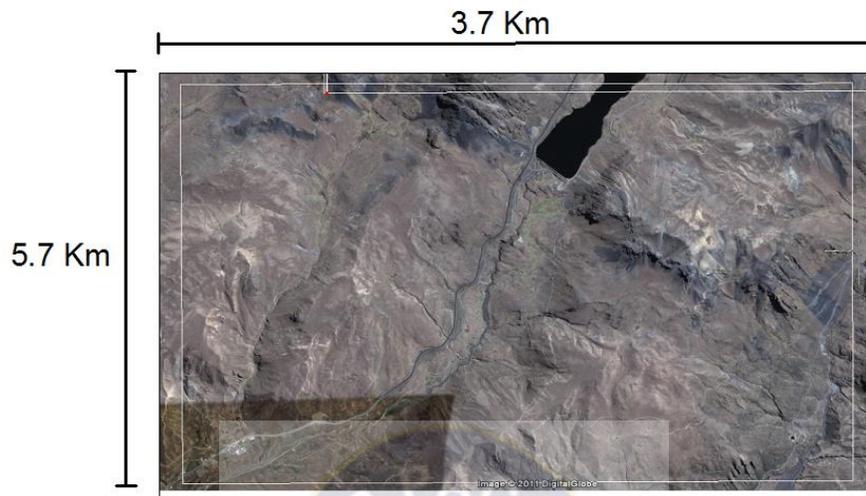


**Figura 11.** Visualización del Programa Google Satellite Maps.

*Fuente:* Google Earth.

Google Satellite Maps es un programa que nos ofrece Google, que sirve para poder descargar imágenes que recubren gran área y de gran precisión, solo se tiene que identificar la latitud y la longitud del aérea a descargar y la altura, el programa también nos ayuda a mosaicar las imágenes descargadas y así formar una solo imagen.

Se descargaron imágenes satelitales de aproximadamente 5.7 Km. X 3.7 Km con un área de recubrimiento de imagen de 21.09 km<sup>2</sup>



**Figura 12.** Visualización de la imagen descargada por el Programa Google Satellite Maps.

*Fuente:* Elaboración propia mediante Arcgis 9.3.

Se formaron mosaicos de imágenes de Satélite de la forma más apropiada en la cual se llegue a visualizar la línea eléctrica de la siguiente forma.



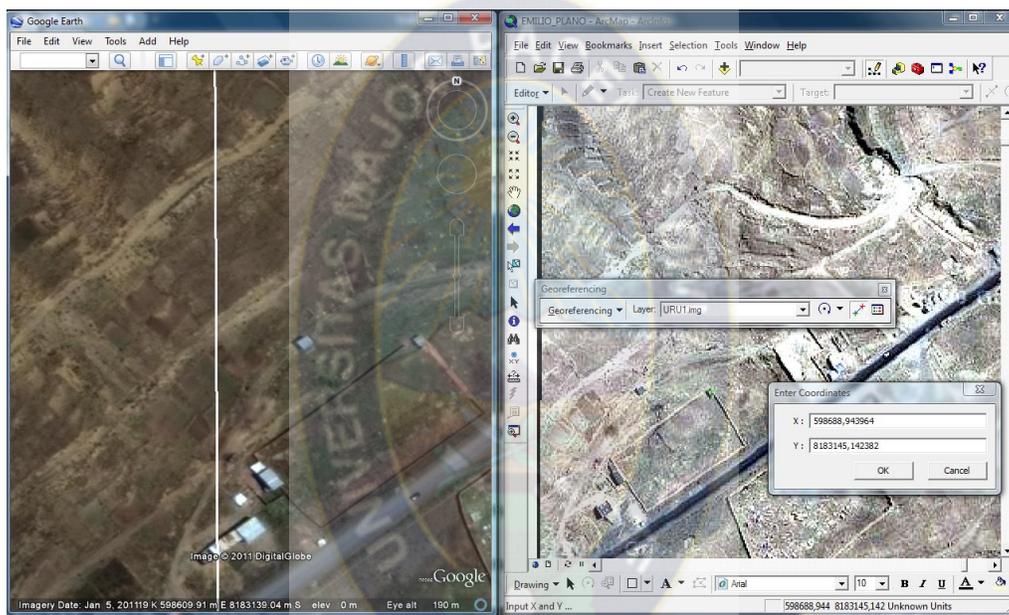
**Figura 13.** Distribución de las imágenes de Satélite en Google Earth.

*Fuente:* Elaboración propia mediante Google Eath.

Se descargaron un total de 5 imágenes de satélite que cubren en total el área de estudio.

#### 4.2.2. Georeferenciación de las imágenes de satélite.

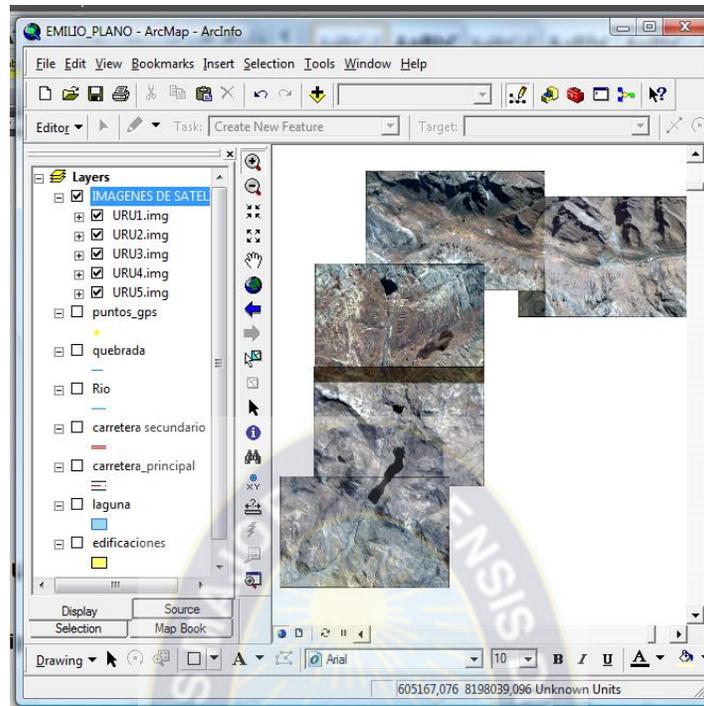
Se georeferenciaron las imágenes descargadas del Google Earth en el programa ArcGis 9.3 con la herramienta "georeferencing" y posteriormente la herramienta "Rectify" para rectificar la imagen georeferenciada.



**Figura 14.** Georeferenciación de Imágenes de Google Earth.

*Fuente:* Elaboración propia mediante Arcgis 9.3 y Google Earth.

Con estas herramientas se procesó las 5 imágenes descargadas obteniendo el siguiente resultado.



**Figura 15.** Distribución de imágenes satelitales rectificadas.

*Fuente:* Elaboración propia mediante Arcgis 9.3.

Ya teniendo la base de nuestro proyecto contando con la cartografía del área de estudio y las imágenes de satélite se procedió al trabajo de campo para identificar la ruta más óptima para la línea eléctrica.

#### **4.3. MENSURA DE PUNTOS GPS.**

La mensura se realizó utilizando un equipo navegadores GPS de 12 canales con las siguientes características:

##### **4.3.1. Características del GPS Map76CSX.**

- Receptor : 12 canales paralelos
- Dimensiones de la unidad: 6,9 cm. de Ancho x 15,7 cm. de Alto x 3,6 cm. De Profundidad
- Pantalla: 3,8 cm. de Ancho x 5,6 cm. de Alto – 6,6 cm. en diagonal, 256 colores, TFT transreflectivo de (160 x 240 pixels)

El compás electrónico exhibe el rumbo exacto aunque el GPS no esté en movimiento. Altimetro barométrico con almacenaje automático de los cambios de altura y presión (ploteo de altura y presión barométrica)

- Tarjeta de Almacenamiento microSD de 128 MB para mapas
- Capacidad para 1.000 waypoint (Puntos de coordenadas) con nombre e icono conocido. (Disponible en [www.garmin.com](http://www.garmin.com))



Figura 16. GPS Navegador.

Fuente: [www.garmin.map76csx.com](http://www.garmin.map76csx.com).

#### 4.3.2. Toma de los puntos con GPS en el terreno.

Para la elección de los puntos tomados con ayuda del GPS Navegador se siguieron todas las especificaciones que establece el Manual Simplificado de estacado para Líneas aéreas de Distribución de NRECA<sup>21</sup> este manual norma las especificaciones técnicas al momento de determinar la elección del lugar del poste eléctrico.

<sup>21</sup> NRECA, Manual Simplificado de estacado para líneas aéreas de distribución.

Primeramente nos dirigimos al inicio del proyecto en nuestro caso es el último poste existente ya que de este se derivara nuestra línea eléctrica hasta la localidad de Pongo.



**Fotografía 7.** Toma de coordenadas en el GPS, Último poste Urujara.

*Fuente:* Choque, 2011.

Se verificó las características de este que es perteneciente a ELECTROPAZ que tiene las siguientes coordenadas:

<b>SISTEMA DE REFERENCIA WGS 84</b>			
<b>COORDENADAS UTM – ZONA 19 S</b>			
<b>ESTE</b>	<b>NORTE</b>	<b>ALTURA</b>	<b>CARACTERÍSTICAS</b>
596127	8186672	4258	De 12 metros de altura material concreto

**Tabla 5.** Coordenadas último poste.

*Fuente:* Elaboración propia mediante GPS Navegador, 2009.

Se realizó una revisión del derecho de paso de la línea eléctrica a lo largo de la ruta propuesta para realizar este análisis se utilizó la cartografía nacional generada por el IGM<sup>22</sup> y las imágenes de satélite obtenidas mediante Google Earth.

<sup>22</sup> Instituto Geográfico Militar.

También se tomó en cuenta a los consumidores o beneficiarios su ubicación a lo largo de la ruta propuesta antes de colocar un punto GPS.

#### 4.3.3. Ubicación de los puntos GPS.

Un punto GPS en nuestro caso es un punto que simula la ubicación del poste a lo largo de la ruta diseñada el cual es estaqueado y pintado.

Durante la planificación se encontró otros puntos que controlarán la longitud de los segmentos de la línea eléctrica. Los típicos puntos GPS incluyen:

- **Puntos requeridos para la unión de postes, transformadores y derivaciones.** Se llegaron al colocar un total de 211 puntos GPS con observaciones variantes dependiendo al campo de visibilidad del GPS a lo largo del recorrido de la ruta estos puntos son los más importantes del proyecto porque servirán para el dibujo de la línea eléctrica.



**Fotografía 8.** Toma de puntos GPS simulando un poste.

*Fuente:* Choque, 2011.

En la fotografía observamos cómo se identifica un poste en el terreno, primeramente se estaquea el lugar donde se plantara el poste, seguidamente se coloca una señalización en un lugar cercano pintando con aerosol el numero del poste planificado en este caso es UP – 017 que significa UP = Urujara Pongo, 017 = es el poste número 17, seguidamente se toma con el GPS las coordenadas de la estaca que simulará en el plano a un poste diseñado.

- **Requerimientos del consumidor o del propietario** se identificaron a los beneficiarios y se colocaron un total de 15 puntos GPS.



**Fotografía 9.** Toma de puntos de control en las localidades

*Fuente:* Choque, 2011.

En la fotografía observamos la toma de puntos GPS que nos sirven para poder ubicar las edificaciones adyacentes a la línea eléctrica, y así poder diseñar un poste cercano a las casas para que de esta se pueda derivar la línea eléctrica y así llegar a cubrir un mayor número de beneficiarios

- **Puntos de Identificación.** Como ser de espacios libres, como letreros, depósitos o edificaciones, se tomaron un total de 10 puntos GPS en los lugares de Urujara, La Cumbre, Huayllara y Pongo.



**Fotografía 10.** Letreros que ayudan a identificar el recorrido de la línea eléctrica.

*Fuente:* Choque, 2011.

Se toman estos puntos para el día de excavación y plantación de los postes en el campo, los obreros y la maquinaria de trabajo se pueda guiar por los letreros y otros aspectos que son relevantes e identificables en el terreno.

Se debe tomar en cuenta los cuerpos de agua, debido a la línea eléctrica planificada esta cerca a estos, con la crecida de los ríos o lagos en tiempos de lluvia llegarían a afectarlas, lo cual se debe tomar en cuenta una línea eléctrica distante a ellos.



**Fotografía 11.** Toma de puntos GPS cerca a la represa de Incachaca.

*Fuente:* Choque, 2011.

- **Cambios en la dirección de la línea.** La ruta propuesta cambia de dirección en 10 ocasiones, debido a que la línea eléctrica debe estar, con preferencia, paralelamente a la carretera y caminos existentes ; todo esto con el objeto de reducir los costos de construcción, operación y mantenimiento de la línea eléctrica.



**Fotografía 12.** Identificación de los cambios de dirección de la línea eléctrica.

*Fuente:* Choque, 2011.

Para llegar a alinear la línea eléctrica en lugares planos, se utilizó el teodolito lo cual nos ayudo a formar una línea recta en algunos lugares y en otros a poder identificar la desviación angular que llegaría a obtener la línea eléctrica.

Se determinaron un total de 211 puntos GPS de control con los siguientes detalles:

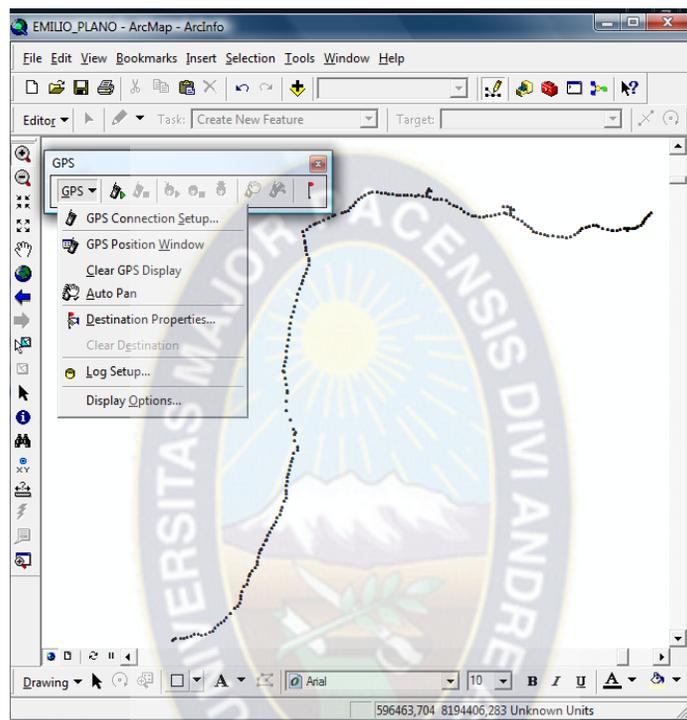
<b>UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE CONTROL</b>	<b>PUNTOS GPS</b>
Puntos requeridos para la unión de postes	211
Cambios abruptos en la topografía	8
Requerimientos del consumidor o del propietario	15
Puntos de Identificación	10
Cambios en la dirección de la línea	10
<b>TOTAL PUNTOS GPS TOMADOS EN EL TRABAJO DE CAMPO</b>	<b>254</b>

**Tabla 6.** Ubicación de los puntos de control.

*Fuente:* Elaboración Propia mediante Exel.

#### 4.3.4. Descarga de los puntos de control GPS.

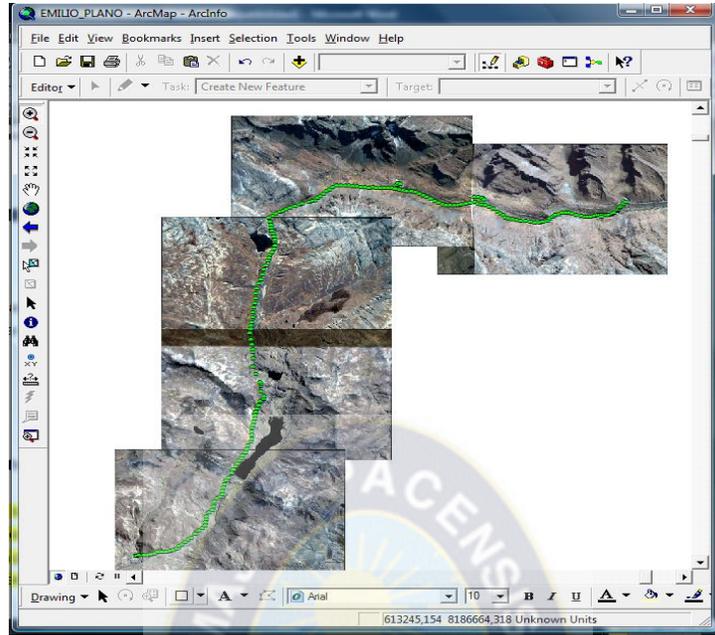
Los puntos GPS tomados en campo fueron descargados en el programa Arc Gis 9.3 para ser analizados y algunos depurados.



**Figura17.** Descarga de los Puntos GPS en Arc Gis 9.3

*Fuente:* Elaboración propia mediante Arc Gis 9.3.

En la figura se muestra los puntos GPS tomados en campo en el programa Arc Gis 9.3, seguidamente unimos la información Satelital y los puntos del GPS para poder empezar a digitalizar los aspectos relevantes del terreno.

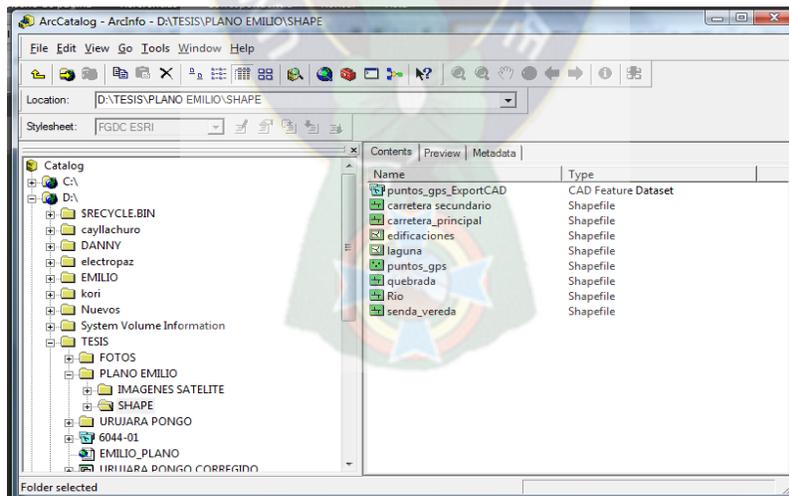


**Figura 18.** Puntos GPS y mosaico de las 5 imágenes de Satélite.

*Fuente:* Elaboración propia mediante Arc Gis 9.3.

#### 4.3.5. Digitalización de las imágenes de Satélite.

En las imágenes de Satélite se identificaron las siguientes coberturas



**Figura 19.** Creación de Shapes en Arc Catalog.

*Fuente:* Elaboración propia mediante Arc Gis 9.3.

Estas coberturas o Shapes se crearon en el Arc Catalog, con el sistema de referencia WGS 84 coordenadas UTM<sup>23</sup> Zona 19 S al igual que el mosaico de imágenes de satélite para posteriormente ser utilizadas en la digitalización.

Para la digitalización se cargaron al Arc Gis 9.3 los shapes creados, y con la herramienta Editor empezamos a digitalizar obteniendo el siguiente resultado:

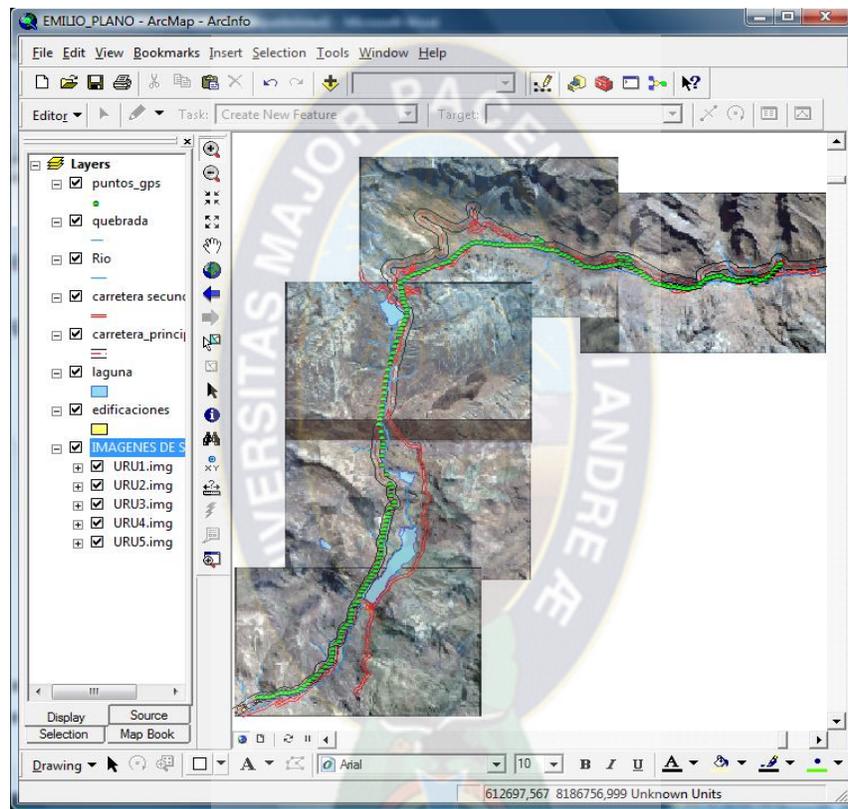


Figura 20. Digitalización en Arc Gis 9.3.

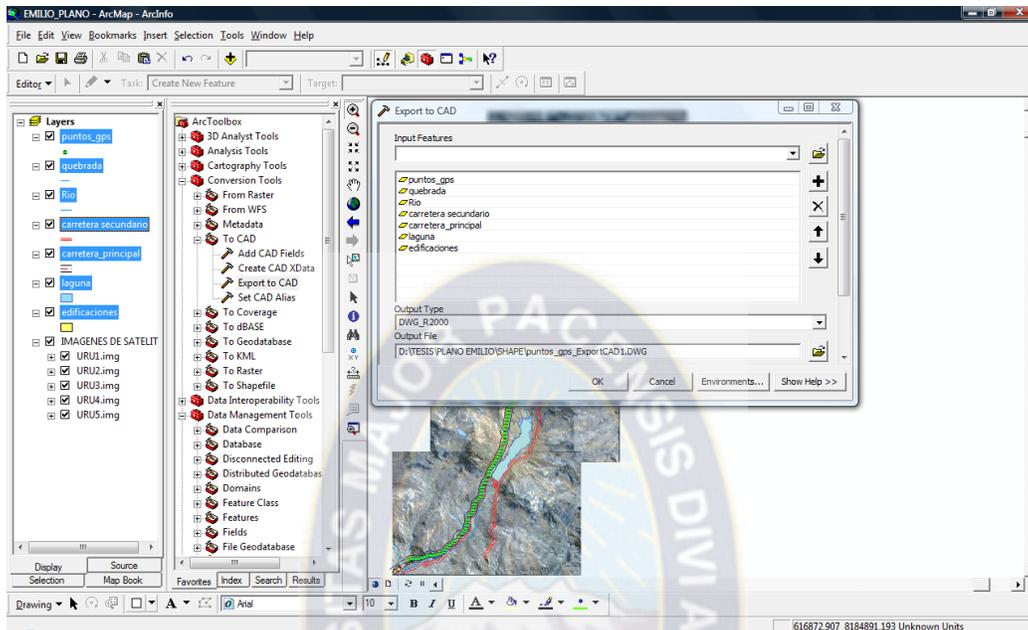
*Fuente:* Elaboración propia mediante Arc Gis 9.3.

Toda esta información digitalizada nos será útil para diseñar la línea eléctrica en Autocad, debido a que este programa tiene más herramientas de dibujo técnico y bloques ya predefinidos y normados para el diseño de líneas eléctricas, y el formato .dwg<sup>24</sup> es utilizado por Electropaz.

<sup>23</sup> UTM. Universal Transversal de Mercator

<sup>24</sup> DWG. Formato de archivo de dibujo de Autocad

Posteriormente se cambio el formato del dibujo de Shape a un formato cad de la siguiente forma:



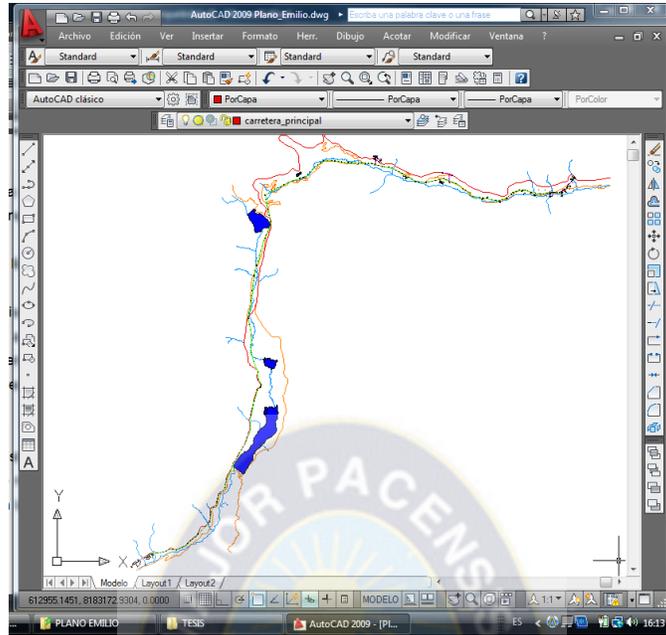
**Figura 21.** Conversión de formato .shp<sup>25</sup>. a .dwg con la herramienta Expot to Cad.

*Fuente:* Elaboración propia mediante Arc Gis 9.3.

#### 4.4. DISEÑO DE LA LÍNEA AÉREA DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA.

El plano de diseño de la línea eléctrica se la realizó en el programa AutoCAD 2009 debido a que es un programa especializado en dibujo de precisión y cuenta con herramientas que facilitan el dibujo de diseño y bloques predefinidos que facilitan el dibujo técnico.

<sup>25</sup> SHP. Formato de datos vectoriales desarrollado por ESRI

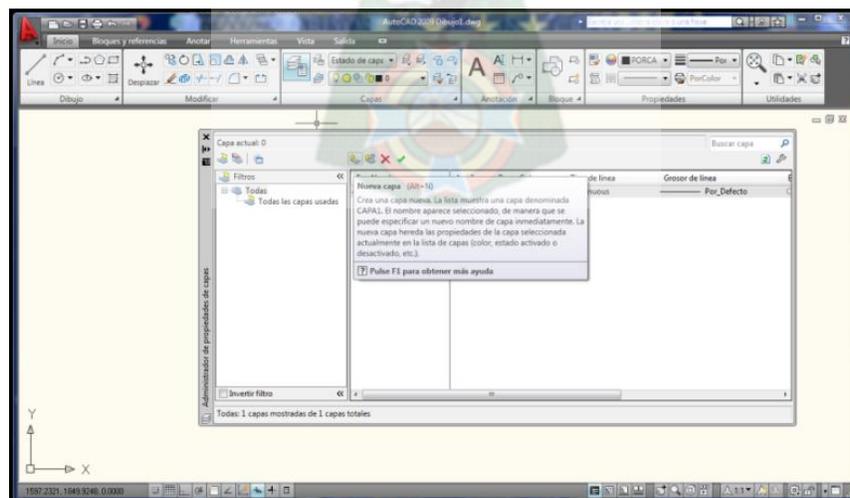


**Figura 22.** Visualización de la digitalización hecha en Arc Gis 9.3 en Autocad 2009.

*Fuente:* Elaboración propia mediante AutoCAD 2009.

En la figura se muestra la digitalización obtenida mediante las imágenes satelitales, los aspectos relevantes del terreno y las edificaciones.

Se crearon distintas capas en las cual se almacenará todos los elementos de dibujo que se realicen, se ingreso a propiedades de capa y se empezó a crear las capas con la herramienta “nueva capa”.



**Figura 23** Creación de capas en AutoCAD.

*Fuente:* Elaboración propia mediante AutoCAD 2009.

Se crearon las siguientes capas:

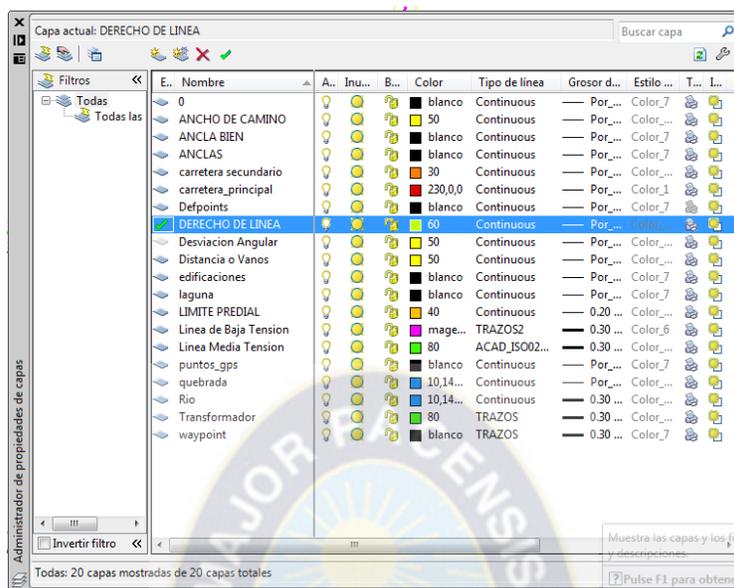


Figura 24. Capas en AutoCAD.

Fuente: Elaboración propia mediante AutoCAD 2009.

Las capas de edificaciones, ríos, caminos, quebradas ya fueron predeterminadas porque se crearon en la digitalización en Arc Gis, ahora solo creamos las capas referentes a la línea eléctrica y los bloques ya prediseñados.

Las capas más importantes en el diseño de la línea eléctrica son:

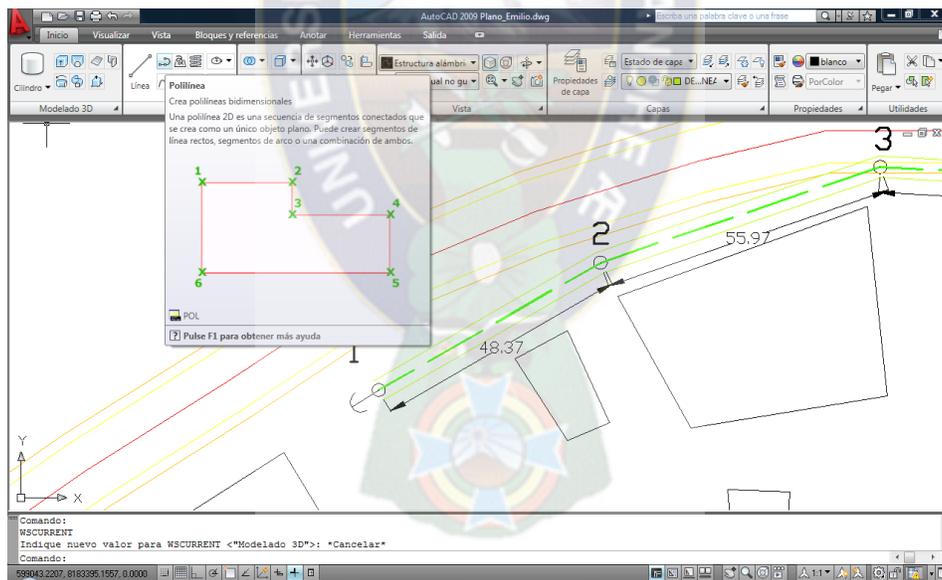
- **Línea eléctrica:** que se la dibujo con línea segmentada para poder distinguir de las otras capas que tiene un recorrido de 23493 metros.
- **Derecho de línea:** es el área de despeje donde no tiene que tener ninguna obstrucción la línea eléctrica ya sean edificaciones, arboles u otros.
- **Desviación angular:** es aquel ángulo en el cual la línea eléctrica cambia de dirección, después de haberlo medido debe ser biseccionado para determinar la posición de anclas.



**Figura 25.** Ejemplo de las capas importantes en una línea eléctrica.

*Fuente:* Elaboración propia mediante AutoCAD 2009

Seguidamente se dibujó la línea eléctrica en la capa de “línea eléctrica” encendida y la herramienta “poli línea” y se empezó a trazar todos los puntos GPS.

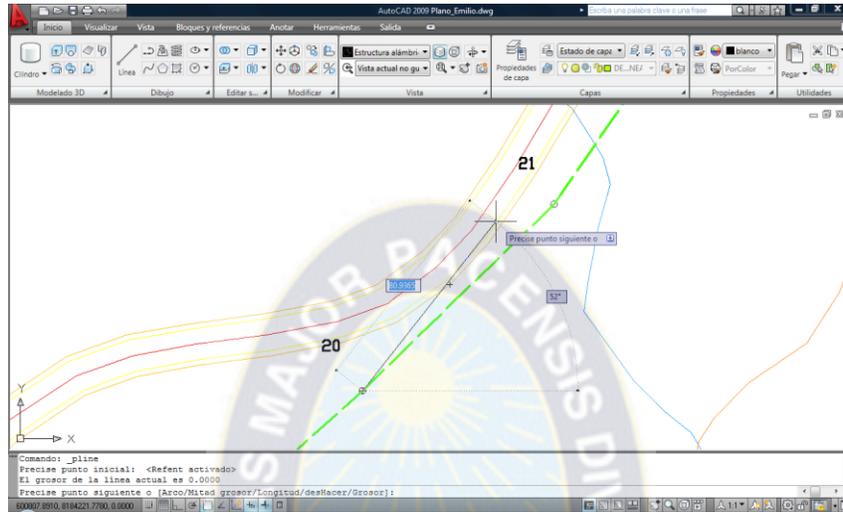


**Figura 26.** Dibujo de la línea eléctrica en AutoCAD.

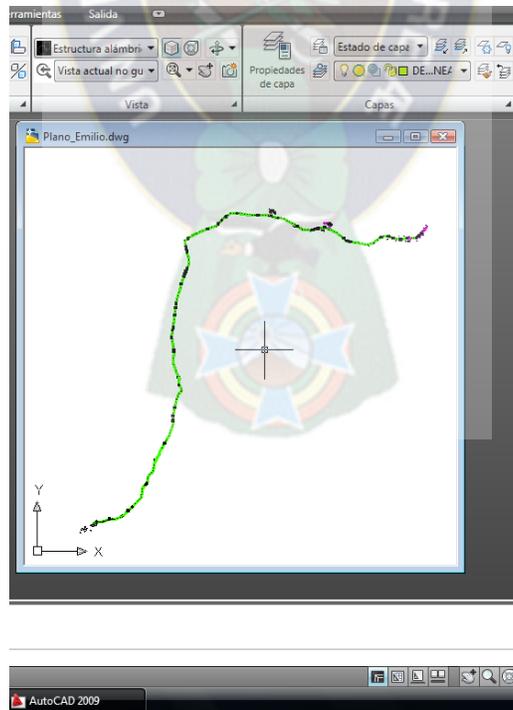
*Fuente:* Elaboración propia mediante AutoCAD 2009

Al realizar el dibujo de la línea eléctrica la cual debe ser continua y segmentada, se habilitaron las herramientas del AutoCAD como la entrada “dinámica” y la “referencia a objetos”

La entrada “dinámica” nos servirá para ver la longitud de la línea dibujada y el ángulo que toma esta en su trayecto, la herramienta referencia a objetos nos servirá para poder hacer una línea continua y que este alineada al centro de los puntos de control.



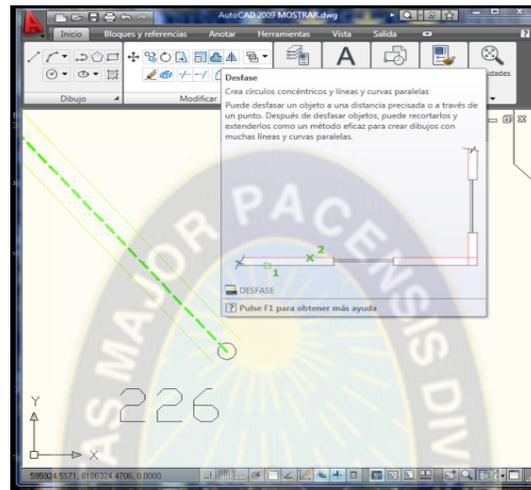
**Figura 27.** Dibujo de la línea eléctrica en AutoCAD.  
**Fuente:** Elaboración propia mediante AutoCAD 2009.



**Figura 28.** Dibujo de la línea eléctrica en AutoCAD.  
**Fuente:** AutoCAD 2009.

Después se dibujó el derecho de paso línea eléctrica esta debe estar dibujada de línea continua y tiene que ir paralelamente a la línea a una distancia de dos metros a los lados.

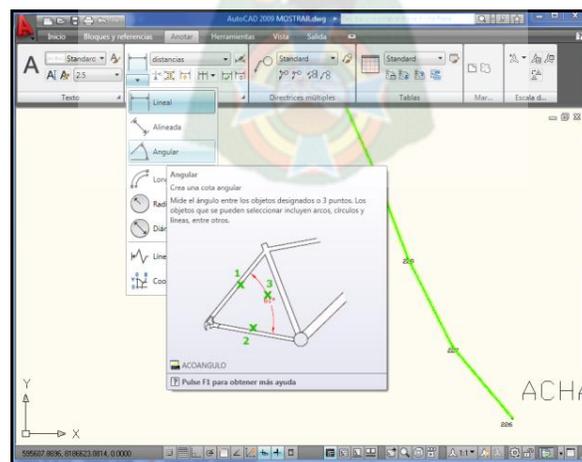
Este trabajo se la realizó con la herramienta “desfase” el cual crea un replica de la línea en los lados.



**Figura 29.** Dibujo de la línea eléctrica en AutoCAD.

**Fuente:** Elaboración propia mediante AutoCAD 2009.

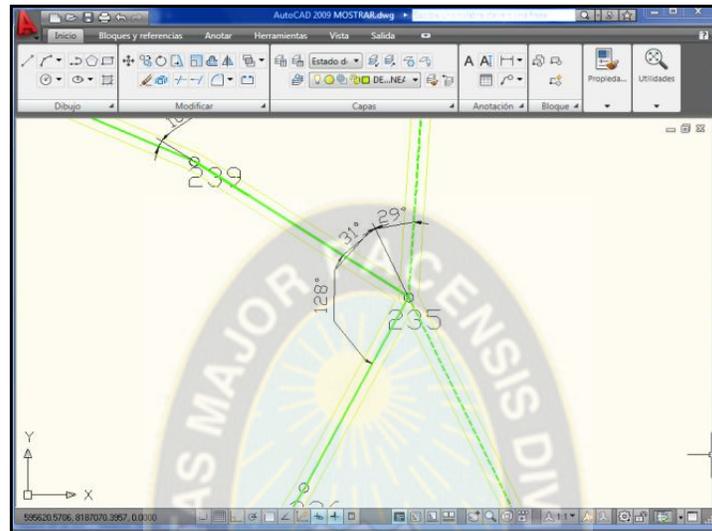
Posteriormente se dibujó las desviaciones angulares que toma la línea eléctrica con la herramienta “cotas” y “angular” esta herramienta nos ayudara a visualizar la desviación angular de la línea respecto a los puntos GPS tomados en campo.



**Figura 30.** Dibujo de la línea eléctrica en AutoCAD.

**Fuente:** Elaboración propia mediante AutoCAD 2009.

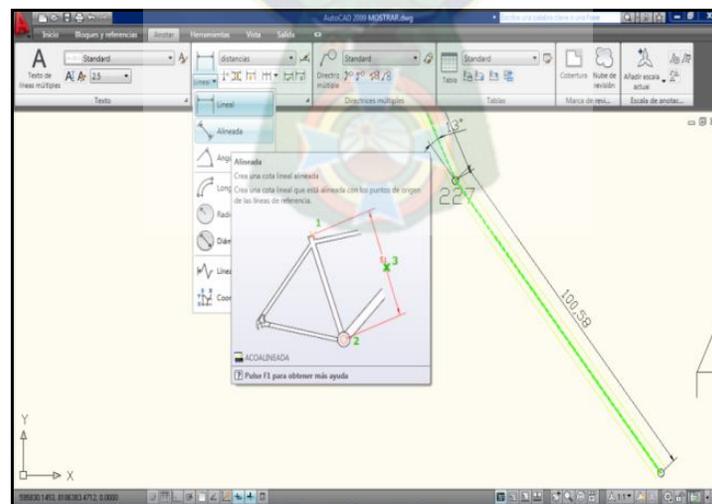
Seguidamente también se acotaron las derivaciones de la línea eléctrica esto es muy importante debido a que la línea eléctrica derivada tendrá mas ramificaciones por tanto se necesitara más materiales en esos lugares.



**Figura 31.** Dibujo de la línea eléctrica en AutoCAD.

*Fuente:* Elaboración propia mediante AutoCAD 2009.

Después se acotaron las distancias que hay entre cada poste (vanos) con la herramienta “cotas” “alineada”



**Figura 32.** Dibujo de la línea eléctrica en AutoCAD.

*Fuente:* Elaboración propia mediante AutoCAD 2009.

Posteriormente se implementaron algunos bloques predefinidos



**Figura 33.** Bloques creados en AutoCAD.

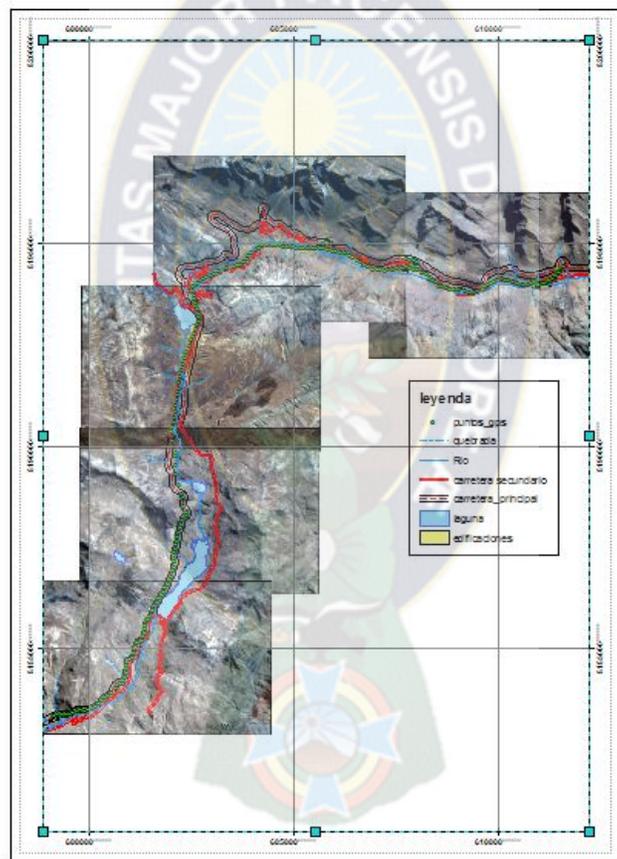
*Fuente:* Elaboración propia mediante AutoCAD 2009.



## CAPÍTULO V

### 5. RESULTADOS.

El primer resultado que llegamos a obtener es un plano general el cual abarca una gran extensión del área del proyecto, este plano nos servirá para la construcción de la línea eléctrica a otras poblaciones cercanas ya q cuenta con imágenes satelitales y la digitalización de estas (*Ver Anexo1*).



**Figura 34.** Plano General del Área del Proyecto.

*Fuente:* Elaboración Propia mediante Arc Gis 9.3.

El segundo resultado es una base de datos en formato de Excel, el cual figura el número de postes, coordenadas, progresivas y algunas observaciones, esto nos ayudará a contar con una base de datos del área del proyecto (*Ver anexo 3*).

Waypoint	Poste	Coordenadas UTM		Distancia metros	Progresiva metros	Altura s.n.m.(m)	Observaciones
		Este	Norte				
1	1	599314	8183710			4121.3	poste con xfo 100(8867) (existente Urujara)
2	2	599356	8183734	49		4126.8	poste de 12 m con linea BT (existente Urujara)
3	3	599409	8183752	51	100	4130.4	poste de 12 m con linea BT (existente Urujara)
4	4	599533	8183745	125	225	4160.7	
5	5	599634	8183753	101	326	4176.3	
6	6	599711	8183775	82	408	4187.1	
7	7	599804	8183809	110	518	4196	
8	8	599899	8183850	102	620	4201.8	

Figura 35. Base de Datos del Proyecto.

Fuente: Elaboración propia mediante excel 2007

El resultado final llega a ser el plano diseñado en Autocad ya que esta cuenta con las especificaciones técnicas en el plantado de postes en el área rural.

Gracias a este plano, dotado de distancias, ángulos, se puede determinar el tipo de conductor, anclas, riendas, numero de postes, transformadores, medidores, y todos los materiales necesarios para que la electricidad llegue al área rural (Ver Anexo2).

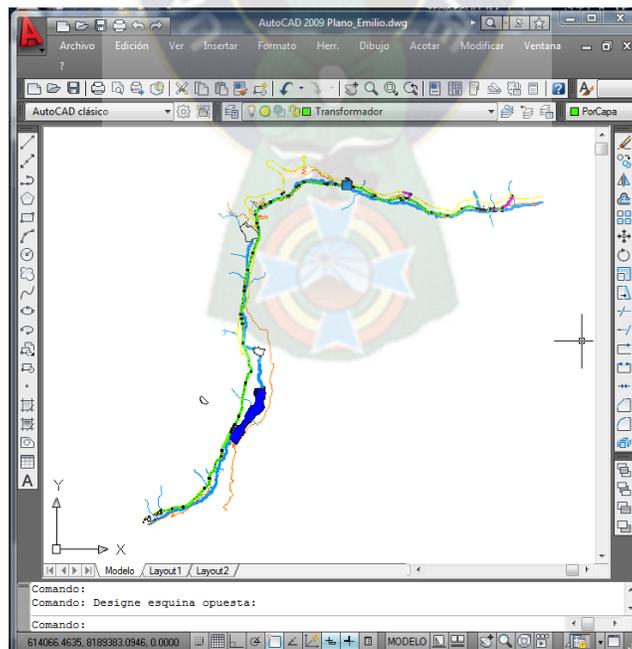


Figura 36. Plano General del Área del Proyecto.

Fuente: AutoCAD 2009.

## CAPÍTULO VI

### 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

#### 6.1. CONCLUSIONES.

El enunciado de las conclusiones se ha basado en el cumplimiento de los objetivos tanto general como específico, en tal sentido al finalizar el presente proyecto se ha llegado a las siguientes conclusiones:

- Toda la información obtenida en el diagnóstico del área de estudio es útil para dar inicio al proyecto debido a que en esta etapa se recopila todos los datos disponibles tanto cartográficos, como imágenes satelitales.
- Las imágenes satelitales son de gran ayuda para el diseño de la línea eléctrica debido a que proporciona información necesaria para poder planificar las actividades que se realizarán en el trabajo de campo y en el trabajo de gabinete.
- Las imágenes satelitales nos servirán para poder digitalizar aspectos relevantes del terreno y así poder actualizar la cartografía del área de estudio existente y obtener información actualizada.
- Al establecer puntos GPS en el trabajo de campo ayuda a determinar en qué lugar del terreno se debe colocar un poste y así determinar sus coordenadas específicas.
- Para realizar el diseño de la línea eléctrica es necesario cumplir con todos los objetivos específicos del trabajo debido a que es la etapa final del proyecto y es el producto final, fruto de toda la información recopilada y todos los procesos geomáticos realizados.

## 6.2. RECOMENDACIONES.

- Se recomienda implementar la metodología desarrollada para futuros proyectos para adquirir las ventajas y bondades que ofrece un diseño de líneas eléctricas.
- EL uso de la programa Google Earth se constituye en una herramienta de gran factibilidad y costo cero es indicada su utilización debido a que abarca gran cobertura del territorio nacional.
- Al realizar el dibujo de la línea eléctrica se recomienda realizarlo en el programa Autocad debido a que es un programa especializado de diseño asistido por ordenador y cuenta con todas las herramientas necesarias para realizar el dibujo.
- Para realizar la mensura de puntos GPS en el terreno es importante realizarla con observaciones buenas teniendo en cuenta las obstrucciones y despejarlas para tener amplio campo de visibilidad de satélites así será más confiable los datos que se obtengan en campo.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- **CARTOGRAFÍA**  
Centro Interamericano de fotointerpretación  
Impreso en los talleres Litográficos de Publicaciones Cultural 1999  
Daniel Deagostin Routin
  
- **FUNDAMENTOS DE TELEDETECCIÓN ESPACIAL**  
3ra Edicion  
EDICIONES RIALP 1996  
Emilio Chuvieco
  
- **MANUAL SIMPLIFICADO DE ESTACADO PARA LÍNEAS AÉREAS DE DISTRIBUCIÓN**  
2da Edición octubre 2002  
NRECA international.Ltd.
  
- **INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL – ESPAÑA, 2006. Curso Avanzado de Sistemas de Posicionamiento por Satélite.**
  
- **CARTOGRAFIA** - Centro Interamericano de fotointerpretación  
Impreso en los talleres Litográficos de Publicaciones Cultural 1999  
Daniel Deagostin Routin
  
- **FUNDAMENTOS DE TELEDETECCION ESPACIAL** - 3ra Edición  
EDICIONES RIALP 1996  
Emilio Chuvieco
  
- **P.S. ZAKATOV, 1976. Curso de Geodesia Superior, Editorial MIR. Pp 627.**

- [http://ingenieria.uaslp.mx/oferta/geomática/GEOMATICA2009\\_archivos/frame.htm](http://ingenieria.uaslp.mx/oferta/geomática/GEOMATICA2009_archivos/frame.htm)  
(visado el 12 - 09 -11 a horas 17:30)
  
- <http://www.misrespuestas.com/que-es-una-imagen-satelital..html>  
(Visado el 23 - 09-11 a horas 12:30)
  
- <http://www.etsimo.uniovi.es/feli/>  
(Visado el 01 - 09 -11 a horas 12:00)
  
- [http://www-radar\\_jpl\\_nasa\\_gov-srtm.html](http://www-radar_jpl_nasa_gov-srtm.html)  
(Visado el 10 - 09 -11 a horas 18:30)
  
- <http://www.monografias.com/trabajos14/topograf/topograf.shtml>  
(Visado el 14 - 09 -11 a horas 10:30)
  
- <http://www.monografias.com/trabajos14/topograf/topograf.shtml>  
(Visado el 12 - 10 -11 a horas 17:30)
  
- Ángel Manuel Felicísimo. <http://www.etsimo.uniovi.es/~feli/>  
(Visado el 03 - 10 -09 a horas 19:30)
  
- Teledetección. Enciclopedia Microsoft® Encarta® Online 2008  
(Visado el 12 - 10 -11 a horas 15:30)