



Universidad Nacional
Federico Villarreal

Vicerrectorado de
INVESTIGACION

ESCUELA UNIVERSITARIA DE POSGRADO

**“ESTABLECIMIENTO DE UNA METODOLOGIA UTILIZANDO SISTEMA DE
INFORMACION GEOGRAFICA PARA TRANSFORMAR LAS COORDENADAS
UNIVERSAL TRANSVERSAL MERCATOR DEL SISTEMA PROVISIONAL
SUDAMERICANO 1956 AL SISTEMA GEODESICO MUNDIAL 1984 DE LOS PREDIOS
RURALES DEL VALLE DE HUAURA”**

MODALIDAD PARA OPTAR EL GRADO:

MAESTRO EN GERENCIA DE PROYECTOS DE INGENIERIA

AUTOR:

ROGER JAIME TORNERO MATOS

ASESOR:

DR. JHON WALTER GOMEZ LORA

JURADO:

DR. EDWIN JAIME GALARZA ZAPATA

DR. FEDERICO ALEXIS DUEÑAS DAVILA

MG. JORGE ANTONIO RIOS VELARDE

LIMA – PERU

2018

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de investigación a mi mamá Cira Matos Ramírez (a quien la amo mucho), por su constante preocupación para ser un profesional y por su amor incondicional hacia mi persona.

A mis hijas Katherine y María Gracia por ser la razón de mi constante superación en el día a día de mi vida.

A la memoria de mi papá Salomón Tornero Revata por su apoyo hacia mi persona, a quien siempre admiré mucho por su trabajo incansable y por ser un hombre carismático con los demás.

A la memoria de mi abuelo Alciviades Matos Arteaga por sus consejos sabios, a quien admiré mucho por ser un constante lector y por ser un hombre muy trabajador.

A la memoria de mi tía Anita Marmolejo Ramírez, a quien le tuve mucho cariño y por enseñarme entre otras cosas valorar y cuidar las cosas materiales.

A la memoria de mi Abuela María Ysabel Revata Guerra, a quien le tengo muchos recuerdos entre otros por sus consejos sabios para forjarme en un hombre profesional y aprovechar el apoyo de mis padres.

A mi amigo Ricardo Baca Rueda, con quien comparto momentos de trabajo y aprendizaje constante.

A la memoria de mi amigo el Ingeniero Lorenzo Carbajal Carranza, con quien compartí momentos de trabajo y de aprendizaje.

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento a Dios porque nunca me abandonó aun en los momentos más difíciles de mi vida, siempre estuvo presente en el día a día de mi existencia.

A Ana Cecilia Huarote Torre quien se encargó del tipeo de la presente tesis.

A mi asesor el Dr. Jhon Walter Gómez Lora por su aporte en el desarrollo de la presente tesis.

A la Superintendencia Nacional de Bienes Estatales – SBN, por darme la oportunidad de ampliar mis conocimientos.

A la Superintendencia Nacional de Registros Públicos – SUNARP, por darme la oportunidad de trabajar en una institución sólida y dinámica.

A toda la familia porque siempre estuvieron pendiente en el desarrollo de la presente tesis.

RESUMEN

Por muchos años, varios países utilizaron Datums locales que buscaban al elipsoide de referencia que mejor se adecue al área de interés. El Perú hizo lo propio, adoptó como Datum Horizontal el Sistema Provisional Sudamericano 1956 - PSAD56. La tendencia mundial del uso del Sistema de Posicionamiento Global – GPS, genera la utilización de sistemas de referencia geocéntricos asociados a elipsoides globales como es el Sistema Geodésico Mundial - WGS84. La entidad oficial que aprueba los planos perimétricos y memorias descriptivas para inscripción de predios rurales en Registros Públicos, es la entidad generadora de catastro. Actualmente el catastro rural del valle de Huaura está en el sistema geodésico PSAD56. Esta, gesta el proyecto que realice las transformaciones de coordenadas del sistema PSAD56 al WGS84 de los predios rurales del valle de Huaura. La base cartográfica y el Catastro Rural del País, están en el Sistema PSAD56, el cual urge disponer de cartografía y Catastro Rural en el Sistema Geodésico Mundial – WGS84.

El objetivo del estudio, es diseñar una metodología que permita transformar las coordenadas U.T.M., de los predios situados en el valle de Huaura, pasarlos del Sistema PSAD56 al WGS84 utilizando el software ArcGis; Sistema Oficial que el IGN maneja por Resolución Jefatural N° 086-2011-IGN/OAJ/DGC del 03-05-2011; de tal modo; que la entidad generadora de catastro, se interconecte con el Registro de Predios tal como establece la Ley que crea el Sistema Nacional Integrado de Catastro y su vinculación con el Registro de Predios – Ley N° 28294 promulgada el 20 - 07 - 2004.

El catastro rural del valle de Huaura, surge como parte del proceso de la Reforma Agraria, aplicada desde 1969. Tenía una finalidad fiscal; realizar el inventario de tenencias de tierras afectadas y expropiadas mediante Decreto Ley N° 17371 del 14 - 01 - 1969. El Reglamento de la Ley que crea el Sistema Nacional Integrado de Catastro y su vinculación con el Registro de Predios, Ley N° 28294, del 10 - 02 - 2006; en su disposición transitoria dice: Que los predios catastrales inscritos, a partir de la vigencia del presente Reglamento, utilizarán el Sistema Geodésico Oficial, establecido por el IGN en base al sistema de referencia geocéntrico para las Américas – SIRGAS, relacionado al Datum horizontal World Geodetic System 1984 – WGS84.

La Constitución Política del Perú de 1993, sirve de contexto a la Ley N° 26505, Ley de Inversión Privada en el desarrollo de las actividades económicas en tierras del territorio nacional y las Comunidades Campesinas y Nativas, promulgada el 17 - 07- 1995, conocida

mayoritariamente como "Ley de Tierras". Este marcó un giro radical en la normatividad que guió la vida del agro nacional desde los años de la reforma agraria, fundamentalmente por la eliminación de las restricciones limitantes. Fue modificada por las Leyes N° 26570, 26597 y 26681.

La Resolución Jefatural N° 086-2011-IGN/OAJ/DGC del 03-05-2011 resuelve en su Artículo primero.- Concluir el período de conversión progresiva establecida en el artículo sexto de la Resolución Jefatural N° 079 – 2006 – IGN/OAJ/DGC, finiquitando así, la vigencia y uso del Sistema Local Geodésico Provisional Sudamericano 1956 – PSAD56. Asimismo, en su Artículo segundo entre otros indica que la *Red Geodésica Geocéntrica Nacional está conformada por las estaciones de monitoreo continuo y los hitos o señales de orden "0", "A", "B" y "C", distribuidos dentro del Territorio Nacional; los mismos que constituyen bienes del Estado. Para efectos prácticos como elipsoide se puede utilizar también el World Geodetic System 1984 (WGS84).*

Palabras Clave: Transformación de coordenadas UTM.

ABSTRACT

For many years, several countries seeking datum's used local reference ellipsoid that best suits the area of interest. The Peru did the same, Horizontal adopted as the South American Datum 1956 Provisional System - PSAD56. The global trend of using Global Positioning System - GPS, requires the use of systems associated with global geocentric reference ellipsoid as is the World Geodetic System - WGS84. The official entity for approves the surround plans and disclosures for registration of a rural property in public records is the generating entity of cadastre. Currently the national rural land is in the PSAD56 geodetic system. This, exploits the project perform coordinate transformations PSAD56 the WGS84 system of rural land in the valley of Huaura. The base map and Rural Land Registry of the country, are in the PSAD56 System, which urgent need for mapping and Rural Cadastre in the World Geodetic System - WGS84.

The objective of the study, is to design a methodology that allows to transform the UTM coordinates of the farms situated in the valley of Huaura, pass the PSAD56 system to WGS84 using the ArcGIS software; Official system managed by the IGN Departmental Resolution No. 086-2011-IGN / OAJ / DGC of 03-05-2011; thereby; is the generating entity of cadastre, to interface with the Real Estate Registry as required by the Act establishing the National Integrated Cadastre System and its link with the Real Estate Registry - Law No. 28294 promulgated on 20 - 07-2004.

The rural cadaster of the valley of huaura, comes as part of the process of agrarian reform, implemented since 1969 had a tax purposes; the inventory of land holdings affected and expropriated by Decree Law No. 17371 14 - 01 - 1969. The Regulations of the Act establishing the National Integrated Cadastre System and its link with the Real Estate Registry Act No. 28294, 10 - 02-2006; in its transitional provision says. The registered cadastral land, from the application of this Regulation, used the Official Geodetic System, established by the IGN based on the geocentric reference system for the Americas - SIRGAS, related to the World Geodetic Datum Horizontal System 1984 – WGS84.

The Constitution of Peru 1993, a context for the No. 26505, Law on Private Investment in the development of economic activities in the country land and peasant and native communities, enacted Law 17 - 07- 1995, known mostly as "Land Law". This marked a radical change in the regulations that guided the life of national agriculture since the land reform, mainly

because of the elimination of restrictions limiting. It was amended by Law No. 26570, 26597, 26681.

Departmental Resolution No. 086-2011-IGN / OAJ / DGC of 03-05-2011 resolved the first article. To terminate the period of progressive conversion in article six of Departmental Resolution No. 079 - 2006 - IGN / OAJ / DGC, and finalizing, the validity and use of Provisional Sudamericano Local Geodetic System 1956 - PSAD56. Also in its second article indicates among others the National Geodetic Network geocentric formed by continuous monitoring stations and milestones or command signals "0", "A", "B" and "C", distributed within the country; the same that are state property. For practical purposes as ellipsoid you can also use the World Geodetic System 1984 (WGS84).

Keywords: UTM coordinate transformation.

Índice

Dedicatoria	
Agradecimiento	
Resumen	
Abstract	
CAPITULO I	4
1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
1.1 DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DEL CATASTRO.....	5
1.2 EL SISTEMA DE FORMALIZACIÓN (SIGCAT)	6
1.3 EL INSTITUTO NACIONAL DE CONCESIONES Y CATASTRO MINERO – INACC	6
1.4 LA SUPERINTENDENCIA NACIONAL DE LOS REGISTROS PÚBLICOS (SUNARP).....	10
1.5 OBJETIVOS.....	12
1.5.1 <i>Objetivo General</i>	12
1.5.2 <i>Objetivos Específicos</i>	12
1.6 JUSTIFICACION.....	13
1.7 IMPORTANCIA.....	13
1.8 HIPOTESIS.....	14
1.8.1 <i>Hipótesis General</i>	14
1.8.2 <i>Hipótesis Específico</i>	14
1.9 DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO	14
1.9.1 <i>Ubicación Geográfica</i>	14
1.9.2 <i>Vías de Acceso</i>	15
1.9.3 <i>Clima</i>	16
1.9.4 <i>Área de Influencia</i>	16

CAPITULO II.....	17
2 MARCO TEORICO: MARCO FILOSÓFICO O EPISTEMOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN.....	17
2.1 HISTORIA DEL CATASTRO RURAL.....	17
2.2 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	19
2.2.1 <i>El Instituto Nacional de Concesiones y Catastro Minero – INACC.....</i>	<i>19</i>
2.2.2 <i>Parámetros de Transformación entre los Sistemas Geodésicos de Referencia PSAD56 y SIRGAS95 (WGS84) para el Ecuador.</i>	<i>19</i>
2.2.3 <i>Cálculo de 7 Parámetros de Transformación para el Ecuador.....</i>	<i>21</i>
2.3 BASES TEÓRICAS	23
2.4 SISTEMAS DE PROYECCIÓN GEORREFERENCIACIÓN	33
2.4.1 <i>Conceptos de Geodesia</i>	<i>33</i>
2.4.2 <i>Transformaciones Cartográficas.....</i>	<i>35</i>
2.5 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DE UN PUNTO	41
2.6 COORDENADAS GEOGRÁFICAS	42
2.6.1 <i>Meridianos</i>	<i>42</i>
2.6.2 <i>Paralelos.....</i>	<i>43</i>
2.7 PROYECCIONES, LA PROYECCIÓN U.T.M.....	47
2.7.1 <i>Proyecciones planas.....</i>	<i>48</i>
2.7.2 <i>Proyecciones Geodésicas.....</i>	<i>49</i>
2.7.3 <i>La proyección Mercator – Mercator Transversal.....</i>	<i>50</i>
2.7.4 <i>Ventajas del Sistema U.T.M.....</i>	<i>53</i>
2.7.5 <i>Origen de Coordenadas U.T.M.</i>	<i>54</i>
2.8 EL GEOIDE.....	57

2.9 EL ELIPSOIDE	57
2.10EL DATUM.....	59
2.11SISTEMAS DE REFERENCIA.....	61
2.11.1 <i>Sistemas de Referencia Clásico</i>	61
2.11.2 <i>Sistemas de Referencia Geocéntrico</i>	62
2.12SOLUCIONES DE ITRFS.....	64
CAPITULO III.....	76
3 MARCO CONCEPTUAL E INSTITUCIONAL	77
3.1 MARCO CONCEPTUAL.....	77
3.1.1 <i>El Catastro</i>	77
3.1.2 <i>Componentes del Catastro</i>	79
3.2 MARCO INSTITUCIONAL.....	81
3.2.1 <i>Filosofía de las Instituciones involucradas en el tema</i>	81
CAPITULO IV.....	86
4 MARCO LEGAL.....	86
4.1 CONSTITUCION POLITICA DEL PERU.....	86
4.2 SISTEMA NACIONAL INTEGRADO DE CATASTRO	87
4.3 EL INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL Y LA RESOLUCION JEFATURAL N° 086-2011-IGN/OAJ/DGC.....	87
4.4 NORMAS TÉCNICAS PARA LEVANTAMIENTOS GEODÉSICOS	92
4.4.1 <i>Aspectos Generales</i>	92
4.5 ETAPAS DE LOS LEVANTAMIENTOS	95
4.5.1 <i>Planeamiento:</i>	96
4.5.2 <i>Reconocimiento y Monumentación</i>	96
4.5.3 <i>Trabajos de Campo</i>	96

4.5.4	<i>Cálculos de gabinete (y ajuste en su caso),</i>	97
4.5.5	<i>Evaluación</i>	97
4.5.6	<i>Memoria de los trabajos.</i>	97
4.6	RECONOCIMIENTO	97
4.7	MONUMENTACIÓN	98
4.8	TRABAJOS DE CAMPO	101
4.9	DESCRIPCIÓN DE PUNTOS	103
4.10	CÁLCULOS DE CAMPO	108
4.11	ENLACES	108
4.12	MEDIDA DE DIRECCIONES HORIZONTALES	111
4.13	MEDICIÓN DE DISTANCIAS	113
4.14	LEVANTAMIENTOS GEODÉSICOS HORIZONTALES	115
4.15	MEDIDA DE DIFERENCIAS DE ELEVACIÓN	121
4.16	LEVANTAMIENTOS GEODÉSICOS VERTICALES	125
CAPITULO V		130
5 MATERIALES, EQUIPOS Y MARCO METODOLOGICO		130
5.1	MATERIALES	130
5.2	EQUIPOS	130
5.3	SOFTWARES	130
5.4	MARCO METODOLOGICO	130
5.4.1	<i>Nivel de Investigación</i>	131
5.4.2	<i>Diseño de Investigación</i>	131
5.5	PROCEDIMIENTOS	132

CAPITULO VI.....	161
6 RESULTADOS.....	161
6.1 PRESENTACION DE RESULTADOS.....	161
6.2 PRUEBA DE HIPOTESIS.....	166
6.3 DISCUSION	169
6.3.1 <i>Análisis Interpretación y Discusión de Resultados en el ámbito temporal y espacial.....</i>	<i>169</i>
CAPITULO VII.....	171
7 IMPACTOS.....	171
7.1 PROPUESTA PARA LA SOLUCION DEL PROBLEMA.....	171
7.2 COSTOS DE IMPLEMENTACION DE LA PROPUESTA	172
7.3 BENEFICIOS QUE APORTA LA PROPUESTA.....	172
CAPITULO VIII	175
8 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	175
8.1 CONCLUSIONES	175
8.2 RECOMENDACIONES.....	175
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	177
ANEXO A1: LA RED GEODESICA NACIONAL	181

INDICE DE TABLAS

TABLA N ^º 2.1: PARÁMETROS DE TRANSFORMACIÓN DEL SISTEMA PSAD56 AL SISTEMA SIRGAS95 (WGS84).....	22
TABLA N ^º 2.2: PARÁMETROS ELIPSOIDALES DE HAYFORD	61
TABLA N ^º 2.3: PARÁMETROS DE TRANSFORMACIÓN DESDE ITRF2000 A SISTEMAS ANTERIORES	66
TABLA N ^º 2.4: PARÁMETROS DE TRANSFORMACIÓN DEL IGS05 AL ITRF2005.....	67
TABLA N ^º 2.5: PARÁMETROS ELIPSOIDALES DEL GRS80	69
TABLA N ^º 2.6: PARÁMETROS ELIPSOIDALES DEL WGS84.....	71
TABLA N ^º 3.1: CUADRO GENERAL DE EJECUCIÓN DEL CATASTRO JURÍDICO.....	81
TABLA N ^º 4.1: TOLERANCIAS CATASTRALES PARA PREDIOS RURALES	91
TABLA N ^º 4.2: CONSTANTES GEOMÉTRICAS DERIVADAS	94
TABLA N ^º 4.3: ESTÁNDARES DE PRECISIÓN GEOMÉTRICA	109
TABLA N ^º 4.4: CLASIFICACIÓN DE LEVANTAMIENTOS GEODÉSICOS	119
TABLA N ^º 4.5: CLASIFICACIÓN DE LOS LEVANTAMIENTOS GEODÉSICOS VERTICALES	125
TABLA N ^º 4.6: ESPECIFICACIONES PARA DISTANCIA DE VISUALES Y BALANCE DE LAS MISMAS EN NIVELACIÓN (VALORES EN METROS)	128
TABLA N ^º 6.1: TABLA DE ATRIBUTOS (BASE DE DATOS)	161
TABLA N ^º 6.2: DIFERENCIA DE VALORES EN ÁREA Y PERÍMETRO ENTRE EL SISTEMA PSAD56 Y WGS84.....	167
TABLA N ^º 6.3: DIFERENCIA DE COORDENADAS ENTRE EL SISTEMA PSAD56 Y WGS84	168
TABLA N ^º 7.1: COSTO DE IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA.....	174

INDICE DE FIGURAS

FIGURA N° 1.1: "E - CATASTRO MINERO"	8
FIGURA N° 1.2: LA PROVINCIA DE HUAURA CON SUS DISTRITOS	15
FIGURA N° 1.3: EL ÀREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO (VALLE DE HUAURA)	16
FIGURA N° 2.1: SISTEMA DE REFERENCIA GEOCÉNTRICO	20
FIGURA N° 2.2: RELACIÓN ENTRE SISTEMAS DE REFERENCIA CARTESIANOS TRIDIMENSIONALES	21
FIGURA N° 2.3: COMPONENTES DE ARCGIS DESKTOP	29
FIGURA N° 2.4: ESTEROIDE	34
FIGURA N° 2.5: TIPOS DE PROYECCIONES.....	36
FIGURA N° 2.6: CILINDRO GENERADOR DE LA PROYECCIÓN UTM	37
FIGURA N° 2.7: CORRECCIÓN GEOMÉTRICA MEDIANTE TRANSFORMACIÓN LINEAL	39
FIGURA N° 2.8: SISTEMA TRIDIMENSIONAL	42
FIGURA N° 2.9: MERIDIANOS	43
FIGURA N° 2.10: DISTRIBUCIÓN DE MERIDIANOS.....	43
FIGURA N° 2.11: PARALELO	44
FIGURA N° 2.12: LONGITUD.....	45
FIGURA N° 2.13: LATITUD.	46
FIGURA N° 2.14: DESIGNACIÓN DE COORDENADAS GEOGRÁFICAS	46
FIGURA N° 2.15: DESIGNACIÓN DE UN PUNTO "P" SOBRE LA SUPERFICIE TERRESTRE.	46
FIGURA N° 2.16: REPRESENTACIÓN DE LA SUPERFICIE TERRESTRE EN EL PLANO	47
FIGURA N° 2.17: PROYECCIÓN PLANA	49
FIGURA N° 2.18: PROYECCIÓN MERCATOR	51
FIGURA N° 2.19: PROYECCIÓN UTM.....	51
FIGURA N° 2.20: DEFORMACIÓN LINEAL.....	52
FIGURA N° 2.21: ORIGEN DE COORDENADAS UTM EN EL HEMISFERIO	55
FIGURA N° 2.22: ORIGEN DE COORDENADAS UTM EN EL HEMISFERIO SUR	56
FIGURA N° 2.23: EL GEOIDE	57
FIGURA N° 2.24: EL ELIPSOIDE	58
FIGURA N° 2.25: ESFERICIDAD TERRESTRE	59
FIGURA N° 2.26: EL DATUM	60
FIGURA N° 2.27: UBICACIÓN DE LAS ESTACIONES SIRGAS95	71
FIGURA N° 2.28: UBICACIÓN DE LAS ESTACIONES SIRGAS2000	71
FIGURA N° 2.29: UBICACIÓN DE LAS ESTACIONES SIRGAS-CON.....	73
FIGURA N° 2.30: RELACIÓN ENTRE SISTEMAS DE REFERENCIA SIRGAS95 Y PSAD56.....	75
FIGURA N° 2.31: MATRICES DE ROTACIÓN ANTIHORARIA PARA VECTORES Y PARA MACROS	76

FIGURA N° 4.1: DISEÑO DE LA INSCRIPCIÓN EN LA PLACA DE BRONCE EMPLEADA PARA SEÑALAR EL PUNTO COLOCADO	98
FIGURA N° 4.2: DISEÑO DEL MONUMENTO DE CONCRETO ESTABLECIDO SEGÚN EL ORDEN DEL PUNTO	100
FIGURA N° 4.3: DIARIO DE OBSERVACIÓN GPS	105
FIGURA N° 4.4: DESCRIPCIÓN MONOGRÁFICA	106
FIGURA N° 4.5: DESCRIPCIÓN DE MARCA DE COTA FIJA (MCF).....	107
FIGURA N° 5.1: POLÍGONOS Y TEXTOS.....	132
FIGURA N° 5.2 : POLÍGONOS CERRADOS Y TEXTOS EN EL PROGRAMA AUTOCAD	133
FIGURA N° 5.3 : POLÍGONOS MIGRADOS AL ARCGIS	133
FIGURA N° 5.4 : ARCHIVO HUAURA_CORREGIDO EN ARCCATALOG	134
FIGURA N° 5.5: INICIO DE LA EDICIÓN PARA DARLE LA PROYECCIÓN AL ARCHIVO HUAURA_CORREGIDO.....	134
FIGURA N° 5.6: EDICIÓN DEL ARCHIVO HUAURA_CORREGIDO.....	135
FIGURA N° 5.7: SELECCIONAR PARA INGRESAR AL SISTEMA DE COORDENADAS	135
FIGURA N° 5.8: PROCESO DE PROYECCIÓN DEL SISTEMA DE COORDENADAS	136
FIGURA N° 5.9: PROYECCIÓN EN EL SISTEMA DE COORDENADAS UTM.....	136
FIGURA N° 5.10: LA PROYECCIÓN EN SUD AMÉRICA.	137
FIGURA N° 5.11: LA PROYECCIÓN EN ZONA 18.....	137
FIGURA N° 5.12: LA PROYECCIÓN ESTÁ PARA APLICAR Y ACEPTAR.....	138
FIGURA N° 5.13: LA PROYECCIÓN ESTÁ PARA APLICAR Y ACEPTAR.....	138
FIGURA N° 5.14: ARCMAP DEL ARCGIS.	139
FIGURA N° 5.15 : ARCHIVO HUAURA_CORREGIDO EN ARCMAP DEL ARCGIS.....	139
FIGURA N° 5.16: ARCHIVO HUAURA_CORREGIDO CON SUS EXTENSIONES EN ARCMAP.	140
FIGURA N° 5.17: ARCHIVO HUAURA_CORREGIDO PARA SER CARGADO EN ARCMAP DEL ARCGIS.....	140
FIGURA N° 5.18: ARCHIVO HUAURA_CORREGIDO CARGADO AL ARCGIS.....	141
FIGURA N° 5.19: SELECCIÓN DE POLILINEA POR ATRIBUTOS	141
FIGURA N° 5.20: SELECCIÓN DEL ARCHIVO HUAURA_CORREGIDO	142
FIGURA N° 5.21: SELECCIÓN DE LA POLILINEA HUAURA_CORREGIDO	142
FIGURA N° 5.22: ARCHIVO HUAURA_CORREGIDO EN ARCGIS	143
FIGURA N° 5.23: INGRESO A LA TABLA DE ATRIBUTOS.....	143
FIGURA N° 5.24: MUESTRA DE LA TABLA DE ATRIBUTOS (BASE DE DATOS).....	144
FIGURA N° 5.25: EL ARCHIVO HUAURA_CORREGIDO SE VA EXPORTAR A UN ARCHIVO SHAPE.	144
FIGURA N° 5.26: EL ARCHIVO SHAPE NECESITA UN NOMBRE Y LA RUTA PARA GUARDARLO.....	145
FIGURA N° 5.27: EL ARCHIVO SHAPE CON SU NOMBRE HUAURA_TESIS4.SHP.	145
FIGURA N° 5.28: EL ARCHIVO HUAURA_TESIS4.SHP CON LA RUTA Y OK.	146
FIGURA N° 5.29: EL ARCHIVO EN PROCESO DE LA INFORMACIÓN.	146
FIGURA N° 5.30: ADICIÓN DE LA DATA A UNA CAPA (SI).....	147
FIGURA N° 5.31: EL ARCHIVO HUAURA_TESIS4 EN ARCMAP.	147

FIGURA N° 5.32: CARGA DEL PROGRAMA ARCTOOLBOX.	148
FIGURA N° 5.33: EL ARCHIVO HUAURA_TESIS4 ESTÁ EN EL PROGRAMA ARCTOOLBOX.....	148
FIGURA N° 5.34: INGRESO AL DATA MANAGEMENT TOOLS PARA DARLE PROYECCIÓN.	149
FIGURA N° 5.35: INGRESO A PROYECCIONES Y TRANSFORMACIONES.	149
FIGURA N° 5.36: INGRESO A LA HERRAMIENTA DEFINE - PROYECCIÓN.	150
FIGURA N° 5.37: EL ARCHIVO HUAURA_TESIS4 CON SU PROYECCIÓN DEFINIDA.	150
FIGURA N° 5.38: LA PROYECCIÓN EN PROCESO.....	151
FIGURA N° 5.39: INGRESO A LA HERRAMIENTA FEATURE-PROJECT	151
FIGURA N° 5.40: TRANSFORMACIÓN DE COORDENADAS DE PSAD56 A WGS84	152
FIGURA N° 5.41: HUAURA_TESIS4 SE VA TRANSFORMAR DE PSAD56 A WGS84.....	152
FIGURA N° 5.42: PROYECCIÓN AL SISTEMA GEODÉSICO MUNDIAL WGS84.....	153
FIGURA N° 5.43: DEFINIR LA PROYECCIÓN DEL SISTEMA DE COORDENADAS	153
FIGURA N° 5.44: LA PROYECCIÓN DEBE ESTAR EN COORDENADAS UTM	154
FIGURA N° 5.45: LA PROYECCIÓN DEBE ESTAR EN EL SISTEMA GEODÉSICO WGS84	154
FIGURA N° 5.46: LA PROYECCIÓN DEBE ESTAR EN EL HEMISFERIO SUR	155
FIGURA N° 5.47: LA PROYECCIÓN DEBE ESTAR EN LA ZONA 18 Y EN WGS84.....	155
FIGURA N° 5.48: LA PROYECCIÓN ESTÁ PARA APLICAR Y ACEPTAR.....	156
FIGURA N° 5.49: DEFINIR EL PARÁMETRO PARA LA TRANSFORMACIÓN DE COORDENADAS	156
FIGURA N° 5.50: SERIE DE PARÁMETROS DE TRANSFORMACIÓN DE COORDENADAS.....	157
FIGURA N° 5.51: PARÁMETRO DEFINIDO (PSAD_1956_TO_WGS84_8)	157
FIGURA N° 5.52: FIN DEL PROCESO DE TRANSFORMACIÓN DE PSAD56 A WGS84	158
FIGURA N° 5.53: LA BASE GRÁFICA DEL VALLE HAURA EN PSAD56 Y EN WGS84.....	158
FIGURA N° 5.54: EL ARCHIVO HAURA_TESIS4_PROJECT EN EL SISTEMA WGS84.....	159
FIGURA N° 5.55: PREDIO RURAL EN EL SISTEMA PSAD56(AZUL) Y EN WGS84(VERDE)	159
FIGURA N° 5.56: ETIQUETAR LOS POLÍGONOS EN EL SISTEMA WGS84	160
FIGURA N° 5.57: POLÍGONOS ETIQUETADOS EN EL SISTEMA WGS84.....	160
FIGURA N° 6.1: PREDIOS RURALES EN PSAD56(VERDE) Y EN WGS84(ROJO).....	161
FIGURA N° 6.2: MUESTRA EL ARCHIVO SHAPE (HUAURA_TESIS4.SHAPE)	162
FIGURA N° 6.3: INGRESO A LAS PROPIEDADES DEL ARCHIVO HUAURA_TESIS4.SHAPE	162
FIGURA N° 6.4: EL ARCHIVO HUAURA_TESIS4.SHAPE CON SU PROYECCIÓN DEFINIDA EN LA ZONA 18 Y EN EL SISTEMA GEODÉSICO WGS84.	163
FIGURA N° 6.5: EL VALLE DE HUAURA INSERTO EN EL SISTEMA GOOGLE EARTH	163
FIGURA N° 6.6: PREDIOS RURALES DEL VALLE DE HUAURA INSERTO EN EL SISTEMA GOOGLE EARTH	164
FIGURA N° 6.7: PREDIOS INSERTO EN EL SISTEMA GOOGLE EARTH, LINDEROS PRECISOS	164
FIGURA N° 6.8: PREDIOS RURALES DEL VALLE HUAURA INSERTO EN EL SISTEMA GEOLÓGICO CATASTRAL MINERO (GEOCATMIN) EN EL SISTEMA WGS84.....	165

INDICE DE ANEXOS

ANEXO A : LA RED GEODESICA NACIONAL	181
A. 1: RED GEODÉSICA NACIONAL	181
A. 2: ESTACIONES DE LA RED GEODÉSICA NACIONAL GPS	182
A. 3: RED DE NIVELACIÓN GEODÉSICA	183
A. 4: RED GEODÉSICA HORIZONTAL	184
A. 5: RED GEODÉSICA VERTICAL.....	185
A. 6: SISTEMA DE REFERENCIA GEOCÉNTRICO (SIRGAS)	186
A. 7: ESTACIONES DE LA RED GEODÉSICA NACIONAL GPS.....	187
ANEXO B : CONVENIO INTERINSTITUCIONAL SUNARP – COFOPRI – IGN	187
B. 1: META 01 INSTALACIÓN DE 4955 PUNTOS GPS DE ORDEN B	188
B. 2: META 02 INSTALACIÓN DE 14 ESTACIONES RECEPTORAS PERMANENTES	188
B. 3: INSTALACIÓN DE 1299 PUNTOS GPS DE ORDEN B.....	189
B. 4: INSTALACIÓN DE 05 ESTACIONES RECEPTORAS PERMANENTES	189
B. 5: ARQUITECTURA DE REDES GNSS	190
B. 6: CENTRO DE CONTROL DE RED GEODÉSICA DE REFERENCIA GNSS	190
B. 7: RECEPTOR SATELITAL DE TIPO GEODÉSICO	191
B. 8: RED DE PUNTOS DE ORDEN A, B Y C Y ESTACIONES DE RASTREO PERMANENTE	191
B. 9 : UBICACIÓN DE PUNTOS GEODÉSICOS EN EL GOOGLE EARTH.....	191
B. 10 : ESTACIONES DE RASTREO PERMANENTE	193
B. 11: UBICACIÓN DE LA ESTACIÓN DE RASTREO PERMANENTE	194
B. 12: DISPOSICIÓN DE LA ESTACIÓN DE RASTREO PERMANENTE	194
ANEXO C: METODOLOGIA DE ANALISIS MEDIANTE MATRIZ FODA.....	194
C.1: Matriz FODA para el software ARCGIS.....	194
C.2: Matriz FODA para el software ARCMAP.....	195
C.3: Matriz FODA para el software QUANTUM GIS.....	196
PLANO N° 1: PREDIOS RURALES DEL VALLE HUAURA EN EL SISTEMA PSAD56 Y WGS84.....	198

GLOSARIO DE TERMINOS

- **COFOPRI:** Organismo de Formalización de la Propiedad Informal
- **DATUM GEODESICO:** Conjunto de Parámetros que determinan la forma y dimensiones del elipsoide de referencia.
- **GRS80:** Sistema Geodésico de Referencia 1980
- **ICIL:** Instituto Catastral de Lima.
- **IERS:** International Earth Rotation Service
- **INACC:** Instituto Nacional de Concesiones y Catastro Minero
- **INC:** Instituto Nacional de Cultura
- **INDECI:** Instituto Nacional de defensa Civil
- **ITRF:** International Terrestrial Reference Frame
- **PETT:** proyecto Especial de Titulación de Tierras y Catastro Rural
- **PSAD56:** Provisional Sudamericano 1956
- **REGGEN:** Red Geodésica Geocéntrica Nacional
- **SBN:** Superintendencia de Bienes Nacionales

- **SIG:** Sistema de Información Geográfica
- **SIGCAT:** Sistema de Información Geográfico de Catastro y Titulación
- **SIRGAS:** Sistema de Referencia Geocéntrico para América del Sur
- **SUNARP:** Superintendencia Nacional de Registros Públicos
- **U.T.M.:** Universal Transversal Mercator (Proyección) se emplea en mapas topográficos y en imágenes de satélite.
- **WGS84:** Sistema Geodésico Mundial 1984.

ACRONIMOS Y SIGLAS

BEK	Bayerische Kommission fur die Internationale Erdmessung.
BIH	Bureau Internatinal de l'Heure.
CASA	Central and south American GPS Geodinamics Project.
CEINCI	Centro de Investigaciones Científicas.
CIE	Centro de Investigaciones Espaciales.
DORIS	Doppler Orbitography and Radiopositionning Integrated by Satellite.
EGM96	Earth Geopotential Model 1996.
EGM08	Earth Geopotential Model 2008.
EOP	Earth Orientation Parameters.
GLONASS	Russia's Global Navigation Satellite System.
GNSS	Global Navigation Satellite System.
GPS	Global Positioning System.
GRS80	Geodetic Reference System 1980.
IAG	International Association of Geodesy.
IAU	International Astronomical Union.
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.
ICRS	International Celestial Reference System.
IGM	Instituto Geográfico Militar.
IERS	International Earth Rotation and Reference.

IGS	Internacional GNSS Service.
ILRS	International Laser Ranging Service.
ITRF	International Terrestrial Reference Frame.
ITRS	International Terrestrial Referente System.
IUGG	International Union of Geodesy and Geophysics.
LLR	Lunar Laser Ranging.
NASA	National Aeronautics and Space Administration.
NGA	National Geospatial – Intelligence Agency.
SLR	Satellite Laser Ranging.
TCG	Tiempo Coordinado Geocéntrico.

INTRODUCCION

El primer catastro de predios en el valle de Huaura se realizó el año 1970 con la finalidad de realizar el inventario de todos los predios agrícolas, éste catastro se ejecutó en la época de Reforma Agraria, el mismo que se encontró en el sistema geodésico PSAD56, solamente tuvo planos catastrales.

El segundo catastro del valle de Huaura se realizó entre los años 1996-1997 en el sistema geodésico PSAD56, este catastro está vigente y se encuentra digitalizado.

La base cartográfica y el Catastro Rural del valle de Huaura se encuentran en el Sistema geodésico PSAD56, a la fecha es necesario tener la cartografía sobre todo del Catastro Rural para realizar todo tipo de proyectos en el nuevo Sistema, para ello se necesita hacer un cambio de Sistema de PSAD56 a WGS84, las entidades generadoras de Catastro son las que se encarga del mantenimiento y actualización del Catastro Rural a nivel nacional. Se debe tener en cuenta que la base gráfica actual del Catastro Rural se encuentra en el Sistema PSAD56, por lo que a las entidades generadoras de Catastro no le permite interconectarse con los Registros Públicos tal como lo indica la Ley que crea el Sistema Nacional Integrado de Catastro y su vinculación con el Registro de Predios – Ley Nº 28294 promulgada el 20 de julio del 2004, la Ley Nº 28294 obliga a las entidades generadoras o relacionadas con el catastro y notarias a interconectarse con los Registros Públicos en tiempo real a fin de ofrecer esta información a los usuarios.

El Reglamento de la Ley que crea el Sistema Nacional Integrado de Catastro y su vinculación con el Registro de predios Ley Nº 28294 (publicada su reglamento el 10 de febrero del 2006), en su disposición transitoria entre otros indica:

- Que los predios catastrales a inscribirse y los predios inscritos, a partir de la vigencia del Reglamento, tienen que utilizar el Sistema Geodésico oficial, establecido por el Instituto Geográfico Nacional (IGN), relacionado al Datum horizontal Sistema de referencia mundial – WGS84.
- Las entidades encargadas de generar catastro, a la fecha de la vigencia del presente Reglamento, tienen predios con coordenadas en el sistema geodésico PSAD56, progresivamente convertirán las coordenadas al Sistema Geodésico WGS84.

CAPITULO I

1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El Catastro Rural del valle de Huaura se encuentra en el sistema geodésico PSAD56, a la fecha no hay una base gráfica del catastro rural del valle de Huaura en el Sistema de coordenadas U.T.M. WGS84. Por otro lado, la entidad oficial no aprueba, no envía los planos en el sistema geodésico WGS84 a los Registros Públicos para su inscripción de los predios rurales; Por último, no es posible su interconexión con el Registro de Predios, tal como lo indica la Ley que crea el Sistema Nacional Integrado de Catastro y su vinculación con el Registro de Predios – Ley N° 28294 promulgada el 20 de Julio del 2004; el ámbito de estudio es el valle de Huaura que comprende entre otros los distritos de Huacho, Santa María, Hualmay, Vegueta, Huaura, Sayan, Caleta de Carquin y tiene un área aproximada de 50,000.00 ha, se encuentra en la provincia de Huaura, departamento de Lima. También, se precisa que a la fecha el Catastro Rural del valle de Huaura se encuentra en una base gráfica en el sistema de coordenadas U.T.M., PSAD56.

Existe normatividad catastral dispersa e insuficiente, además que no se da cumplimiento de la Ley N° 28294 y Normas conexas. Por otro lado, aún falta normar sobre aspectos técnicos específicos como el sistema de georeferenciación, dado que no existe normativa de validación sobre el tema de Datum: PSAD56 y WGS84, entre otros; todavía subsisten una diversidad de programas y plataformas, la información catastral se encuentra en diferentes formatos e incompleta y desactualizada. Todavía predomina el sistema PSAD56, porque hay poca información del sistema de georeferenciación en WGS84.

- Formulación del Problema (Problema Principal)
 - ¿Cuál es la metodología más adecuada que permita transformar las coordenadas U.T.M., del Sistema geodésico PSAD56 a WGS84 de los predios rurales del valle de Huaura?
- Sistematización del Problema (Problemas específicos)
 - ¿Cómo lograr que el valle de Huaura cuente con un catastro rural en el Sistema geodésico WGS84?
 - ¿Cuál es el requisito para la interconexión del catastro actual del valle de Huaura con la entidad oficial, en tiempo real?

1.1 DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DEL CATASTRO

El Catastro en el Perú se llevó a cabo desde el proceso de reforma agraria con la finalidad de tener un inventario de todos los predios rurales y respecto a los predios urbanos se inventarió a través de las municipalidades, por lo que precisa Erba, D. (2008), señala lo siguiente:

La república del Perú es democrática, social, independiente y soberana. El Estado es uno e indivisible. El territorio se divide administrativamente en regiones, departamentos, provincias y distritos.

Una de las peculiaridades más destacadas del sistema catastral del Perú es el gran número de instituciones que participan de la generación y administración de datos territoriales.

Hasta inicios del siglo XXI la carencia de un ente normativo que regulase el catastro a nivel nacional permitía la coexistencia de instituciones que realizan catastros de diferentes objetos de registro, sin ninguna forma de interconexión, ni nivel de coordinación.

La promulgación de la Ley Catastro de 2004 creó el Sistema Nacional de Catastro – SNC con finalidad de regular la integración y unificar estándares, nomenclaturas y procesos técnicos en el país, promoviendo su vinculación con el Registro de Predios y con todas las instituciones generadoras y usuarias de los catastros mineros, rural y urbano, las cuales pasaron a ver a la información territorial bajo el mismo prisma.

El SNC predial está conformado por la Superintendencia Nacional de los Registros Públicos, los gobiernos regionales, las municipalidades provinciales, distritales y metropolitana de Lima, el Instituto Geográfico Nacional, el Instituto Nacional de Concesiones y Catastro Minero y el Organismo de Formalización de la Propiedad Informal. La estructura administrativa del SNC está conformada por órganos como el Consejo Nacional de Catastro – CNC, la Secretaria Técnica – ST y las Comisiones Consultivas.

En el área de geotecnologías la Infraestructura de Datos Espaciales del Perú – IDEP puede ser definida como el conjunto de políticas, estándares,

organizaciones y recursos tecnológicos que facilitan la producción, obtención, uso y acceso a la información georreferenciada de cobertura nacional, para apoyar el desarrollo socioeconómico del país y favorecer la oportuna toma de decisiones. Su consolidación permitirá mejorar más aún el sistema de información territorial. (p.317)

1.2 EL SISTEMA DE FORMALIZACIÓN (SIGCAT)

El Organismo de Formalización de la Propiedad Informal (COFOPRI) para desarrollar el proceso de formalización emplea alta tecnología para la obtención de información en campo, procesamiento, almacenamiento, publicación y mantenimiento. Para ello, cuenta con equipo de alta precisión, cartografía digital y software de última generación, con los cuales se han desarrollado aplicaciones informáticas como el Sistema de Información Geográfica de Catastro y Titulación (SIGCAT), empleado para la gestión y publicación en línea.

El SIGCAT está diseñado para organizar, estandarizar, unificar e integrar la información geográfica catastral de los centros urbanos y predios que fueron formalizados en los últimos diez años, y se ha sido puesto al servicio de los gobiernos locales, regionales, instituciones y al público vía el portal www.cofopri.gob.pe

A través de este sistema cualquier ciudadano podrá visualizar libremente la base catastral y los planos inscritos correspondientes a 1.532.451 predios a fin de ubicar información precisa sobre departamentos, provincias, distritos, centros urbanos, zonas arqueológicas, manzanas, lotes, calles.

La información puede ser adquirida en formato digital o impreso efectuando previamente la solicitud electrónica y efectuando el pago respectivo. (Mundo Geo, 2006)

1.3 EL INSTITUTO NACIONAL DE CONCESIONES Y CATASTRO MINERO – INACC

El Registro De Concesiones y Derechos Mineros fue creado en 1950, por Ley 11357 En 1969 mediante D.L. 17872 cambió su denominación a Registro Público de Minería.

En 1975 el D.L. 21094 le asignó la calidad de Organismo Público Descentralizado y en 1979 el D.L. 22632 establece la Ley Orgánica del Registro Público de Minería.

Según lo indica el Instituto Nacional de Concesiones y Catastro Minero en la Memoria de Gestión 2006 en la que precisa lo siguiente:

La historia moderna del Instituto Nacional de Concesiones y Catastro Minero se inicia con la publicación, en diciembre de 1991, del Decreto Legislativo 708, base de la actual Ley General de Minería. Mediante el artículo N° 40 de esta Ley, el Estado transfiere al Registro Público de Minería la jurisdicción del procedimiento ordinario minero. Con el Decreto Supremo 002-92 E.M., promulgado en enero de 1992, se precisan sus nuevas funciones y se incluye la de administrar el Catastro Minero.

Para llevar sus servicios a más usuarios el Instituto Nacional de Concesiones y Catastro Minero tiene en la actualidad 5 órganos desconcentrados ubicados en: Arequipa, Trujillo, Cusco, Puno y Madre de Dios. Su sede central de Lima está interconectada con todas sus oficinas pudiendo alcanzar información en línea desde cualquier parte del país.

En marzo del 2001, por el Decreto Supremo N° 015-2001-EM, el RPM cambió en denominación al Instituto Nacional de Concesiones y Catastro Minero. (p.6)

Asimismo, el **INACC** es la primera institución en Latinoamérica en poner a disposición de los usuarios información catastral completa en Internet, pudiéndose acceder a revisar la información de la situación geográfica y técnica de cualquier derecho minero en el Perú. El Sistema Catastral Minero del Perú viene siendo tomado como modelo por varias naciones vecinas y de países de todo el mundo, debido a su alto desempeño y competitividad en comparación con otros sistemas utilizados en la región.

El Instituto Nacional de Concesiones y Catastro Minero tiene vigentes convenios de cooperación técnica e informática con otras instituciones del sector público y privado, nacionales e internacionales, ... amplia experiencia obtenida en la preparación de uno de los catastros mineros más complejos,

completos y con acceso internacional. (Instituto Nacional de Concesiones y Catastro Minero, 2017)

Figura N° 1.1: "e - catastro minero"



Fuente: "Compendio de Normas Mineras - INACC"

Entre los productos en línea destaca el “e-catastro minero” (ver figura N° 1.1)

“e-catastro minero” como Instrumento de Promoción de Inversiones, es una herramienta de consulta, desarrollada por el Instituto Nacional de Concesiones y Catastro Minero, que permite a los inversionistas nacionales y extranjeros acceder en línea a la información actualizada sobre el Catastro Minero Nacional.

Así mismo, el “e-catastro minero”, proporciona información a los Gobiernos Regionales para la elaboración de sus planes y proyectos de desarrollo locales, fortaleciendo el proceso de descentralización. (Luna, 2007, p.11)

El contar con información detallada de las concesiones mineras y áreas restringidas a la actividad minera (Áreas Naturales Protegidas, Zonas Urbanas y de Expansión

Urbana, Proyectos Especiales, ríos, carreteras, entre otros), permite a los interesados disponer de mayor información para la toma de decisiones.

El “**e-catastro minero**” fue una decisión estratégica adoptada por el Instituto Nacional de Concesiones y Catastro Minero destinada a satisfacer las necesidades de información catastral minera mediante el uso de Internet.

El Instituto Geológico Minero y Metalúrgico pone a su disposición una Guía Geográfica Catastral Minera creada para ser una herramienta en la ubicación rápida y precisa de los derechos mineros de cualquier parte del territorio nacional. Su facilidad de acceso y la información geográfica, urbana, de áreas protegidas, sitios arqueológicos, carreteras, ríos, lagos y centros poblados que contiene la viene convirtiendo en una herramienta cuyo uso trasciende el interés exclusivamente minero y se hace imprescindible también como elemento de consulta para usuarios relacionados con sectores urbanos, de recursos naturales, arqueológicos e inclusive turísticos. (Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, 2017)

Mediante Decreto Supremo N° 002-2003-EM de fecha 24 de enero del 2003, se aprobó el Reglamento de Organización y Funciones - ROF del Instituto Nacional de Concesiones y Catastro Minero disponiendo el levantamiento y mantenimiento del catastro de concesiones mineras en el ámbito Nacional. Por tal motivo en el artículo cuarto de la mencionada norma se dispone:

Artículo 4.- De las Funciones del INACC

Son funciones del Instituto Nacional de Concesiones y Catastro Minero:

- a) Tramitar petitorios mineros, otorgar títulos de concesión minera y resolver las solicitudes referidas a derechos mineros conforme a Ley;
- b) Expedir resoluciones de extinción, no pago, exclusión y libre denunciabilidad de derechos mineros;
- c) Administrar el Catastro Minero Nacional, el Pre-Catastro y el Catastro de áreas restringidas a la actividad minera;

- d) Elaborar el Padrón Minero, administrar y distribuir el Derecho de Vigencia y Penalidad.

1.4 LA SUPERINTENDENCIA NACIONAL DE LOS REGISTROS PÚBLICOS (SUNARP)

En este punto se menciona la creación de SUNARP con la Ley N° 26366 del 14 de octubre de 1994, se creó el Sistema Nacional de los Registros y de la Superintendencia de los Registros Públicos.

Se crea el Sistema Nacional de los Registros Públicos con la finalidad de mantener y preservar la unidad y coherencia del ejercicio de la función registral en todo el país, orientado a la especialización, simplificación, integración y modernización de la función, procedimientos y gestión de todos los registros que lo integran” (**Artículo 1°**).

“El Sistema Nacional de los Registros Públicos vincula en lo jurídico registral a los Registros de todos los Sectores Públicos y está conformado por los siguientes Registros:

- a) Registro de Personas Naturales, que unifica los siguientes registros: el Registro de Mandatos y Poderes, el Registro de Testamentos, el Registro de Sucesiones intestadas, el Registro Personal y el Registro de Comerciantes. (***Literal modificado por el art. 4 de la Ley 26707, publicada el 12/12/1996***).
- b) Registro de Personas Jurídicas, que unifica los siguientes registros: el Registro de Personas Jurídicas, el Registro Mercantil, el Registro de Sociedades Mineras, el Registro de Sociedades del Registro Público de Hidrocarburos, el Registro de Sociedades Pesqueras, el Registro de Sociedades Mercantiles, el Registro de Personas Jurídicas creadas por Ley y el Registro de Empresas Individuales de Responsabilidad Limitada;
- c) Registro de Propiedad Inmueble, que comprende los siguientes registros: Registro de Predios; Registro de Buques; Registro de Embarcaciones Pesqueras; Registro de Aeronaves; Registro de Naves; Registro de Derechos Mineros; Registro de Concesiones para la explotación de los Servicios Públicos. (*Modificado por el art. 1 de la Ley 27755, publicada el 15/06/2002*)

- d) El Registro de Bienes Muebles, que unifica los siguientes registros: el Registro de Bienes Muebles, el Registro de Propiedad Vehicular, **el Registro Fiscal de Ventas a Plazos**, el Registro de Prenda Industrial, el Registro de Prenda Agrícola, el Registro de Prenda Pesquera, el Registro de Prenda Minera, el Registro de Prenda de Transportes;
- e) Los demás Registros de carácter jurídico creado o por crearse.

El Registro Predial se incorporará al Registro de Propiedad Inmueble en un plazo improrrogable de cinco (5) años contados a partir de la fecha de entrada en vigencia de la presente Ley ” (Artículo 2º).

“Son **garantías** del Sistema Nacional de los Registros Públicos:

- a) La autonomía de sus funcionarios en el ejercicio de sus funciones registrales;
- b) La intangibilidad del contenido de los asientos registrales, salvo título modificatorio posterior o sentencia judicial firme;
- c) La seguridad jurídica de los derechos de quienes se amparan en la fe del Registro
- d) La indemnización por los errores registrales, sin perjuicio de las demás *responsabilidades que correspondan conforme a ley” (Artículo 3º).*

Por Ley N° 27755 del 14 de junio del 2002, se creó el Sistema Nacional de los Registros y de la Superintendencia de los Registros Públicos.

Se crea “el Registro de Predios en el Registro de la Propiedad Inmueble, para cuyo efecto modificarse el inciso c) del Artículo 2º de la Ley N° 26366 que crea el Sistema Nacional y la Superintendencia de los Registros Públicos, el mismo que quedará redactado en los siguientes términos:

“Artículo 2º.- El Sistema Nacional de los Registros Públicos vincula en lo jurídico registral a los Registros de todos los Sectores Públicos y está conformado por los siguientes Registros:

Registro de Propiedad Inmueble, que comprende los siguientes registros:

- *Registro de Predios;*
 - *Registro de Buques;*
 - *Registro de Embarcaciones Pesqueras;*
 - *Registro de Aeronaves;*
 - *Registro de Naves;*
 - *Registro de Derechos Mineros;*
 - *Registro de Concesiones para la explotación de los Servicios Públicos.*
- (...) ” (**Artículo 1º**).

Unificación de Registros

El Registro de Predios comprende el Registro de Propiedad Inmueble, el Registro Predial Urbano y la Sección Especial de Predios Rurales. Su ámbito es nacional.

La SUNARP conduce y supervisa el proceso de integración de los Registros a que se refiere el presente artículo. Dicho proceso se efectuará progresivamente en el plazo de dos años, computados a partir de la vigencia de la presente Ley. (**Artículo 2º**).

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 Objetivo General

Diseñar una metodología que permita transformar las coordenadas U.T.M., del Sistema geodésico PSAD56 a WGS84 de los predios rurales del valle de Huaura.

1.5.2 Objetivos Específicos

- Construir una base de datos, para lograr la creación de un catastro rural del valle de Huaura, en el Sistema geodésico WGS84.

- Desarrollar la migración de la base gráfica del catastro rural del valle de Huaura del software Autocad a Arcgis, como requisito para la interconexión del catastro rural actual del valle de Huaura con la entidad oficial, en tiempo real.

1.6 JUSTIFICACION

El presente trabajo se realiza porque se requiere que el Catastro Rural del valle de Huaura se encuentre en el sistema geodésico WGS84, para que luego la entidad oficial se interconecte con el Registro de Predios tal como lo indica la Ley que crea el Sistema Nacional Integrado de Catastro y su vinculación con el Registro de Predios – Ley N° 28294 promulgada el 20 de Julio del 2004, la misma que indica que los predios catastrales a inscribirse, a partir de la vigencia del presente reglamento, utilizarán el sistema geodésico oficial, establecido por el Instituto Geográfico Nacional – IGN, con base en el sistema de referencia geocéntrico para las américas – SIRGAS, relacionado al datum horizontal World Geodetic System 1984 – WGS84.

Los aportes del presente trabajo consisten en tener el catastro del valle de Huaura en el sistema geodésico WGS84, para luego insertarse y hacer las consultas respectivas con otras instituciones públicas y privadas, tales como Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Instituto Nacional de Concesiones y Catastro Minero, Instituto Nacional de Cultura y SUNARP. El beneficio del presente trabajo será para las personas naturales y empresas que requieren inscribir su propiedad en los Registros Públicos – SUNARP, se debe tener en cuenta a que la nueva tendencia mundial es de utilizar sistemas geocéntricos de referencia.

1.7 IMPORTANCIA

La importancia del proyecto es para indicar que con la metodología planteada en el presente estudio, la entidad oficial realice la transformación de las coordenadas U.T.M., del Sistema Geodésico PSAD56 a WGS84 de la base gráfica (Catastro Rural) del valle de Huaura, de tal modo la entidad oficial se interconecte con el Registro de Predios para que inscriba las propiedades en el Sistema geodésico actual, el Datum es oficializado por el Instituto Geográfico Nacional (IGN) según lo precisa la

Resolución Jefatural N° 086-2011-IGN/OAJ/DGC de fecha 03-05-2011, en la cual en su Artículo primero da por concluido el período de conversión progresivo establecido en el artículo sexto de la Resolución Jefatural N° 079-2006-IGN/OAJ/DGC, finiquitando por tanto, la vigencia y uso del sistema local geodésico Provisional Sudamericano 1956 – PSAD56.

1.8 HIPOTESIS

1.8.1 Hipótesis General

Con la metodología planteada se logra la transformación de las coordenadas U.T.M., del Sistema Geodésico PSAD56 a WGS84 de los predios rurales del valle de Huaura.

1.8.2 Hipótesis Específico

- Con la base de datos construida se logra la creación de un catastro rural del valle de Huaura, en el Sistema geodésico WGS84.
- Se logra la migración de la base gráfica del catastro rural del valle de Huaura del software Autocad a Arcgis, requisito para la interconexión del catastro rural del valle de Huaura con la entidad oficial, en tiempo real.

1.9 DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO

El trabajo de investigación se realizó en el valle de Huaura, teniendo en consideración la ubicación geográfica, las vías de acceso, clima y el área de influencia del proyecto propiamente dicho, para lo cual se puede citar el Plan de Desarrollo Concertado de la Provincia de Huaura 2009 – 2021, en el que señala:

1.9.1 Ubicación Geográfica

La provincia de Huaura y se encuentra ubicada al Norte del departamento de Lima, aproximadamente a 140 Km., al Norte de la ciudad de Lima. Geográficamente se localiza entre las coordenadas UTM 204 472 E, 8 733 770 N y 328 697 E, 8 826 086 N. es parte de las cuencas Huaura y Fortaleza, el proyecto está conformado por los

distritos de: Huacho, Caleta de Carquin, Santa María, Sayán, Huaura, Vegueta y Hualmay (ver figura N.º 1.2).

Los límites geopolíticos de la provincia de Huaura son: por el Norte con las provincias de Barranca, Cajatambo y Oyón (departamento de Lima) y Ocros (departamento de Ancash); por el Sur con la provincia de Huaral, por el Este con la provincia de Pasco (departamento de Pasco) y por el Oeste con el Océano pacífico.

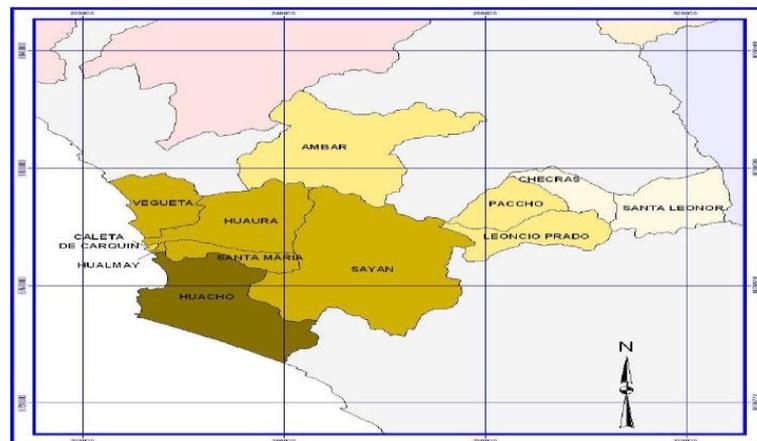
La provincia de Huaura posee una superficie de 4 892,52 Km², la población es de 193 977 habitantes según el censo del año 2005, lo que determina una densidad poblacional de 39,6 hab/Km².

La provincia de Huaura está constituida por 12 distritos: Ámbar, Caleta de Carquin, Checras, Huacho, Hualmay, Huaura, Leoncio Prado, Paccho, Santa Leonor, Santa María, Sayán y Végueta. (p. 13)

1.9.2 Vías de Acceso

El acceso y vía principal es la carretera Panamericana Norte, la cual mantiene un flujo constante entre la zona y Lima los departamentos de la costa norte. Hacia el interior de los distritos existen vías asfaltadas, afirmadas y trochas que unen el área agrícola con la carretera principal. Existe acceso por el mar, que se concreta con el muelle en las bahías de Huacho y Caleta Carquin. (p. 13)

Figura Nª 1.2: La provincia de Huaura con sus distritos



Fuente: Plan de

concertado de la provincia de Huaura

desarrollo

1.9.3 Clima

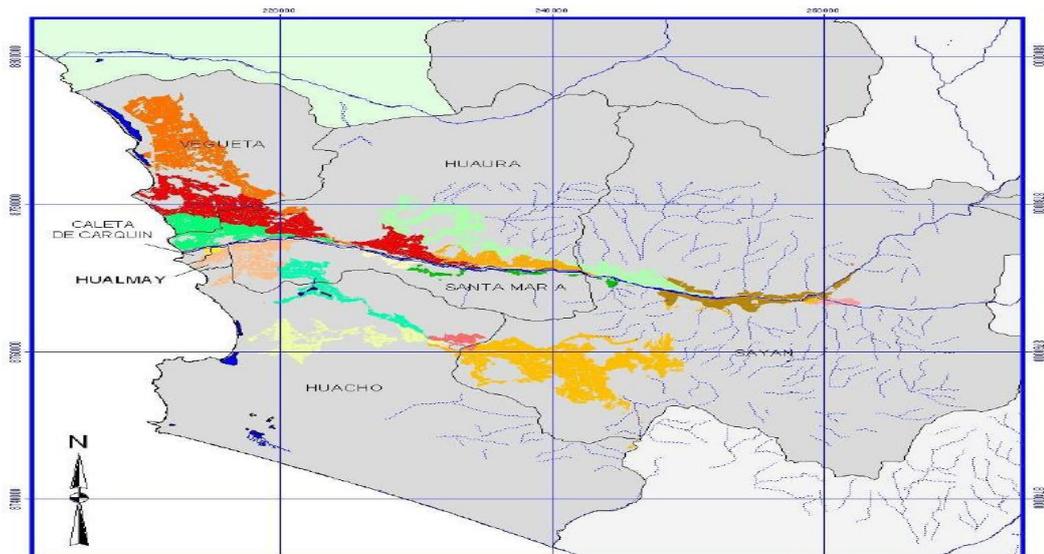
El clima es la sucesión de cambios climáticos atmosféricos a través de un periodo de tiempo. El tiempo es la situación momentánea de estos cambios atmosféricos. El clima se encuentra condicionado por la atmosfera y los siguientes elementos del tiempo; radiación solar, temperatura, humedad, precipitación pluvial, presión atmosférica y vientos. Los principales condicionantes climáticos son la temperatura y la precipitación.

Las características climáticas están relacionadas con la ubicación geográfica, resultando decisivo la latitud (posición con respecto de la línea ecuatorial), además como en el caso del Perú influye los fenómenos geomorfológicos, orográficos y oceánicos, los elementos climáticos que se han tomado en cuenta son: Temperatura del aire, precipitación, humedad atmosférica, nubosidad y vientos. (p.13)

1.9.4 Área de Influencia

El área de influencia del proyecto de tesis es la zona costera del valle de Huaura y está conformado por los distritos de: Huacho, Caleta de Carquin, Santa María Vegueta y Hualmay (ver figura N.º 1.3).

Figura N.º 1.3: El área de influencia del proyecto (valle de Huaura)



Fuente: Plan de desarrollo concertado de la provincia de Huaura

CAPITULO II

2 MARCO TEORICO: MARCO FILOSÓFICO O EPISTEMOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN

2.1 HISTORIA DEL CATASTRO RURAL

En el Perú, en la época del Incanato, los incas tenían inventariado el territorio de tal manera que existían tierras para el sol, para el Inca, para el culto, para los habitantes, y como una medida básica: El topo de aproximadamente 3 ha.

En la época del Virreinato se crean ciudades y por lo tanto se diseña y se parcelan los terrenos con nuevos dueños, se reconocen los territorios comunales.

La República, hereda los sistemas anteriores, existen los departamentos, provincias y distritos. Cada autoridad Municipal o de gobierno Central, de alguna manera trata de inventariar las propiedades o tenencias de tierras.

En este proceso, y por los años de 1960 el concepto de inventarios de terrenos agrícolas se le conoce como Catastro Rural y como accionar masivo del Inventario a nivel Nacional, aplicando el conocimiento de la fotografía aérea y su proceso cartográfico en la elaboración de planos catastrales impresos en papel cansón y con copias en papel ozalid.

En 1967 el responsable oficial de realizar el trabajo catastral es el Departamento de Catastro Rural que es un componente de la oficina sectorial de planificación agraria, del Ministerio de Agricultura. Efectúa levantamientos de algunos valles costeros, utilizando mosaicos aerofotográficos a escala 1:10 000, logrando avances que superaban a los clásicos levantamientos topográficos, en cuanto a su menor tiempo de ejecución. Habiendo realizado el primer levantamiento catastral rural masivo utilizando como base la fotografía aérea de 120 000 predios en los valles Chancay – La leche en el Departamento de Lambayeque. (1968).

En 1969, el Departamento de Catastro pertenencia a la Dirección General de Aguas, Irrigación y Catastro, utilizando equipos fotogramétricos analógicos, inicia en Agricultura la restitución fotogramétrica vectorial conocida como planos de restitución.

El 14 de enero de 1969 mediante la Ley 17371, se crea la Dirección de Catastro Rural conformado por aquellas oficinas que de alguna manera realizaban operaciones

catastrales: el Dpto. de Catastro Rural, de la Dirección de Aguas e irrigación, una dependencia de catastro de la Oficina Nacional de Reforma Agraria – ONRA; una Oficina de colonización de selva.

El 24 de junio de 1969 al crearse la Dirección General de Reforma Agraria; la Dirección de Catastro Rural pasa a ser un integrante básico y necesario para esta nueva organización general, conservando su responsabilidad de servicios multisectoriales.

En 1971 la Dirección de Catastro Rural, separada de la Dirección General de Reforma Agraria, actúa como Oficina General de Catastro Rural, continúa su accionar de servicio cartográfico y catastral.

Desde su creación la Oficina Catastral, realiza el proceso cartográfico catastral: planificando vuelos aerofotográficos, realizando control terrestre, mediante el sistema de poligonales electrónicos (telurómetro-geodímetro) la triangulación aérea, la linderación de predios, el empadronamiento de conductores y propietarios, la restitución fotogramétrica el dibujo de los predios inventariados a nivel nacional, preferentemente la costa y la sierra. En su accionar había logrado el inventario de 800,000 predios rurales que, comprendía a los Valles Costeños y sectores de sierra “Catastro Fiscal” (1980).

Ha servido de apoyo cartográfico y catastral a los diferentes Proyectos de Desarrollo: Chira Piura, Chavimochic, Huallaga Central, Alto Mayo, Pichis Palcazu.

A partir de 1986 actúa como Programa Nacional de Catastro Rural “PRONAC”, así continua hasta noviembre de 1992, donde pasa a formar parte del Proyecto Especial de Titulación de Tierras y Catastro Rural – PETT, conservando sus servicios de apoyo cartográfico – catastral, a otros sectores públicos.

En 1993 con participación del Banco Interamericano de Desarrollo BID, el catastro del PETT, efectúa los primeros estudios para realizar a nivel Nacional, el catastro y la titulación de predios rurales, “Catastro Jurídico”. Como integrante del PETT, la organización catastral elabora y proporciona la cartografía y el catastro rural para la titulación de tierras. En 1996, el PETT recibe el apoyo del BID, e inicia una campaña intensiva y masiva a nivel de costa, primero, luego en la sierra y continua hasta el año 2000.

Actualmente se tiene el catastro rural a nivel nacional en el sistema geodésico PSAD56, el mismo que se tiene en formato digital y se encuentra administrado por la entidad oficial competente.

2.2 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.2.1 El Instituto Nacional de Concesiones y Catastro Minero – INACC

El software permite la transformación individual y en forma de base de datos, según lo señalado por Luna, H. y Remuzgo, A. en el compendio de normas mineras (2005), indica:

El INACC ha realizado un trabajo de investigación con el Instituto Geográfico Nacional que ha permitido determinar parámetros que permiten la transformación de coordenadas UTM del Sistema PSAD56 al sistema WGS84 y viceversa, procedimiento aprobado para las zonas catastrales mineras de acuerdo a los decretos Supremos N° 051-99-EM y N° 001-2002-EM. (pp. 22 – 23)

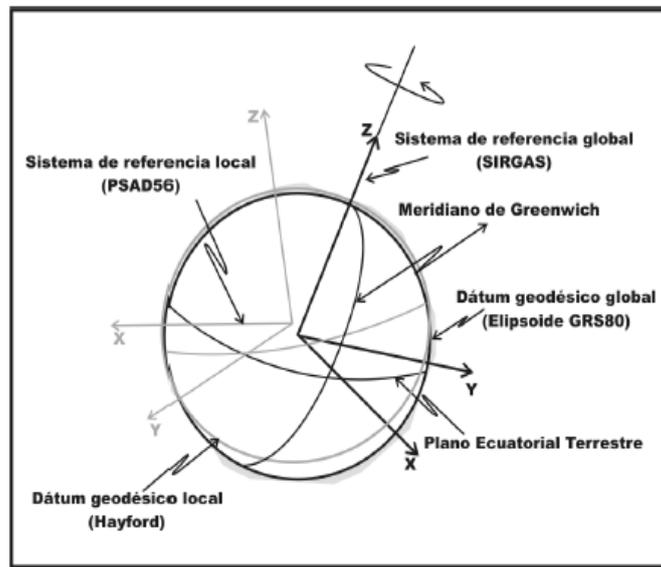
2.2.2 Parámetros de Transformación entre los Sistemas Geodésicos de Referencia PSAD56 y SIRGAS95 (WGS84) para el Ecuador.

Según el trabajo realizado por el Ing. Leiva C. (s. f.), señala, lo siguiente:

Por muchos años, la mayoría de países utilizaban datums locales que tenían por objeto buscar el elipsoide de referencia que mejor se acople a la zona de interés. El Ecuador no fue la excepción y es así que adoptó como dátum horizontal oficial el PSAD 56, que tiene como elipsoide de referencia *el Internacional de Hayford* y como punto origen *La Canoa* ubicado en la República de Venezuela.

La actual tendencia mundial del uso de GPS trae consigo la utilización de sistemas de referencia geocéntricos asociados a elipsoides globales como es el caso del sistema WGS 84. Este fenómeno mundial nos obliga a buscar mecanismos para compatibilizar los antiguos datums locales con los modernos sistemas de referencia (ver Figura N° 2.1).

Figura N° 2.1: Sistema de Referencia Geocéntrico



Fuente: César A. Leiva G.

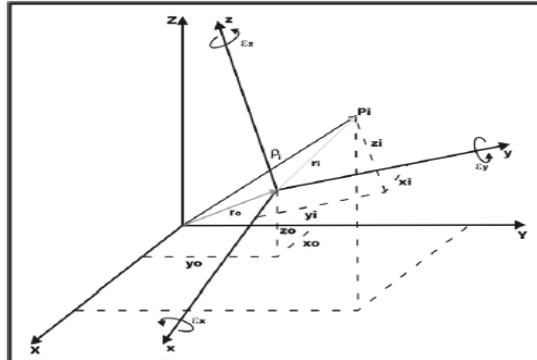
El Instituto Geográfico Militar consiente de los problemas presentados por la incompatibilidad de los resultados encontrados con el uso del sistema GPS y el datum PSAD 56, propone utilizar una plataforma geodésica, basada en el proyecto SIRGAS (Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas) para constituir su Red GPS Nacional enlazada a un sistema de referencia geocéntrico (realización SIRGAS95) compatible con el sistema WGS 84.

Es así, que el IGM, actualmente, cuenta con dos marcos de referencia de primer orden para suplir las necesidades de los usuarios de información georreferenciada y la nueva tendencia mundial de utilizar sistemas geocéntricos de referencia. El vínculo entre estas dos plataformas de referenciación, son los parámetros de transformación, instrumento que permite viajar de un sistema a otro.

La DMA (Defense Mapping Agency), actualmente NIMA (National Imagery & Mapping Agency), entregó unos parámetros de transformación entre los sistemas PSAD 56 y WGS 84 para el Ecuador, que los calculó mediante 11 puntos distribuidos en el Ecuador Continental y determinó solamente desplazamientos en X, Y

y Z. Se ha comprobado que estos parámetros tienen errores de varios metros en algunas zonas, por lo cual, el IGM como organismo rector de la cartografía en el país, investigó el cálculo de nuevos parámetros de transformación entre estos dos sistemas. (pp. 1-2)

Figura Nª 2.2: Relación entre Sistemas de Referencia Cartesianos Tridimensionales



Fuente: César A. Leiva G.

2.2.3 Cálculo de 7 Parámetros de Transformación para el Ecuador

En lo señalado por el Ing. Leiva, C (s.f.) en este punto precisa

El cálculo, de estos nuevos parámetros, se basó en el modelo matemático de transformación de semejanza en espacio tridimensional. Esta transformación también es llamada transformación Isogonal, Conforme o de Helmert. El modelo matemático de esta transformación, expresa la relación entre dos sistemas de referencia por medio de tres traslaciones, tres rotaciones y un factor de escala (ver figura Nª 2.2), según la siguiente expresión:

$$\rho_i = r_0 + \kappa \cdot R_\epsilon \cdot r_i \quad (a.)$$

en lenguaje matricial:

$$\begin{bmatrix} X_i \\ Y_i \\ Z_i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_o \\ y_o \\ Z_o \end{bmatrix} + (1 + \delta) \cdot \begin{bmatrix} 1 & \varepsilon_z & -\varepsilon_y \\ -\varepsilon_z & 1 & \varepsilon_x \\ \varepsilon_y & -\varepsilon_x & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x_i \\ y_i \\ z_i \end{bmatrix} \quad (b.)$$

Para el cálculo se utilizaron 42 puntos comunes en los dos sistemas y se aplicó el método paramétrico mediante mínimos cuadrados. Los 7 parámetros de transformación, resultantes, se detallan en la tabla N° 2.1.

Tabla N° 2.1: Parámetros de Transformación del Sistema PSAD56 al Sistema SIRGAS95 (WGS84)

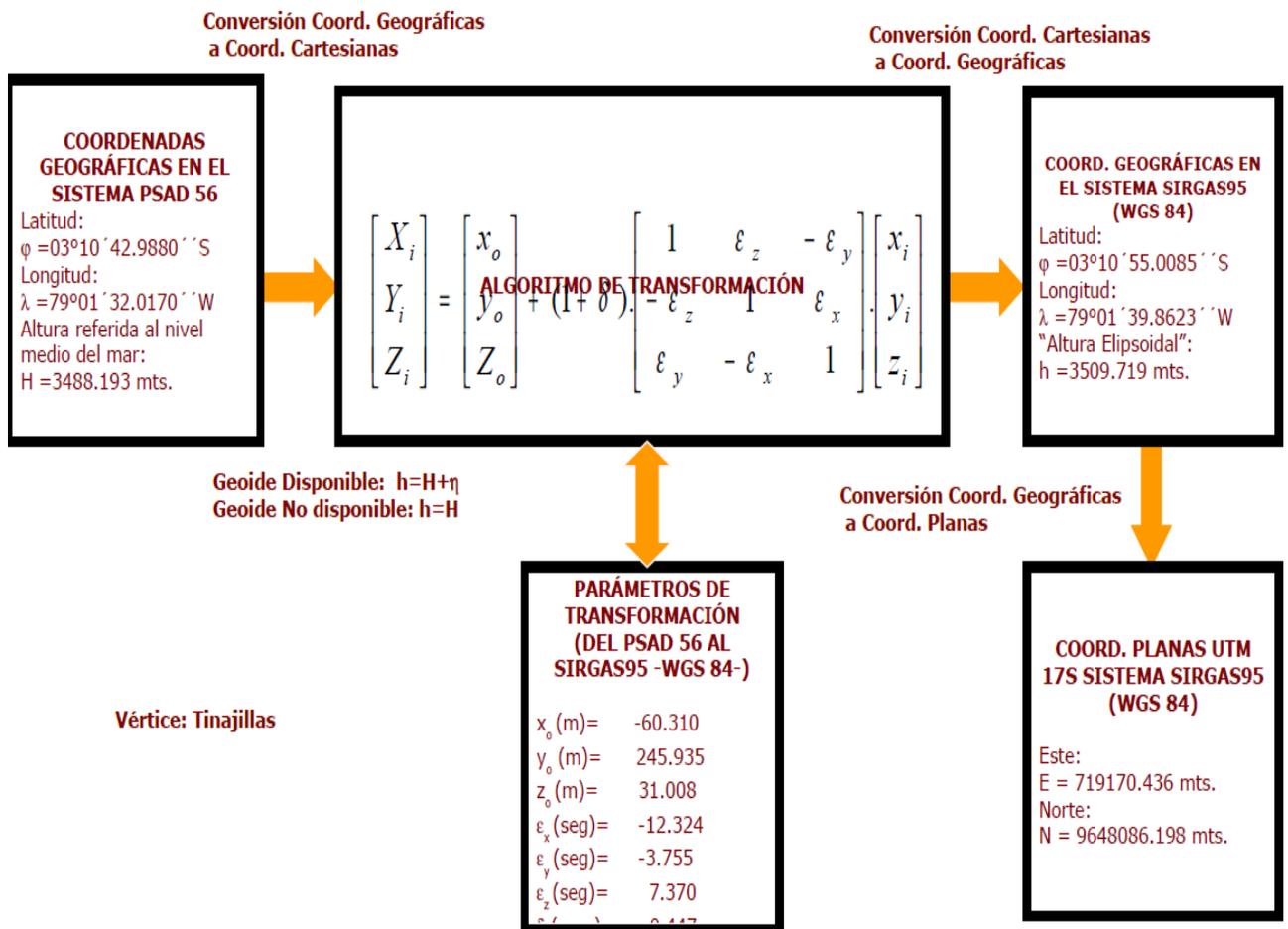
7 Parámetros de Transformación del sistema PSAD 56 al sistema SIRGAS95 (WGS 84)							
Parámetros	x_o (m)	y_o (m)	z_o (m)	ε_x (seg)	ε_y (seg)	ε_z (seg)	δ (ppm)
Valor	-60.310	245.935	31.008	-12.324	-3.755	7.370	0.447
$\frac{1.96 * RMS}{\sqrt{n}}$	± 1.900	± 1.172	± 1.698	± 0.055	± 0.0371	± 0.062	± 0.177

Fuente: César A. Leiva G.

Nota: La transformación de semejanza en espacio tridimensional es en doble sentido, es decir, se puede transformar del sistema PSAD 56 al sistema SIRGAS95 (WGS 84) y viceversa (ver expresión b). El signo de los parámetros calculados, si se quiere aplicar directamente en la expresión b para transformar del sistema SIRGAS95 (WGS 84) al PSAD 56, se invierten. (pp. 2-3)

En la mayoría de programas especializados, de cartografía, sistemas de información geográfica, transformación de coordenadas, geodesia, entre otros, se tiene la opción para ingresar parámetros de transformación entre datums. Los pasos generales que siguen, estos programas para transformar coordenadas, son los siguientes:

EJEMPLO DE TRANSFORMACIÓN DEL SISTEMA PSAD 56 AL SISTEMA SIRGAS95 (WGS 84)



2.3 BASES TEÓRICAS

Conceptos Generales

Los conceptos que a continuación se desarrollan, están relacionados con el proceso de transformación de coordenadas del sistema geodésico PSAD56 a WGS84 de los predios rurales, empleados en el presente trabajo, según lo mencionado por Gutierrez, B., (2001) siendo los más importantes los siguientes:

- **Catastro rural.**- Es el inventario de predios de la propiedad inmueble rural. (p. 8)
- **Levantamiento catastral.**- Es el proceso de levantamiento del catastro rural jurídico, incluye tanto la fase de saneamiento físico (levantamiento de

la base cartográfica y de la base temática catastral), como de saneamiento legal (identificación del titular del derecho correspondiente). El citado saneamiento se concreta con el proceso de inscripción registral. (pp. 8-9)

- **Metodología.-** Este concepto proviene del griego Methodos = método y logos = tratado, por lo que su concepción inicial es la ciencia que trata del método; en tal sentido se define de la siguiente manera: Es el conjunto de procesos, subprocesos y actividades relacionales y ordenadas, que dan valor y hacen posible el logro de un objetivo; para el presente trabajo el objetivo es diseñar una metodología que permita la transformación de coordenadas del sistema geodésico PSAD56 a WGS84 de los predios rurales del valle de Huaura. (p. 8)
- **Plano catastral.-** Es aquel plano en el que se representa los predios catastrados, identificados con el número de predio asignado, generalmente sobre hojas de papel u otros materiales, actualmente en medios magnéticos, generalmente presentados en planos impresos a escalas 1:5,000 ó 1:10,000. (p. 12)
- **Plano topográfico.-** Es aquel plano que incluye tanto los detalles planimétricos (vías de comunicación, hidrografía, centros poblados, etc.) así como los altimétricos, los mismos que se representan mediante curvas de nivel y cotas. (p. 12)

Los planos se presentan a las escalas establecidas por COFOPRI y son los siguientes:

1:2,500 Para áreas promedio de predios inferiores a 0.5 ha.

1:5,000 Para áreas promedio de predios inferiores a 1.0 ha.

1:10,000 Para áreas promedio de predios mayores a 1.0 ha.

1:25,000 Para áreas de pastos naturales, generalmente ocupadas por Comunidades Campesinas o Nativas.

- **Posesionario.-** Persona que viene conduciendo un predio en forma pacífica y pública, el mismo con fines agrícolas y/o pecuarios. (p. 9)

- **Predio rural.-** Es la unidad de inventario y está constituido por el área de terreno con unidad geográfica o continuidad física, dedicada a fines agrícolas y/o pecuarias y que es propiedad o posesión de una persona natural o jurídica. Incluye el casco o capa vegetal y todas las instalaciones, construcciones y plantaciones existentes sobre él, excluye sin embargo el subsuelo que es propiedad del Estado. (p. 9)
- **Propietario.-** Persona cuya propiedad está debidamente acreditada mediante alguno de los siguientes documentos: Título de propiedad, contrato de compraventa, escritura pública, minuta, resolución judicial. (p. 9)
- **Saneamiento físico.** - Proceso de levantamiento catastral de un predio con aval y pleno conocimiento de los colindantes, donde se reconoce los vértices y linderos del predio rural ocupado por el titular del predio. Actividad mediante la cual se ubica y referencia geográficamente el predio dentro del entorno topográfico actual. (p. 9)
- **Saneamiento legal.-** Es la formalización e inscripción del derecho sobre la propiedad del predio rural de los agricultores que reúnen los requisitos legales pertinente. El saneamiento legal abarca los predios del Estado y de particulares, ya sean por propiedad o por posesión, siempre que cumplan las normas legales existentes. (p. 9)
- **Titular del predio.-** Propietario o posesionario de un predio. (p. 9)
- **Unidad catastral.-** La unidad catastral es la unidad de inventario del predio, por lo tanto el levantamiento catastral que se realiza debe tener su unidad de inventario. (p. 11)
- **Zona en litigio.-** Cuando un predio o parte de él son reclamados por dos o más personas naturales o jurídicas, c/u de los que manifiestan ser el titular y no se ponen de acuerdo, en este caso el predio también es levantado con la anotación de que se trata de una zona en litigio. (p. 10)

En este contexto se indicará algunos conceptos sobre el ArcGis y sus componentes para dar definiciones a un conjunto de herramientas que se utiliza, según lo señalado por Guevara, M. (2004), en la que señala algunas terminologías que se detallan a

continuación:

ArcGIS.- ESRI agrupó toda su gama de productos bajo una misma denominación: ArcGis. Integrado por principalmente por los siguientes elementos:

ArcGis Desktop (ArcReader, ArcView, ArcEditor, ArcInfo, y extensiones ArcGIS)

ArcGis Engine

ArcSDE

ArcIMS

ArcGIS Server

ArcGIS Mobile III.

Ventajas de ArcGis.- La interfase con el usuario es más sencilla, es más fácil obtener resultados y sobre todo es programable en lenguajes estándar como Visual Basic.

Otra ventaja importantísima es que el modelo de datos soporta objetos con relaciones y comportamiento. El sueño de los SIG. Es altamente integrable con gestores de bases de datos como Oracle o SQL Server a través de la extensión ArcSDE (Spatial Data Engine).

Y más importante aún, es implementable vía internet a través de ArcIMS (Herramienta para difundir información SIG en Intranet/Internet, con gran capacidad de difusión).

Desventajas de ArcGis.- Programar es mucho más accesible ya que la gama de objetos, clases, métodos, propiedades, etc, es enorme por lo que comprender todo este sistema de objetos es bastante costoso. Es el precio que hay que pagar por tener la posibilidad de hacer más cosas.

Otra desventaja de ArcGis hoy por hoy es que muchas de las funciones de ArcInfo todavía no están incluidas en ArcGis, sino que se adquieren por módulos separados e integrables.

ArcGIS Desktop

- **ArcView.-** Es una colección integrada de aplicaciones SIG avanzadas. En esta nueva versión se han estandarizado las diferentes aplicaciones SIG de ESRI para facilitar el manejo de la información. El nuevo Desktop está formado por tres módulos para el caso de ArcView: ArcMap, ArcCatalog y ArcToolbox. Con ellos se pueden realizar tareas SIG simples o avanzadas, incluyendo mapeo, administración de datos, análisis geográfico, edición de datos y geoprocésamiento.
- **ArcEditor.-** Contiene un entorno de geoprocésamiento, herramientas de etiquetado, herramientas para la gestión de información raster, una gran capacidad de edición gráfica y creación de base de datos cartográficas (incluye todas las funciones de ArcView).
- **Arc/Info.-** Es la versión completa de ArcGis, con todas las capacidades de edición gráfica, de análisis geográfico, etc. En la versión 9 viene incluido ArcInfo Workstation, que funciona como una aplicación independiente. Se pretende con el tiempo que la versión completa de ArcGis llegue a sustituir por completo a ArcInfo Workstation.
- **ArcReader.-** Es una gran herramienta que explota las capacidades cartográficas interactivas, que acceden una gran variedad de información geográfica dinámica. Usando ArcReader, cualquiera puede ver los mapas de superior calidad que crearon usando la ArcGis Publisher extensión.

Es un visor libre y autorizado para mapas creados por los productos ArcGIS Desktop. Puede ver, imprimir todos los mapas y tipos de los datos. También tiene algunas herramientas simples para explorar y consultar mapas.

- **ArcGis Engine.-** Proporciona los objetos necesarios (ArcObjects) para desarrollar y distribuir tanto funcionalidad GIS incluidos en aplicaciones ya existentes e independientes con funcionalidad concreta, todo ello desarrollado desde entornos estándar como .NET, java o COM para cualquier plataforma (Windows, UNIX y Linux).
- **ArcSDE.-** Es un producto del servidor usado para tener un acceso masivo

a las bases de datos geográficas multiusuario. Constituye la pasarela GIS de ESRI a las bases de datos espaciales, implementadas sobre los sistemas gestores de base de datos líderes del mercado (Oracle, Microsoft SQL Server, Informix o IBM DB2).

Gestiona el almacenamiento de elementos espaciales y utiliza, para almacenar la información geográfica, los tipos espaciales de los SGDB. Si el SGBD posee un tipo espacial propietario, ArcSDE hace uso de él.

Proporciona una interfaz abierta para realizar el mantenimiento y la explotación de dicha información a través de los diferentes clientes de **ArcGis Desktop (ArcReader, ArcView, ArcEditor y ArcInfo), y de ArcIMS.**

- **ArcIMS.-** Es el servidor de aplicaciones integrado dentro de la Arquitectura ArcGis que ha sido diseñado para la distribución y difusión de información geográfica, mapas y servicios GIS en entornos internet/intranet.

ArcIMS constituye una aplicación muy potente, escalable y basada en estándares que permite, de manera rápida y sencilla, diseñar y gestionar servicios de cartografía en Internet.

- **ArcGis Server.-** Constituye un servidor de aplicaciones GIS empresarial, que permite construir, mediante los mismos objetos con los que se ha desarrollado ArcGIS (Arc Objects), aplicaciones ejecutadas en el servidor para entornos cliente/servidor o Web.

SIG Mobile

- **ArcPad.-** Es una aplicación SIG, integrada dentro de la solución corporativa ArcGis, destinada a dispositivos móviles. Aunque está especialmente orientada a proyectos de captura de datos y recolecta de información geográfica mediante posicionamiento GPS en campo, también se utiliza frecuentemente para la edición de información vectorial en campo.

La posibilidad de comparar datos espaciales y alfanuméricos almacenados

en una base de datos, con las características reales del terreno, abre un nuevo camino en el mantenimiento de la integridad de la información geográfica.

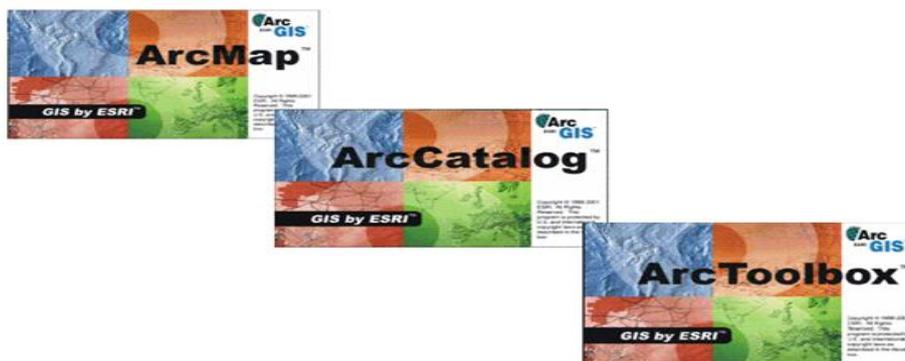
- **ArcGis Publisher.**- Es la extensión integrable con **ArcView**, **ArcEditor** y **ArcInfo** que permite la conversión de documentos del mapa (MXDs) en documentos de mapa publicables (PMFs), para su visualización posterior a través de la aplicación gratuita de ESRI, ArcReader.

Los documentos de mapa publicables (PMFs) almacenan referencias sobre la ubicación de la información y simbología, así como reglas de conectividad y conexiones a Internet, lo que permite actualizar los mapas de forma dinámica al actualizarse los diferentes datos que lo componen.

- **ArcGlobe.**- ArcGlobe, es parte de la extensión de ArcGis 3D Analyst, proporciona una continua multi-resolución, además de una visualización interactiva de la información geográfica.

ArcGlobe tiene vista 3D dinámica de la información geográfica. Se ponen las capas de ArcGlobe dentro de un solo contexto global, mientras integra todas las fuentes de datos GIS es una estructura global común. (pp. 13-16)

Figura Nª 2.3: Componentes de Arcgis Desktop



Fuente: María Lourdes Guevara Romero (2004)

- **ArcMap.-** Es la aplicación central del ArcGis Desktop (ArcView), ésta aplicación SIG es usada para todas las actividades basadas en mapeo, incluyendo cartografía, análisis de mapas y edición.

Permite la visualización y consulta de varias capas de forma simultáneamente, gracias a herramientas como la ventana de aumento, la ventana de situación o los marcadores espaciales, así como la posibilidad de aplicar porcentajes de transparencia a las capas tanto vectoriales como raster.

ArcMap incorpora numerosas herramientas de edición de Geodatabases y ficheros shapefile. Con estas herramientas se asegura la creación y el mantenimiento de la integridad de la información geográfica de forma rápida y sencilla.

Mediante la topología implícita o topología de mapa se controlan las relaciones espaciales existentes entre los elementos elegidos, los cuales se mantienen durante el proceso de edición.

Junto con las operaciones de generación de zonas de influencia y geoprocésamiento, ArcMap incorpora innumerables funciones para el análisis SIG.

La multitud de librerías de simbología especializada, herramientas de etiquetado y plantillas hacen de ArcMap la aplicación ideal para la producción cartográfica de alta calidad.

Los mapas tienen un diseño de página que contiene una ventana geográfica, o una vista con una serie de capas, barras de escalas, flechas indicando el norte y otros elementos.

Ofrece diferentes formas de ver un mapa, una vista de datos geográficos y una vista de diseño en la cual se pueden desarrollar un gran rango de tareas avanzadas SIG.

- **ArcCatalog.-** La aplicación ArcCatalog le ayuda a organizar y administrar todos sus datos SIG. Constituye un avanzado explorador de datos geográficos y alfanuméricos, pensado para la visualización, administración

y documentación de la información (ver figura N° 2.3).

Administra, organiza, crea y previsualiza tanto datos geográficos como alfanuméricos.

Incorpora una potente herramienta para la creación y mantenimiento de metadatos, que sigue los estándares FGDC (Federal Geographic Data Committee) e ISO (International Organization for Standardization), si bien estos estándares pueden ser ampliados mediante personalizaciones realizadas directamente por el usuario.

- **ArcToolbox.**- Es una aplicación sencilla que contiene varias herramientas SIG. Hay dos versiones de ArcToolbox: ArcToolbox completa que viene con ArcInfo y una versión más sencilla que viene con el software ArcView y ArcEditor.

Permite el acceso a numerosas herramientas para conversión de datos a otros formatos, cambio de proyecciones y ajuste espacial.

Estas herramientas, organizadas temáticamente y mediante el empleo de intuitivos asistentes, permiten realizar dichas funciones de forma sencilla e inmediata.(pp. 20-21)

- **Shapefiles.**- Un shapefile es un archivo de datos vectoriales que almacena la ubicación, forma y atributos de los rasgos geográficos y está compuesto de tres archivos principales: Un archivo con extensión shp o archivo principal, uno con extensión shx o archivo de índice y otro con extensión dbf que contiene la información tabular de atributos de los rasgos, una vez que se ha trabajado el shp se adicionan los archivos sbn y sbx. (p. 49)
- **Extensiones opcionales del ArcGis Desktop.**- una extensión de ArcGis es una herramienta que se puede cargar cuando se necesite una funcionalidad adicional. Varias extensiones vienen incorporadas con ArcGis, como también existen “extensiones opcionales” que proporcionan un análisis más avanzado y otras capacidades funcionales. Todas las extensiones se pueden usar con productos como ArcView, ArcEditor y ArcInfo. (p. 21)

- **ArcGis 3D Analyst.-** 3D Analyst habilita a los usuarios para visualizar y analizar efectivamente datos de superficies. Usando 3D Analyst, usted puede ver una superficie desde puntos de vista múltiples, consultar una superficie, determinar lo que es visible desde una ubicación seleccionada sobre una superficie y crear una imagen en perspectiva realista colgando raster y datos vectoriales sobre una superficie.

El corazón de la extensión 3D Analyst es la aplicación ArcScene que proporciona la interfaz para ver capas múltiples de datos tridimensionales y para crear y analizar superficies.

- **ArcGis Spatial Analyst.-** provee un amplio rango de poderosos elementos para modelamiento espacial y análisis que le permiten crear, consultar, mapear y analizar datos raster basados en celdas. También le permite realizar análisis integrados vector/raster. Usando el ArcGis Spatial Analyst usted puede derivar información sobre sus datos, identificar relaciones espaciales, encontrar ubicaciones adecuadas y calcular el costo acumulado de viaje de un punto a otro. El 3D Analyst también suministra herramientas avanzadas de SIG para modelamiento tridimensional tales como corte y relleno, línea de vista y modelamiento de terrenos. (p.22)
- **Geodatabase.-** las Geodatabases son bases de datos relacionales que contiene información geográfica organizada independientemente o en feature datasets, feature clases y tablas. Es posible crear bases de datos geográficas propias locales o conectarse a geodatabases multiusuarios remotas a través de conexiones OLEDB (Object Linking and Embedding Database).
- **Metadatos.-** los metadatos son datos altamente estructurados que describen información, describen el contenido, la calidad, la condición y otras características de los datos. Es “información sobre información” o “datos sobre los datos”. Algunos ejemplos de información que se puede describir usando metadatos son: impresa, audiovisual, geoespacial, etc.

ArcCatalog contiene una herramienta de metadatos especial que le permite introducir la documentación para cada componente de la base de datos; la información que puede almacenar se hace de acuerdo a los requerimientos

del comité Federal de Datos Geográficos (FGDC por sus siglas en ingles). Los metadatos se almacenan en XML, un formato simple de Internet; esto significa que los metadatos creados en ArcCatalog pueden ser vistos desde aquí o desde cualquier Web browser. Hay diferentes formatos predefinidos para ver los metadatos, pero también puede crear los propios. (p. 24)

2.4 SISTEMAS DE PROYECCIÓN GEORREFERENCIACIÓN

En este punto se desarrollará con amplitud los conceptos del Sistema de Información Geográfica (SIG) desarrollada por Sarria, F. (2002), nos precisa que es una herramienta informática compleja la cual es multidisciplinaria ya que el manejo de información espacial está relacionado con la ciencia de la Geografía asimismo requiere una base matemática e informática, debido a esto se requiere el manejo de base de datos y la gestión de administración de información es por esto que detallaré los conceptos en la cual este trabajo se basa.

2.4.1 Conceptos de Geodesia

Geodesia es la ciencia que estudia la forma y tamaño de la Tierra y las posiciones sobre la misma. El principal problema que debe resolverse es que la Tierra es un cuerpo geométrico irregular denominado *geoide* que puede definirse como una superficie equipotencial en cuanto a la gravedad, en la que todos sus puntos experimentan la misma atracción debido a la gravedad siendo esta atracción equivalente a la experimentada al nivel del mar. Debido a las alteraciones introducidas por la isostasia, esta superficie no es regular, sino que contiene ondulaciones que alteran los cálculos de localizaciones y distancias.

Debido a estas irregularidades suelen utilizarse *modelos* de la forma de la Tierra denominados *esferoides* o *elipsoides de referencia*. Se trata de una esfera achatada por los polos, resultado de la revolución de una elipse (ver figura N° 2.4). El achatamiento del esferoide se define mediante un coeficiente como:

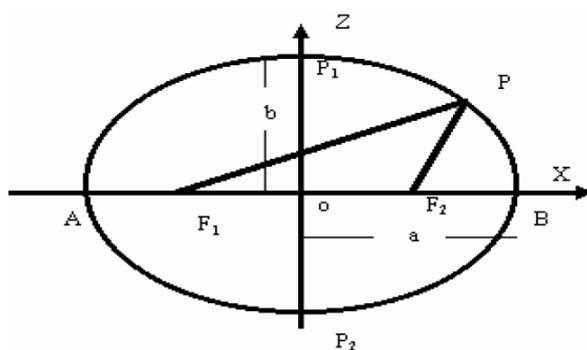
$$f = (a-b)/a$$

Donde a y b son las longitudes del eje mayor y menor respectivamente.

El achatamiento real es aproximadamente de $1/300$. Alterando los valores de estos coeficientes se obtienen diferentes esferoides. La razón de tener diferentes esferoides es que cada uno se ajusta especialmente bien a la forma del geode en diferentes partes de la Tierra. El conjunto de:

1. Un Elipsoide

Figura N° 2.4: Esteroide



Fuente: Alonso Sarria Francisco (2002)

2. Un punto llamado "Fundamental" en el que el elipsoide y la tierra son tangentes.
3. *Azimut* o dirección de referencia que define el Norte
4. La distancia entre geode y elipsoide en el origen define un *Datum*.
Establecer cuál es el Datum de un sistema de coordenadas es tarea de los servicios nacionales de geodesia. El datum utilizado tradicionalmente en cartografía, tanto en los mapas del Servicio Geográfico del Ejército (SGE) como en los del Instituto Geográfico Nacional (IGN), es el europeo. Este puede ser el de 1950 si el mapa está "formado" (información que se obtiene en la letra pequeña del margen del mapa) antes o durante 1979 o el europeo de 1979, si el mapa está formado después de este año. Ambos Datum tienen como elipsoide el de Hayford, también llamado Internacional de 1924, y como punto fundamental Postdam (Gran Bretaña).

El elipsoide de Hayford se define por los parámetros:

$$a = 6378388$$

$$b = 6356911.946$$

$$\text{Aplanamiento}=1:297$$

El sistema de coordenadas natural de un esferoide es el de latitud y longitud que suele denominarse de *coordenadas geográficas*. Para definir latitud y longitud, debemos identificar el eje de rotación terrestre. El plano perpendicular al eje de rotación que corta la tierra atravesándola por su centro define el *Ecuador* en su intersección con el esferoide. El resto de posibles planos perpendiculares definen los diferentes *paralelos* o líneas de latitud constante. Finalmente, los diferentes planos que cortan el esferoide siendo paralelos al eje de rotación y perpendiculares al Ecuador definen los *meridianos* o líneas de longitud constante. La longitud y latitud se miden en grados sexagesimales, aunque ha habido intentos por introducir sistemas diferentes. (pp. 39-41)

2.4.2 Transformaciones Cartográficas

El proceso de transformar coordenadas geográficas (que suponen un cuerpo esférico) a coordenadas planas para representarlo en dos dimensiones se conoce como *proyección* y es el campo de estudio tradicional de la *ciencia cartográfica*. La repentina aparición de los SIG y la posibilidad de combinar información de diferentes mapas con diferentes proyecciones ha incrementado la relevancia de la cartografía.

Básicamente, la proyección consiste en establecer una ecuación que a cada par de coordenadas geográficas le asigne un par de coordenadas planas

$$x = f(\text{lat}; \text{long})$$

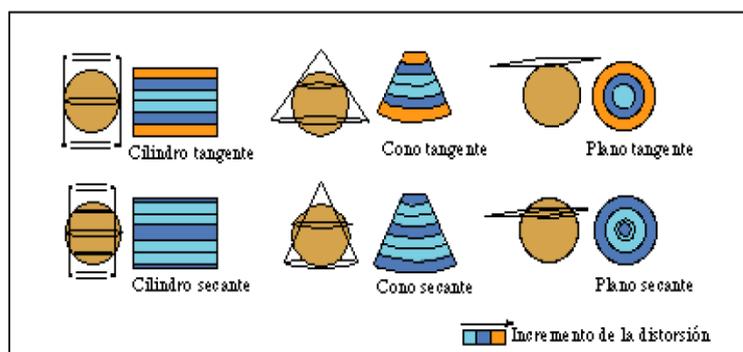
$$y = f(\text{lat}; \text{long})$$

Una proyección implica siempre una distorsión en la superficie representada, el objetivo de la cartografía es minimizar estas

distorsiones utilizando la técnica de proyección más adecuada a cada caso. Las propiedades del elipsoide que pueden mantenerse son:

- **Conformidad.** Si un mapa mantiene los ángulos que dos líneas forman en la superficie terrestre, se dice que la proyección es conforme. El requerimiento para que haya conformidad es que en el mapa los meridianos y los paralelos se corten en ángulo recto y que la escala sea la misma en todas las direcciones alrededor de un punto, sea el punto que sea.
- **Equivalencia,** es la condición por la cual una superficie en el plano de proyección tiene la misma superficie que en la esfera. La equivalencia no es posible sin deformar considerablemente los ángulos originales. Por lo tanto, ninguna proyección puede ser equivalente y conforme a la vez.
- **Equidistancia,** cuando una proyección mantiene las distancias reales entre dos puntos situados sobre la superficie del Globo (representada por el arco de Círculo Máximo que las une).

Figura N^o 2.5: Tipos de Proyecciones



Fuente: Alonso Sarria Francisco (2002)

Otra forma de clasificar las proyecciones es con referencia a la figura geométrica que genera el plano bidimensional. Se habla entonces de proyecciones *cilíndricas*, *cónicas* y *azimutales* o *planas* (ver figura N^o 2.5). En estos casos las distorsiones son nulas en la línea donde la figura corta al elipsoide y aumentan con la distancia a esta. Para minimizar el error medio suelen utilizarse planos secantes en lugar de planos tangentes.

procedimiento es el que se utiliza para georreferenciar imágenes de satélite o cuando se georreferencia un mapa en papel previamente escaneado.

En este último caso, las correcciones necesarias para restaurar a cada punto de la imagen sus coordenadas reales se basan en ecuaciones polinómicas que permiten modificar de forma flexible las coordenadas de la imagen. El orden del polinomio determina la flexibilidad del ajuste y de la transformación, normalmente se emplean transformaciones de tipo lineal (polinomio de grado 1), cuadrático (polinomio de grado 2) o cúbico (polinomio de grado 3). Los casos más habituales son la transformación lineal y cuadrática:

$$X = A + Bc + Df$$

$$Y = E + Gc + Hf$$

$$X = A + Bc + Df + Ec^2 + Lf^2 + Jcf$$

$$Y = E + Gc + Hf + Kc^2 + Lf^2 + Mcf.$$

La transformación cúbica es más compleja, las ecuaciones son similares a las lineales y cuadráticas, pero incluyendo términos elevados al cubo.

Empleando el procedimiento de los mínimos cuadrados, se pueden calcular los valores de los coeficientes A, B, N, a partir de las coordenadas de un conjunto de puntos de control. Como regla general, el número de puntos de control debería ser mayor que el número de parámetros que se van a calcular, 6 en la transformación lineal, 12 en la cuadrática y 24 en la cúbica.

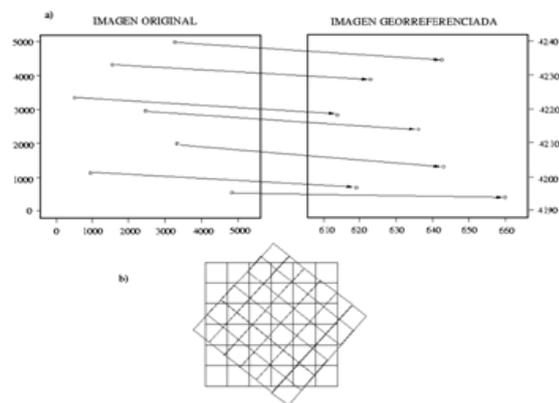
Es importante determinar cuál es el tipo de transformación más adecuada en función del tipo de distorsiones que se supone que aparecen en la imagen y de la cantidad y calidad de los puntos de control. Es necesario tener en cuenta que cuanto mayor sea el grado de los polinomios implicados, más sensible será la transformación a errores en la selección de los puntos de control¹².

La transformación lineal es la más sencilla, se asume que no hay distorsión en la imagen y simplemente se requiere una traslación (coeficientes A y E), cambio de escala (coeficientes B y H) y rotación de la imagen (coeficientes D y G).

Por tanto, si el origen de coordenadas de la imagen original es (c=0, f=0) y asumimos que la rotación es despreciable (hemos colocado bien el mapa en el scanner) entonces:

- A= valor de x en el punto en el que c=0.

Figura Nª 2.7: Corrección geométrica mediante transformación lineal



Fuente: Alonso Sarría Francisco (2002)

- E=valor de Y en el punto en el que f=0
- B y H factores de escala
- D=E=0

$$B = \frac{\max(X) - \min(X)}{\max(c) - \min(c)}$$

$$H = \frac{\max(Y) - \min(Y)}{\max(f) - \min(f)}$$

Casi todos los programas de SIG disponen de algún procedimiento para realizar este tipo de transformación de coordenadas. En general se basan en una serie de etapas básicas:

1. Se busca una serie de puntos de control (generalmente lugares muy destacados y visibles) y se averiguan las coordenadas de cada uno de ellos en los dos sistemas de coordenadas, (X,Y) y (c,f). En el caso de los mapas escaneados, X e Y aparecen en la imagen con lo que el procedimiento es más simple.
2. Determinación del tipo de transformación más adecuada en función del tipo de datos de partida y del número de puntos de control que hayan podido encontrarse.
3. Mediante mínimos cuadrados se obtienen los valores de los coeficientes de regresión a, b, c, d, e y f. Estos coeficientes así calculados permiten realizar una modificación del sistema de coordenadas con el mínimo grado de error.
4. Se aplican las ecuaciones anteriores, con los valores calculados de los coeficientes, a todas las coordenadas iniciales para obtener así sus nuevos valores en el sistema de referencia final.
5. Transferencia la información de los pixels originales a los pixels resultantes del proceso de transformación ya que con estas funciones de transformación va a crearse una nueva matriz correctamente posicionada, pero vacía y posiblemente rotada (ver figura 2.7). El problema resulta más complejo de lo que pudiera pensarse a primera vista. Idealmente, cada pixel de la capa transformada debería corresponderse a un solo pixel en la original. Lo normal, sin embargo, es que el pixel de la nueva imagen se sitúe entre varios de la original, incluso puede variar el tamaño de los pixels.

El trasvase de valores de la capa original a la transformada puede abordarse por tres métodos dependiendo de la complejidad de la transformación realizada y del tipo de datos.

- Método del *vecino más próximo*. Sitúa en cada pixel de la imagen corregida el valor del pixel más cercano en la imagen original. Esta es la solución más rápida y la que supone menor transformación de los

valores originales. Su principal inconveniente radica en la distorsión que introduce en rasgos lineales de la imagen. Es la más adecuada en caso de variables cualitativas, pero no en teledetección.

- *Interpolación bilineal*, supone promediar los valores de los cuatro pixels más cercanos en la capa original. Este promedio se pondera según la distancia del pixel original al corregido, de este modo tienen una mayor influencia aquellos pixels más cercanos en la capa inicial. Reduce el efecto de distorsión en rasgos lineales, pero difumina los contrastes espaciales.
- En la *Convolución cúbica*, se considera los valores de los 16 pixels más próximos. El efecto visual es más correcto en caso de que se trabaje con imágenes de satélite o fotografías digitalizadas, sin embargo supone un volumen de cálculo mucho mayor.

Las etapas 3, 4 y 5 suelen llevarse a cabo automáticamente. (pp. 42-46)

En todo proyecto de levantamiento catastral es necesario la georeferenciación de un ámbito geográfico, pero también es importante la localización geográfica de un punto mediante coordenadas geográficas y/o coordenadas UTM, tal como lo indica Fernández C. 2001 en lo siguiente:

2.5 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DE UN PUNTO

Básicamente la localización geográfica de un punto se puede realizar detallando uno de estos dos parámetros:

- Coordenadas geográficas en formato longitud - latitud
- Coordenadas (X,Y) UTM, Universal Transversa Mercator.

Cada una de estas dos formas de localizar un punto sobre la superficie terrestre debe de cumplir los siguientes requisitos:

- Que el punto sea único.
- Que quede perfectamente identificado el sistema de proyección empleado al localizar el punto.
- Que permita referenciar la coordenada “z” del punto. (p. 4)

2.6 COORDENADAS GEOGRÁFICAS

Las coordenadas Geográficas son una forma de designar un punto sobre la superficie terrestre con el siguiente formato:

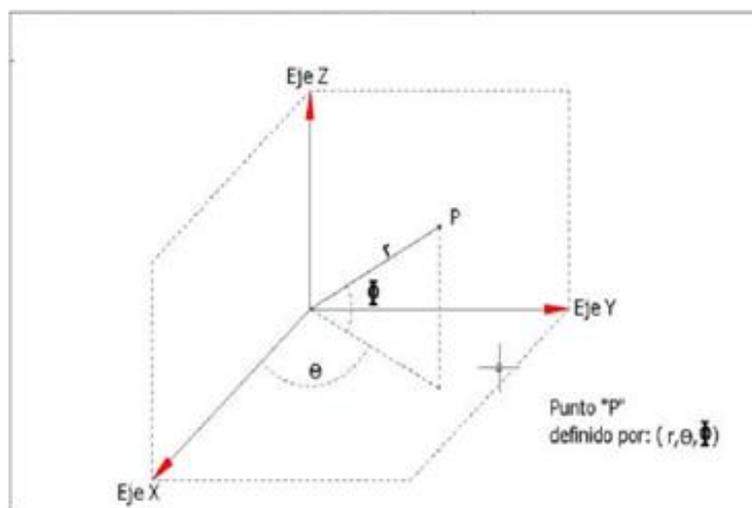
3°14'26''W

42°52'21''N

Esta designación supone la creación de un sistema de referencia de tres dimensiones (ver figura N° 2.8):

- Se define el eje de la tierra como la recta ideal de giro del globo terráqueo en su giro del movimiento de rotación. Es la recta que une los dos polos geográficos. Polo Norte y Polo Sur. (p. 4)

Figura N° 2.8: Sistema Tridimensional

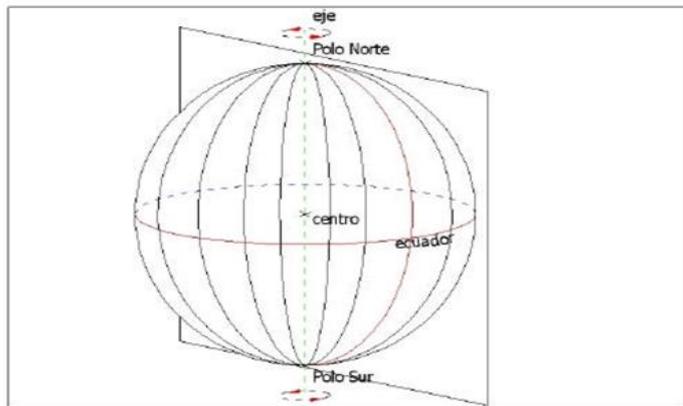


Fuente: Ignacio Alonso Fernandez Coppel (2001).

2.6.1 Meridianos

Se definen los meridianos como las líneas de intersección con la superficie terrestre, de los infinitos planos que contienen el eje de la tierra (ver figura N° 2.9).

Figura Nª 2.9: Meridianos

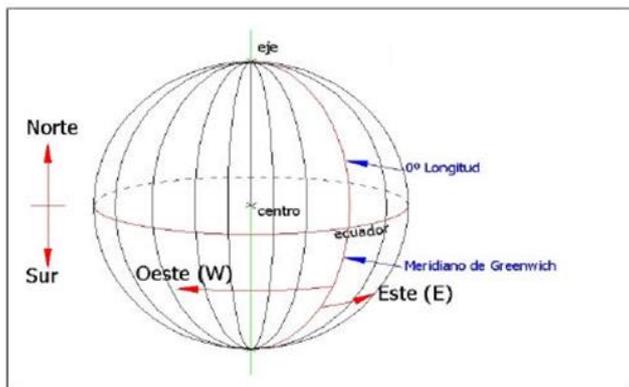


Fuente: Ignacio Alonso Fernández Coppel (2001).

El sistema toma como origen para designar la situación de una posición geográfica un determinado meridiano, denominado meridiano 0º, cuyo nombre toma el de una ciudad inglesa por el que pasa; “GREENWICH”.

La existencia de este meridiano divide al globo terráqueo en dos zonas; las situadas al Oeste (W) del meridiano 0º, hasta el antemeridiano y las situadas al Este (E) del meridiano 0º hasta el antemeridiano (p. 5) (ver figura Nª 2.10):

Figura Nª 2.10: Distribución de Meridianos

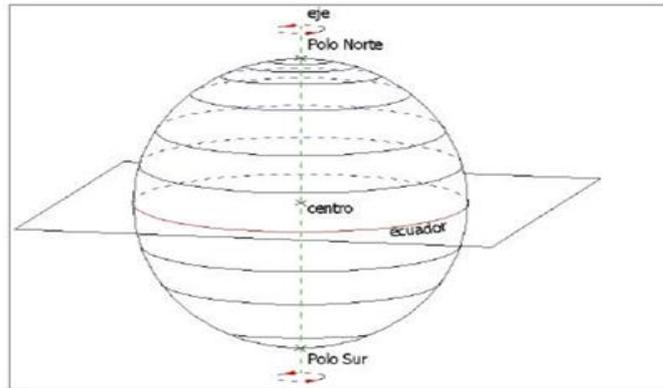


Fuente: Ignacio Alonso Fernández Coppel (2001).

2.6.2 Paralelos

Se definen los paralelos como las líneas de intersección de los infinitos planos perpendiculares al eje terrestre con la superficie de la tierra.

Figura N° 2.11: Paralelo



Fuente: Ignacio Alonso Fernández Coppel (2001).

Se definen sobre el globo terráqueo los paralelos, creándose el paralelo principal aquel que se encuentra a la máxima distancia del centro de la tierra. A este paralelo de mayor radio se le denomina “**ECUADOR**”, que divide el globo en dos casquetes o hemisferios; el hemisferio norte y el hemisferio sur (ver figura N° 2.11). Paralelos geoméricamente a él, se trazan el resto de los paralelos, de menor radio, tanto en dirección al polo norte como al polo sur:

Este paralelo principal, o ECUADOR, se toma como origen en el sistema de referencia creado, de modo que se designa la situación de un punto haciendo referencia a su situación respecto de estos dos casquetes:

Una vez que tenemos establecida una red de meridianos y paralelos, la situación geográfica de un punto viene definida por su longitud y su latitud, con referencia a la red creada:

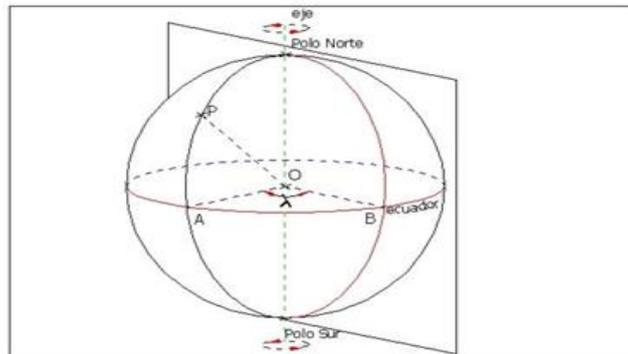
- **Longitud**

Se define la Longitud de un punto P como el valor del diedro formado por el plano meridiano que pasa por P y el meridiano origen (ver figura N° 2.12), (0° Meridiano de Greenwich).

La longitud es gráficamente el ángulo formado por OAB:

Figura Nª 2.12: Longitud

$$\lambda = \text{OAB}$$



Fuente: Ignacio Alonso Fernández Coppel (2001).

La designación de la longitud lleva aparejada la designación de la posición espacial del punto con respecto al meridiano origen o meridiano de Greenwich, así se designa posición Oeste (W) cuando está a la izquierda del meridiano origen y Este (E) cuando está situado a la derecha¹⁴.

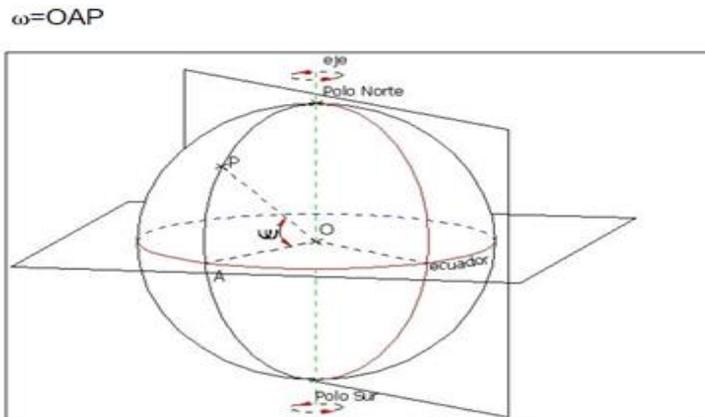
La latitud presenta un mínimo posible de 0° hasta un máximo de 180, 0°-180°E, 0°-180°W (p. 9).

- **Latitud**

Se denomina la Latitud geográfica de un punto P al ángulo formado por la vertical a la tierra que pasa por dicho punto con el plano ecuador¹⁴.

La vertical se considera la unión del punto con el origen o centro de la tierra, obteniéndose la latitud midiendo el ángulo sobre el meridiano que pasa por el punto P (ver figura N° 2.13).

Figura N° 2.13: Latitud.



Fuente: Ignacio Alonso Fernández Coppel (2001).

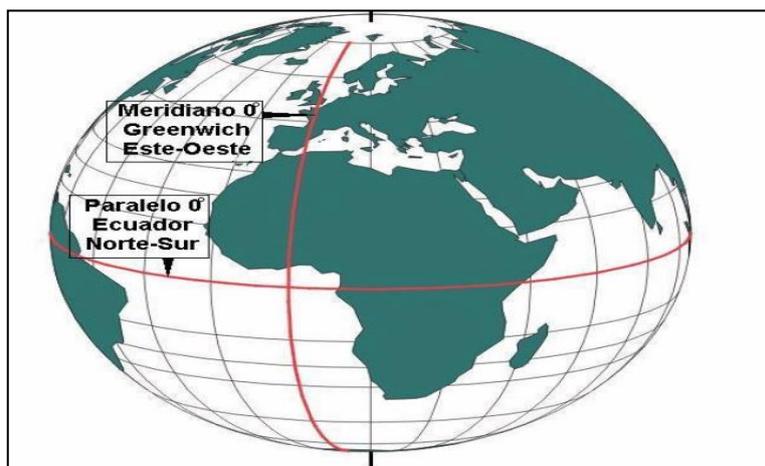
La latitud máxima y mínima va desde 0° hasta los 90° , 0° - 90° N, 0° - 90° S.

Los 90° de latitud coinciden con los polos, polo Norte y polo Sur (ver figura N° 2.14).

(Nota datos expresados en el sistema de medición angular sexagesimal, ya que es el sistema empleado para la medición de las coordenadas geográficas).

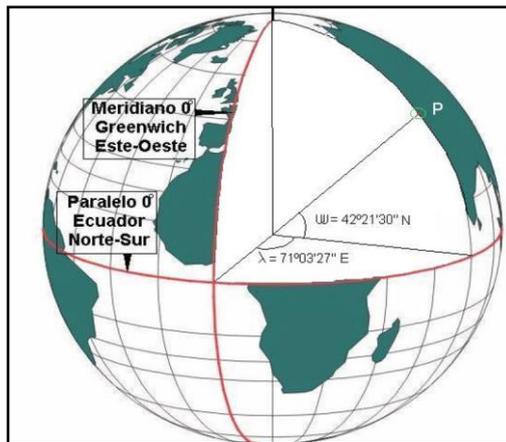
Este sistema de designación tiene los siguientes orígenes para la Longitud y la Latitud (p.10):

Figura N° 2.14: Designación de coordenadas geográficas



Fuente: Ignacio Alonso Fernández Coppel (2001).

Figura N° 2.15: Designación de un punto "P" sobre la superficie terrestre.



Fuente: Ignacio Alonso Fernández Coppel (2001).

El punto “P” representado en la figura N° 2.15 tiene de coordenadas geográficas (p.12):

$$\lambda = 71^{\circ} 03' 27'' \text{ E}$$

$$\omega = 42^{\circ} 21' 30'' \text{ N}$$

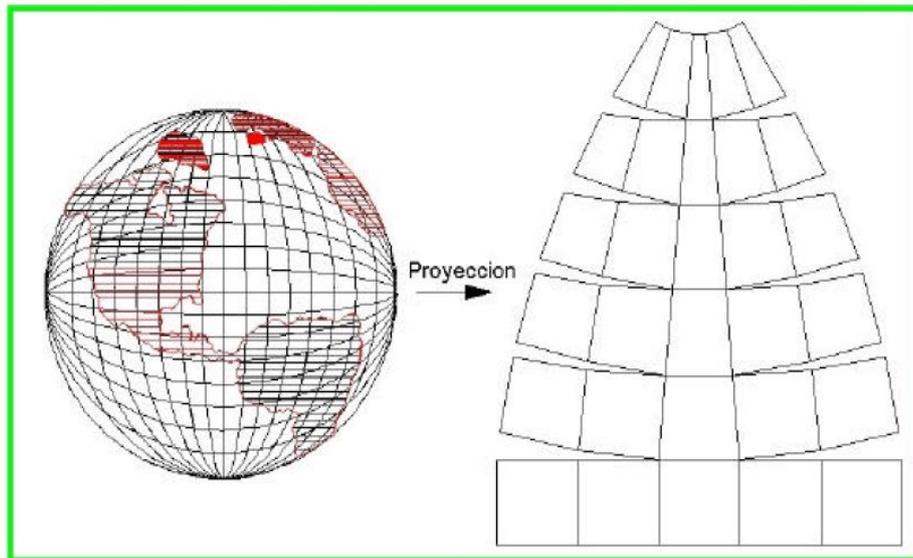
Longitud referida al meridiano de Greenwich

Los planos catastrales de un determinado ámbito geográfico deben estar con su grillado en coordenadas UTM, y su proyección bien definida también en el sistema UTM, Tal como lo menciona Fernández C. (2001) en lo siguiente:

2.7 PROYECCIONES, LA PROYECCIÓN U.T.M

La representación cartográfica del globo terrestre, ya sea considerado esté como una esfera o un elipsoide, supone un problema, ya que no existe modo alguno de representar toda la superficie desarrollada sin deformarla e incluso de llegar a representarla fielmente, ya que la superficie de una esfera no es desarrollable en su conversión a un soporte papel (a una representación plana).

Figura Nª 2.16: Representación de la superficie terrestre en el plano



Fuente:

Ignacio

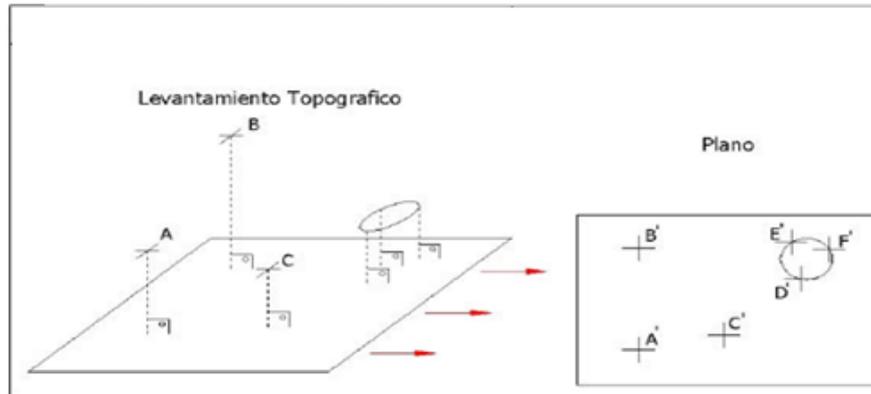
Alonso Fernández Coppel (2001).

Las proyecciones estudian las distintas formas de desarrollar la superficie terrestre minimizando, en la medida de lo posible, las deformaciones sufridas al representar la superficie terrestre (ver figura N° 2.16). En todos los casos conservan o minimizan los errores, dependiendo de la magnitud física que se desea conservar; su superficie, las distancias, los ángulos, etc., teniendo en cuenta que únicamente se podrá conservar una de las magnitudes anteriormente descritas y no todas a la vez: Se recurre a un sistema de proyección cuando la superficie que estemos considerando es tan grande que tiene influencia la esfericidad terrestre en la representación cartográfica. La parte de la tierra entonces representada en papel u otro soporte se denomina **“mapa”**. Esta representación de la tierra entra dentro del campo de la **Geodesia**. (pp. 20 – 21)

2.7.1 Proyecciones planas

Cuando la superficie a representar es pequeña y por lo tanto la esfericidad terrestre no va a influir en la representación cartográfica, por ejemplo en pequeños, levantamientos topográficos (ver figura N° 2.17), se recurre a su representación de forma plana, de forma que todos los puntos representados están vistos desde su perpendicular: (pp. 21-22)

Figura N° 2.17: Proyección plana



Fuente: Ignacio Alonso Fernández Coppel (2001).

2.7.2 Proyecciones Geodésicas

Las proyecciones geodésicas son proyecciones en las que la esfericidad terrestre tiene repercusión importante sobre la representación de posiciones geográficas, sus superficies, sus ángulos y sus distancias.

El sistema UTM es un sistema de proyección geodésica ideado en 1569 por Gerhard Kremer, denominado Mercator al latinizar su apellido. Es un sistema en el cual se construye geoméricamente el mapa de manera que los meridianos y paralelos se transformen en una red regular, rectangular, de manera que se conserven los ángulos originales.

Este tipo de transformación se la denomina **conforme**. Dentro de las transformaciones posibles existen fundamentalmente tres tipos en función de la variable que conservan una vez proyectados:

- **Proyecciones Conformes**, aquellas en las que los ángulos se conservan, con una relación de semejanza de un valor de "1" en el centro de la proyección hasta un valor máximo de "1+c" en los límites del campo de proyección. Esta alteración "c" es proporcional al cuadrado de las distancias que une el centro de la proyección con el punto a proyectar. Esta variación en los ángulos se subsana

multiplicando todas las escalas por un factor de $1-(2/c)$. Otro ejemplo de proyección conforme es la proyección Lambert.

- **Proyecciones Equivalentes**, son aquellas en las que la superficie se conserva después de la proyección. Como ejemplo de las proyecciones equivalentes esta la proyección.
- **Proyecciones Afilácticas**, son aquellas en las que no se conservan ni los ángulos ni las distancias. Un ejemplo de este tipo de proyecciones es la “UPS”, “universal polar stereographics”, que como su nombre indica es la más usada en latitudes polares.

Una proyección no puede ser a la vez equivalente y conforme, ni a la inversa. En cartografía se emplean sobre todo las Conformes, ya que interesa la magnitud angular sobre la superficial. (pp. 22-23)

2.7.3 La proyección Mercator – Mercator Transversal

La proyección UTM se emplea habitualmente dada gran importancia militar, y sobre todo, debido a que el Servicio de Defensa de Estados Unidos lo estandariza para su empleo mundial en la década de 1940.

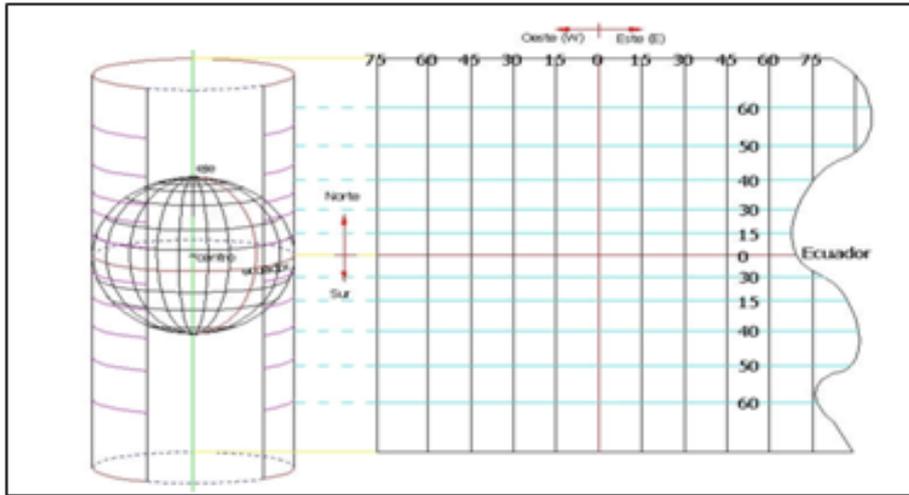
Otra de las formas de clasificar a las proyecciones en función de la figura geométrica empleada al proyectar. La proyección UTM está dentro de las llamadas proyecciones cilíndricas, por emplear un cilindro situado en una determinada posición espacial para proyectar las situaciones geográficas.

El sistema de proyección UTM toma como base la proyección MERCATOR (ver figura N° 2.18). Este es un sistema que emplea un cilindro situado de forma tangente al elipsoide en el Ecuador:

La red creada hace que tanto meridianos como paralelos formen una cuadrícula oblicua, “grid” o rejilla, de manera que una recta oblicua situada entre dos paralelos forma un ángulo constante con los meridianos.

Como ejemplo de esta proyección se muestra el desarrollo de todo el globo terráqueo en la proyección mercator.

Figura N^o 2.18: Proyección Mercator



Fuente: Ignacio Alonso Fernández Coppel (2001).

La proyección **TRANSVERSAL MERCATOR (UTM)**, toma como base la proyección Mercator, sin embargo, la posición del cilindro de proyección es transversal respecto del eje de la tierra (ver figura N^o 2.19):

Figura N^o 2.19: Proyección UTM



Fuente: Ignacio Alonso Fernández Coppel (2001)

Se define un huso como las posiciones geográficas que ocupan todos los puntos comprendidos entre dos meridianos. Cada huso puede contener 3°, 6° u 8°. El Sistema UTM emplea Husos de 6° de Longitud.

La proyección UTM genera husos comprendidos entre meridianos de 6°

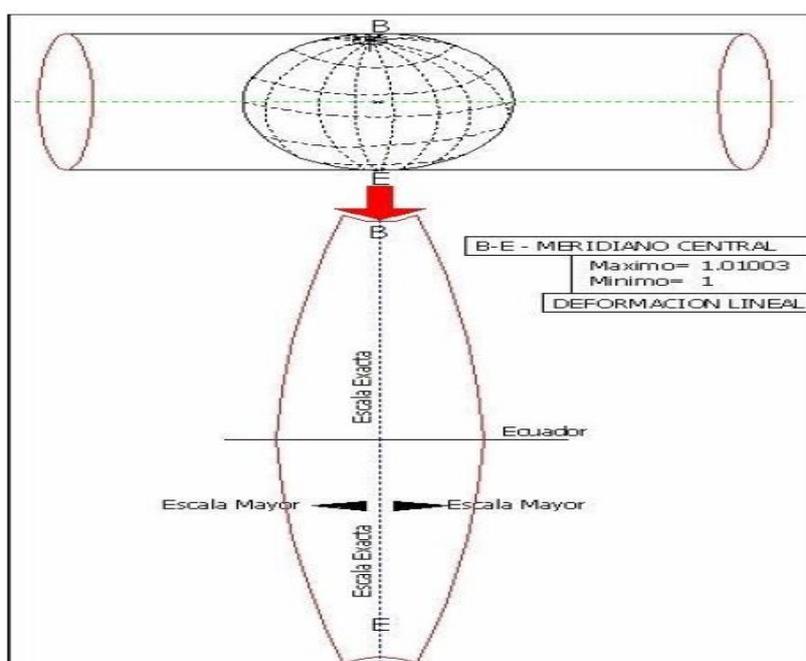
de Longitud, generándose en cada huso un meridiano central equidistante 3° de longitud de los extremos de cada huso. Los husos se generan a partir del meridiano = de Greenwich, 0° a 6° E y W, 6° a 12° a 18° E y W.

Esta red creada ("grid"), se forma huso a huso, mediante el empleo de un cilindro distinto para generar cada uno de los husos, siendo cada uno de los cilindros empleados tangente al meridiano central de cada huso, cuya longitud es de 3° , o múltiplo de esta cantidad con 6° de separación.

Esta situación cilindro de proyección, tangente al meridiano central del huso proyectado, hace que únicamente una línea sea considerada como autometrica, la del meridiano central. Sobre esta línea, el módulo de deformación lineal K es la unidad (1), creciendo linealmente conforme se aumenta la distancia a este meridiano central (ver figura N° 2.20).

Esta relación entre las distancias reales y las proyectadas presenta un mínimo de 1 y un máximo de 1.01003, (distorsión lineal desde 0 a 1.003%): (pp. 23-25)

Figura N° 2.20: Deformación lineal



Fuente: Ignacio Alonso Fernández Coppel (2001).

Para evitar que la distorsión de las magnitudes lineales aumente conforme se aumenta la distancia al meridiano central se aplica un factor K_c a las distancias $K_c=0.996$, de modo que la posición del cilindro de proyección sea secante al elipsoide, creándose dos líneas en las que el módulo de anamorfosis lineal sea la unidad.

La transformación geométrica creada con la proyección hace que únicamente dos líneas se consideren "rectas", (en la misma dirección de los meridianos y paralelos); el meridiano central del huso y el paralelo 0° (ecuador), en los que ambos coinciden con el meridiano geográfico y el paralelo principal, (ecuador).

El meridiano central, por lo tanto se encuentra orientado en la dirección del Norte Geográfico, y el paralelo 0° se encuentra orientado en rumbo $90^\circ - 180^\circ$, dirección Este (e) y Oeste (w).

El factor de escala aumenta en mayor magnitud conforme aumenta la distancia al meridiano central:

(Huso representado 30 norte)

Esta distorsión lineal presenta un mínimo de un -0.04% a un máximo de $+0.096\%$. (pp. 23-28)

2.7.4 Ventajas del Sistema U.T.M.

El sistema de Proyección UTM tiene las siguientes ventajas frente a otros sistemas de proyección:

Conserva los ángulos

No distorsiona las superficies en grandes magnitudes, (por debajo de los 80° de Latitud).

Es un sistema que designa un punto o zona de manera concreta y fácil de localizar.

Es un sistema empleado en todo el mundo empleo universal, fundamentalmente por su uso militar.

El sistema UTM es un sistema comúnmente utilizado entre los 0° y los 84° de latitud norte y los 80° de latitud sur, por lo que es un sistema estandarizado de empleo en España. No se emplea a partir de los 80° de latitud ya que produce una distorsión más acusada cuanto mayor es la distancia del ecuador, como ocurre en los polos, por ello se emplea, tanto en el hemisferio Norte como en el hemisferio Sur por estas latitudes. Para la cartografía de zonas existentes en los polos se emplea normalmente el sistema de coordenadas UPS (Universal Polar Stereographic). (p. 31)

2.7.5 Origen de Coordenadas U.T.M.

El sistema localiza un punto por coordenadas tipo:

$$X = 462.130 , Y = 4.634.140$$

Únicamente con estos datos el punto no queda definido ya que carece de los siguientes datos:

- Los datos no tienen Unidades: ej. Metro, Kilómetro, etc
- Los datos no localizan el hemisferio donde se encuentra
- Los datos no localizan el Huso UTM de proyección
- Los datos no localizan el Datum (origen del sistema de coordenadas).

Para que el punto quede localizado perfectamente se debe de detallar como sigue:

X= 462.130 m		Punto perfectamente
Y= 4.634.140 m		Localizado.
Huso=30 Zona=T		
Datum: European 50 (ED50)		

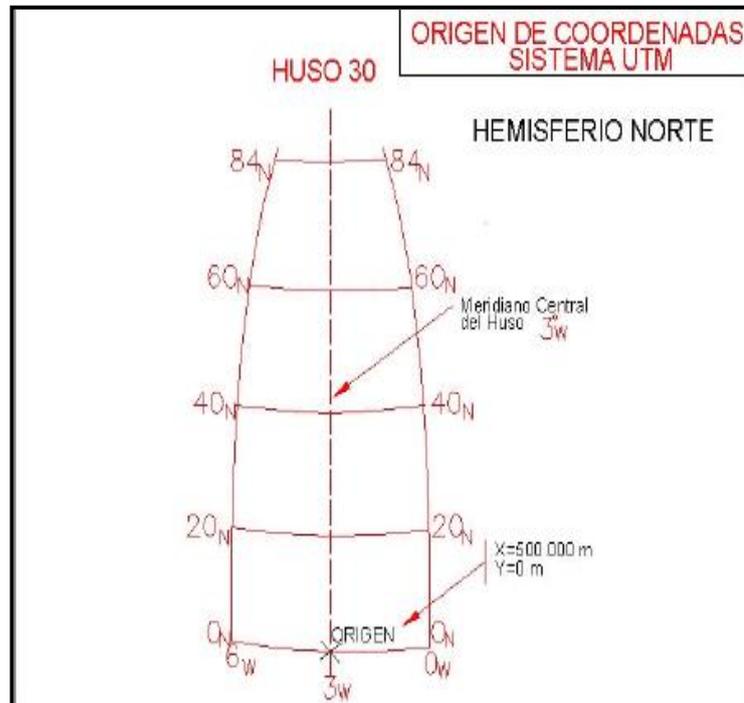
Para la explicación del sistema se toma como ejemplo el huso 30, en su zona norte, ya que en el se encuentra cubierta gran zona de la Península Ibérica.

Para todos los husos el sistema cubre desde los 80° hasta los 84° N de

latitud.

El origen de coordenadas del sistema es distinto para cada huso, tomándose como origen el siguiente punto:

Figura N^o 2.21: Origen de Coordenadas UTM en el hemisferio



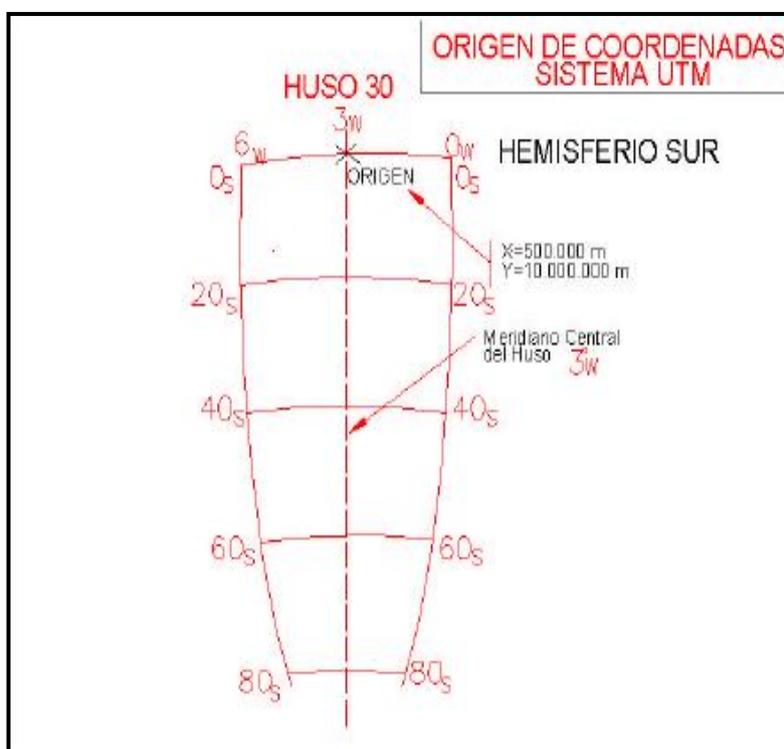
Fuente: Ignacio Alonso Fernández Coppel (2001).

A la intersección del meridiano central del huso con el ecuador, en el hemisferio norte, toma un valor en X de 500.000 metros en Y 0 metros. De esta manera se evita que el sistema genere, en el hemisferio Norte, coordenadas negativas en el sistema (ver figura N^o 2.21).

En una hoja del mapa que contiene varios husos, habitualmente se representa con el sistema de coordenadas de ambos husos, por lo tanto, con los dos orígenes distintos.

Sobre el hemisferio sur el origen es el mismo, pero con distintas coordenadas de origen:

Figura N° 2.22: Origen de Coordenadas UTM en el hemisferio sur



Fuente: Ignacio Alonso Fernández Coppel (2001).

Se toma como coordenada este (**x**, “**easting**”), 500.000 metros, la misma que en el hemisferio norte y de coordenada norte (**y**, “**northing**”) 10.000.000 metros, y de la misma manera no pueden existir coordenadas negativas en la coordenada situada en el hemisferio sur, ya que la mínima coordenada, situada en la latitud 80° S, sería como máximo 9.328.380.5 metros (ver figura N° 2.22).

Todas las coordenadas (**y**, “**northing**”) UTM, estén situadas en el hemisferio sur, o en el hemisferio norte tienen un valor inferior a 10.000.000, empleándose para su designación menos de 8 dígitos. (pp. 34-35)

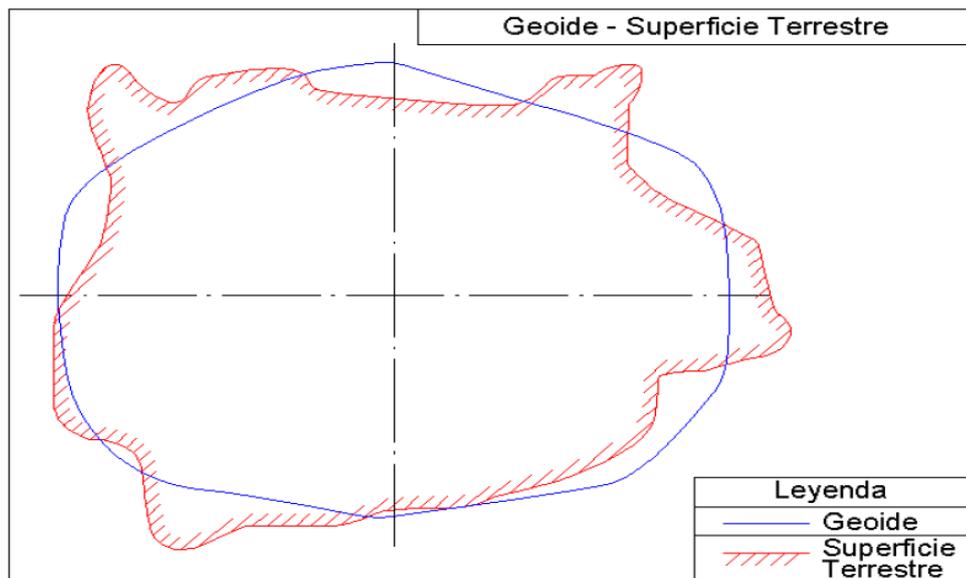
El geode se compara con la superficie de la tierra que une todos los puntos que tiene igual potencial, pero para realizar un mejor estudio se comparó con un elipsoide que viene de hacer girar una elipse por su lado menor, teniendo en cuenta que el datum es un punto tangente al geode y elipsoide donde estos son coincidentes, al respecto Fernández C. (2001) precisa lo siguiente:

2.8 EL GEOIDE

Se define como al “Geoide” la superficie teórica de la tierra que une todos los puntos que tienen igual gravedad. La forma así creada supone la continuación por debajo de la superficie de los continentes, de la superficie de los océanos y mares suponiendo la ausencia de mareas, con la superficie de los océanos en calma y sin ninguna perturbación exterior. Como perturbaciones exteriores se encuentra la atracción de la luna, (mareas) y las interacciones de todo el sistema solar.

Esta superficie no es uniforme, sino que presenta una serie de irregularidades, causadas por la distinta composición mineral del interior de la tierra y de sus distintas densidades, lo que implica que para cada punto de la superficie terrestre exista una distancia distinta desde el centro de la tierra al punto geoide (ver figura N° 2.23). (p.65)

Figura N° 2.23: El Geoide



Fuente: Ignacio Alonso Fernández Coppel (2001).

2.9 EL ELIPSOIDE

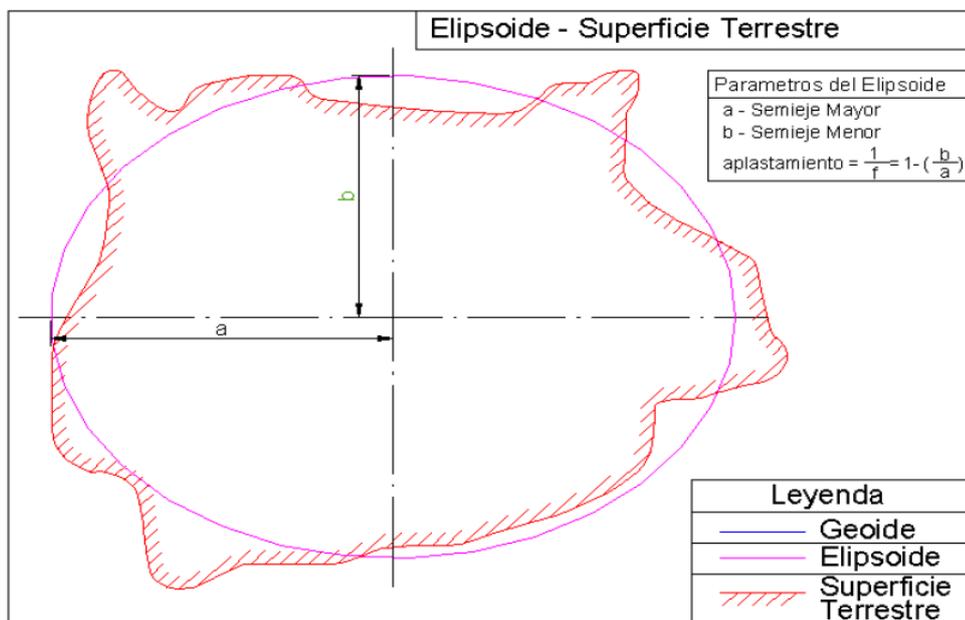
Como sabemos la tierra no es redonda, y su figura se asemeja a una naranja o una “esfera achatada por los polos”, y no existe figura geométrica alguna que la represente, debido fundamentalmente a las irregularidades existentes.

Estas irregularidades de la tierra son detectables y no extrapolables a todos los

puntos, simétricos de la tierra, ya que no existe un único modelo matemático que represente toda la superficie terrestre, para lo que cada continente, nación, etc., y de hecho emplean un modelo matemático distinto, de forma que se adapte mejor a la forma de la tierra en la zona a cartografiar.

Este elemento de representación de la tierra se le denomina **ELIPSOIDE** (ver figura N° 2.24). Este elipsoide es el resultado de revolucionar una elipse sobre su eje.

Figura N° 2.24: El Elipsoide



Fuente : Ignacio Alonso Fernández Coppel (2001).

Este elipsoide se define matemáticamente en función de los siguientes parámetros:

Radio Mayor (a) y radio Menor (b) del elipsoide

Aplatación del elipsoide ($1/f = 1 - (b/a)$)

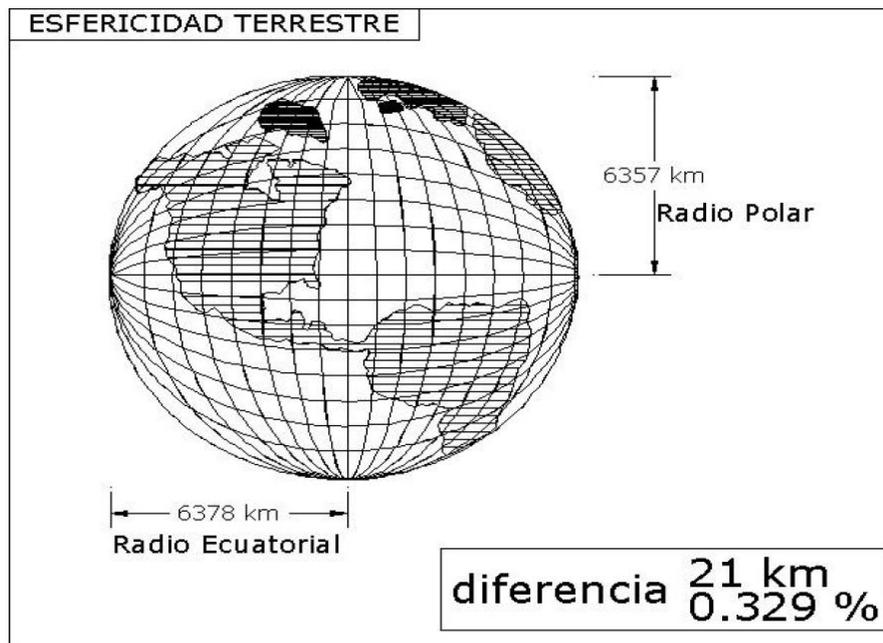
El aplatación ($1/f$) suele tomar valores enteros, 296, 297 etc.

– **Esfericidad Terrestre.-** La forma habitual en la que se ha descrito el planeta tierra es el de una “esfera achatada en los polos”, y ciertamente esta

forma se asemeja a la descripción si se toma una visión de conjunto.

El planeta tierra tiene un radio ecuatorial (máximo) de aproximadamente 6378 km., frente a un radio polar de 6357 Km. (mínimo), con una diferencia de 21 Km., lo que supone un 0.329 % del radio ecuatorial (ver figura N° 2.25). (pp. 66-67)

Figura N° 2.25: Esfericidad Terrestre



Fuente: Ignacio Alonso Fernández Coppel (2001).

En el cómputo del diámetro esta diferencia es de 42 Km., para la esfera terrestre, con una relación de aplastamiento próxima a 1/300.

2.10 EL DATUM

Se define el Datum como el punto tangente al elipsoide y al geode donde ambos son coincidentes.

Cada Datum está compuesto por:

Un elipsoide, definido por a, b, aplastamiento.

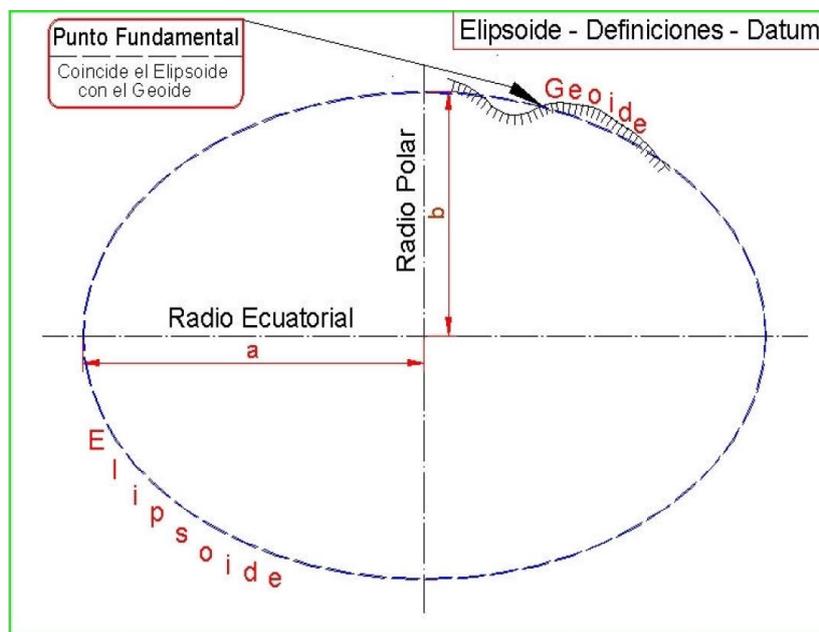
Un punto llamado "Fundamental" en el que el elipsoide y la tierra son

tangentes. Este punto "Fundamental" se le define por sus coordenadas geográficas longitud y latitud (ver figura N° 2.26), además del acimut de una dirección con origen en el punto de "fundamental". Esta desviación se denomina.

Eta ->> Desviación en la vertical

Xi ->> Desviación en el meridiano

Figura N° 2.26: El Datum



Fuente: Ignacio Alonso Fernández Coppel (2001).

En el punto Fundamental coincide el elipsoide con la superficie real de la tierra, así como en este punto las coordenadas astronómicas (las del elipsoide) y las geodésicas (las de la tierra).

Estas dos desviaciones definidas vienen dadas al no coincidir la vertical perpendicular al geoide, trazada por el punto fundamental, con la vertical perpendicular al elipsoide. Quedando el sistema definido al estar definidos estos ángulos en el Datum. (p. 72)

El origen de coordenadas es importante para definir si el Sistema de Referencia es local o es geocéntrico, teniendo en cuenta el sistema de referencia se puede definir el datum, tal como lo menciona SantaCruz J. (2010) precisa lo siguiente:

2.11 SISTEMAS DE REFERENCIA

Un sistema de referencia es una estructura geométrica para referir las coordenadas de puntos en el espacio. Queda definido por la ubicación del origen, las direcciones de los ejes, la escala, los algoritmos necesarios para sus transformaciones espaciales y temporales y las constantes utilizadas en las definiciones y correcciones del mismo.

2.11.1 Sistemas de Referencia Clásico

Si el origen de coordenadas del sistema está desplazado del geocentro, se conoce como Sistema de Referencia Local, los cuales están referidos a datums locales y buscan el mejor acoplamiento del elipsoide de referencia a la zona de interés.

2.11.1.1 Provisional South American Datum 1956 – PSAD56

Es un sistema que tiene como elipsoide de referencia el Internacional de Hayford y como punto origen la canoa ubicado en la República de Venezuela. Los parámetros elipsoidales del PSAD56 se muestra en la tabla N° 2.2.

El elipsoide representa con mayor exactitud a la forma de la tierra ya que mediante este tiene una superficie de referencia de forma regular. Dicho elipsoide se obtiene haciendo girar una elipse meridiana en torno a su eje menor. Usualmente, un elipsoide biaxial es definido por el semieje mayor a y el achatamiento. (p. 7)

Tabla N° 2.2: Parámetros elipsoidales de Hayford

Elipsoide Internacional de Hayford		
a	Semieje mayor	6378388 m
f	Achatamiento	1/297

Fuente: Andrea Galudht Santa Cruz Jaramillo (2010).

Siendo el achatamiento igual a:

$$f = \frac{a-b}{a}$$

Donde b es el semieje menor del elipsoide.

2.11.2 Sistemas de Referencia Geocéntrico

Estos Sistemas están referidos a datums geocéntricos, los cuales están asociados a elipsoides globales, que tienen su origen en el centro de la tierra, ver figura N° 2.1.

2.11.2.1 *International Terrestrial Reference System – ITRS (Sistema Terrestre Internacional de Referencia)*

Es un sistema de referencia mundial espacial que co-gira con la tierra en su movimiento diurno en el espacio. Es geocéntrico, el centro de masa se define para la tierra entera, incluyendo los océanos y la atmósfera. La unidad de longitud es el metro, esta escala coincide con el TCG, tiempo coordinado para un marco geocéntrico local de acuerdo con las resoluciones de la International Astronomical Union – IAU y la International Union of Geodesy and Geophysics – IUGG (1991), (McCarthy y Petit, 2004); (ITRF, 2009).

El IERS fue establecido conjuntamente por la IAU y la IUGG en 1988. Tiene por misión proveer al mundo científico y a la comunidad técnica valores de referencia para los parámetros de orientación de la tierra – EOP que surgen al considerar el movimiento del polo y las variaciones de la velocidad de rotación de la tierra. Para ello contribuyen técnicas espaciales geodésicas entre las que se incluye el GPS. Además el IERS supervisa la realización del ITRS, (ITRF, 2009); (IERS, 2009). (pp. 8-9)

2.11.2.2 International Terrestrial Reference Frame – ITRF (Marco Terrestre Internacional de Referencia)

Es un sistema de coordenadas dado, cartesianas o geodésicas, conectado a un ITRS. Además, está constituido por técnicas o medidas aplicadas en las observaciones y por los métodos de cálculo aplicados para la obtención de los parámetros.

Este marco se refiere a una época determinada de observación ITRFyy donde yy indican el último año cuyos datos fueron usados en la formación de ITRFyy. Un ejemplo de esto es el ITRF97, el cual fue creado en 1999 con los datos disponibles hasta 1998.

El ITRF viene determinado por una combinación de coordenadas y velocidades de una red de estaciones en la superficie de la tierra calculadas por diversos centros de análisis utilizando observaciones de técnicas geodésicas espaciales VLBI, SLR, LLR; en 1991 se introduce el GPS y en 1994 datos DORIS, o sus combinaciones realizadas por el IERS.

Cada técnica geodésica espacial proporciona su correspondiente conjunto de datos cuyo análisis da lugar a la realización de un marco de referencia. El ITRF final se obtiene por medio de una combinación de soluciones individuales realizado por el centro de productos IERS. Para obtener coordenadas geodésicas debe utilizarse un elipsoide de referencia, el ITRF usa el elipsoide Geodetic Reference System 1980 – GRS80.

- Las determinaciones del ITRF están afectadas por los siguientes factores (McCarthy y Petit, 2004);
- Relaciones entre el ICRS y el ITRS tales como la velocidad de rotación de la Tierra.
- Las coordenadas a priori de las estaciones.
- El modelo de tectónica de placas utilizado para tener en cuenta las velocidades de las estaciones.

- El modelo neopotencial adoptado.
- La constante de gravitación y la masa de la Tierra.
- El valor de la velocidad de la luz.
- Las mareas terrestres y oceánicas.
- La presión de radiación solar.
- El estado y marcha de los relojes.
- Los efectos atmosféricos.
- Las variaciones de las antenas de los receptores entre otros.
(pp. 9-10)

2.12 SOLUCIONES DE ITRFS

La historia de ITRF comienza en 1984 con una solución llamada BTS84 realizada por el Bureau International de l'Heure – BIH usando una combinación de observaciones VLBI, SLR, LLR y Doppler/TRANSIT, luego el BIH realizó otros tres BTS hasta el BTS87. En 1988 fue creado el IERS quien se encarga de las siguientes realizaciones del ITRF. Existen 11 versiones del ITRF publicadas por el IERS: ITRF88, 89, 91,92, 94, 96 97, combinada 96+97, 2000 y 2005. Las soluciones de ITRFs que se encuentran vinculadas al presente estudio se detallan a continuación (ITRF, 2009). (pp.10-11)

– **ITRF94.-** El ITRF94 se obtuvo de la siguiente manera (ITRF94 Report, 2009):

- El origen se define por una media ponderada de algunas soluciones SLR y GPS.
- La escala definida por una media ponderada de soluciones VLBI, SLR y GPS, corregido en 0.7 ppb (partes por billón) para satisfacer la exigencia de la IUGG y la UAI, para que haya compatibilidad en hora-marco con el TCG, en lugar de TT que utilizan los centros de análisis.

- La evolución del tiempo es consistente con el modelo geofísico NNRNUVEL-1A.
- La orientación es consistente con el ITRF92. (p.11)

- **ITRF2000**

- La escala se la obtuvo por igualación a cero de la escala, por razón de la escala de los parámetros entre ITRF2000 y la media ponderada del VLBI y por las soluciones SLR más consistentes (ITRF solution 2000, 2009).
- A diferencia de la escala del ITRF97 que se expresa en el marco TCG, el de la ITRF2000 se expresa en el marco TT.
- El origen se lo obtuvo por igualación a cero de los componentes de las traslaciones y las variaciones de las traslaciones entre ITRF2000 y la media ponderada de las soluciones SLR más consistentes.
- La orientación se la definió asegurando sitios del ITRF con geodésica de alta calidad. Las rotaciones están en el ITRF97, en época de referencia 1997.0 y fue alineado convencionalmente al modelo NNRNUVEL-1^{a24}.
- Los parámetros y sus variaciones de los ITRFs anteriores al ITRF2000, se muestran en la siguiente tabla N° 2.3. (pp. 11-12)

Tabla N^o 2.3: Parámetros de Transformación desde ITRF2000 a Sistemas anteriores

ITRF	Traslación			Rotación			Diferencia de Escala	Época de parámetros
	T_x (cm)	T_y (cm)	T_z (cm)	R_x (mas*)	R_y (mas)	R_z (mas)	δ (ppb**)	t_k
Rates***	$T_{\dot{x}}$ (cm/a)	$T_{\dot{y}}$ (cm/a)	$T_{\dot{z}}$ (cm/a)	$R_{\dot{x}}$ (mas/a)	$R_{\dot{y}}$ (mas/a)	$R_{\dot{z}}$ (mas/a)	$\dot{\delta}$ (ppb/a)	
ITRF97	0.67	0.61	-1.85	0.00	0.00	0.00	1.55	1997.0
Rates	0.00	-0.06	-0.14	0.00	0.00	0.02	0.01	
ITRF96	0.67	0.61	-1.85	0.00	0.00	0.00	1.55	1997.0
Rates	0.00	-0.06	-0.14	0.00	0.00	0.02	0.01	
ITRF94	0.67	0.61	-1.85	0.00	0.00	0.00	1.55	1997.0
Rates	0.00	-0.06	-0.14	0.00	0.00	0.02	0.01	
ITRF93	1.27	0.65	-2.09	-0.39	0.80	-1.14	1.95	1988.0
Rates	-0.29	-0.02	-0.06	-0.11	-0.19	0.07	0.01	
ITRF92	1.47	1.35	-1.39	0.00	0.00	-0.18	0.75	1988.0
Rates	0.00	-0.06	-0.14	0.00	0.00	0.02	0.01	
ITRF91	2.67	2.75	-1.99	0.00	0.00	-0.18	2.15	1988.0
Rates	0.00	-0.06	-0.14	0.00	0.00	0.02	0.01	
ITRF90	2.47	2.35	-3.59	0.00	0.00	-0.18	2.45	1988.0
Rates	0.00	-0.06	-0.14	0.00	0.00	0.02	0.01	
ITRF89	2.97	4.75	-7.39	0.00	0.00	-0.18	5.85	1988.0
Rates	0.00	-0.06	-0.14	0.00	0.00	0.02	0.01	
ITRF88	2.47	1.15	-9.79	0.10	0.00	-0.18	8.95	1988.0
Rates	0.00	-0.06	-0.14	0.00	0.00	0.02	0.01	

*mas= miliarco segundo (001''). ***Rates= variación de los parámetros.

**ppb= partes por billón (10⁻⁹).

Fuente: Andrea Galudht Santa Cruz Jaramillo (2010).

– ITRF2005

El origen del ITRF2005 se define de tal manera que los parámetros de traslación en la época 2000.0 son nulos, y las variaciones de las traslaciones entre el ITRF2005 y las series de tiempo International Laser Ranging Service – ILRS y SLR son también nulas.

La escala del ITRF2005 se define de tal manera que el factor de escala es igual a cero en la época 2000.0, y de la razón de la escala es nula entre ITRF2005 y las series de tiempo International VLBI Service – IVS y VLBI. La combinación

del ITRF2005 reveló una tendencia de la escala de 1 ppb en la época 2000.0 y la razón de la escala ligeramente inferior a 0.1 ppb/año entre las series de tiempo SLR y VLBI. La selección del VLBI para definir la escala del ITRF2005 se justifica por la disponibilidad del historial de 26 años de observaciones del VLBI frente al SLR que solo cuenta con 13 años. La orientación del ITRF2005 se define de tal manera que los parámetros de rotación son nulos en la época 2000.0 y las variaciones de las rotaciones entre el ITRF2005 y el ITRF2000 también resultan nulas, (Altamimi, Z. y C. Boucher, 2004).

Se debe tomar en cuenta que a partir de la semana 1400 ya no se utiliza el marco ITRF2005 puesto que está calculado con calibraciones de antenas relativas, y no sería coherente con las efemérides precisas de la época de las coordenadas a calcular. En la tabla N° 2.4, se muestra los parámetros de transformación en época 2000.0 y sus variaciones de ITRF2005 a ITRF2000 (ITRF2000 menos ITRF2005). (pp. 12-13)

Tabla N° 2.4: Parámetros de Transformación del IGS05 al ITRF2005

Parámetros de Transformación del IGS05 al ITRF2005.							
	Traslación			Rotación			Diferencia de Escala
ITRF	T_x (cm)	T_y (cm)	T_z (cm)	R_x (mas)	R_y (mas)	R_z (mas)	δ (ppb)
Rates	$T_{\dot{x}}$ (cm/a)	$T_{\dot{y}}$ (cm/a)	$T_{\dot{z}}$ (cm/a)	$R_{\dot{x}}$ (mas/a)	$R_{\dot{y}}$ (mas/a)	$R_{\dot{z}}$ (mas/a)	$\dot{\delta}$ (ppb/a)
ITRF2005	0.165	-0.016	0.236	-0.01118	-0.00693	-0.00046	-1.85533
Rates	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Fuente: Andrea Galudht Santa Cruz Jaramillo (2010).

– IGS05

Internacional GNSS Service – IGS, es una federación de más de 200 agencias de rastreo GPS y GLONASS distribuidas a nivel mundial. Tiene por misión proporcionar datos, productos GPS de alta calidad y productos de datos en línea casi en tiempo real para alcanzar objetivos de una amplia gama de aplicaciones científicas, de ingeniería y de Marco de referencia

Internacional (ITRF), el control de deformaciones de la tierra sólida, el control de rotación de la tierra y las variaciones del líquido en la tierra (nivel del mar, capas de hielo), para la determinación de la órbita de satélites científicos, de la ionosfera, y la recuperación de las mediciones de vapor de agua precipitable, (NASA, 2009). Actualmente, el IGS incluye GNSS, GPS y GLONASS. En general, se puede pensar que los IGS tiene la más alta precisión de la comunidad Internacional civil del GPS (IGS2009).

El IGS05 es una solución, basada en ITRF05, pero considerando únicamente estaciones GPS, para lo cual se han utilizado 130 estaciones GPS. Desde la semana GPS 1400 (5 de noviembre de 2006) se utiliza el sistema IGS05, el cual se calculó con calibraciones de antenas absolutas, quiere decir que esta solución procesa con un modelo absoluto y no relativo, como ha sucedido en versiones de ITRFs previas, incluido ITRF05, (Zurutusa, 2009). Para permanecer compatible con los marcos de referencia terrestres calculados por el IERS, esta realización propuesta también fue realineada al ITRF2005 usando transformación de 7 parámetros 83 rotaciones, 3 traslaciones y 1 factor de escala); las variaciones de los parámetros no fueron afectadas por el cambio del centro de fase. Los parámetros de transformación estimados se pueden ver en la tabla N° 2.4. (pp. 13-14)

– **SIRGAS**

Según SIRGAS (2009), el Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas como sistema de referencia se define idéntico al Sistema Internacional de Referencia Terrestre – ITRS y su realización es la densificación regional del marco global de referencia terrestre ITRF. Las coordenadas SIRGAS a una época específica de referencia y su variación con el tiempo es tomada en cuenta ya sea por las velocidades individuales de las estaciones SIRGAS asociadas a diferentes épocas y referidas a diferentes soluciones del ITRF materializan el mismo sistema de referencia y sus coordenadas reducidas a la misma época y al mismo marco de referencia ITRF, son compatibles en el nivel milimétrico.

El sistema SIRGAS mediante su origen, orientación y escala define al del datum geodésico SIRGAS, en base al elipsoide GRS80, cuyos parámetros

elipsoidales tanto geométricos como físicos se pueden ver en la tabla N° 2.5. (pp. 14-15)

Tabla N° 2.5: Parámetros elipsoidales del GRS80

Elipsoide GRS80		
<i>a</i>	Semieje Mayor	6378137 m
<i>f</i>	Achatamiento	1/298.257222101
<i>w</i>	Velocidad Angular de la Tierra	7292115×10^{-11} rad/seg
<i>GM</i>	Constante Gravitacional de la Tierra incluida la atmósfera.	$0.3986005 \times 10^8 \text{m}^3/\text{s}^2$

Fuente: Andrea Galudht Santa Cruz Jaramillo (2010).

– Realizaciones SIRGAS

La primera realización de SIRGAS (SIRGAS95) corresponde al ITRF94, época 1995.4 y está dado por una red de GPS de alta precisión con 58 estaciones distribuidas sobre América del Sur (ver figura N° 2.27). Esta red fue reocupada en el año 2000, extendiéndose a los países del Caribe, de Centro y Norte América. Por esta razón, el significado original del acrónimo SIRGAS (Sistema de Referencia Geocéntrico para América del Sur) cambió a Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas.

Las mediciones fueron procesadas independientemente por el Deutsches Geodatisches Forschungsinstitut – DGFI y la NGA. DGFI utilizó el software Bernese, v. 3.4 con algunas modificaciones implementadas por ese Instituto, mientras que NGA trabajó con el software GIPSY/OASIS II, (SIRGAS95, 2009).

La red geodésica actual del Ecuador está referida al ITRF94, época de referencia 1995.4, ya que el IGM enlazó esta Red a la Red Continental SIRGAS.

La segunda realización SIRGAS (SIRGAS2000), corresponde al ITRF2000, época 2004.0 el cual incluye las estaciones SIRGAS 95, los mareógrafos de referencia de América del Sur y algunos puntos fronterizos que permiten la

conexión directa entre redes de nivelación vecinas.

Sirgas 2000 contiene 184 estaciones distribuidas en Norte, Centro y Sur América, (ver figura N° 2.28). Esta red fue calculada por tres centros de procesamiento: El DGFI, el Instituto Brasileiro de Geografía e Estatística – IBGE, y el Bayerische Kommission für die Internationale Erdmessung – BEK. El DGFI y el IBGE utilizaron el software Bernese, v. 4.0, mientras que BEK trabajó con el software GIPSY/OASISII, (SIRGAS00, 2009).

La tercera realización, es la red SIRGAS de operación continua (SIRGAS-CON). Actualmente está compuesta por más de 200 estaciones GNSS, de funcionamiento permanente, de las cuales 48 pertenecen a la red global del IGS, (ver figura N° 2.29).

La operabilidad de SIRGAS-CON se fundamenta en la contribución voluntaria de más de 50 entidades latinoamericanas, que han instalado las estaciones y se ocupan de su operación adecuada para, posteriormente, poner a disposición de los centros de análisis la información observada. Esta realización es calculada semanalmente por los centros de procesamiento y combinación de SIRGAS. Las coordenadas y velocidades finales de las estaciones SIRGAS-CON son puestas a disposición de los usuarios por el IGS-RNAAC-SIR, el cual opera en el DGFI. Las soluciones semanales fijas para la red SIRGAS-CON se refieren a la época de observación y al ITRF vigente, en la actualidad al IGS05, una realización del ITRF2005.

Las diferentes realizaciones de SIRGAS, reducidas a la misma época de referencia, son compatibles en el nivel del milímetro, (SIRGAS, 2009). (pp. 15-16)

– **World Geodetic System 1984 – WGS84**

Es un sistema de referencia creado por el Departamento de Defensa de Estados Unidos el cual tiene por objetivo servir de base a las técnicas modernas de posicionamiento global como el GPS. Al estar orientado según los parámetros IERS es compatible con el ITRF, quiere decir que el elipsoide de referencia WGS84 (ver tabla N° 2.6) posee casi los mismos parámetros del sistema de referencia geocéntrico SIRGAS, cuyo elipsoide es el GRS80; por

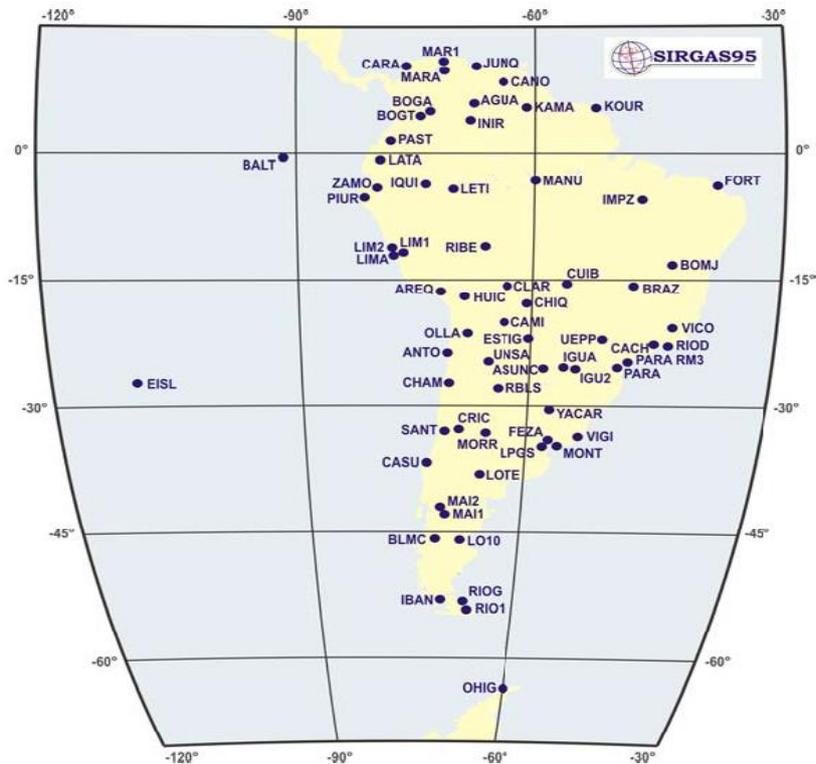
lo tanto, se asume en la práctica que las coordenadas del WGS84 y las de SIRGAS son iguales. (pp. 18-19)

Tabla N^o 2.6: Parámetros Elipsoidales del WGS84

Elipsoide WGS84		
a	Semieje Mayor	6378137 m
f	Achatamiento	1/298.257223563
w	Velocidad Angular de la Tierra	7292115×10^{-11} rad/seg
GM	Constante Gravitacional de la Tierra incluida la atmósfera	$0.3986004418 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{s}^2$

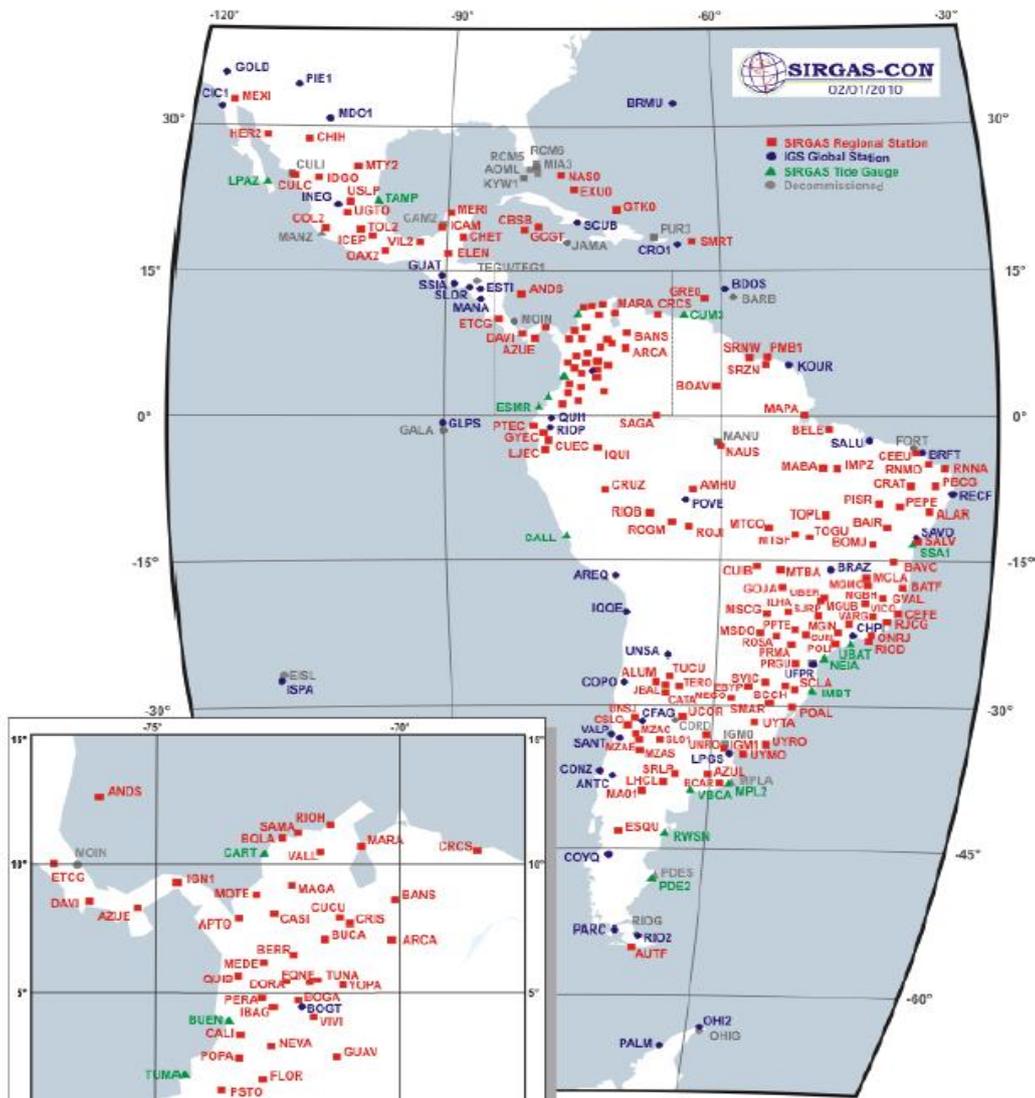
Fuente: Andrea Galudht Santa Cruz Jaramillo (2010).

Figura N^o 2.27: Ubicación de las estaciones SIRGAS95



Fuente: Andrea Galudht Santa Cruz Jaramillo (2010).

Figura N° 2.29: Ubicación de las estaciones SIRGAS-CON



Fuente: Andrea Galudht Santa Cruz Jaramillo (2010).

– Transformación entre épocas y Sistemas

- Transformación entre Epocas de Referencia

Es el traslado de las coordenadas de referencia desde la época de definición a la época de observación del ITRF o viceversa. Por ejemplo, se tienen coordenadas cuya época de rastreo o de observación ti es 2010.0 y deben trasladarse a la época to asociada a SIRGAS95 (1995.4). Dicho traslado o cambio de época se hace mediante las ecuaciones siguientes:

$$X(t_o) = X(t_i) + X(t_o - t_i) * V_x$$

$$Y(t_o) = Y(t_i) + Y(t_o - t_i) * V_y$$

$$Z(t_o) = Z(t_i) + Z(t_o - t_i) * V_z$$

Siendo las $X(t_o)$, $Y(t_o)$, $Z(t_o)$ las coordenadas en la época deseada $X(t_i)$, $Y(t_i)$, $Z(t_i)$ las coordenadas en la época de referencia, $(t_o - t_i)$ el intervalo de tiempo transcurrido entre la realización del sistema de referencia y el levantamiento GNSS y V_x , V_y , V_z las velocidades de la estación de referencia.

Las velocidades que serán utilizadas para la transformación deben tomarse de las soluciones multi anuales de la red SIRGAS-CON generadas por el IGS-RNAAC-SIR. Si la estación de referencia no está incluida en dichas soluciones, V_x , V_y , V_z pueden tomarse del modelo VEMOS09. (p. 19)

- **Modelo de Helmert**

El modelo matemático de transformación de semejanza en espacio tridimensional, Isogonal, Conforme o de Helmert, expresa la relación entre dos sistemas de referencia por medio de tres traslaciones, tres rotaciones y un factor de escala²⁷.

De acuerdo a la figura N° 2.30, los dos sistemas de referencia (SIRGAS95 y PSAD56), para cualquier punto P del terreno, están relacionados espacialmente por:

OsP Vector de posición del punto P en el sistema de referencia cartesiano (**Xs, Ys, Zs**);

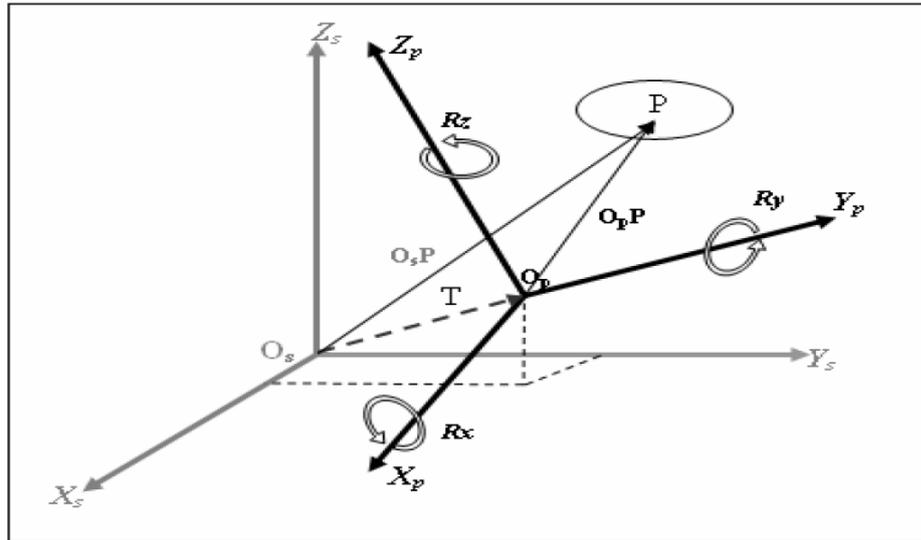
OpP Vector de posición del punto P en el sistema de referencia cartesiano (**Xp, Yp, Zp**);

T Vector de traslación **Tx, Ty, Tz** que va desde el origen del sistema de referencia cartesiano (**Os**) hasta el origen de otro sistema de referencia cartesiano (**Op**). (p.20)

R_x, R_y, R_z Rotaciones del sistema de referencia (**X_p, Y_p, Z_p**);

k Factor de escala, que es igual a **(1+δ)**.

Figura N° 2.30: Relación entre Sistemas de Referencia SIRGAS95 y PSAD56



Fuente: Andrea Galudht Santa Cruz Jaramillo (2010).

La ecuación siguiente expresa matricialmente el modelo matemático de Helmert, que se utiliza para transformaciones de un Sistema de Referencia Clásico como PSAD56 a un Sistema Geocéntrico como SIRGAS95. Se puede realizar la transformación contraria o viceversa de los sistemas de, invirtiendo los signos de la ecuación, ya que la transformación de semejanza en espacio tridimensional es en doble sentido.

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_s = \begin{bmatrix} T_x \\ T_y \\ T_z \end{bmatrix} + (1 + \delta) \cdot \begin{bmatrix} 1 & R_z & -R_y \\ -R_z & 1 & R_x \\ R_y & -R_x & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_p$$

Donde:

$[X, Y, Z]_s^t$ es el vector de coordenadas calculadas al Sistema SIRGAS95;

$[T_x, T_y, T_z]^t$ es el vector de los parámetros de Traslación;

$(1 + \delta)$ Factor de escala;

R_x, R_y, R_z son los parámetros de Rotación;

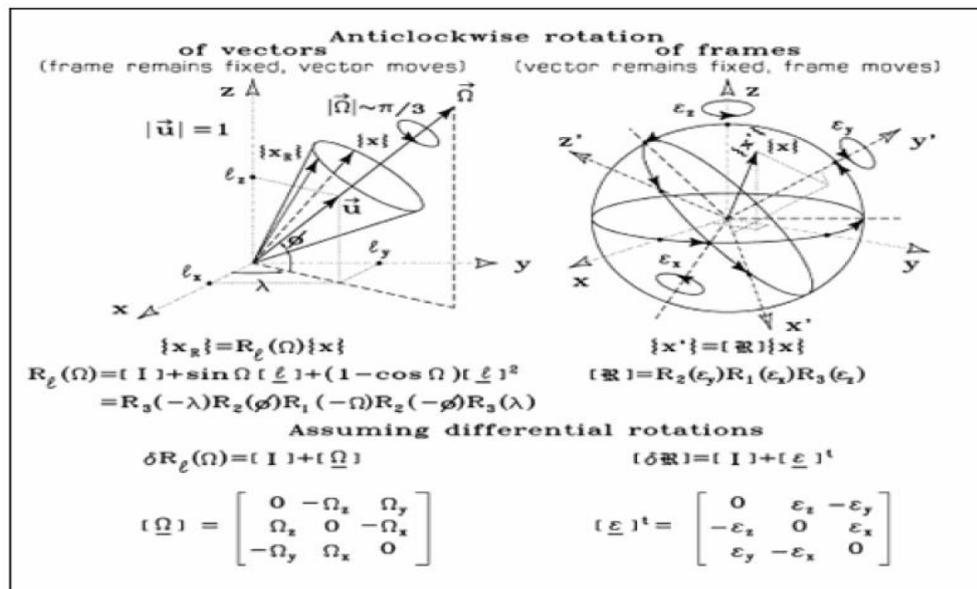
$[X, Y, Z]_p^t$ es el vector de coordenadas en PSAD56.

Se debe tener en cuenta que, de la ecuación antes indicada la matriz de

rotación ortogonal formada con los parámetros de rotación se basa en la ley de “la Mano Derecha”, en la cual el sistema no es fijo en el espacio sino los vectores que se encuentran dentro del mismo.

Además, todas las rotaciones antihorarias son asumidas como positivas, ver la parte derecha de la figura N° 2.31 (Soler y Marshall, 2002). (p.21)

Figura N° 2.31: Matrices de rotación antihoraria para vectores y para macros



Fuente: Andrea Galudht Santa Cruz Jaramillo (2010).

CAPITULO III

3 MARCO CONCEPTUAL E INSTITUCIONAL

3.1 MARCO CONCEPTUAL

3.1.1 El Catastro

Se consideró para efectos del catastro rural en el que señala Gutiérrez, B., (2001), lo siguiente:

El catastro rural en el Perú, surge como parte del proceso de la Reforma Agraria, aplicada a partir de 1969, que en un principio se realizó con finalidad fiscal, para hacer un inventario de la tenencia de tierras afectadas y expropiadas (Decreto Ley N° 17371 del 14 de enero de 1969).

Bajo los lineamientos del Ministerio de Agricultura (Direcciones Regionales), actualmente el catastro rural es esencialmente jurídico y abarca los predios de particulares, y aquellos que son de dominio del Estado. (p. 30)

Período 1969 a 1990

El carácter administrativo del primer catastro rural nacional permitió llevar a cabo la ejecución de la reforma agraria, al promulgarse el Decreto Ley N° 17716, en 1969, proceso que modificó la estructura de la tenencia de tierras en el país.

Este catastro levantado con base en la información de campo, obtenida con simple declaración del ocupante, originó inseguridad e inexactitud en la constatación de linderos, y en los datos consignados en las fichas catastrales. La legislación vigente determinaba que el establecimiento o las modificaciones a los derechos de la propiedad no estaban sujetas a la información catastral. (p. 30)

Asimismo, se puede señalar lo mencionado por Erba, D. (2008):

Años más tarde, más específicamente el 24 de junio de 1969, se promulgó el Decreto Ley N° 17716, el cual altera drásticamente las condiciones jurídicas y económicas sobre la propiedad y la conducción de la tierra en el país. Con el lema de “la tierra es de quien la trabaja”,

el gobierno expropió grandes extensiones dando la propiedad a los trabajadores, aunque bajo ciertas restricciones. A partir de ahí, las tierras en el Perú ya no serían de unos cientos sino de muchos.

Una característica de la reforma agraria peruana implementada durante el gobierno militar fue que mantuvo el tamaño de muchas de las unidades agrarias preexistentes (haciendas) bajo nuevas formas de producción asociativa. Las formas más usadas fueron las Cooperativas Agrarias de Producción y posteriormente de servicio en la costa, y las Sociedades Agrícolas de Interés Social, en las zonas ganaderas de la sierra.

Con el retorno del régimen democrático en el país, una de las medidas del nuevo gobierno fue buscar una mayor liberalización del sector agrario, especialmente respecto al régimen de propiedad. Cabe señalar que el segundo gobierno de Belaunde debía basarse en la Constitución de 1979, la cual consolidó jurídicamente la reforma agraria.

El Decreto Ley N° 02 de 1980, conocido como Ley de Promoción y Desarrollo Agrario, dio libertad de los miembros de las empresas asociativas para elegir el modelo empresarial que mejor les conviniera. Este cambio, aparentemente inocuo, implicó un verdadero sismo en todo el sistema restricciones previamente existentes en la medida que, en práctica, implicaba que las empresas asociativas pudieran ser disueltas y por ende perdieran su condición de persona jurídica y titulares de las tierras, para transferirlas a sus antiguos socios en forma individual.

La Ley de Promoción de las Inversiones en el Sector Agrario (Decreto Ley N° 653 de 1991) derogó formalmente la Ley de Reforma Agraria y trasladó gran parte de los temas de propiedad al Código Civil. El dispositivo intentó eliminar las restricciones a la conducción directa declarando que “el dominio y conducción de la propiedad agraria pueden ser ejercidos por cualquier persona natural o jurídica en igualdad de condiciones y sin más limitaciones que las establecidas en esa ley y en la Constitución” (Art. 5). Esta disposición, sin embargo,

no resulta coherente con la Constitución de 1979 que excluía a las sociedades mercantiles de la propiedad de la tierra y consagraba el principio de la conducción directa.

3.1.2 Componentes del Catastro

El catastro consta de planos catastrales y padrón catastral. Los planos catastrales suministran información gráfica georeferenciada sobre linderos, ubicaciones y superficies de los predios, el padrón catastral contiene información referente a la condición jurídica del predio y así también el nombre del conductor (poseionario y/o propietario del predio).

Se consideró en este punto como antecedente lo señalado por Gutiérrez, B., (2001), tal como sigue:

Período de 1992 a 1996

Mediante la Octava Disposición Complementaria del Decreto Ley N° 25902, Ley Orgánica del Ministerio de Agricultura, se creó el Proyecto Especial de Titulación de Tierras y Catastro Rural, denominado PETT, con el objetivo de titular y/o perfeccionar (sanear) la titulación, para lograr la inscripción registral de todos los predios rurales adjudicados en aplicación del Decreto Ley N° 17716 y culminar con los procedimientos de adjudicación y titulación que habían quedado inconclusos. (pp. 30-31)

Asimismo, se puede precisar lo señalado por Erba, D. (2008):

El Proyecto Especial de Titulación de Tierras y Catastro Rural – PETT inició la actividad del catastro rural de acuerdo a las disposiciones del Decreto Supremo 057-92-AG y sus modificatorias: los Decretos Supremos 058-92-AG y 019-93-AG del Ministerio de Agricultura. Como fue apuntado, el PETT fue absorbido por COFOPRI.

En el catastro rural la unidad de registro es el predio, el cual se define como la superficie de terreno con continuidad física, dedicada a la explotación agrícola y/o pecuaria, de propiedad de una persona natural y jurídica la extensión territorial continua, dimensionada

geométricamente, deslindada respecto a otras parcelas catastrales o bienes del dominio y uso público que la limitan y que se encuentra individualizada. (p. 329)

Antes de la Ley N° 28294 que instauró el Sistema Integrado de Catastro y su vinculación con el Registro de Predios, no había en el Perú un ente normativo que regulase las actividades catastrales a nivel nacional. Hasta ese momento existían instituciones in interconexión nivel de coordinación, descentralizadas en diferentes ministerios, que realizaban diferentes catastros según el tipo de objeto de registro.

El Organismo de Formalización de la Propiedad Informal – COFOPRI adscrito al sector Vivienda efectúa entre otras actividades, el levantamiento, modernización, consolidación, conservación y actualización del catastro predial del país derivado de la formalización.

Hasta inicios de 2007 el Proyecto Especial de Titulación de Tierras – PETT desarrolló una intensa labor emitiendo las directivas técnico – legales de alcance nacional y regional necesarias para impulsar el proceso de catastro rural, titulación saneamiento legal y el catastro de predios rurales, pero el 21 de febrero de ese año ha sido absorbido por fusión a COFOPRI de acuerdo a las disposiciones del Decreto Supremo N° 005-2007-VIVIENDA, De esta forma COFOPRI asume la labor de formar y mantener el catastro rural del país, función que será traspasada gradualmente a las municipalidades.(p. 325)

Se consideró en este punto como antecedente lo señalado por Gutiérrez, B., (2001), tal como sigue:

Los Levantamientos Catastrales de Predios Rurales en el Perú

El 08 de mayo de 1996 el Perú, concreta el Contrato de Préstamo N° 906/OC-PERU con el BID (Banco Interamericano de Desarrollo), para la ejecución del Proyecto de Titulación y Registro de Tierras (PTRT). Actualmente se realizan mediante una Metodología creada y desarrollada por el PETT, que otorga carácter jurídico al catastro rural,

abarca desde la identificación física del predio, su ubicación en un plano georreferenciado, la documentación de los derechos de propiedad o de posesión y la inscripción en las secciones especiales de predios rurales de los registros Públicos en el ámbito nacional, y en el Registro Predial Urbano en el departamento de Lima. Esta metodología, se fundamenta básicamente en la ejecución de vuelos aerofotográficos por valles, foto identificación de predios y la restitución fotogramétrica, y su posterior digitación (Ver diagrama N° 1 Metodología basada en Aerofotografía). (p. 31)

En la tabla N° 3.1, se puede apreciar, los avances logrados hasta Julio del 2000, al respecto debemos manifestar, que la meta de los trabajos para el PETT, fue de 1 000 000, de predios titulados y registrados, sin embargo, durante el proceso de ejecución del trabajo, se encontró que la cantidad de predios rurales existentes superaba ampliamente el margen, motivo por el cual se reprogramó los trabajos para el período 2001 al 2004, denominado PTRT2. (p. 33)

Tabla N° 3.1: Cuadro General de Ejecución del Catastro Jurídico

Actividades	UnidadMedida	Programado	Ejecutado a Julio 2000	% De Avance
1.- Toma de Fotografías aéreas	ha	16'161.487	9'687.015	60
2.- Control terrestre (traslado de puntos)	Puntos	14,229	8,816	62
3.- Aerotriangulación espacial	Modelos	30,000	21,035	71
4.- Linderación y empadronamiento	Predios	1'100,000	1'947,757	177
5.- Restitución fotogramétrica	Predios	1'100,000	1'678,178	152
6.- Base de datos catastral	Predios	1'100,000	1'419,418	129
7.- Organización de expedientes	Exp.	1'100,000	1'199,773	109
8.- Emisión de Certificados Catastrales	Unidad	1'100,000	1'013,764	92
9.- Presentación de expedientes a RR.PP	Exp.	1'100,000	967,896	88

(*) Incluye trabajos por otros procedimientos

Fuente: Benjamin Gutierrez Leguia (2001).

3.2 MARCO INSTITUCIONAL

3.2.1 Filosofía de las Instituciones involucradas en el tema

– El Sistema Nacional de los Registros Públicos

Según el Plan Estratégico Institucional – PEI 2014 – 2017 de la Superintendencia Nacional de los Registros Públicos, señala:

Base legal, Ley N° 26366 que aprueba la "ley de Creación del Sistema Nacional y la Superintendencia Nacional de los Registros Públicos" del 14.OCT.1994, modificada por la ley N° 27755 "ley que Crea el Registro de Predios a cargo de la Superintendencia Nacional de los Registros Públicos" del 1S.JUN.2002.

Decreto Supremo N9012-2013-JUS, Reglamento de Organizaciones y Funciones de la Superintendencia Nacional de los Registros Públicos - SUNARP.

Ley N9 28411, ley General del Sistema Nacional de Presupuesto Público (Art. 7"). Decreto legislativo N9 728, ley de Fomento del Empleo y sus modificatorias, aprobado por Decreto Supremo N9 003-97-TR Texto Único Ordenado del Decreto legislativo N° 728.

Ley N° 27293 ley del Sistema Nacional de Inversión Pública, sus modificatorias y normas reglamentarias y complementarias. 9 6. Resolución Ministerial N° OOS3-2013-JUS, de fecha 06 de marzo de 2013, que aprueba el Plan Estratégico Sectorial Multianual (PESEM)2013-2017 del Sector Justicia. (p. 9)

– La Superintendencia Nacional de los Predios Públicos (SUNARP)

Es el ente rector del Sistema Nacional de los Registros Públicos.

La SUNARP, tiene por misión otorgar seguridad jurídica al ciudadano a través del registro y publicidad de derechos y titularidades, brindando servicios eficientes, transparentes y oportunos.

Asimismo, tiene por objeto dictar las políticas y normas técnico - administrativas de los Registros Públicos, estando encargada de planificar, organizar, normar, dirigir, coordinar y supervisar la inscripción y publicidad de

los actos y contratos en los Registros Públicos que integran el Sistema Nacional de los Registros Públicos. (p. 10)

Hasta 1987 se efectuaron inscripciones sin el apoyo de un órgano técnico que verificara la idoneidad de la información gráfica presentada, así como la posible existencia de superposiciones de áreas con predios ya inscritos, así como también la duplicidad de inscripción de un mismo predio.

Los órganos técnicos de los Registros Públicos.

En el año 1987 se creó en los Registros Públicos de Propiedad Inmueble la “Oficina de Catastro”, como órgano de apoyo a la labor registral, con la finalidad de evitar la doble inscripción de los predios y las superposiciones de áreas.

Desde su creación, se exige la presentación de planos perimétricos con determinadas características técnicas definidas para la inmatriculación y para la inscripción de modificaciones físicas de los predios.

En 1997 se comenzó con la confección del mosaico digital (base gráfica) de todos los predios inscritos.

– **El Organismo de Formalización de la Propiedad Informal (COFOPRI)**

Al respecto el Organismo de Formalización de la Propiedad Informal -COFOPRI- es una institución pública descentralizada del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, encargada de efectuar el saneamiento físico legal de posesiones informales y propiedades de entidades públicas y privadas a nivel nacional.

Marco legal: Ley N° 28923 “Ley que establece el Régimen Temporal Extraordinario de Formalización y Titulación de Predios Urbanos”. Decreto Supremo N° 008-2007-VIVIENDA “Reglamento de la Ley N° 28923, Ley que establece el Régimen Temporal Extraordinario de Formalización y Titulación de Predios Urbanos.

COFOPRI formaliza las posesiones informales generadas por ocupaciones producidas antes del 31 de diciembre de 2004.

– **El Instituto Nacional de Concesiones y Catastro Minero (INACC)**

Según lo indicado por Luna, H. y Remuzgo, A, (2005) precisan lo siguiente:

La Ley N° 26615 que entró en vigencia el 26 de mayo de 1996, creó en el Registro Público Minería el “Catastro Minero Nacional”. El objetivo de esta Ley fue permitir la coexistencia entre los derechos mineros solicitados antes y después del D.L. N° 708 en un solo sistema de coordenadas UTM (PSAD 56), lo cual permitirá determinar en el futuro la ubicación definitiva de las concesiones mineras para todos los efectos jurídicos.

La Ley N° 26615, otorga a las coordenadas UTM (PSAD56) de las concesiones mineras el carácter de definitivas. (p. 12)

La Ley N° 26821 “Ley Orgánica para el Aprovechamiento Sostenible de los Recursos Naturales”, desarrolla en un marco general la norma constitucional, definiendo que se entiende por recursos naturales y mencionando algunos de ellos, deja abierta la posibilidad de incorporar otros en la medida sean componentes de la naturaleza susceptibles de ser aprovechados por el ser humano para la satisfacción de sus necesidades y que tengan un valor actual o potencial en el mercado.

Esta ley orgánica regula de manera general la concesión, determinado el derecho de uso y disfrute del recurso natural concedido y la propiedad de los frutos y productos a extraerse, estableciendo su irrevocabilidad por el tiempo que han sido concedida, en tanto su titular cumpla las obligaciones que Ley orgánica o la legislación especial exijan para mantener su vigencia, contempla así mismo la definición de “aprovechamiento sostenible” para los recursos naturales renovables y no renovables.

Esta Ley Orgánica remite a que leyes especiales para cada recurso natural regulen su aprovechamiento sostenible y determinen el Sector competente para el otorgamiento de derechos sobre los mismos, mediante diversas modalidades, atendiendo a la propia naturaleza del recurso, asegurando conservar su dominio, en tanto no haya sido concedido por algún título a los particulares. (p. 6)

El Instituto Nacional de Concesiones y Catastro Minero – INACC, es un miembro integrante del SNIIP, que tiene a su cargo el Catastro Minero

Nacional conformado por concesiones mineras, de beneficio, labor general y transporte minero que otorga el Estado a los particulares; no realiza catastro de predios pues los derechos que otorga no conllevan ningún derecho sobre un predio.

El INACC actualmente cuenta con un plan piloto de integración de información catastral el cual reúne la información del INACC con la del IGN, INRENA, INC, Proyectos de irrigación a cargo de INADE, Ministerio de Defensa, etc, así como de otras áreas en las que por normas especiales se ha establecido expresamente restricciones a la actividad minera o a la extracción de recursos naturales no renovables.

Para este fin el Instituto Nacional de Concesiones y Catastro Minero, tal como se ha señalado en otro punto de la exposición, aprobó mediante Resolución Jefatural una Directiva en la que se especifican los requisitos de orden técnico y documental o normativo para hacer efectiva la integración de la información: para lo cual identifica un tipo de coordenadas UTM referidas al datum Provisional Sud Americano - PSAD56, utilizado para el Catastro Minero Nacional.

Esta directiva no altera ni interfiere el desarrollo de las funciones catastrales de las instituciones generadoras de la información que es relevante para nuestros fines, solamente regula el tratamiento que el INACC aplica a dicha información y señala los parámetros a los que dicha información deberá ajustarse para ser compatible con nuestra, permitiéndonos advertir la existencia, ubicación y extensión de las áreas restringidas a la actividad minera. (pp. 25-26)

CAPITULO IV

4 MARCO LEGAL

4.1 CONSTITUCION POLITICA DEL PERU

Según lo indicado en el portal del Ministerio de Agricultura en una de sus publicaciones acerca del “Diagnóstico de la titulación agraria en el Perú”, señala lo siguiente:

La Constitución Política del Perú de 1993, sirvió de contexto a la dación de la Ley N° 26505, Ley de Inversión Privada en el desarrollo de las actividades económicas en las tierras del territorio nacional y de las Comunidades Campesinas y Nativas promulgada con fecha 17 de julio de 1995, conocida mayoritariamente como "Ley de Tierras". Esta ley marcó un giro radical en la normatividad que rigió la vida del agro nacional desde los años de la reforma agraria, fundamentalmente por la eliminación de las restricciones que lo limitaban. Su objetivo fue alentar la inversión privada en el sector agrario, eliminando las restricciones que impedían a los inversionistas orientarse a la agricultura. Fue modificada por las Leyes N° 26570, 26597, 26681.

Posteriormente, con fecha 15 de agosto de 1996, se expidió el Decreto Legislativo N° 838, mediante el cual se facultó al Ministerio de Agricultura para que adjudique en forma gratuita los predios rústicos de libre disponibilidad del Estado, en zonas de economía deprimida, a partir de los 2000 metros sobre el nivel del mar; su reglamento fue aprobado por Decreto Supremo N° 018-98-AG. Esta norma estuvo vigente hasta el 31 de diciembre de 2000, actualmente se viene trabajando un proyecto de norma que regule el tratamiento legal de los predios rústicos en general”.

4.2 SISTEMA NACIONAL INTEGRADO DE CATASTRO

El Reglamento de la Ley que crea el Sistema Nacional Integrado de Catastro y su vinculación con el Registro de predios Ley N° 28294 (publicada su reglamento el 10 de febrero del 2006), en su disposición transitoria indica:

Primera.- Los predios catastrales a inscribirse, a partir de la vigencia del presente Reglamento, utilizarán el Sistema Geodésico oficial, establecido por el Instituto Geográfico Nacional (IGN) con base en el sistema de referencia geocéntrico para las Américas – SIRGAS, relacionado al Datum horizontal World Geodetic System 1984 – WGS84.

Los predios inscritos a partir de la vigencia del presente Reglamento, utilizarán el Sistema Geodésico Oficial, establecido por el IGN con base en el Sistema de referencia geocéntrico para las Américas – SIRGAS relacionado al Datum horizontal World Geodetic System 1984 – WGS84.

En el caso de predios que colindan con otros predios, cuyas coordenadas fueron referidas en el sistema geodésico con Datum horizontal PSAD56, presentarán sus planos catastrales con coordenadas referidas a los dos sistemas geodésicos. Datum horizontal WGS84 y PSAD56.

Las entidades generadoras de catastro que, a la fecha de la vigencia del presente Reglamento, tienen predios con coordenadas en el sistema geodésico con Datum horizontal PSAD56, inclusive los que se encuentran normados por disposiciones especiales, progresivamente convertirán las coordenadas al Sistema Geodésico con Datum Horizontal WGS84.

La implementación de un Sistema de información gráfica en las entidades generadoras de catastro será de manera progresiva; mientras tanto podrán hacer uso de otras tecnologías de procesamiento de información catastral.

4.3 EL INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL Y LA RESOLUCION JEFATURAL N° 086-2011-IGN/OAJ/DGC

El Instituto Geográfico Nacional mediante la Resolución Jefatural N° 086-2011-IGN/OAJ/DGC de fecha 03-05-2011 da por concluido el uso del sistema geodésico del PSAD 56, el cual se cita a continuación:

Que, de conformidad a la Ley N° 27292 y su Reglamento aprobado con Decreto Supremo N° 005 – DE/SG y el Decreto Supremo N° 034 – 2008 –

PCM que aprueba la Calificación de Organismos Públicos, el Instituto Geográfico Nacional, es un organismo público ejecutor del Sector Defensa, que tiene por finalidad fundamental, elaborar y actualizar la Cartografía Básica Oficial del Perú, proporcionando a las entidades públicas y privadas la cartografía que requieran para los fines del Desarrollo y la Defensa Nacional. Teniendo entre otras funciones; actuar como organismo competente del Estado para normar las actividades geográficas - cartográficas que se ejecutan en el ámbito nacional;

Que, la Ley N° 27658, Ley Marco de la Modernización de la Gestión del Estado, establece que el proceso de modernización de la gestión del Estado tiene como finalidad fundamental la obtención de mayores niveles de eficiencia del aparato estatal, de manera que se logre una mejor atención a la ciudadanía, priorizando y optimizando el uso de los recursos públicos, estableciendo como una de las principales líneas de acción la eliminación de duplicidad o superposición de competencias, funciones y atribuciones, así como la generación de una estructura orgánica en la que prevalezca el principio de especialidad; Que, en el Artículo Primero de la resolución del visto publicada en el Diario Oficial "El Peruano" el 26 de Marzo de 2006, se resolvió denominar **Sistema Geodésico Oficial**, al conjunto conformado por la Red Geodésico Horizontal Oficial y la Red Geodésica Vertical Oficial.

Que, en el Artículo Segundo se constituyó como **Red Geodésica Horizontal Oficial** a la Red Geodésica Geocéntrica Nacional (REGGEN), la misma que tiene como base el Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas (SIRGAS) sustentado en el Marco Internacional de Referencia Terrestre – International Terrestrial Reference Frame 1994 (ITRF94) del International Earth Rotation Service (IERS) para la época 1995.4 y relacionado con el elipsoide del Sistema de Referencia Geodésico 1980 – Geodetic Reference System 1980 (GRS80). La Red Geodésica Geocéntrica Nacional está conformada por los hitos o señales de orden "O", "A", "B" y "C", distribuidos dentro del ámbito del Territorio Nacional, los mismos que constituyen 2 bienes del Estado. Para efectos prácticos como elipsoide puede ser utilizado el World Geodetic System 1984 (WGS84);

Que, en el Artículo Cuarto se estableció que las redes geodésicas de las entidades públicas y privadas que se establezcan con fines específicos, tendrán que estar referidas al Sistema Geodésico Oficial, siendo requisito para su uso la validación por el Instituto Geográfico Nacional; Que, asimismo, en el Artículo Sexto se dispuso que las entidades que se encontrasen realizando levantamientos geodésicos o topográficos que no tienen como base el Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas (SIRGAS) de manera progresiva convertirán su marco de referencia a lo establecido, a fin de lograr la implementación de una única Red Geodésica Horizontal Oficial, por lo que dado al tiempo transcurrido es necesario dar por concluido el periodo de conversión al sistema en mención;

Que, la **Red Geodésica Horizontal Nacional Clásica**, implementada en Perú hasta el año de 1980, mediante mediciones astronómicas y estructuradas en redes de triangulación de primer, segundo, tercer y cuarto orden, sobre la base del sistema local geodésico, el Provisional Sudamericano 1956 – PSAD56, a la fecha ya no es compatible con los niveles de precisión actuales y conociéndose que sus monumentos se encuentran destruidos y/o deteriorados no es posible su recuperación como tampoco la obtención de parámetros de transformación para escalas mayores a 1/15,000.

Que, en 1995 se implementa la **Red Geodésica Geocéntrica Nacional** (REGGEN), con base en el Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas (SIRGAS) sustentado en el Marco Internacional de Referencia Terrestre 1994 - International Terrestrial Reference Frame 1994 (ITRF 94) del International Earth Rotation Service (IERS) para la época 1995.4 y relacionado con el elipsoide del Sistema de Referencia Geodésico 1980 - Geodetic Referente System 1980 (GRS80), la que permite al país disponer de información confiable, acorde con los avances tecnológicos, compatibles con otros sistemas regionales y del mundo; y que además sirve de soporte para la información georreferenciada de sectores tan diversos como: Transporte, Interior, Agricultura, Energía y Minas, Vivienda, Ambiente, Turismo, Defensa, y en las actividades relacionadas con el Catastro entre otros.

Que, las recomendaciones emitidas por el SIRGAS en su reunión anual indican que para mejorar los sistemas de referencia nacionales es necesario

impulsar la instalación de Estaciones de Sistema Global de Navegación Satelital - GNSS de operación continúa, con el fin de mantener un control preciso y permanente de las deformaciones tectónicas y en relación a los monumentos o marcas físicas establecidas que constituyen la red pasiva, deben ser reemplazadas de ser el caso por estaciones de red activa y, cuando ello no sea posible, tales puntos deben ser reobservados luego de un evento sísmico a fin de actualizar el valor de sus coordenadas.

Que, en los últimos años la incidencia de movimientos sísmicos de diversa magnitud a nivel nacional, ha deteriorado la precisión de las coordenadas de los puntos anteriormente establecidos, no pudiéndose actualizar sus coordenadas en el marco de referencia ITRF 1994 época 1995.4 debido a la no existencia de estaciones GNSS de operación continua, asociados a ese marco de referencia.

Que, a la fecha la REGGEN ha sido densificada mediante el establecimiento de 4,955 puntos geodésicos y 45 estaciones GNSS de operación continua a nivel nacional, como parte del Proyecto de Consolidación de los Derechos de Propiedad Inmueble, en el Marco Internacional de Referencia Terrestre 2000 (ITRF-2000), época 2000.4.

Que, siendo la Cartografía Básica Oficial, la primera herramienta utilizada para todo tipo de estudios de inversión, proyectos de desarrollo y para la defensa nacional; y continuando con el proceso de modernización del Estado en materia cartográfica, es necesario modificar el Artículo Segundo y dar por concluido el período de conversión progresiva que se estableció en el Artículo Sexto de la resolución del visto.

De conformidad a lo dispuesto por la Ley N° 27292, la Ley N° 27658, el Decreto Supremo N° 005 – DE/SG y en uso de las atribuciones conferidas por la Resolución Suprema N° 378 – 2006 – DE/SG del 12 de septiembre de 2006.

RESUELVE:

- Dar por concluido el período de conversión progresivo establecido en el artículo sexto de la Resolución Jefatural N° 079 – 2006 – IGN/OAJ/DGC,

finiquitando por tanto, la vigencia y uso del sistema local geodésico Provisional Sudamericano 1956 – PSAD56.

- Constitúyase como **Red Geodésica Horizontal Oficial** a la Red Geodésica Geocéntrica Nacional (REGGEN), la misma que tiene como base el Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas (SIRGAS) sustentado en el Marco Internacional de Referencia Terrestre 2000 – International Terrestrial Reference Frame 2000 (ITRF2000) del International Earth Rotation Service (IERS) para la época 2000.4 relacionado con el elipsoide del Sistema de Referencia Geodésico 1980 – Geodetic Reference System 1980 (GRS80). La Red Geodésica Geocéntrica Nacional está conformada por las estaciones de monitoreo continuo y los hitos o señales de orden “0”, “A”, “B” y “C”, distribuidos dentro del ámbito del Territorio Nacional, los mismos que constituyen bienes del Estado. Para efectos prácticos como elipsoide puede ser utilizado además el World Geodetic System 1984 (WGS84).

En relación a este tema, es conveniente señalar lo indicado en el compendio de reglamentos y directivas de carácter registral, (2016), acerca de la Resolución N° 03-2008-SNCP/CNC del 28-08-2008, aprobó la directiva N° 01-2008-SNC/CNC de tolerancias catastrales y registrales publicada el 29-08-2008 (ver tabla N° 4.1).

Disposiciones:

- a. **Los rangos de tolerancias Catastrales Registrales;** son las siguientes:

Tabla N° 4.1: Tolerancias Catastrales para predios rurales

RANGO DE AREAS (ha)	TOLERANCIAS (%)
<i>Menor de 1.0 ha</i>	7.5 %
<i>De 1 a 5 ha</i>	6.3 %
<i>Mayor de 5 ha</i>	3.0 %

Fuente: sistema nacional integrado de catastro

b. Catastrales

- Cuando las mediciones catastrales efectuadas estén dentro del rango de tolerancias establecidas en la presente directiva, los datos catastrales previos no se modificarán a fin de no afectar propiedades de terceros.
- Cuando las mediciones establecidas catastrales exceden las tolerancias establecidas en la presente directiva, deberán ser rectificadas siguiendo los procedimientos de actualización y mantenimiento catastral vigente.

c. Registrales

- Cuando las diferencias de áreas estén dentro del rango de tolerancias establecidas en la presente directiva, no da mérito para extender el asiento de rectificación en la partida registral
- Cuando las mediciones de áreas de los predios exceden las tolerancias establecidas en la presente directiva, deberán ser rectificadas conforme a los procedimientos vigentes. (pp. 106- 107)

4.4 NORMAS TÉCNICAS PARA LEVANTAMIENTOS GEODÉSICOS

4.4.1 Aspectos Generales

De la información obtenida se debe señalar que las especificaciones técnicas se han tomado del Proyecto de Normas Técnicas de Levantamientos Geodésicos del Instituto Geográfico Nacional Dirección de Geodesia (2005), en el que se precisa lo siguiente:

El presente marco de especificaciones técnicas para levantamientos geodésicos tiene el propósito de servir como referencia normativa para la evaluación de trabajos y levantamientos existentes, así como para regular los que se hagan en el futuro, el cual permitirá la estandarización de los levantamientos geodésicos que se efectúen dentro del territorio nacional.

Para que un levantamiento sea considerado como geodésico deberá tener en cuenta los efectos de curvatura terrestre y ejecutarse con instrumentos y procedimientos que permitan una precisión interna compatible con las especificaciones de precisión interna compatible con las especificaciones de precisión que en este documento se consignan, de modo que cada punto de levantamiento quede inequívocamente determinado por los parámetros que le correspondan, de conformidad con el tipo de levantamiento y relacionado a un determinado sistema de referencia.

Considerase el Nivel Medio del Mar (NMM) como el referencial altimétrico y los puntos de orden cero como referencias horizontales.

Para los efectos de estas normas técnicas, se consideran los tipos de levantamientos geodésicos siguientes:

- **Levantamientos Geodésicos Horizontales;** son aquellos que comprenden el conjunto de mediciones efectuadas en el campo, con el objetivo de determinar las coordenadas geográficas (geodésicas) horizontales de puntos situados sobre la superficie terrestre.
- **Levantamientos Geodésicos Verticales;** comprende el conjunto de operaciones de campo dirigidas a determinar la distancia vertical que existe entre puntos situados sobre la superficie terrestre y un nivel de referencia.
- Se entiende por coordenadas geográficas indistintamente a las coordenadas geodésicas y astronómicas de un punto. Y por coordenadas geodésicas a los elementos que definen la posición de un punto sobre la superficie del elipsoide. Latitud y longitud geodésica, también llamadas coordenadas elipsoidales.

La ejecución de los anteriores tipos de levantamientos no es exclusiva; un mismo punto de la superficie terrestre puede ser objeto de los dos tipos, en tanto cumpla con las características requeridas a que se hace

referencia más adelante.

Todo punto perteneciente a un levantamiento geodésico horizontal, deberá estar referido al Marco de Referencia Terrestre Internacional 1994 (ITRF94) del Servicio Internacional de Rotación de la Tierra (IERS) con datos de la época 1995.4, que es el nuevo Sistema Geodésico de Referencia oficial del Perú.

Para efectos del punto anterior, las coordenadas cartesianas ITRF94 Epoca 1995.4 se deben transformar a coordenadas geodésicas curvilíneas (latitud, longitud y altura elipsoidal) utilizando el elipsoide World Geodetic System 1984 (WGS-84), considerado prácticamente idéntico al elipsoide del Sistema Geodésico de Referencia 1980 (GRS 80), y que es definido por los siguientes parámetros (ver tabla N° 4.2):

Tabla N° 4.2: Constantes geométricas derivadas

Semieje Mayor	A	6 378 137 m
Velocidad Angular de la Tierra	W	$7\,292\,115 \times 10^{-11}$ rad/seg
Constante Gravitacional Terrestre	GM	$3\,986\,005 \times 10^8$ m ³ /seg ²
Coeficiente armónico zonal de 2º grado del geopotencial	J ₂	$C_{2,0}=484.16685 \times 10^{-6}$

Semieje Menor	B	6 356 752.300 m
Primera Excentricidad al Cuadrado	e ²	0.0006 694 379 990 13
Segunda Excentricidad al Cuadrado	e' ²	0.006 739 496 775 48
Achatamiento	F	0.003 352 810 664 74
Recíproco del Achatamiento	f ⁻¹	298.257 222

Fuente: Instituto Geográfico Nacional Dirección de Geodesia (2005).

Para efectos de transformación de coordenadas de WGS 84 a PSAD-56 son empleados los siguientes parámetros

$$\Delta X = 303.55$$

$$\Delta Y = -265.41$$

$$\Delta Z = 358.42$$

Se define como **Red Geodésica Nacional** al conjunto de puntos situados sobre el terreno, dentro del ámbito del territorio nacional, establecidos físicamente mediante marcas permanentes, sobre los cuales se han realizado medidas directas y de apoyo de parámetros físicos, que permiten su interrelación y la determinación de su posición geográfica y cota.

La altura de todo punto perteneciente a un levantamiento geodésico vertical, deberá estar referido a un Dátum o nivel de referencia vertical obtenido mediante una serie de observaciones mareográficas que cubran un período no menor de seis meses en forma continua.

Para efectos prácticos, se consideran los siguientes tipos de redes geodésicas: la Red Geodésica Horizontal y la Red Geodésica Vertical.

Todo levantamiento geodésico deberá formar parte de la Red Geodésica Nacional, dentro de la modalidad que corresponda, de acuerdo con las normas de precisión descritas en el presente manual. (pp.5-7).

4.5 ETAPAS DE LOS LEVANTAMIENTOS

Las especificaciones técnicas se han tomado del Proyecto de Normas Técnicas de Levantamientos Geodésicos del Instituto Geográfico Nacional Dirección de Geodesia (2005), todo levantamiento geodésico contempla las etapas siguientes:

4.5.1 Planeamiento:

La etapa del planeamiento consistirá en el establecimiento de las condiciones geométricas, técnicas, económicas y de factibilidad que permitan la elaboración de un anteproyecto para realizar un levantamiento dado, destinado a satisfacer una determinada necesidad. Esta etapa está ligada con la pre-evaluación, la cual deberá tener en cuenta factores de precisión requerida, disponibilidad de equipo, materiales, personal y demás facilidades, o sus requerimientos, incluyendo la consideración de factores ambientales previstos, de modo que sea posible hacer un planeamiento óptimo y establecer las normas y procedimientos específicos del levantamiento de acuerdo a las normas contenidas en este documento o las requeridas en casos específicos o especiales.

4.5.2 Reconocimiento y Monumentación

El reconocimiento y la monumentación consistirán en operaciones de campo destinado a verificar sobre el terreno las características definidas por el planeamiento y a establecer las condiciones y modalidades no previstas por el mismo. Las operaciones que en este punto se indican deben desembocar necesariamente en la elaboración del proyecto definitivo. Por otra parte, esta etapa contempla el establecimiento físico de las marcas o monumentos del caso en los puntos pre-establecidos, de acuerdo con las normas generales.

4.5.3 Trabajos de Campo

Los trabajos de campo estarán constituidos por el conjunto de observaciones que se realizan directamente sobre el terreno para realizar las mediciones requeridas por el proyecto, de acuerdo con las normas aplicables. Los cálculos y comprobaciones de campo se considerarán como parte integral de las observaciones, deberán hacerse inmediatamente al final de las mismas. Tendrán como propósito verificar la adherencia de los trabajos a las normas establecidas.

4.5.4 Cálculos de gabinete (y ajuste en su caso),

Los cálculos de gabinete procederán inmediatamente a la etapa anterior y estarán constituidos por todas aquellas operaciones que en forma ordenada y sistemática, calculan las correcciones y reducciones a las cantidades observadas y determinan los 9 parámetros de interés mediante el empleo de criterios y fórmulas apropiadas que garanticen la exactitud requerida. El ajuste o compensación deberá seguir, cuando sea aplicable, al cálculo de gabinete. En este documento no se tratará esta etapa, en consideración a la alta variedad de métodos a los que se puede recurrir.

4.5.5 Evaluación

La evaluación consistirá en llevar a cabo un análisis detallado de los resultados del cálculo y ajuste, con el fin de juzgar la bondad del levantamiento y retroalimentar el diseño.

4.5.6 Memoria de los trabajos.

Al final de cada trabajo se deberá elaborar una memoria que contenga los datos relevantes del levantamiento, incluyendo antecedentes, justificación, propósito, criterios de diseño, personal, instrumental y equipo usados, normas, especificaciones y metodologías particulares empleadas, relación de los trabajos de campo con mención de las circunstancias que puedan haber influido en el desarrollo de los trabajos, información gráfica, según formato que son parte de las presentes normas técnicas, que muestre su ubicación, descripciones definitivas de los puntos, resultados de los cálculos y ajustes en forma de listados de parámetros finales y comentarios según los resultados de la evaluación.(pp. 8-9)

4.6 RECONOCIMIENTO

Para realizar el reconocimiento, se contará con brigadas cuyas responsabilidades serán:

- a) Seleccionar en el terreno los sitios adecuados para el establecimiento de las marcas permanentes.
- b) Comprobar las condiciones de observación en cada sitio.
- c) Establecer las marcas permanentes (excepto cuando se pueda contar con una brigada específica de monumentación), de acuerdo con las normas indicadas.
- d) Elaborar croquis, descripciones e itinerarios preliminares de los puntos. El jefe de la brigada de reconocimiento deberá elaborar un croquis general orientado de cada punto y redactar una descripción preliminar que contenga como mínimo la designación del punto, e información sobre las características geográficas locales del sitio y del paisaje circundante, haciendo énfasis sobre los aspectos de ubicación regional y direcciones para llegar al sitio. Deberá asimismo contener las condiciones previstas para las observaciones, especificaciones (en su caso) para la monumentación y/o plataformas de observación, o descripción de las marcas establecidas.
- e) Recabar todo tipo de información que pueda afectar el desarrollo de los trabajos de observación.
- f) Concretar el proyecto definitivo para el levantamiento de campo, con base en los puntos (a) y (e) anteriores. (p.10)

4.7 MONUMENTACIÓN

El establecimiento físico de las marcas puede ser ejecutado por las brigadas de reconocimiento, o en su defecto, por una brigada específica de monumentación, siguiendo las normas generales que se indican a continuación:

1. Todo punto de la Red Geodésica deberá estar materializado en el terreno mediante el establecimiento de marcas de concreto, de tal modo que asegure razonablemente su permanencia y estabilidad.
2. En relación con la permanencia de las marcas, se deberá ejercer el criterio de construirlos con la solidez que las circunstancias locales

aconsejen en función de las posibilidades de pérdida o destrucción, para lo cual se deberá prever el recurso de ocultarlos y construir marcas subterráneas y marcas de referencia, con características similares, que permitan la recuperación inequívoca de la marca principal.

3. Respecto a la estabilidad de las marcas, se deberán tener en cuenta para su establecimiento las características geológicas locales, del suelo y las condiciones ambientales, a fin de asegurar su permanencia por un periodo de tiempo prolongado.
4. Se aceptarán como marcas los de metal empotrada en roca firme de concreto, preferiblemente reforzados tal que resulte difícil su extracción del terreno, llevándolos a una profundidad tal que descansen sobre el lecho firme del subsuelo y en el caso de levantamientos horizontales, de modo que contengan una marca subterránea alineada verticalmente con la marca de superficie. Se aceptarán también como marcas los contruidos sobre terrenos poco firmes de espesores apreciables, cuando sea posible integrar un elemento metálico en forma de tubo o varilla que atravesando verticalmente la formación pueda llegar hasta el lecho firme del terreno.
5. Toda marca que pertenezca a la Red Geodésica Vertical (Estaciones de nivel mareográficos o de enlace entre líneas) deberán contar además con un mínimo de (02) dos marcas de referencia situadas a menos de 30 metros de la marca principal, así como una marca de azimut a una distancia no menor de 400 metros referenciados a el por dirección y diferencia de nivel.
6. Toda marca deberá llevar en su parte superior una inscripción que lo identifique, preferiblemente mediante una placa metálica grabada y empotrada. La inscripción deberá contener al menos indicación del organismo que estableció la marca, fecha, tipo de levantamiento, designación y un punto en el centro que señale el sitio preciso en que se hacen las medidas (ver figura N° 4.1).

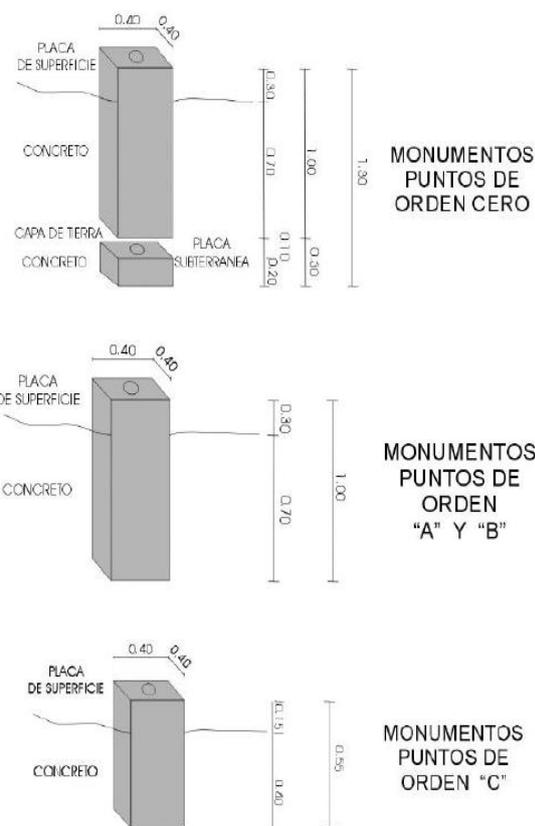
7. La brigada de monumentación tendrá como tarea adicional, si es necesario, la construcción de las plataformas de observación requeridas, de acuerdo con lo que especifique la brigada de reconocimiento.
8. Toda la plataforma de observación distinta a los trípodes normales deberá construirse de acuerdo con las especificaciones que se indiquen y ser de un diseño tal que asegure la estabilidad de los instrumentos empleados para las mediciones. Como regla general, se deberán utilizar materiales livianos, resistentes e indeformables, firmemente fijados en el terreno, de modo que al construir la plataforma se asegure que no habrá contacto directo entre el observador y la misma (ver figura N° 4.2).
9. Son indicadas en el presente manual modelos que deberán ser empleados para la monumentación de los puntos en función al orden de los mismos.
10. Para efectos de monumentación de puntos de orden C en función al lugar elegido las placas pueden ser incrustadas en la loza existente. (pp.11-13)

Figura N° 4.1: Diseño de la inscripción en la placa de bronce empleada para señalar el punto colocado.



Fuente: Instituto Geográfico Nacional Dirección de Geodesia (2005).

Figura N° 4.2: Diseño del Monumento de concreto establecido según el orden del punto



Fuente: Instituto Geográfico Nacional Dirección de Geodesia (2005).

4.8 TRABAJOS DE CAMPO

Las brigadas de campo deberán seguir estrictamente los lineamientos especificados en el proyecto definitivo y no apartarse de él, excepto en los casos en que exista una autorización expresa del jefe de Proyecto.

1. El instrumento destinado a las observaciones de campo será especificado en el planeamiento y las brigadas de observación cuidarán que su transporte, manejo y condiciones de operación sean observadas de acuerdo con las indicaciones del fabricante y la práctica normal seguida en estos casos.
2. Los instrumentos que se empleen deberán cumplir con los requisitos generales según el tipo de levantamiento y el grado de precisión requerido. Los instrumentos básicos, para levantamientos geodésicos horizontales serán, teodolitos direccionales con graduación al 0.1" o 0.2"

y distanciómetros electrónicos con precisión menor a 2.0 cm, más 1/100 000 de la distancia medida; los levantamientos horizontales que incluyen la dimensión vertical, los sistemas de rastreo de satélites, y para el caso del método inercial, los sistemas utilizados cumplirán con estas normas. Para levantamientos geodésicos verticales, se deberá emplear niveles de precisión, que en el caso de primer orden tengan una calidad óptica tal que permita la repetición de las lecturas dentro de 0.2 mm sobre una mira geodésica a una distancia de 50 m en condiciones atmosféricas normales.

3. Con los instrumentos básicos indicados existen otros, así como equipo auxiliar, cuyo uso es complementario, ya sea como parte integral del instrumental o para la medida de cantidades específicas asociadas al levantamiento, entre las que se cuentan: diversos tipos de señales, trípodes, miras, psicrómetros, barómetros, niveles auxiliares, y otros, cuyas características deben ser compatibles con el instrumental básico y el tipo de levantamiento.
4. Todo instrumento, al inicio y al final de las mediciones deberá ser verificado y ajustado para asegurar que se han conservado las relaciones geométricas entre los diversos componentes y las condiciones de operación durante el período de medición. Para esto se deberán observar los lineamientos especificados al respecto en el manual del fabricante.
5. Los instrumentos asimismo requerirán de un mantenimiento periódico de acuerdo con lo especificado por el fabricante, el cual deberá ser estrictamente observado, llevando un registro permanente de dicho mantenimiento.
6. Las observaciones se harán durante el tiempo y en los períodos que se especifiquen para cada caso, evitando las medidas en condiciones meteorológicas extremas y en todo caso no más allá de los límites de operación especificados por el fabricante de los instrumentos.
7. Será responsabilidad de las brigadas de campo la elaboración de las descripciones definitivas cuando se ocupen los puntos por primera vez, y

de las notas de recuperación en las visitas posteriores, de acuerdo con los lineamientos que se especifican a continuación. (pp.14-15)

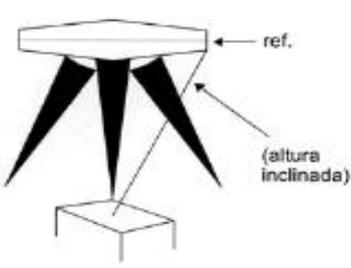
4.9 DESCRIPCIÓN DE PUNTOS

Todo punto que pertenezca a la red geodésica deberá contar con una descripción escrita, la cual será elaborada por la brigada de campo que ocupe el punto por primera vez y que sustituirá a la descripción preliminar elaborada durante la etapa de reconocimiento.

1. La descripción definitiva deberá contener toda la información que permita localizar inequívocamente el punto y llegar a él con toda seguridad y sin mayores dificultades.
2. La descripción deberá contener en lugar preponderante la designación del punto, fecha de establecimiento, ubicación, organismo responsable y levantamiento específico al que pertenece.
3. La descripción del punto deberá estructurarse de modo que se vaya de lo general a lo particular para efectos de localización, principiando por el nivel de departamento, provincia, distrito, centro poblado, sin dejar de hacer mención de las características geográficas regionales, locales de los accidentes geográficos y culturales de importancia que se encuentren en la vecindad.
4. La descripción deberá indicar el itinerario para llegar al punto, especificando el sitio preciso de partida, que deberá ser bien conocido, las distancias y tiempos de recorrido, con mención del tipo de transporte, las vías de comunicación empleadas y su estado, incluyendo referencias de centros poblados o accidentes geográficos encontrados a en la ruta.
5. Se deberán describir las marcas, tanto la principal como las de referencia, cuando existan, indicando el carácter de los monumentos, las inscripciones que contengan y las medidas locales que se hayan hecho entre las marcas de referencia y el punto principal.

6. Se agregará la información relacionada con las condiciones encontradas para la observación, tales como las de intervisibilidad y necesidad de uso de plataformas elevadas (en su caso), así como datos complementarios, de interés para la supervivencia de las brigadas en relación con servicios, aprovisionamiento y otras facilidades, incluyendo los nombres de personas que puedan actuar como guías, en caso necesario y cuando la permanencia de la brigada sea por un tiempo prolongado.
7. La descripción deberá contener un espacio reservado a la anotación de las coordenadas y cota que correspondan según el tipo de levantamiento, incluyendo el orden de precisión alcanzados. Esta información se incorporará después de que se complete la etapa de evaluación final.
8. Se deberá agregar un croquis general de localización orientado al norte en el que se marquen claramente todos aquellos aspectos de información conducentes a la localización del punto y que muestren gráficamente los detalles más importantes consignados en el texto.
9. En visitas posteriores al punto, se deberá elaborar una nota de recuperación que indique la conformidad o no con los términos de la descripción. En este último caso, se deberán hacer las modificaciones pertinentes a fin de actualizar la descripción. De especial importancia será verificar el estado en que se encuentran los monumentos, a fin de proceder, en su caso, a su recuperación o reconstrucción.
10. En las figuras siguientes son presentados modelos de formatos empleados para realizar la adquisición de datos en los trabajos de campo (figura N° 4.3), formato empleado para recopilar los datos tomados en campo y la presentación de los resultados finales para el caso de levantamientos GPS (figura N° 4.4), formato empleado para describir el punto empleado y trabajos de nivelación (figura N° 4.5), formato empleado para describir el punto levantado. (pp. 16-17)

Figura N° 4.3: Diario de Observación GPS

LOGO DE LA EMPRESA	NOMBRE DE LA EMPRESA O INSTITUCION																				
Diario de Observación GPS																					
Proyecto _____																					
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; padding: 2px;"> Estación: Nombre Completo: _____ </td> <td style="width: 50%; padding: 2px;"> Identificación (4 letras): _____ </td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;"> Inscripción en el monumento: _____ </td> <td style="padding: 2px;"> Fecha: _____ </td> </tr> </table>		Estación: Nombre Completo: _____	Identificación (4 letras): _____	Inscripción en el monumento: _____	Fecha: _____																
Estación: Nombre Completo: _____	Identificación (4 letras): _____																				
Inscripción en el monumento: _____	Fecha: _____																				
Coordenadas Aproximadas: Latitud: ____° ____' ____" Longitud: ____° ____' ____" Altura: _____ m																					
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 30%;">Receptor / Antena</th> <th style="width: 15%;">Tipo</th> <th style="width: 30%;">Modelo</th> <th style="width: 25%;">Nro. Serie</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Receptor _____</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Antena _____</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="4">Software del Receptor (Versión): _____</td> </tr> <tr> <td colspan="4">Longitud del Cable Antena-Receptor: _____ m</td> </tr> </tbody> </table>		Receptor / Antena	Tipo	Modelo	Nro. Serie	Receptor _____				Antena _____				Software del Receptor (Versión): _____				Longitud del Cable Antena-Receptor: _____ m			
Receptor / Antena	Tipo	Modelo	Nro. Serie																		
Receptor _____																					
Antena _____																					
Software del Receptor (Versión): _____																					
Longitud del Cable Antena-Receptor: _____ m																					
Altura de la Antena sobre el monumento Punto de referencia: _____ <input type="checkbox"/> Vertical ó <input type="checkbox"/> Inclinada Antes de las Observaciones: _____ m Después de las Observaciones: _____ m Datos del Receptor: _____ m	Croquis de las medidas de la Antena (ejemplo) 																				
Observación: Nro. de la sesión del mismo día: _____ Intervalo de Medición: _____ seg. Elevación Mínima: _____ ° Hora de Inicio: _____ Hora de Término: _____ Operador / Institución: _____																					

Fuente: Instituto Geográfico Nacional Dirección de Geodesia (2005).

Figura N° 4.4: Descripción Monográfica

LOGO DE LA EMPRESA	NOMBRE DE LA EMPRESA O INSTITUCION		
DESCRIPCIÓN MONOGRAFICA			
NOMBRE	CODIGO	LOCALIDAD	ESTABLECIDA POR:
UBICACIÓN:		CARACTERÍSTICAS DE LA MARCA:	
LATITUD (S) WGS-84	LONGITUD (W) WGS-84	LATITUD (S) PSAD-56	LONGITUD (W) PSAD-56
NORTE (Y) WGS-84	ESTE (X) WGS-84	NORTE (Y) PSAD-56	ESTE (X) PSAD-56
ALTURA ELIPSOIDAL	ELEV. GEODAL (EGM-96)	ZONA UTM	ORDEN
CROQUIS TOPOGRÁFICO  CROQUIS		FOTOGRAFIA	
DESCRIPCIÓN:			
DESCRITA / RECUPERADA POR:	REVISADO:	JEFE PROYECTO:	FECHA:

Fuente: Instituto Geográfico Nacional Dirección de Geodesia (2005).

Figura N° 4.5: Descripción de Marca de Cota Fija (MCF)

<p>LOGO DE LA EMPRESA</p>		<p>NOMBRE DE LA EMPRESA O INSTITUCION</p>	
<p>DESCRIPCION DE MARCA DE COTA FIJA (MCF)</p>			
DEPARTAMENTO:	CARACTERISTICA DE LA MARGA:	CODIGO:	
PROVINCIA:	ESTABLECIDA POR:	ALTITUD (M)	
LÍNEA:	CÓDIGO DE HOJA:	ORDEN:	
TRAMO:	ESTAMPADO:	DATUM: N.M.M.	
<p>CROQUIS</p> <p>CROQUIS</p>		<p>FOTOGRAFIA</p>	
<p>DESCRIPCIÓN:</p> <p>ITINERARIO</p> <p>MARCA DE COTA FIJA</p> <p>REFERENCIAS:</p>			
DESCRITA / RECUPERADA POR:	REVISADO:	JEFE PROYECTO:	FECHA:

Fuente: Instituto Geográfico Nacional Dirección de Geodesia (2005).

4.10 CÁLCULOS DE CAMPO

Los cálculos de campo están ligados a la necesidad de ir verificando la calidad de los valores observados con las normas de precisión establecidas. Toda desviación deberá ser corregida de inmediato, hasta lograr el resultado deseado.

1. Los cálculos de campo se referirán básicamente a la comprobación de lecturas, de tolerancias angulares en las medidas de direcciones horizontales y ángulos verticales, comprobación de cierres de triángulos, verificación de tolerancias en distancias medidas, cierres de secciones de nivelación geométrica.
2. Ningún punto geodésico podrá ser abandonado por la brigada de campo en tanto no se hayan hecho a satisfacción las comprobaciones que le correspondan en relación con las observaciones efectuadas.
3. Para efectos de levantamientos empleando GPS, son tomadas consideraciones en el momento de la instalación de los equipos, las cuales influirán directamente en la calidad de los resultados. (p. 21)

4.11 ENLACES

Todo levantamiento deberá iniciarse y terminar en puntos de coordenadas conocidas, previamente determinados en otros levantamientos del mismo tipo, cuyo orden de precisión sea igual o mayor al que se propone para el levantamiento en ejecución.

La correlación se establecerá realizando observaciones sobre los parámetros característicos del caso; direcciones y distancias en levantamientos geodésicos horizontales, diferencias de elevación en el caso de levantamientos geodésicos verticales.

El enlace deberá hacerse con los procedimientos de observación correspondientes al orden de precisión del levantamiento que actualmente se esté efectuando.

Se pondrá especial atención en verificar que la posición de las marcas utilizadas para el enlace que no hayan sufrido cambios, para lo cual se

deberán observar las especificaciones que para cada tipo de levantamiento se consignan en este documento.

La correlación al marco de referencia ITRF94 Época 1995.4 se podrá establecer de dos maneras, con equipo tradicional y con equipo GPS.

Con propósitos de clasificación los levantamientos geodésicos con el sistema de posicionamiento global, se deberán efectuar de acuerdo a lo dispuesto en los estándares de precisión geométrica de la tabla N° 4.3.

Tabla N° 4.3: Estándares de precisión geométrica

Número mínimo de estaciones de control de la Red Geodésica Horizontal que se deben enlazar	0	A	B	C
0	4			
A	2	3		
B	2	2	3	
C	1	1	1	2
Enlaces a la Red Geodésica Vertical	2	4	3	2
Número mínimo de estaciones de monitoreo permanente (ERP)(*)	4	3	2	Op
Localización de las estaciones de control (número de cuadrantes)	2	2	2	1
Separación máxima (km) entre estaciones existentes fuera del área de proyecto y el mismo.	3000	500	400	50
Entre estaciones existentes y el centro del proyecto a no más de	100 d	10 d	7 d	Na

Fuente: Instituto Geográfico Nacional Dirección de Geodesia (2005).

Donde:

- d** Distancia máxima en kilómetros (km) entre el centro del área de proyecto y cualquier estación de este.
- Op** Opcional.
- Na** No aplicable.
- ERP (*)** Estación Rastreo Permanente, en caso de establecerse Red GPS activa.

Así tenemos que a partir de la tabla N° 4.2 para obtener un punto de orden A son necesarias enlazar 2 estaciones de orden 0 o 3 estaciones de orden A.

Los enlaces con respecto al Marco de Referencia ITRF94 Época 1995.4, utilizando equipo GPS., se establecerá mediante el método diferencial estático realizando registro de datos simultáneos desde vértices ya establecidos con valores ITRF94 Época 1995.4.

1. Para enlazar los trabajos desde vértices ya establecidos con valores ITRF94 Época 1995.4, los usuarios deberán colocar un receptor GPS, en el vértice más conveniente de acuerdo a las necesidades de su proyecto cuyas coordenadas son conocidas y otro u otros receptores en los vértices a establecer, diseñado de acuerdo a lo indicado en la tabla N° 4.2 Después de calcular los vectores, se deberán ajustar las figuras del proyecto con los valores ITRF94 Época 1995.4 del vértice en donde se ubicó el o los receptores base.
 2. El servicio de la Estación de Rastreo Permanente del IGN tiene como finalidad el servir como referencia para el establecimiento de otras estaciones o subredes mediante la diferenciación de las observaciones del usuario con respecto a una o más estaciones.
- La solicitud de Información y obtención de datos satelitales, podrá realizarse en la Oficina de Comercialización del **IGN**.

Lineamientos para la utilización del servicio de la Estación de Rastreo Permanente del IGN.

- Puede utilizarse la marca del equipo GPS, que más convenga al usuario y utilizar el software correspondiente para el cálculo y ajuste de los vectores, con la condición de que el software tenga la opción de leer archivos RINEX.
- Los horarios de medida serán establecidos por el usuario considerando su programa de trabajo y la hora de descarga de la información en los puntos base.
- Para el procesamiento de los vectores GPS, se podrán utilizar datos de uno o más puntos base. Si se decide usar sólo uno, se recomienda hacerlo con la más cercana.
- Si sólo se cuenta con un receptor, se recomienda utilizar datos de por lo menos dos estaciones fijas, lo que permitirá realizar adecuadamente el ajuste de los vectores GPS.
- Cuando se cuente con equipos de una sola frecuencia, sólo se podrán realizar enlaces a alguna estación fija, si el área de trabajo se encuentra a menos de 50 kilómetros.
- Los datos de observación que se soliciten de la estación fija, deben coincidir en hora, día, semana y año con los del receptor utilizado por el usuario y procesar combinadamente. (pp. 22-24)

4.12 MEDIDA DE DIRECCIONES HORIZONTALES

La medición de direcciones horizontales en levantamientos geodésicos se efectuará de acuerdo con las normas generales siguientes:

- Se deberá utilizar teodolitos geodésicos de precisión con capacidad de lectura de 0.1 a 0.2 segundos de arco, de acuerdo con el orden de precisión requerido y métodos de observación que aseguren el control de los errores sistemáticos causados por desajustes menores en los componentes del instrumento. Ver tabla N° 4.4.

- Todo teodolito deberá sujetarse a las pruebas que correspondan y ajustarse debidamente en el campo, previo al inicio de las observaciones y al final de las mismas si se sospecha que durante el período de su realización pudo ocurrir algún cambio. No se deberá hacer ningún ajuste mientras se está observando.
- Los desajustes mayores que se presenten en cualquier instrumento y que de cualquier modo no puedan ser eliminados en el campo, causarán el retiro del aparato del proyecto y su envío a quien corresponda para las correcciones del caso.
- En cuanto a mantenimiento, se deberá observar lo indicado en el punto 5.5 de estas especificaciones.
- Los teodolitos deberán montarse sobre plataformas rígidas de observación, estar protegidos de condiciones meteorológicas adversas, ajustarse, centrarse, nivelarse y dejarlos que se adapten, por un tiempo razonable, a las condiciones del medio, antes de iniciar las operaciones de medida.
- Para efectuar las observaciones se deberá seguir el método de direcciones, haciendo el número de series especificado para cada orden de precisión. Solamente en caso de que se pueda demostrar una comparación razonable en cuanto a tiempo, eficiencia y resultados, se podrá usar algún otro método de observación.
- Las observaciones se harán durante el período nocturno, excepto en los casos de levantamiento de segundo orden, clase II, y menor, las que podrán hacerse durante el período diurno.
- Las señales que se utilicen para la observación deberán proporcionar una imagen perfectamente definida en el campo del anteojo, para lo cual deberán utilizarse lámparas geodésicas de diseño apropiado cuando las observaciones sean nocturnas. Para observaciones diurnas podrán utilizarse heliotropos, y en distancias cortas, señales de diseño apropiado en cuanto a tamaño, forma y combinación de colores o prismas necesarios si se emplean teodolitos electrónicos.

- A fin de propiciar la comunicación entre puntos del levantamiento, se deberá contar por lo menos con un sistema que a base de un código predefinido y el uso de las señales luminosas que se mencionan en el párrafo anterior o el empleo de radios se permita la transmisión de mensajes entre brigadas vecinas.
- De las observaciones que se hagan se deberá llevar un registro completo y ordenado en libretas de campo en las que se anoten directamente los valores observados, sin borrones o enmendaduras. Toda corrección deberá hacerse mediante una raya inclinada que cruce la cifra afectada, escribiendo el valor correcto encima del corregido. Las libretas deberán rotularse debidamente con los datos pertinentes del levantamiento y conservarse con todo cuidado, considerando que constituyen un documento informativo básico del levantamiento. Son consideradas libretas de campo las formas de almacenamiento automático que disponen algunos instrumentos digitales. (pp. 25-26)

4.13 MEDICIÓN DE DISTANCIAS

Para la medición de distancias se utilizarán distanciómetros electrónicos que utilicen radiación electromagnética, del tipo electro-óptico, de microondas, infrarrojos, o láser.

Queda a discreción de la entidad ejecutora interesada en el empleo de cintas o alambres de invar para la medida de distancias, pero por razones de costo y tiempo no se recomienda su uso. En este sentido, su consideración queda restringida a levantamientos con propósitos de investigación, líneas de calibración para distanciómetros electrónicos, medida de distancias menores que 250 m y levantamientos anteriores a estas normas, asociados con la medida de bases geodésicas.

La selección del tipo de distanciómetro electrónico que se utilice deberá hacerse en consideración a su capacidad y características, y en función de las precisiones requeridas por el orden del levantamiento.

Los distanciómetros que se empleen deberán tener una precisión comprendida dentro de 0.5 a 2.0 cm para la parte constante del error, más una parte variable comprendida dentro de 2 a 5 partes por millón de la distancia medida, expresadas en centímetros. Para obtener la precisión deseada se deberá emplear el número de prismas necesarios según los requerimientos del instrumento

Todo distanciómetro que se use en el proyecto deberá estar previamente calibrado, por lo menos con respecto a una distancia conocida con la mayor precisión y la calibración deberá hacerse por lo menos cada seis meses o cuando se sospeche que ha ocurrido algún cambio en el instrumento, siguiendo los procedimientos normales recomendados para esta clase de instrumentos.

La operación y cuidado de los distanciómetros electrónicos se deberá realizar siempre de acuerdo con lo especificado por el fabricante. Previo a las operaciones de medida, se deberán hacer las pruebas de funcionamiento recomendadas por el mismo, las que de no ser satisfactorias, causarán el retiro del instrumento del proyecto y su envío a quien corresponda para los efectos del caso.

El distanciómetro deberá montarse sobre la plataforma de observación, centrarse sobre el punto, nivelarse y sujetarlo a los procedimientos de verificación rutinarios, dejándolo por el tiempo recomendado por el fabricante para que se adapte a las condiciones del medio, antes de iniciar las operaciones de medida.

Sólo en el caso de líneas muy inclinadas y para obtener una señal óptima se podrá desnivelar el instrumento, en cuyo caso, se deberá medir el desplazamiento horizontal del centro eléctrico y registrarlo.

Solamente para efectos de comprobación especificada de las medidas, se permitirá el desplazamiento longitudinal del instrumento en la dirección de la línea, en cantidades de 20 a 40 cm, para lo cual deberá medirse y registrarse dicho desplazamiento.

Toda medida que se haga en un punto deberá estar necesariamente vinculada a una medida en sentido contrario efectuada en el otro extremo de

la línea, cuando se usen instrumentos de función intercambiable. Con instrumental electro-óptico, o infrarrojo, las distancias deberán ser medidas el número de veces que sea necesario para garantizar la precisión requerida.

Asociadas con toda medida de distancia deberán hacerse determinaciones complementarias de las condiciones meteorológicas prevalecientes durante la medida; en cada extremo, al principio y final de la medida, a la sombra y al mismo nivel del instrumento, para lo cual se requiere medir la temperatura, presión atmosférica y humedad relativa con barómetros y psicrómetros precisos y calibrados, todo con el propósito de aplicar las correcciones requeridas por factores meteorológicos.

Los instrumentos auxiliares a que hace referencia el párrafo anterior deberán calibrarse en laboratorio por lo menos cada seis meses.

Se deberá medir la altura del instrumento sobre el punto y registrarla, así como la del otro instrumento o reflectores en el otro extremo de la línea.

Para efectos de las reducciones correspondientes, se deberán realizar observaciones en cada extremo orientadas a la determinación de las elevaciones o diferencias de elevación, utilizando métodos de nivelación geométrica o de nivelación trigonométrica, de acuerdo con los lineamientos que para tales medidas se dan en otras partes de este documento.

De las medidas que se hagan se deberá llevar un registro completo y ordenado en formularios diseñados para ello en los que se hagan las anotaciones pertinentes, siguiendo los lineamientos que en cuanto a forma de anotación, correcciones y cuidado. (pp. 27-28)

4.14 LEVANTAMIENTOS GEODÉSICOS HORIZONTALES

Se define como levantamiento geodésico al conjunto de procedimientos y operaciones de campo y gabinete destinado a determinar las coordenadas geodésicas de puntos sobre el terreno convenientemente elegidos y demarcados con respecto al Sistema ITRF94 Época 1995.4.

Para levantamientos geodésicos se podrán utilizar los métodos que se mencionan a continuación o sus combinaciones. La selección de cualquiera

de ellos cuando sea posible optar entre dos o más, deberá estar ligada a las consideraciones económicas y a su capacidad relativa para producir los resultados esperados, los que deben formar parte de los criterios contemplados en el planeamiento del proyecto:

– **Método Astronómico**

Consiste en la observación de la posición angular de objetos relativamente fijos sobre la esfera celeste cuyas coordenadas se conocen en el tiempo. El método se aplica para la determinación de coordenadas astronómicas puntuales y mayormente para el control en dirección de otros métodos de levantamiento, como se especifica en las partes conducentes de este documento.

– **Triangulación**

La Triangulación Geodésica es un método preciso y eficiente de establecer puntos de control sobre áreas extensas de la superficie terrestre. Forma la Red de control horizontal básico o fundamental en la mayor parte de los continentes.

La Triangulación utiliza puntos terrestres íntervisibles conectados por líneas de visual para formar triángulos, cadenas de triángulos y figuras geométricas compuestas por triángulos, los ángulos de cada triángulo se miden con teodolitos de alta precisión. Las longitudes de los lados se calculan por la ley de los Senos; los cálculos deben empezar con la longitud conocida de uno de los lados, la cual se obtiene por medición terrestre directa o de cálculos de otra red de triangulación compensada. El azimut de la línea de partida debe conocerse y un azimut debe llevarse por todo el sistema de figuras, a intervalos, según la precisión del trabajo debe realizarse una determinación del azimut Laplace para corregir los errores 30 acumulados causados por pequeñas imperfecciones en la medición de los ángulos y errores sistemáticos que causan un cambio en la orientación de la red. Semejantemente, las longitudes calculadas en la red de triangulación deben compensarse a intervalos de otra línea base o lado previamente establecido de una red compensada.

En conjunción con la determinación angular horizontal, los ángulos verticales se miden entre cada punto o estación, estos ángulos surten el cálculo de diferencias de elevación entre todos los vértices.

Los vértices en la red se conectan por nivelación diferencial o por distancias genitales a las marcas de cota fija (MCF) sobre un plano de referencia conocida, cada tercer o cuarta figura si fuera posible, de esto se calcula la corrección a la elevación de cada vértice.

La utilidad de una red de triangulación depende de la precisión de los levantamientos de campo y de los cálculos de la permanencia de las marcas, de la autenticidad de los croquis y de las descripciones monográficas que han de utilizarse en su reocupación.

– **Poligonación**

Las poligonales pueden considerarse semejantes a la navegación a estima, en la que se miden distancias y direcciones; en una poligonación se parte de alguna posición y azimut conocido hacia algún otro punto, después se mide los ángulos y las distancias a lo largo de una línea de puntos de levantamiento, si la poligonal regresa a su punto de partida se le llama polígona l cerrada, cuando esto último no sucede se dice que la poligonal es abierta.

Desde que se dispone de equipo electrónico para la medición de distancias la precisión de los levantamientos por poligonación ha aumentado significativamente; con las medidas angulares puede calcularse la dirección de cada lado de la poligonal y con las medidas de longitud de las líneas se podrá calcular la posición geográfica de cada uno de los puntos de poligonal.

El control horizontal por medio de poligonales con propósitos geodésicos también necesita de observaciones astronómicas para el control de los azimutes; las poligonales establecidas según estas normas deben comenzar y cerrarse sobre estaciones fundamentales existentes de triangulación o poligonales.

– **Trilateración**

La Trilateración es un método de levantamiento según el cual se miden las longitudes de los lados. La disponibilidad de equipo electrónico para medir distancias (EDME) ha hecho que este procedimiento resulte práctico y económico. La Trilateración aumenta la flexibilidad de los métodos de control básico, manteniendo al mismo tiempo resultados satisfactorios, pese a que no es dable esperar que la Trilateración se use frecuentemente, ya que es ventajosa solamente en circunstancias especiales.

La Trilateración deberá comenzar y terminar en estaciones de Triangulación o Poligonal fundamentales ya existentes; debe comprender observaciones de control de azimut, proporcionando los cierres correspondientes.

La figura básica de la Trilateración debe ser un hexágono regular o un doble cuadrilátero con todos sus lados y diagonales medidos. Se puede usar a veces un pentágono regular pero nunca en serie.

– **Método Inercial**

El método se fundamenta en la medida de variaciones de aceleración referidas a tres ejes que se estabilizan mediante giroscopios, conjunto montado sobre una plataforma móvil.

Las variaciones se traducen en desplazamientos que referidos a una cierta posición de origen, producen las coordenadas geodésicas requeridas. El método ofrece las ventajas de poder determinar además otros parámetros geodésicos, utilización en todo tiempo y ser de alto rendimiento, pero habrá que considerar su costo inicial y capacidad real para producir resultados exactos. Debido a esto último y a que el método está todavía en la etapa introductoria, no se darán por ahora normas y especificaciones en este documento, debiendo observarse las indicadas por los fabricantes de los instrumentos.

– **Técnicas diferenciales del Sistema de Posicionamiento Global**

Este método consiste en recibir la señal electromagnética emitida por los satélites de la constelación que conforman el Sistema de Posicionamiento Global para determinar la posición relativa de puntos sobre la superficie terrestre. Dada la complejidad, el tamaño y dinámica de cambio de las normas para este tipo de levantamientos se tratarán a detalle en un documento por separado, dándose en éste los lineamientos mínimos.

Con propósitos de clasificación de los levantamientos geodésicos se establecen los siguientes órdenes y clases de precisión relativa, asociados con valores de esta última que es posible obtener entre puntos enlazados directamente, con un nivel de confianza del 95% y en tanto se observen las normas del caso:

Tabla N^o 4.4: Clasificación de levantamientos geodésicos

ORDEN	CLASE	PRECISION RELATIVA
0	Única	1:100 000 000
A	Única	1:10 000 000
B	Única	1:1 000 000
C	Única	1:100 000

Fuente: Instituto Geográfico Nacional Dirección de Geodesia (2005).

En las órdenes 0, A, B, se aplican básicamente las técnicas diferenciales del Sistema de Posicionamiento Global y el orden C está vigente para los levantamientos geodésicos convencionales con métodos tradicionales,

siendo posible la aplicación de técnicas diferenciales del Sistema de Posicionamiento Global en este orden (ver tabla N° 4.4)

- **Orden 0**

Los levantamientos geodésicos horizontales que se hagan dentro de este orden estarán destinados a estudios sobre deformación regional y global de la corteza terrestre y de efectos geodinámicas y en general cualquier trabajo que requiera una precisión de una parte en 1:100'000,000.

- **Orden A**

Deberá aplicarse para aquellos trabajos encaminados a establecer el sistema geodésico de referencia continental básico, a levantamientos sobre estudios de deformación local de la corteza terrestre, así como cualquier levantamiento que requiera una precisión de 1:10'000,000.

- **Orden B**

Se destinarán a levantamientos de densificación del sistema geodésico de referencia nacional, conectados necesariamente a la red básica; trabajos de ingeniería de alta precisión, así como de geodinámica. Los trabajos que se hagan dentro de esta clasificación deberán integrarse a la red geodésica básica nacional y ajustarse junto con ella, dando como resultado una precisión no menor a 1:1'000,000.

- **Orden C**

Los levantamientos geodésicos horizontales que se hagan dentro de este orden deberán destinarse al establecimiento de control suplementario en áreas metropolitanas, al apoyo para el desarrollo de proyectos importantes de ingeniería, con fines de investigación científica, y en general a cualquier trabajo que requiera una precisión no menor a 1:100,000, y debiéndose ligar a la red geodésica básica o a su densificación. (pp. 29-32)

4.15 MEDIDA DE DIFERENCIAS DE ELEVACIÓN

Esta clase de medidas se hará fundamentalmente en conexión con levantamientos geodésicos verticales y su propósito consiste en determinar la distancia vertical existente entre puntos del terreno y un cierto Dátum o nivel de referencia, que normalmente es el nivel medio del mar.

- Se define como nivel medio del mar en un sitio dado al promedio aritmético de las alturas horarias de la marea, obtenido del registro de un graficador continuo (mareógrafo) diseñado para tal propósito, que ha operado durante un período que, según las necesidades varía desde un mínimo de seis meses, hasta el término completo del ciclo lunar (19.6 años).
- La determinación de elevaciones de puntos deberá estar necesariamente asociada con la medida de diferencias de elevación y deberá asimismo existir el enlace correspondiente con el Dátum vertical del caso, ya sea directamente, o por conexión con puntos de elevación previamente determinados.
- Para la medida de diferencias de elevación entre puntos se utilizará el método de nivelación geométrica o diferencial, o el método de nivelación trigonométrica, de acuerdo con el propósito de la medida, según se indica en los puntos siguientes.
- Se utilizará la nivelación geométrica para levantamientos geodésicos verticales que requiera una alta precisión en conexión con el establecimiento y densificación de la Red Geodésica Vertical y para los propósitos especiales que se indican en la parte de este documento que se refiere a los órdenes de exactitud en dichos levantamientos.
- El uso de nivelación trigonométrica se deberá restringir a trabajos que no requieran de los niveles de precisión y estarán mayormente asociados con la determinación de elevaciones de puntos de la Red Geodésica

horizontal y para la reducción a la superficie de cálculo de distancias medidas con distanciómetros electrónicos.

- Toda elevación trigonométrica deberá estar enlazada a valores de la Red Geodésica Vertical, para lo cual deberán hacerse los enlaces conforme a lo que se especifica en este documento.

- En el caso de nivelación diferencial se deberán utilizar instrumentos del tipo de nivel montado, automático, basculante o de burbuja, con micrómetro de placas plano-paralelas, cuyas características sean las indicadas.

- Para la nivelación trigonométrica, los instrumentos por utilizar deberán ser los mismos teodolitos.

- Las miras que se ocupen en conexión con nivelación geométrica serán de tipo geodésico, con cinta invar, doble graduación y nivel integrado, excepto en el caso del orden menor de precisión, para el que podrán usarse miras geodésicas de uso común. Las miras deberán apoyarse durante las medidas sobre plataformas metálicas pesadas (sapos o tortugas) que se hagan descansar firmemente sobre el terreno, excepto cuando se coloquen sobre la placa de la marca.

- Se deberá controlar el error de colimación de los instrumentos que se usen para nivelación directa de primer orden, haciendo diariamente, previo al trabajo de observación, las comprobaciones del caso para determinar el valor de C , el cual no deberá exceder de 0.01 Si este es el caso, el instrumento deberá ser corregido en el sitio.

- Se deberá determinar, por procedimientos corrientes de campo y con un periodo mínimo de seis meses, el valor de la constante estadimétrica de los instrumentos de nivelación geométrica, la cual deberá utilizarse para llevar el control en el balance de vistas.

- El transporte, cuidado, operación y mantenimiento de estos mismos instrumentos se deberá hacer de acuerdo con las normas indicadas por el fabricante. Cualquier verificación de campo que acuse resultados insatisfactorios y no pueda ser corregida en el sitio, causará retiro del instrumento y su envío a quien corresponda para los efectos del caso.

- Las miras que se utilicen para nivelaciones de primer orden deberán estar apropiadamente calibradas, con una frecuencia no mayor de un año y sujetarse a las verificaciones de verticalidad, antes de iniciar los trabajos, cada seis meses y siempre que se sospeche que ha ocurrido algún cambio. Los niveles de las miras deberán igualmente verificarse, antes de iniciar los trabajos y posteriormente, cada quince días por lo menos.

- Para las observaciones de nivelación geométrica, el instrumento deberá estar debidamente protegido, especialmente de los rayos del sol, mediante una sombrilla. Las observaciones se harán durante el día, cubriendo diariamente secciones completas, de ida y vuelta.

- Para los efectos del punto anterior, se considera como sección el espacio comprendido entre dos marcas de cota fija.

- Las observaciones se harán por el sistema general de vistas atrás – vistas adelante alternadas, haciendo las lecturas del caso y las respectivas comprobaciones. Se deberán rechazar las lecturas por debajo de los primeros 20 cm de la escala de las miras.

- Se deberán efectuar los enlaces del caso al inicio y al final de cada nivelación mediante recuperación de por lo menos dos marcas de cota fija pertenecientes a nivelaciones de igual o mayor orden de precisión, de modo que se compruebe que se ha conservado la estabilidad de los monumentos.

- En relación con el punto anterior, la norma de comprobación es que se deberá obtener una discrepancia no mayor que la tolerancia especificada para el orden de precisión de la nivelación que se esté efectuando.
- De no lograrse el orden deseado, se deberá continuar la comprobación hasta que se pueda asegurar la existencia de una marca de cota fija no desplazada, con el cual pueda hacerse el enlace del caso.
- Por lo que respecta a la utilización y cuidado de los teodolitos empleados para nivelación trigonométrica.
- Las observaciones de ángulos verticales en conexión con nivelación trigonométrica se harán por el método de dobles distancias cenitales cuando se usen instrumentos con el origen en la dirección vertical, o midiendo ángulos de depresión o elevación cuando el origen de lecturas esté en el plano horizontal.
- Las observaciones de ángulos verticales deberán ser recíprocas, y simultáneas en la medida de lo posible, y podrán ser diurnas o nocturnas dependiendo de las condiciones ambientales prevalecientes en la zona de trabajo. Normalmente estas observaciones están asociadas con las de ángulos horizontales, debiendo ejecutarse junto con éstas para aprovechar la disponibilidad del instrumento.
- En cada punto deberá tomarse por lo menos un juego aceptable de ángulos verticales, consistente para cada juego de tres a cuatro o más determinaciones, dependiendo del orden de precisión del levantamiento, siendo cada determinación del resultado de tomar dos punterías, una con el instrumento en posición directa y la otra en la posición invertida del mismo. Entre puntería y puntería, se deberá invertir el instrumento.

- En cada punto de nivelación trigonométrica deberán medirse tanto las alturas del instrumento como de las señales empleadas, con referencia a la parte superior de los respectivos monumentos.
- En el caso de medidas de ángulos verticales que habrán de usarse para reducción de distancias medidas con distanciómetros electrónicos y cuando la tolerancia sea mayor que $0.25vK$ se deberá aumentar al doble el número de juegos de ángulos verticales, y en uno el número de determinaciones en cada juego.
- De las observaciones que se hagan para cualquier tipo de nivelación, se deberá llevar un registro completo y ordenado en libretas de campo apropiadas para cada caso. (pp. 60-62)

4.16 LEVANTAMIENTOS GEODÉSICOS VERTICALES

Se define como Levantamiento Geodésico Vertical al conjunto de procedimientos y operaciones de campo y gabinete destinados a determinar la elevación de puntos sobre el terreno, convenientemente elegidos y demarcados, con respecto a un plano de referencia (Nivel Medio del Mar).

- Método de nivelación geométrica, diferencial, o el método de nivelación trigonométrica, la selección de uno, cualquiera de ellos, deberá estar ligado a consideraciones relacionadas con el propósito, utilidad de levantamiento y capacidad relativa para producir los resultados esperados, los que deben formar parte de los criterios contemplados en el pre-análisis y diseño del anteproyecto.
- La nivelación geométrica constituye el método clásico utilizado para el desarrollo de los levantamientos geodésicos verticales, mediante un procedimiento que determina directamente la diferencia de altura entre puntos vecinos, por la medida de la distancia vertical existente entre dichos puntos y un plano horizontal local definido a la altura del instrumento que se utilice para hacer dicha medida.

- La nivelación trigonométrica sigue en orden de importancia a la anterior y consiste en la determinación indirecta de diferencia de alturas entre puntos vecinos mediante la medida de la distancia existente entre ambos y del ángulo vertical que contiene a dicha línea, con respecto al plano horizontal local de cualquiera de los puntos. Por su naturaleza indirecta y por estar más afectado por errores sistemáticos que en el caso de nivelación geométrica, el método trigonométrico produce resultados de menor precisión.
- Con propósitos de clasificación de los levantamientos geodésicos verticales, se establecen los siguientes órdenes y clases de precisión, limitados a la nivelación diferencial y asociados con los valores de dicha exactitud que es posible obtener entre puntos enlazados directamente, con un nivel de confianza del 95% y en tanto se observen las normas del caso; el indicador para cada orden y clase se da en función de la tolerancia para el error de cierre altimétrico de las nivelaciones desarrolladas en líneas o circuitos cerrados, con secciones corridas ida y vuelta.

Tabla N° 4.5: Clasificación de los levantamientos Geodésicos Verticales

Orden	Clase	Precisión (mm)
Primer	Única	$\pm 4 \sqrt{K}$
Segundo	Única	$\pm 8 \sqrt{K}$
Tercer	Única	$\pm 12 \sqrt{K}$

Fuente: Instituto Geográfico Nacional Dirección de Geodesia (2005).

En estas expresiones, K es la distancia de desarrollo de la nivelación en un solo sentido, entre puntos de elevación conocida, expresada en kilómetros.

a. Primer orden.

Los levantamientos geodésicos verticales que se hagan dentro de este orden deberán destinarse al establecimiento de la red geodésica vertical primaria o fundamental del país y en áreas metropolitanas, a proyectos de ingeniería extensivos e importantes, a la investigación regional de

movimientos de la corteza terrestre y a la determinación de valores geopotenciales (ver tabla N° 4.5).

b. Segundo orden.

Deberá tener aplicación en el establecimiento de la red geodésica vertical secundario a modo de densificación, inclusive en áreas metropolitanas, para el desarrollo de grandes proyectos de ingeniería, en investigaciones de subsidencia del suelo y de movimientos de la corteza terrestre, y para apoyo de levantamientos de menor orden.

c. Tercer orden.

Se deberá aplicar al apoyo de levantamientos locales, subdivisión de circuitos de mayor orden de precisión, proyectos de ingeniería pequeños, cartografía, topografía de escalas pequeñas, estudios de drenaje y establecimiento de pendientes en cualquier parte del territorio nacional.

- Las líneas que conformen la red geodésica vertical deberán proyectarse en todos los casos como circuitos cerrados o de modo que inicien y terminen en marcas de cota fija pertenecientes a nivelaciones de orden de precisión igual o mayor que el de la nivelación objeto del levantamiento.
- El espaciamiento entre líneas de primer orden deberá estar comprendido entre 50 y 300 Km. Para el caso de nivelaciones de este orden en áreas metropolitanas, la separación entre líneas será de 2 a 8 Km. y de acuerdo con las necesidades en nivelaciones de propósitos específicos.
- Para nivelaciones de segundo orden, la separación entre líneas deberá estar comprendida entre 20 y 50 Km., y de 0.5 a 1.0 Km. en áreas urbanas, y de acuerdo con las necesidades para nivelaciones de propósitos específicos.
- En el caso de nivelaciones de tercer orden, el espaciamiento entre líneas se definirá de acuerdo con el propósito y necesidades de proyecto.

- Las Líneas de nivelación estarán representadas físicamente por una serie de marcas de cota fija establecidas a lo largo de vías de comunicación, en sitios en que el riesgo de pérdida o destrucción sean mínimos, con un espaciamiento variable entre uno y dos kilómetros y procurando, en el caso de primero y segundo orden, que el promedio sea de 1.5 Km. y que el espaciamiento no sea mayor que 2 kilómetros.
- De acuerdo con el punto anterior, la longitud promedio de las secciones no deberá ser mayor que 2 kilómetros en el caso de nivelaciones de primero y segundo orden y de 3 kilómetros para nivelaciones de tercer orden cuando se corran en un solo sentido. Si estas últimas se corren en ambos sentidos, ida y vuelta, se deberá reducir el espaciamiento entre marcas para que la longitud de la sección sea de 2 kilómetros en promedio.
- Con el propósito de reducir la ocurrencia de errores sistemáticos, se deberá limitar la longitud de las visuales y mantener un adecuado balance de las mismas. En la Tabla N° 4.6 se dan las especificaciones del caso.

Tabla N° 4.6: Especificaciones para distancia de visuales y balance de las mismas en nivelación (valores en metros)

Concepto	Orden de la nivelación		
	1°	2°	3°
Longitud máxima de visuales	90	110	125
Máxima diferencia entre la distancia de visuales, por puesta de instrumento	8	9	10
Valor acumulativo de la máxima diferencia, por sección	8	9	10

Fuente: Instituto Geográfico Nacional Dirección de Geodesia (2005).

- Para el control de los valores indicados en la tabla anterior, se deberán hacer uso de la constante estadimétrica del instrumento y de las lecturas de los hilos de estadía, en el caso de primero y segundo orden.

- En primer orden, la longitud de la línea por nivelar entre puntos de elevación conocida no deberá ser mayor que 300 Km.
- En el caso de segundo orden, esta distancia no deberá ser mayor que 200 kilómetros. (pp. 63-66)

CAPITULO V

5 MATERIALES, EQUIPOS Y MARCO METODOLOGICO

5.1 MATERIALES

Para realizar el estudio ha sido necesario disponer de lo siguiente:

- Planos catastrales del valle de Huaura, base gráfica del valle de Huaura, escalímetro y papel A-4.

5.2 EQUIPOS

De igual forma el trabajo de investigación para el procesamiento de la información ha requerido el uso de los equipos:

Computadora corel 2 duo, impresora hp y de 01 escaner lexmark x83.

5.3 SOFTWARES

Software: ArcGis V10.2, Autocad 2010, Excel, Microsoft Word y Paint

5.4 MARCO METODOLOGICO

Este marco metodológico se basa en el proyecto de investigación de Arias F. (1999), señala sobre el nivel de investigación y el diseño de investigación según se detalla a continuación:

La metodología del proyecto incluye el tipo o tipos de investigación, las técnicas y los procedimientos que serán utilizados para llevar a cabo la indagación. Es el “como” se realizará el estudio para responder al problema planteado.

“Hay diferentes tipos de investigación, los cuales se clasifican según distintos criterios”.

Los criterios empleados para establecer los diferentes tipos, son el nivel de

investigación el diseño de investigación.

En suma, el capítulo correspondiente al marco metodológico deberá incluir las siguientes secciones:

5.4.1 Nivel de Investigación

El nivel de investigación se refiere al grado de profundidad con que se aborda un objeto o fenómeno. Aquí se indicará si se trata de una investigación exploratoria, descriptiva o explicativa. En cualquiera de los casos es recomendable justificar el nivel adoptado.

Según el nivel, la investigación se clasifica en:

- **Investigación Exploratoria:** Es aquella que se efectúa sobre un tema u objeto poco conocido o estudiado, por lo que sus resultados constituyen una visión aproximada de dicho objeto.
- **Investigación Descriptiva:** Consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno o suceso con establecer su estructura o comportamiento.
- Los estudios descriptivos miden de forma independiente las variables, y aun cuando nos formulen hipótesis, las primeras aparecerán enunciadas en los objetivos de investigación.
- **Investigación Explicativa:** Se encarga de buscar el porqué de los hechos mediante el establecimiento de relaciones causa-efecto.

5.4.2 Diseño de Investigación

El diseño de investigación es la estrategia que adopta el investigador para responder al problema planteado.

En esta sección se definirá y se justificará el tipo según, el diseño o estrategia por emplear.

En atención al diseño, la investigación se clasifica en:

- **Investigación Documental:** Es aquella que se basa en la obtención y análisis de datos provenientes de materiales impresos u otros tipos de documentos.

- **Investigación de Campo:** Consiste en la recolección de datos directamente de la realidad donde ocurren los hechos, sin manipular o controlar variable alguna.
- **Investigación Experimental:** Proceso que consiste en someter a un objeto o grupo de individuos a determinadas condiciones o estímulos (variable independiente), para observar los efectos que se producen (variable dependiente).

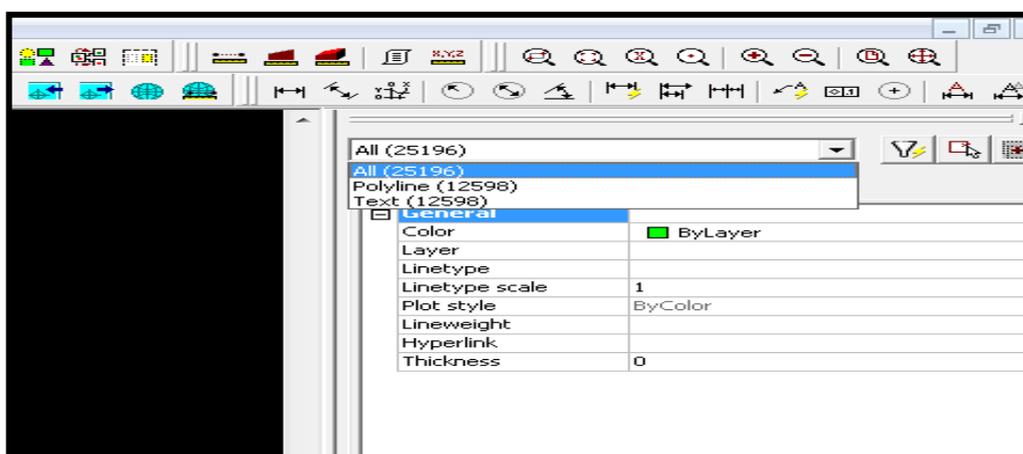
Se diferencia de la investigación de campo por la manipulación y control de variables. (pp. 19-21)

5.5 PROCEDIMIENTOS

La metodología para realizar la transformación de coordenadas UTM del sistema geodésico PSAD56 a WGS84 se ha utilizado el software ArcGis (la decisión para utilizar el software ArcGis fue en base al análisis de la matriz FODA que se encuentra en el Anexo C del presente trabajo), la misma que ha sido desarrollada como una alternativa frente a las limitaciones de realizar un nuevo catastro rural del valle de Huaura en el sistema geodésico mundial WGS84, para realizar el presente trabajo de investigación se ha utilizado la investigación experimental que tiene la siguiente metodología:

1. La ventana muestra el archivo en Autocad con un total de 25,196 registros de los cuales 12,598 son polígonos cerrados y 12,598 son textos (Unidades Catastrales).

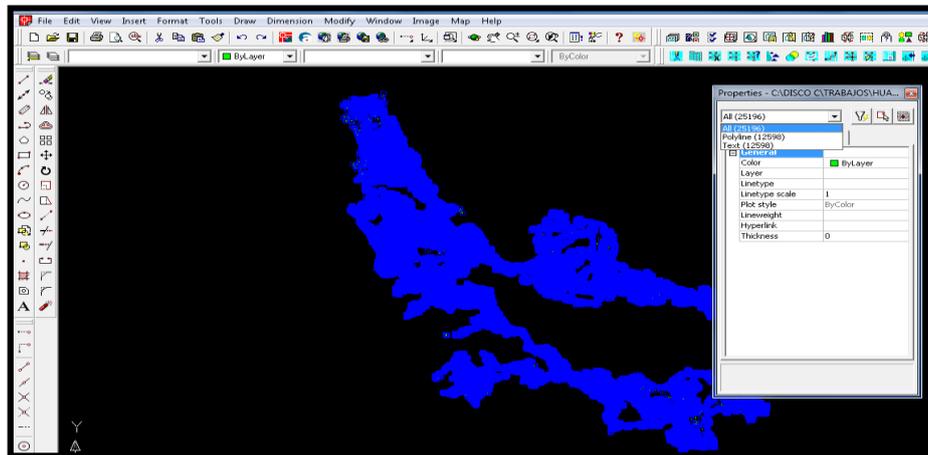
Figura Nº 5.1: Polígonos y Textos



Fuente: Elaboración Propia

- En la ventana se visualiza el archivo en el programa Autocad donde la cantidad total de registros es de 25,196 de los cuales 12598 polilíneas (polígonos cerrados) y 12598 textos corresponde a la unidad catastral de cada predio.

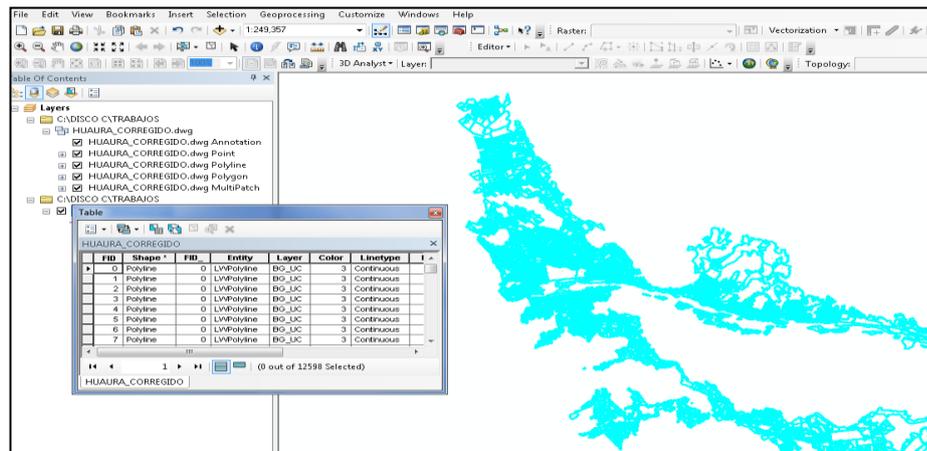
Figura N° 5.2 : Polígonos cerrados y Textos en el programa Autocad



Fuente: Elaboración Propia

- La ventana muestra que al pasar (migrar) el archivo HUAURA_CORREGIDO al programa ArcMap del ArcGis se tiene 12598 polígonos seleccionados (indica que todos los polígonos del Autocad se migraron al ArcGis).

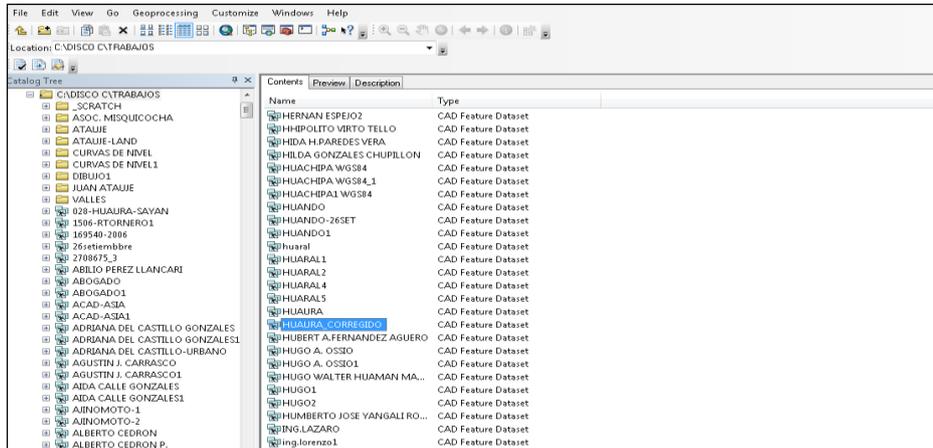
Figura N° 5.3 : Polígonos migrados al ArcGis



Fuente: Elaboración Propia

- La ventana muestra el archivo HUAURA_CORREGIDO en el programa Arc Catalog.

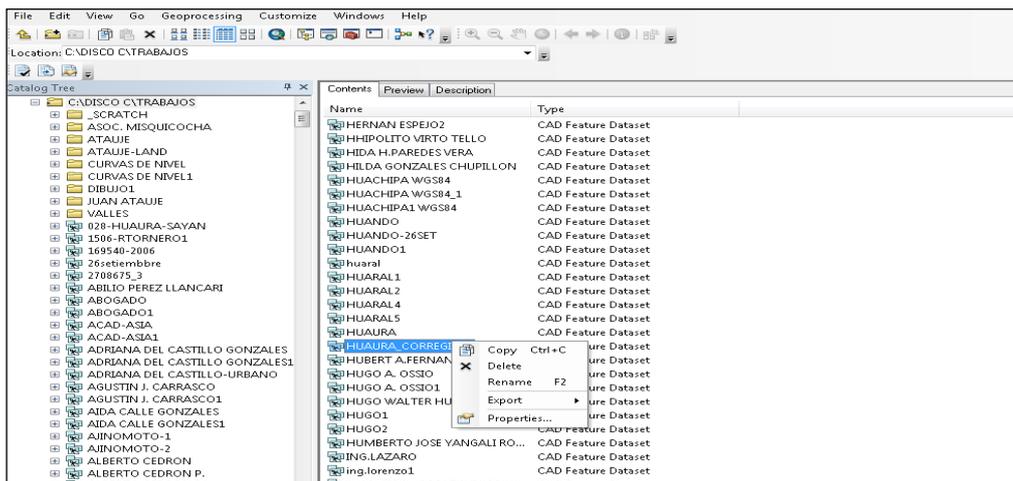
Figura Nª 5.4 : Archivo Huaura_Corregido en ArcCatalog



Fuente: Elaboración Propia

- La ventana muestra el inicio de la edición para darle la proyección.

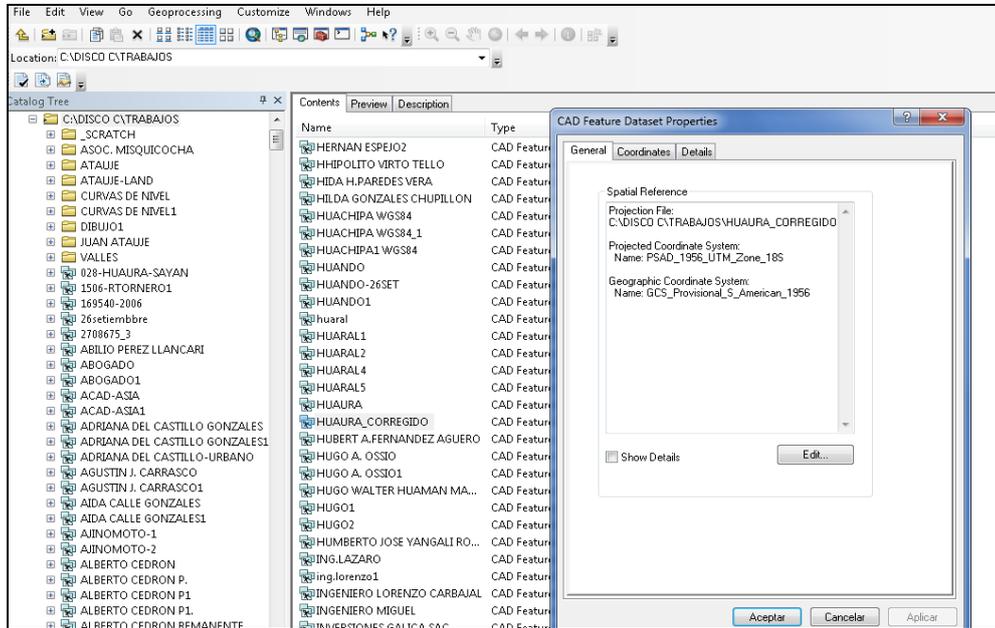
Figura Nª 5.5: Inicio de la edición para darle la proyección al archivo Huaura_Corregido



Fuente: Elaboración Propia

- La ventana muestra que se tiene que editar para darle la proyección al archivo HUAURA_CORREGIDO.

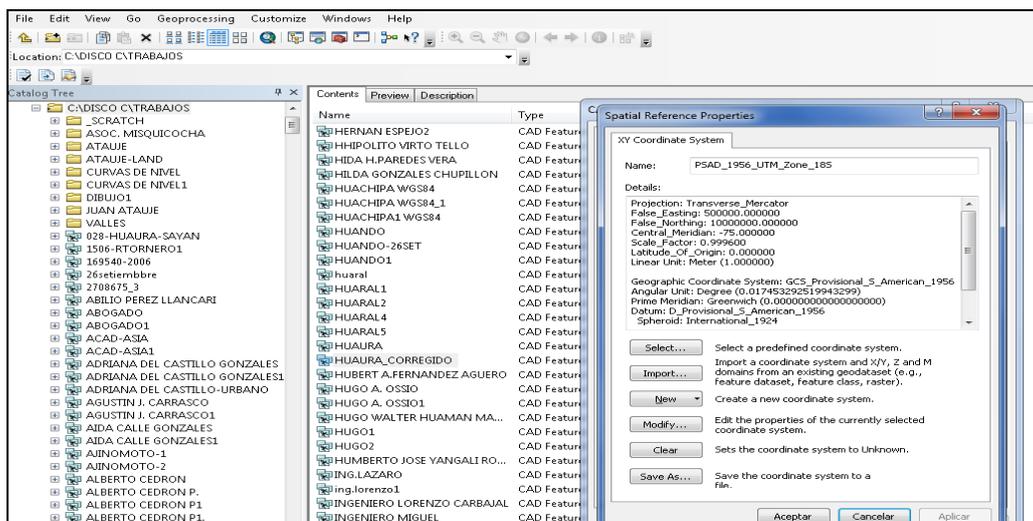
Figura N^o 5.6: Edición del archivo Huaura_Corregido



Fuente: Elaboración Propia

- La ventana muestra que se tiene que hacer la selección para ingresar a darle la proyección al archivo.

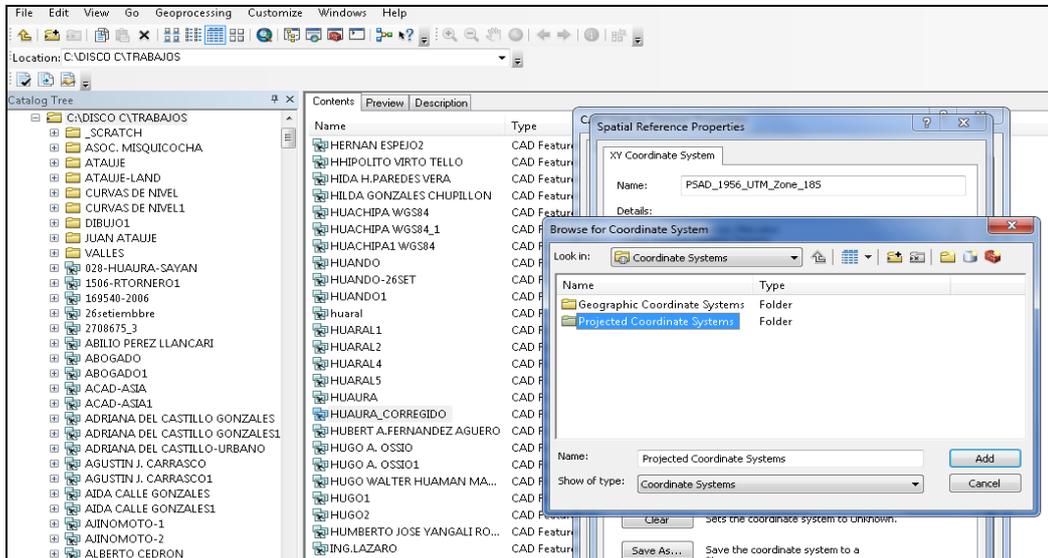
Figura N^o 5.7: Seleccionar para ingresar al sistema de coordenadas



Fuente: Elaboración Propia

8. La ventana muestra el proceso de la proyección del sistema de coordenadas.

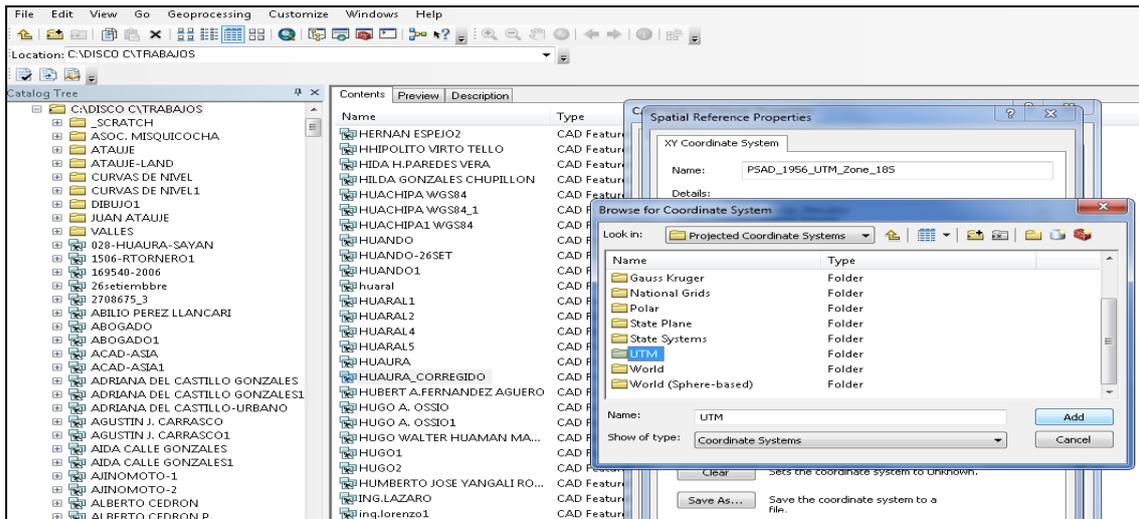
Figura Nª 5.8: Proceso de proyección del sistema de coordenadas



Fuente: Elaboración Propia

9. La ventana muestra que la proyección debe estar en coordenadas UTM.

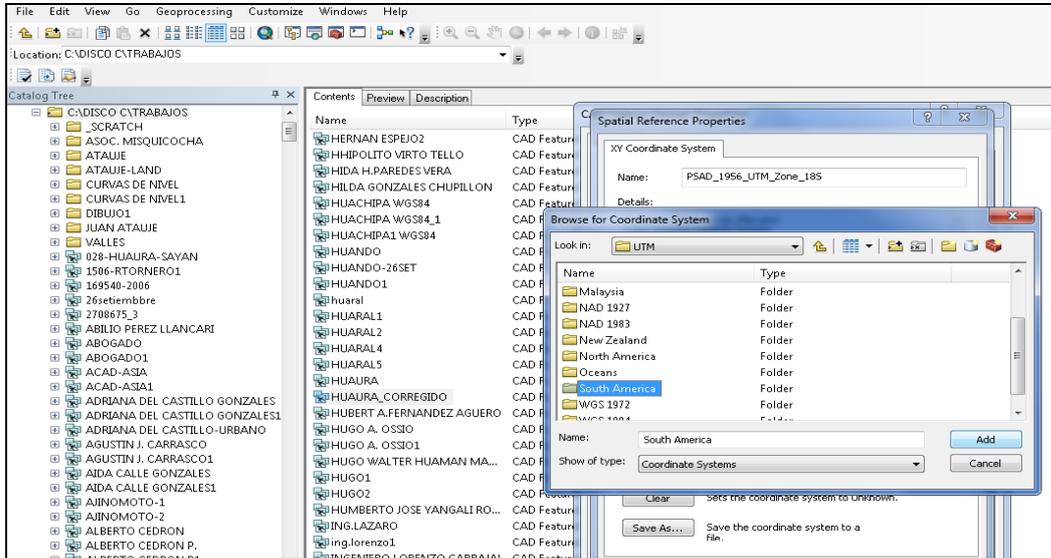
Figura Nª 5.9: Proyección en el sistema de coordenadas UTM.



Fuente: Elaboración Propia

10. La ventana muestra que la proyección se realiza en Sud América.

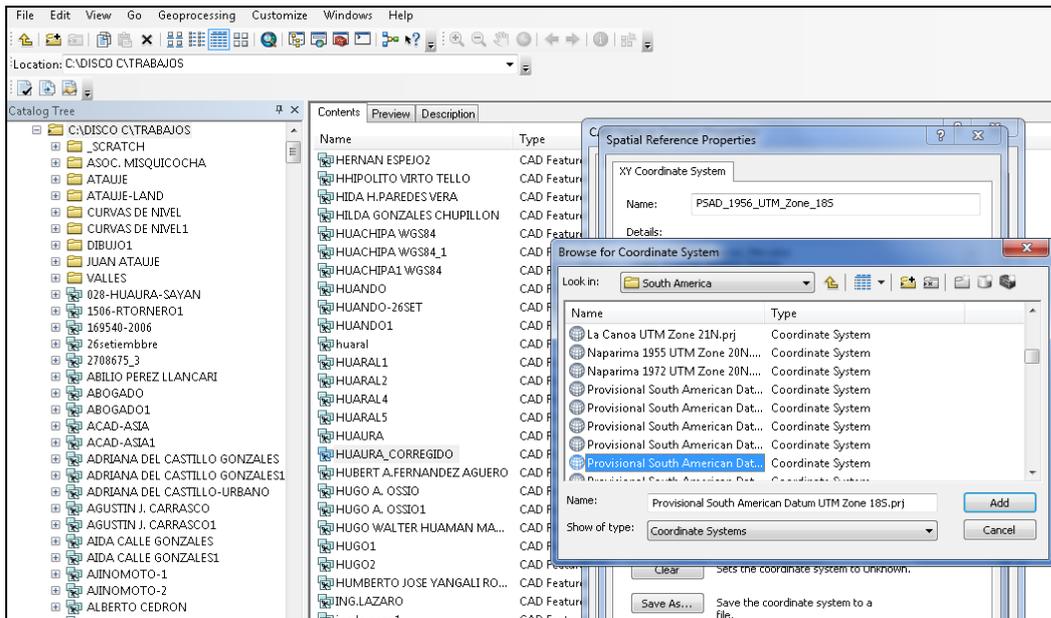
Figura N° 5.10: La proyección en Sud América.



Fuente: Elaboración Propia

11. La ventana muestra que la proyección debe realizarse en la zona 18 del sistema geodésico PSAD56.

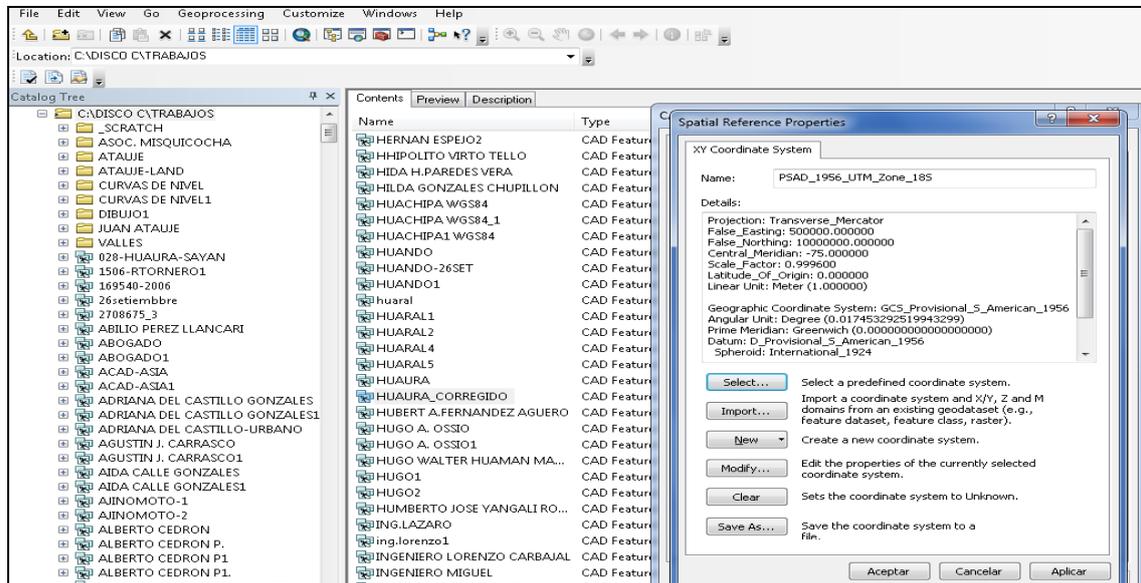
Figura N° 5.11: La proyección en Zona 18.



Fuente: Elaboración Propia

12. La ventana muestra que la proyección está para aplicar y aceptar.

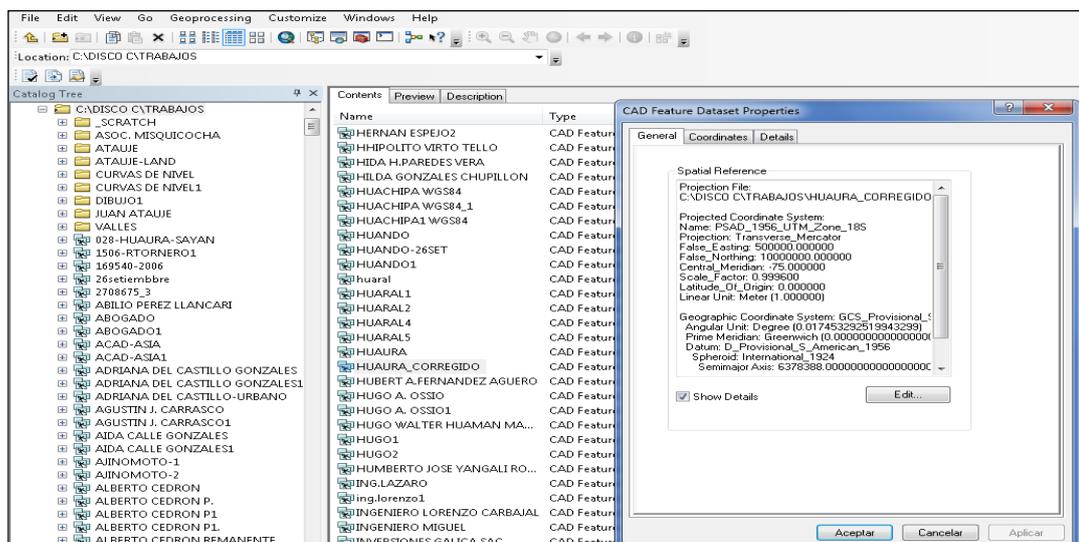
Figura N^o 5.12: La proyección está para aplicar y Aceptar.



Fuente: Elaboración Propia

13. La ventana muestra que el proceso de proyección ha concluido, la proyección se encuentra en coordenadas UTM, en la zona 18 y en el sistema geodésico PSAD56, se precisa que el archivo HUAURA_CORREGIDO ya tiene proyección, luego cargamos el programa ArcMap del ArcGIS.

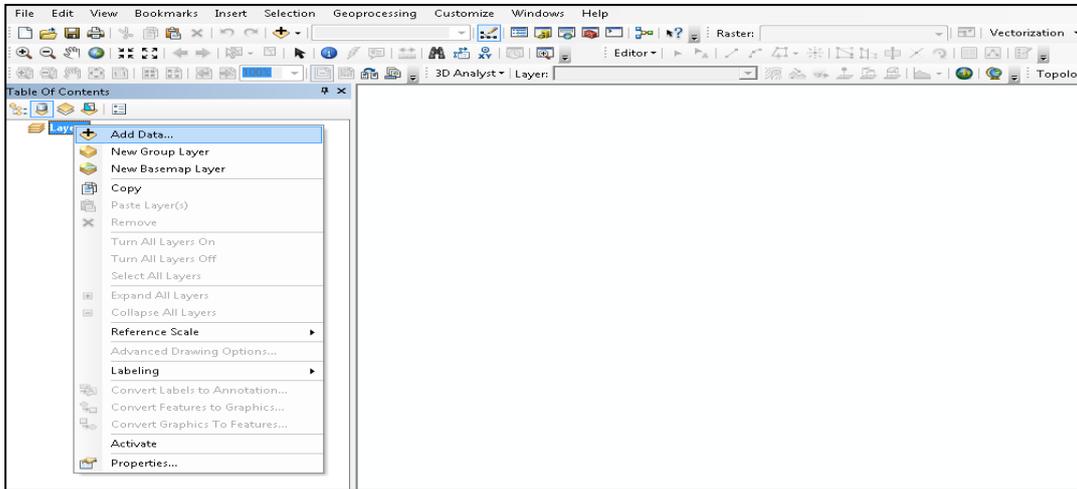
Figura N^o 5.13: La proyección está para aplicar y Aceptar.



Fuente: Elaboración Propia

14. La ventana muestra que está en el programa ArcMap del ArcGis y está en condiciones de cargar el archivo HUAURA_CORREGIDO.

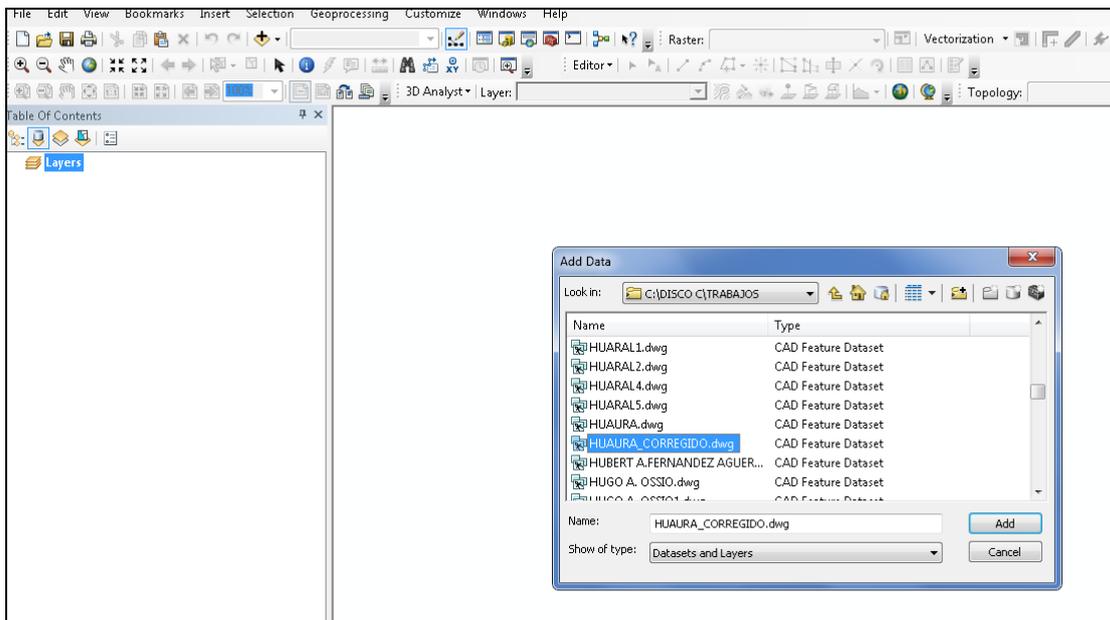
Figura Nª 5.14: ArcMap del ArcGis.



Fuente: Elaboración Propia

15. La ventana muestra el archivo HUAURA_CORREGIDO.dwg, el mismo que debe ser migrado al ArcGis.

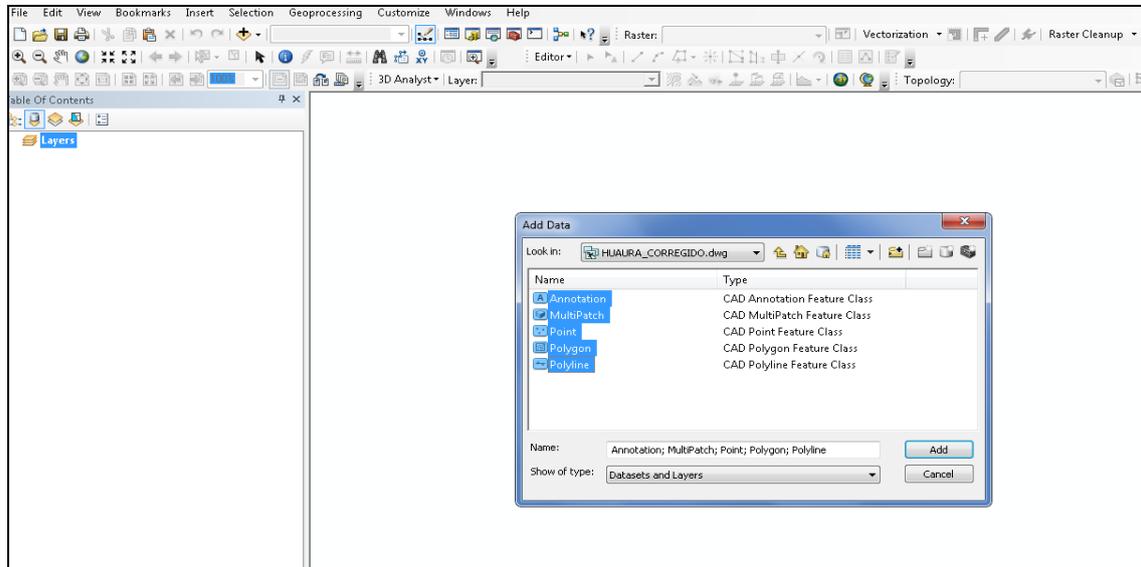
Figura Nª 5.15 : Archivo Huaura_Corregido en ArcMap del ArcGis.



Fuente: Elaboración Propia

16. La ventana muestra el archivo HUAURA_CORREGIDO con sus 5 extensiones.

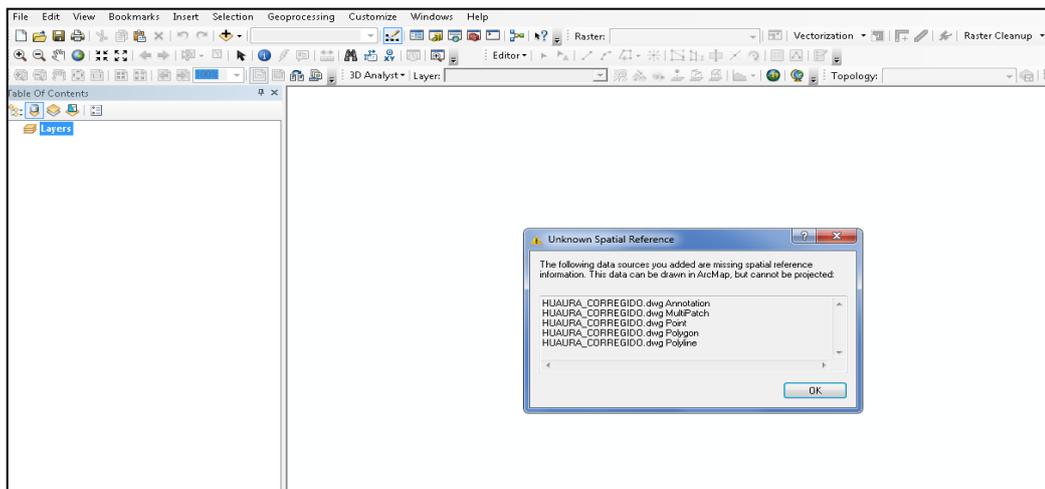
Figura Nª 5.16: Archivo Huaura_Corregido con sus extensiones en ArcMap.



Fuente: Elaboración Propia

17. La ventana muestra el archivo HUAURA_CORREGIDO que está listo para ser cargado en el ArcGis.

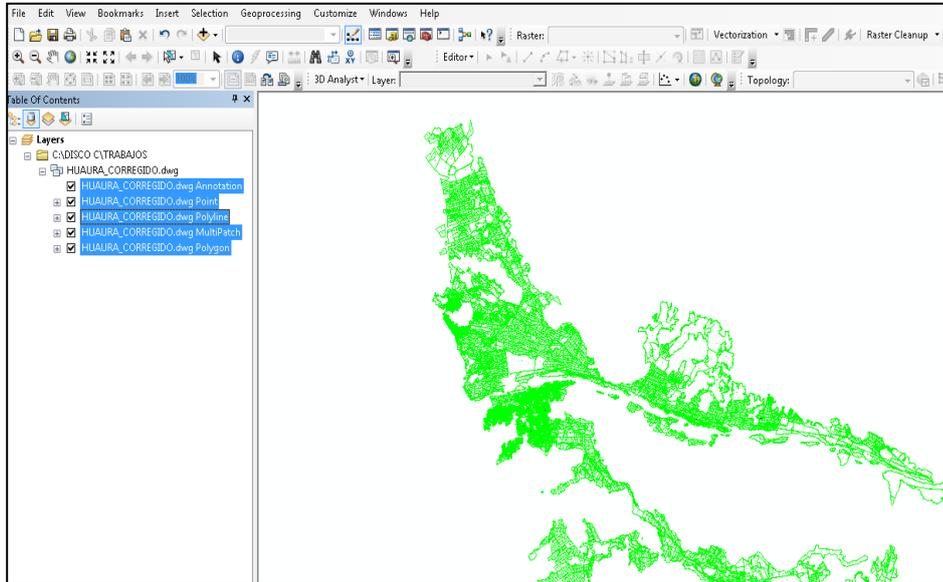
Figura Nª 5.17: Archivo Huaura_Corregido para ser cargado en ArcMap del ArcGis.



Fuente: Elaboración Propia

18. La ventana muestra gráficamente el archivo HUAURA_CORREGIDO en el ArcGis.

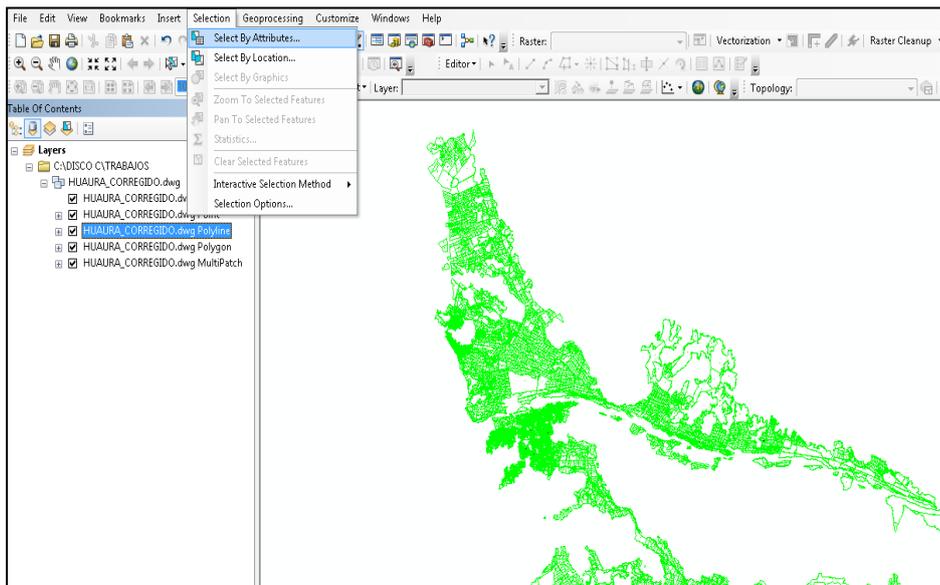
Figura Nª 5.18: Archivo Huaura_Corregido cargado al ArcGis



Fuente: Elaboración Propia

19. La ventana muestra la selección del archivo que corresponde a la polilínea por atributos.

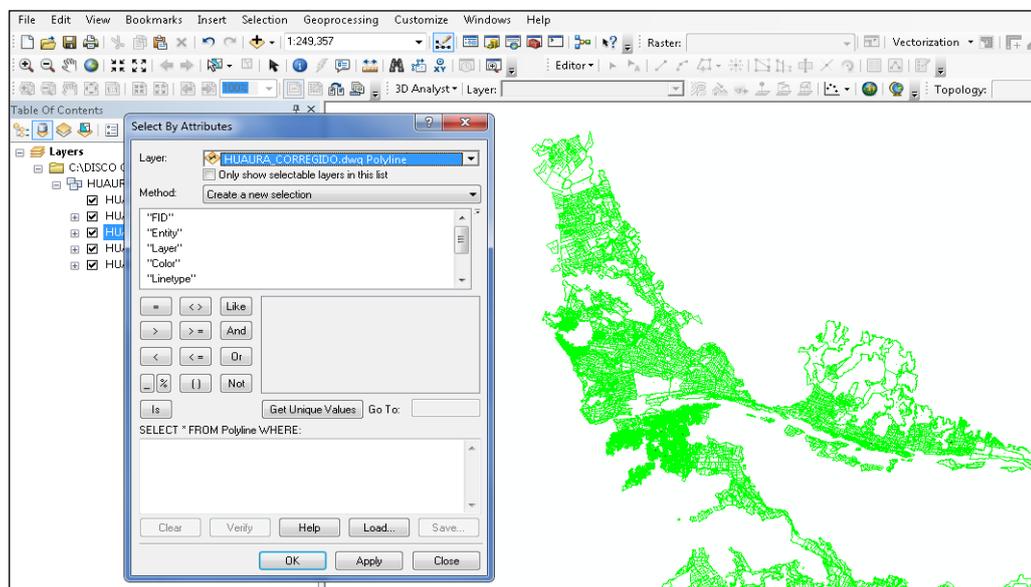
Figura Nª 5.19: Selección de polilínea por atributos



Fuente: Elaboración Propia

20. La ventana muestra la selección del archivo que corresponde a la polilínea por atributos.

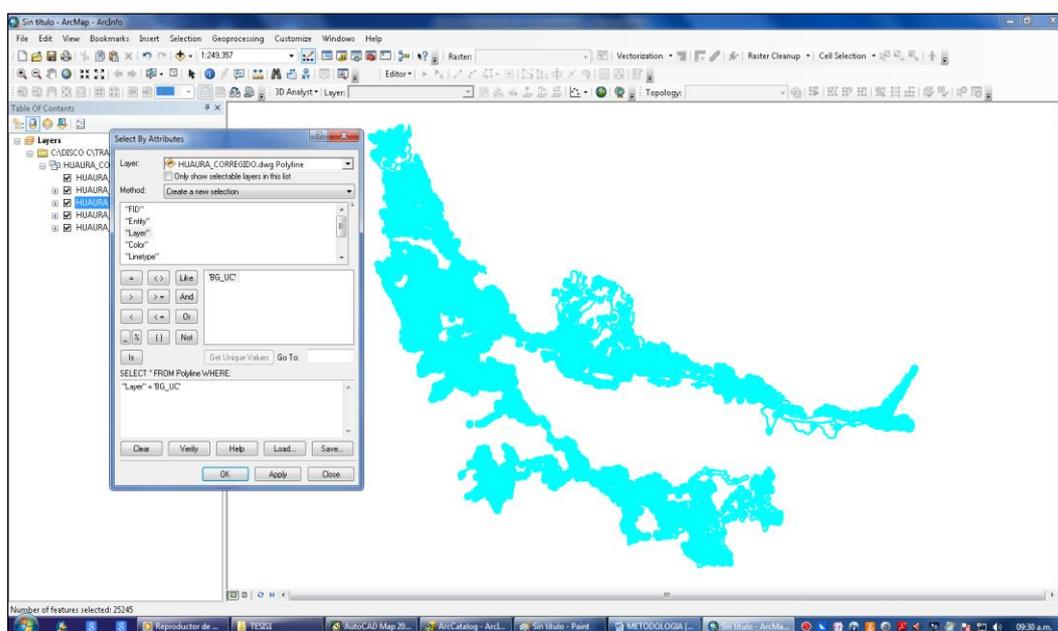
Figura N° 5.20: Selección del Archivo Huaura_Corregido



Fuente: Elaboración Propia

21. La ventana muestra la selección de la polilínea para ser migrada al ArcGIS.

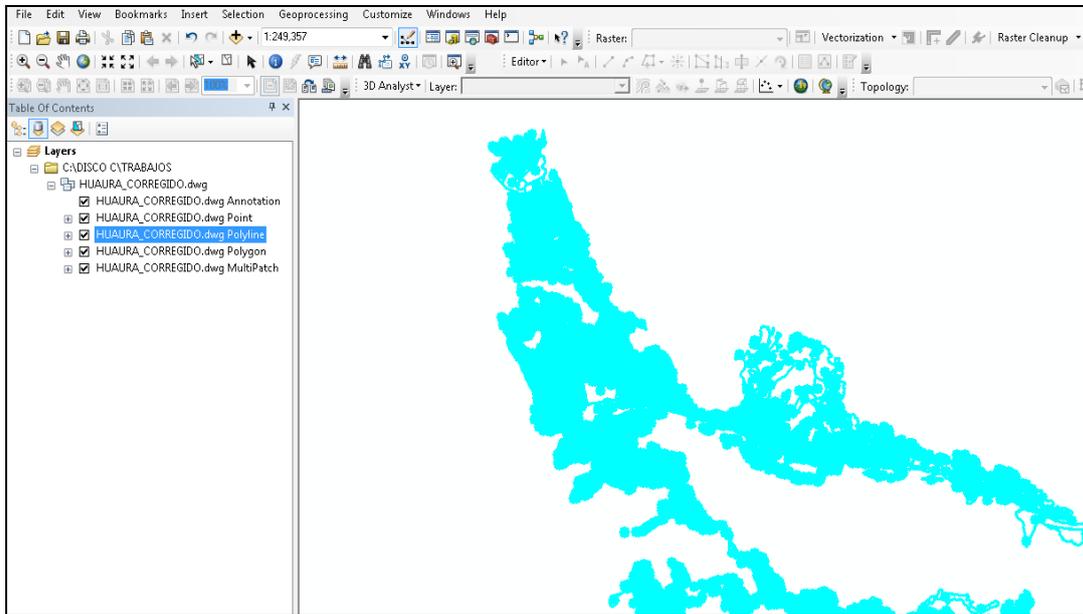
Figura N° 5.21: Selección de la polilínea Huaura_Corregido



Fuente: Elaboración Propia

22. La ventana muestra el archivo huaura_corregido cargado al ArcGis.

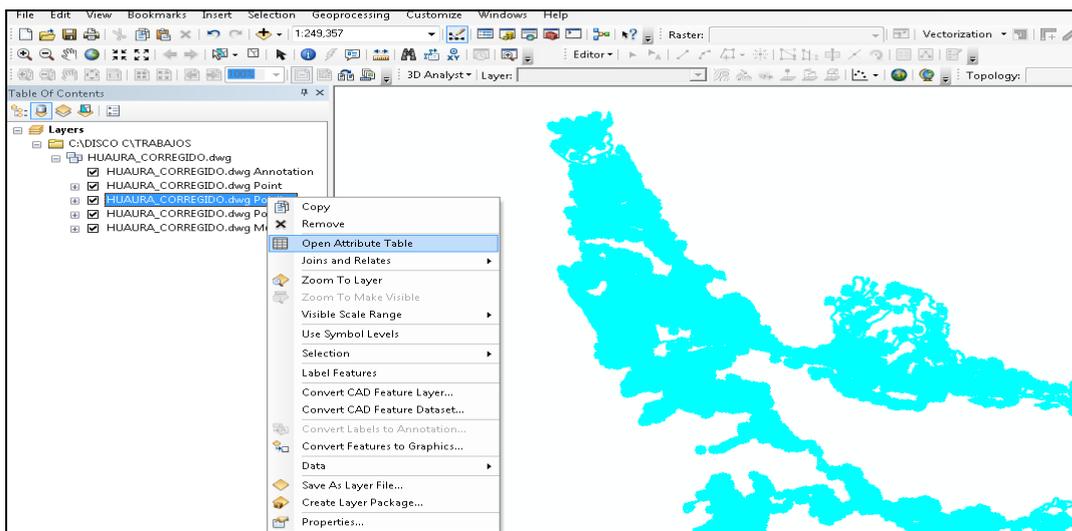
Figura N° 5.22: Archivo Huaura_Corregido en ArcGis



Fuente: Elaboración Propia

23. La ventana muestra el archivo HUAURA_CORREGIDO y está para ingresar a la tabla de atributos.

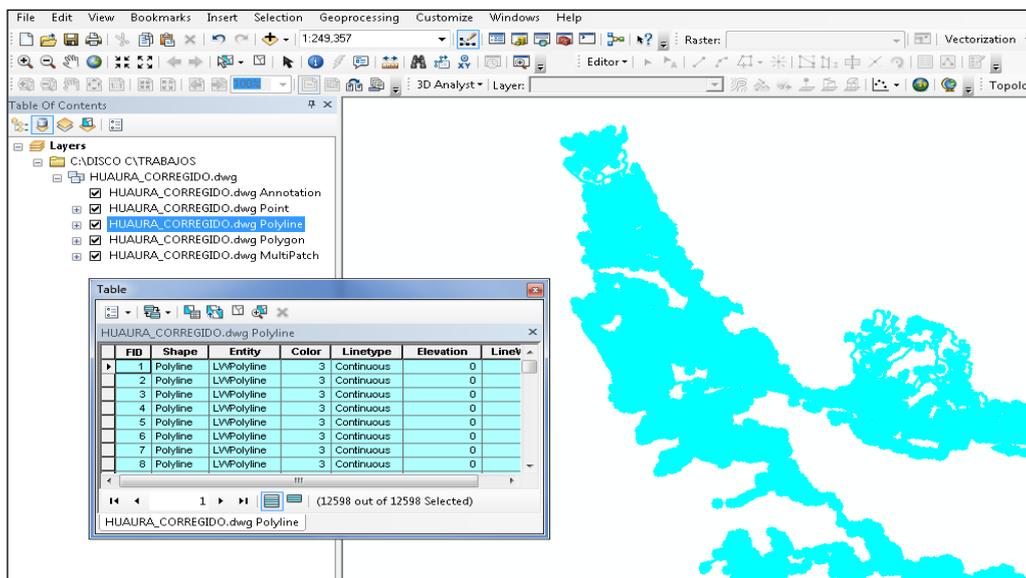
Figura N° 5.23: Ingreso a la tabla de atributos



Fuente: Elaboración Propia

24. La ventana muestra la tabla de atributos del archivo HUAURA_CORREGIDO.dwg polyline.

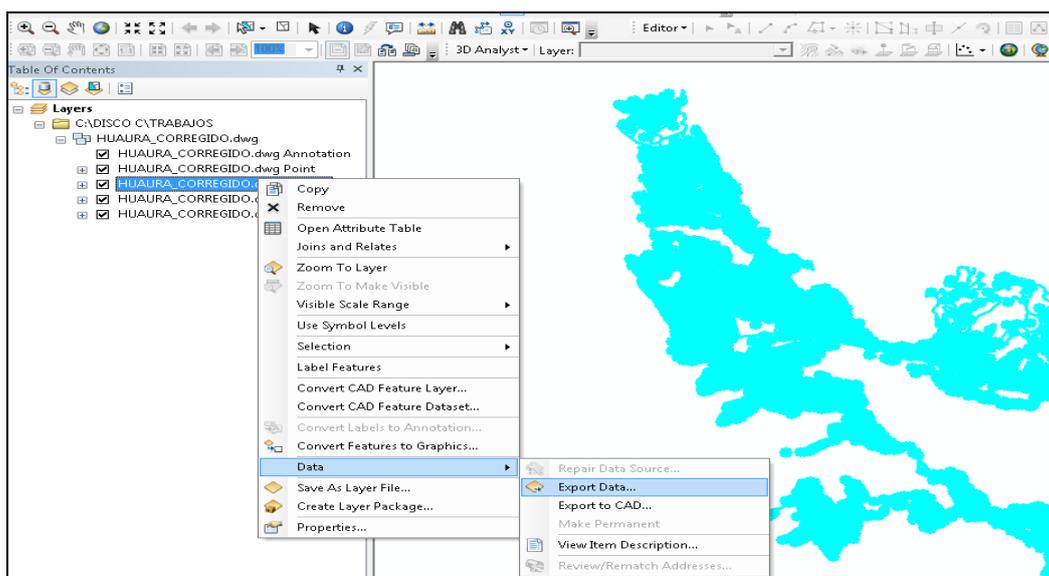
Figura Nª 5.24: Muestra de la tabla de atributos (base de datos)



Fuente: Elaboración Propia

25. La ventana muestra que el archivo HUAURA_CORREGIDO se va exportar a un archivo shape.

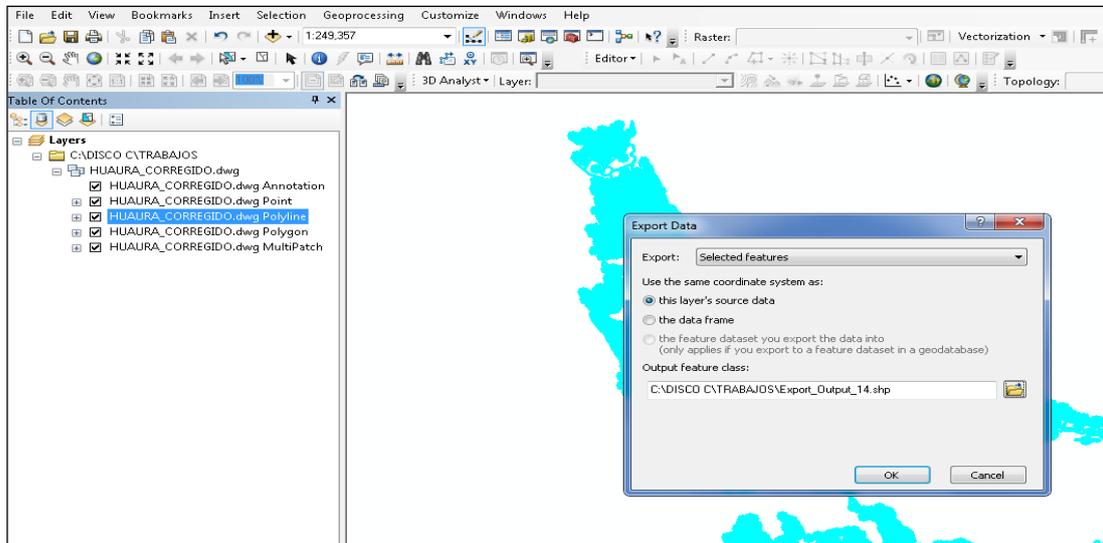
Figura Nª 5.25: El Archivo Huaura_Corregido se va exportar a un archivo shape.



Fuente: Elaboración Propia

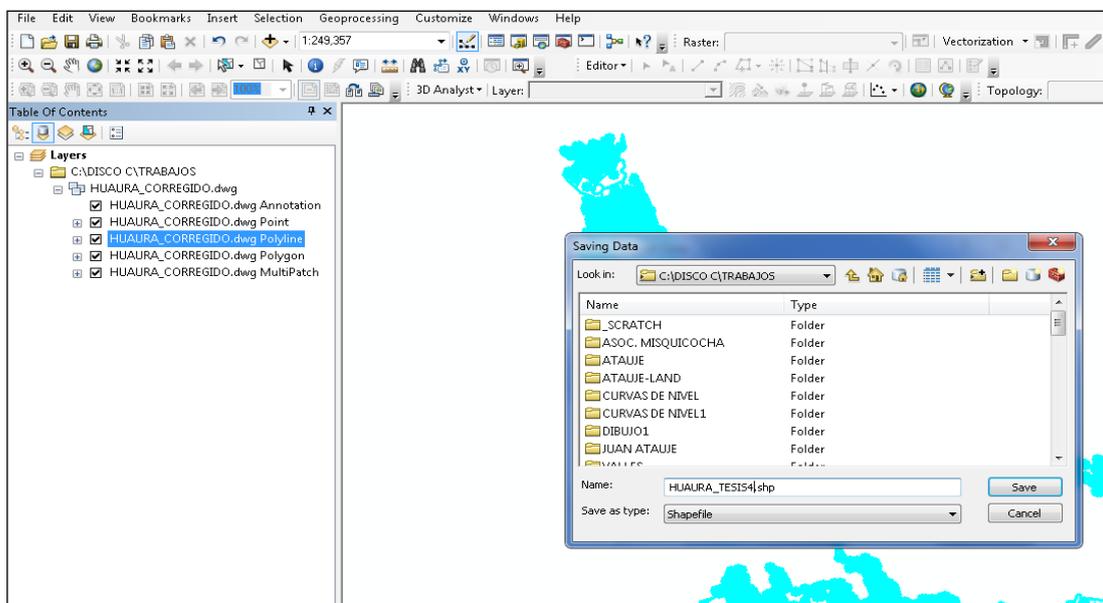
26. La ventana muestra que el archivo se va exportar a un archivo shape y necesita un nombre.

Figura Nª 5.26: El Archivo shape necesita un nombre y la ruta para guardarlo.



27. La ventana muestra la generación del archivo Huaura_Tesis4.shp (archivo con extensión shape) para luego guardarlo con ese nombre.

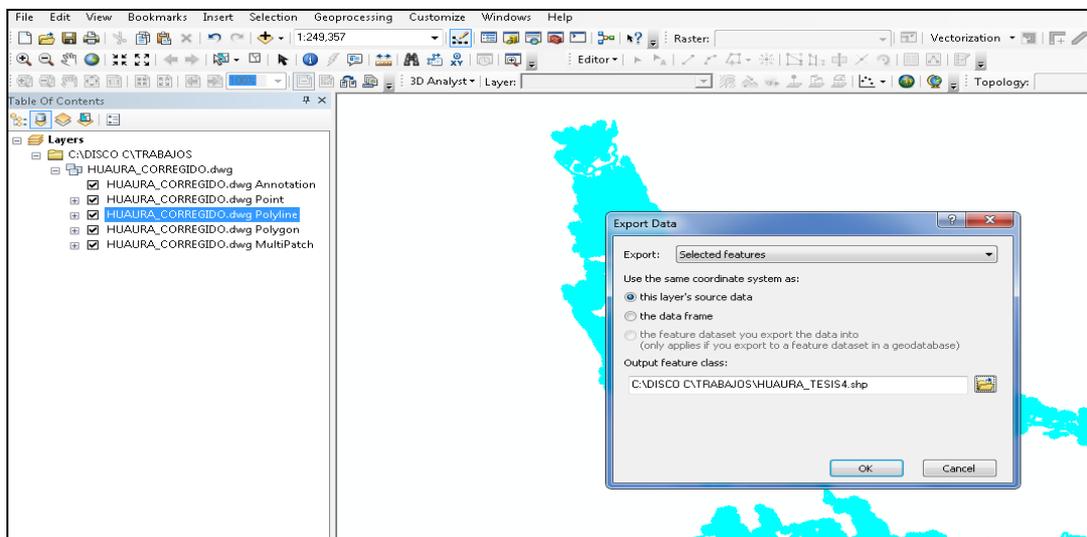
Figura Nª 5.27: El Archivo shape con su nombre Huaura_Tesis4.shp.



Fuente: Elaboración Propia

28. La ventana muestra la ruta del archivo guardado con extensión shape y se le va dar ok.

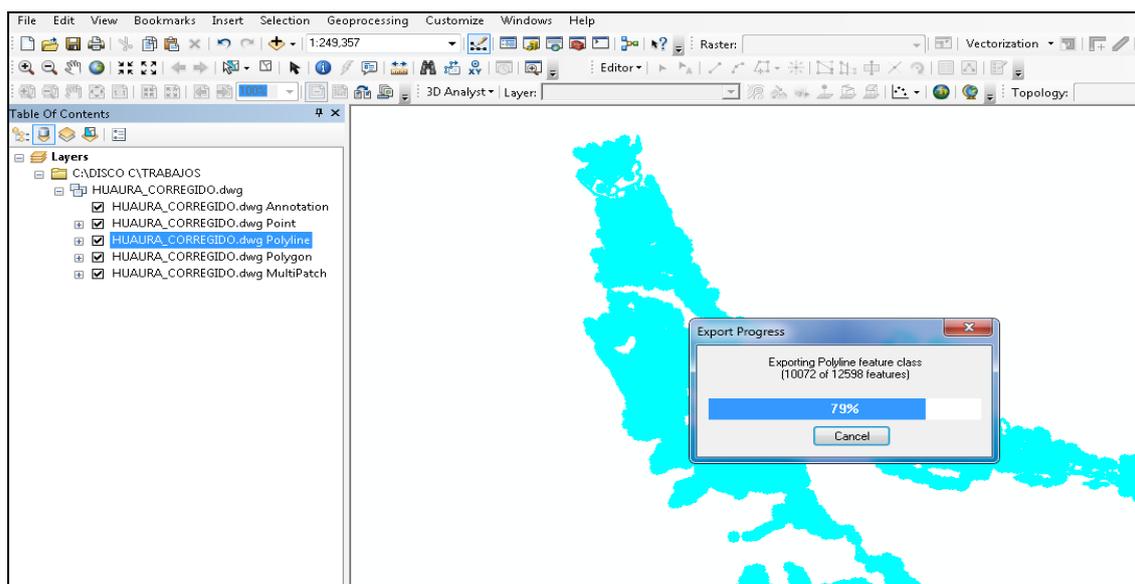
Figura N° 5.28: El Archivo Huaura_Tesis4.shp con la ruta y ok.



Fuente: Elaboración Propia

29. La ventana muestra que se está procesando la información y va a un 79%, llegando al 100% habrá culminado el proceso.

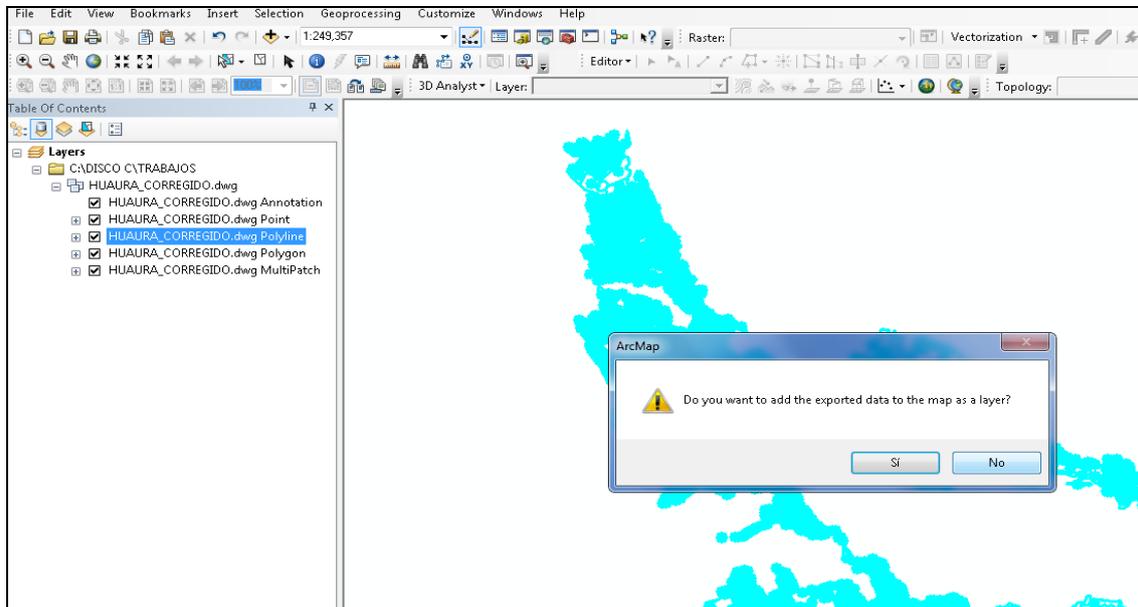
Figura N° 5.29: El Archivo en proceso de la información.



Fuente: Elaboración Propia

30. La ventana muestra si se quiere adicionar la data a una capa, se le responde si.

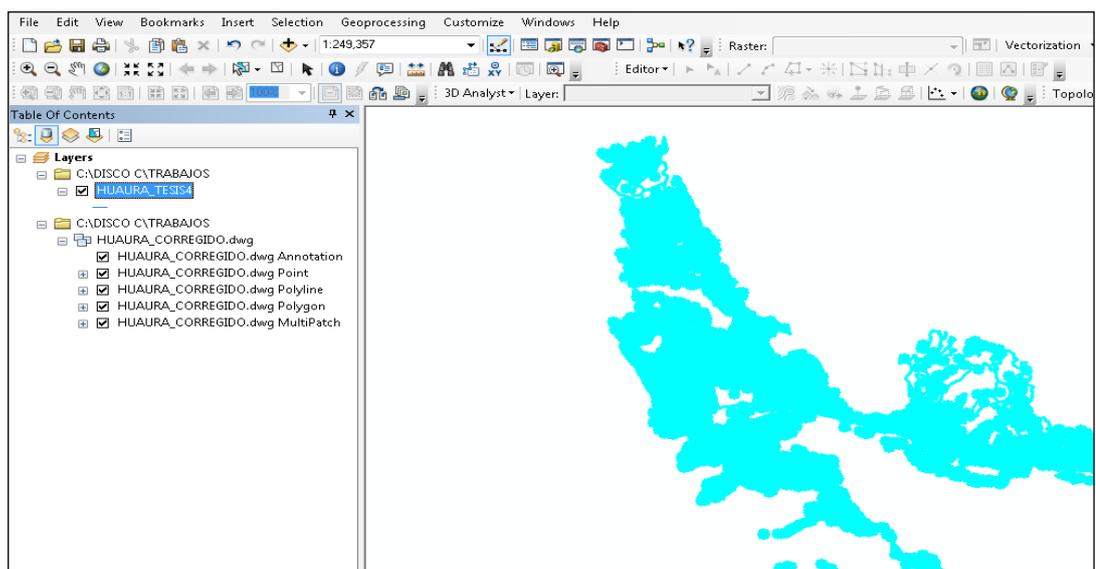
Figura N° 5.30: Adición de la data a una capa (si).



Fuente: Elaboración Propia

31. La ventana muestra el archivo generado Huaura_Tesis4, el mismo que está en condiciones de realizar la proyección correspondiente, luego se carga el programa ArcToolbox para realizar la proyección.

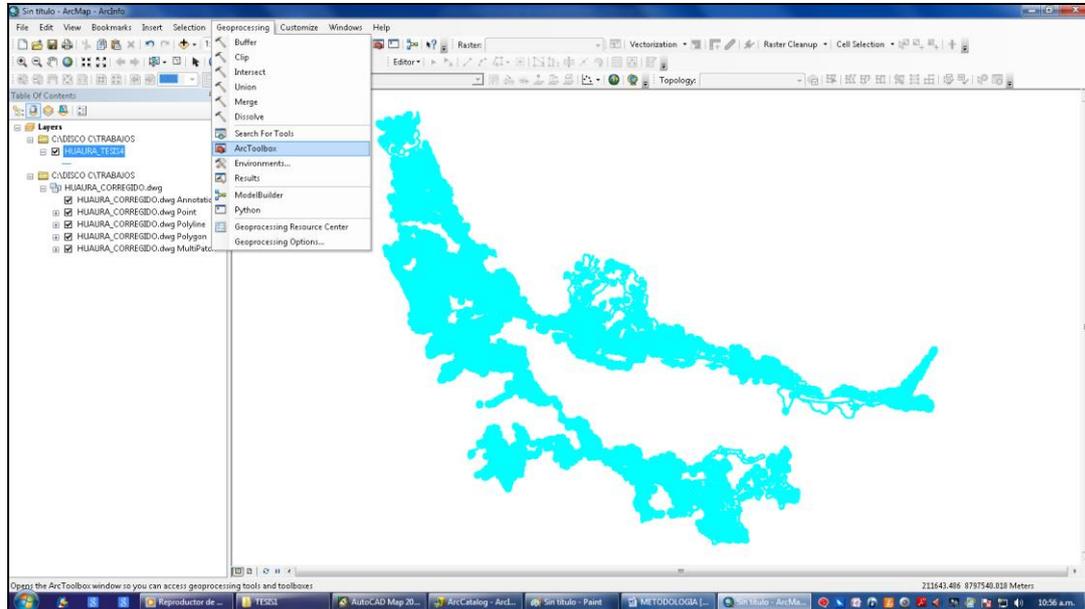
Figura N° 5.31: El Archivo Huaura_Tesis4 en ArcMap.



Fuente: Elaboración Propia

32. La ventana muestra que se va a cargar el programa ArcToolbox.

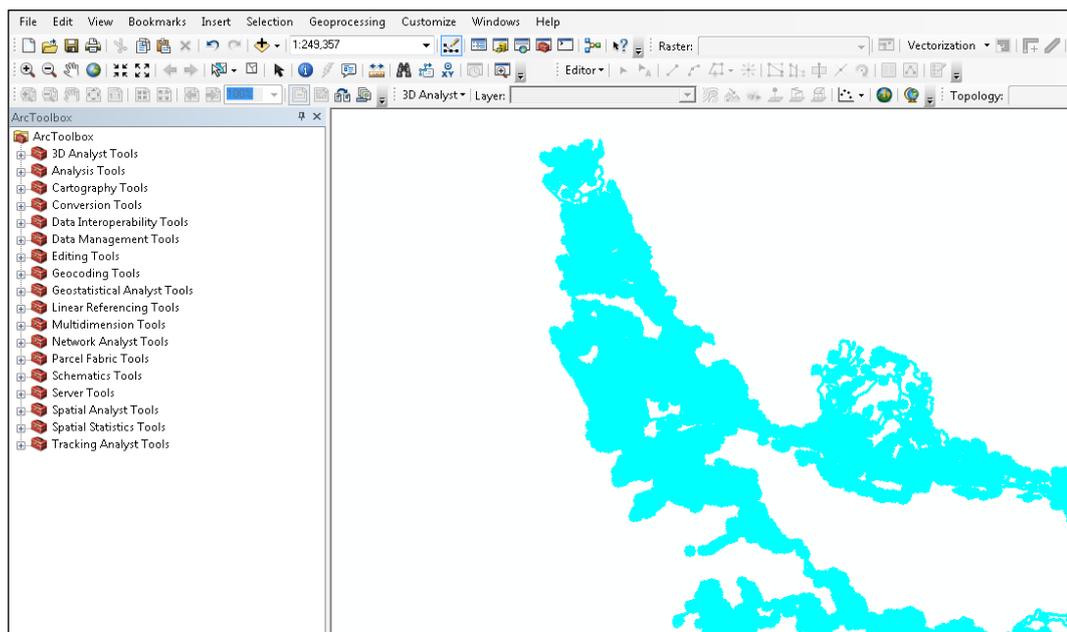
Figura Nª 5.32: Carga del programa ArcToolbox.



Fuente: Elaboración Propia

33. La ventana muestra que ya se cargó el programa ArcToolbox.

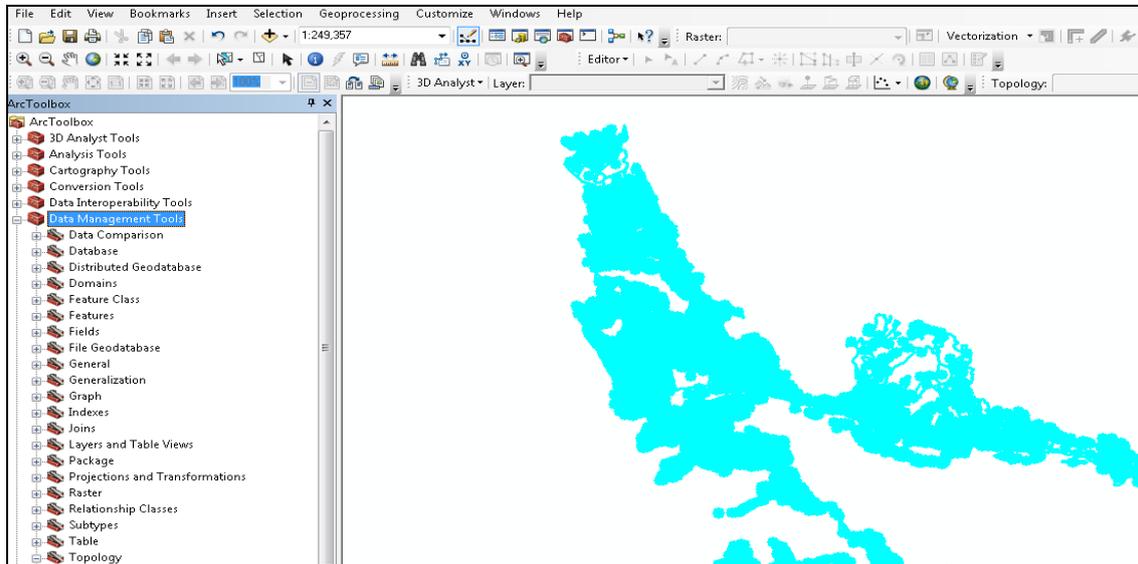
Figura Nª 5.33: El Archivo Huaura_Tesis4 está en el programa ArcToolbox.



Fuente: Elaboración Propia

34. La ventana muestra que tenemos que ingresar al Data Management Tools, donde tenemos las herramientas para darle la proyección al archivo Huaura_Tesis4 y la transformación de coordenadas.

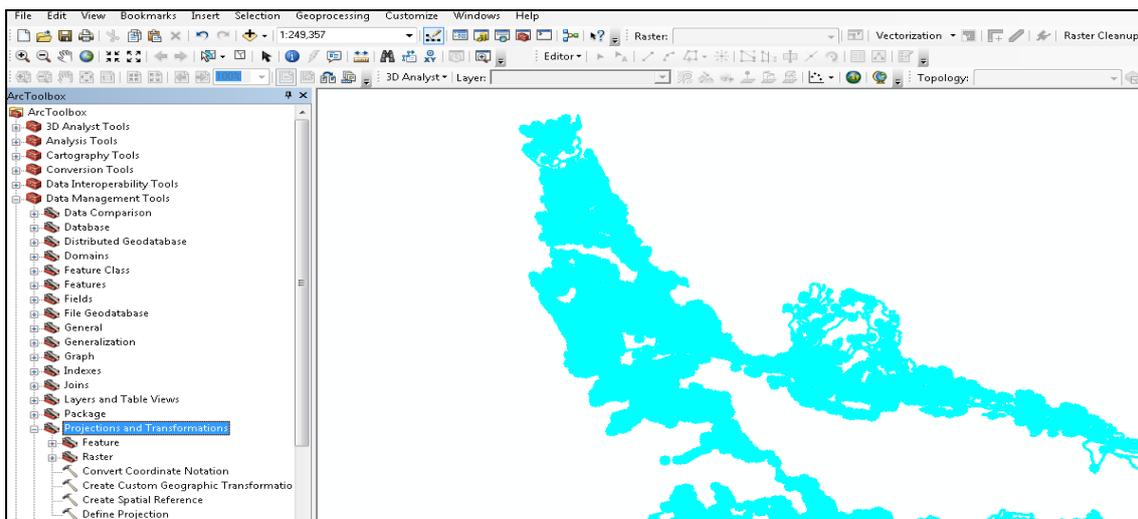
Figura N° 5.34: Ingreso al Data Management Tools para darle proyección.



Fuente: Elaboración Propia

35. La ventana muestra que se tiene que ingresar a la herramienta de proyecciones y transformaciones.

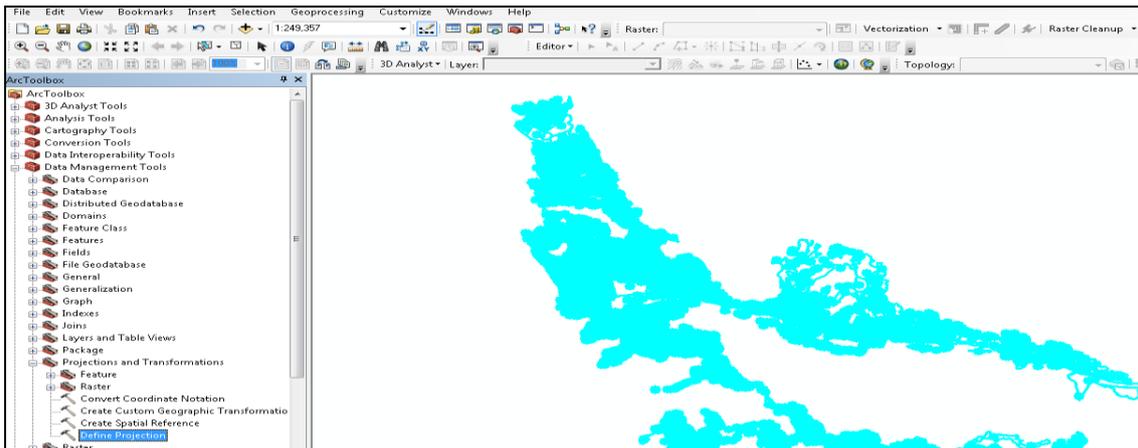
Figura N° 5.35: Ingreso a proyecciones y transformaciones.



Fuente: Elaboración Propia

36. La ventana muestra que se va ingresar a la herramienta que define la proyección (Define Projection).

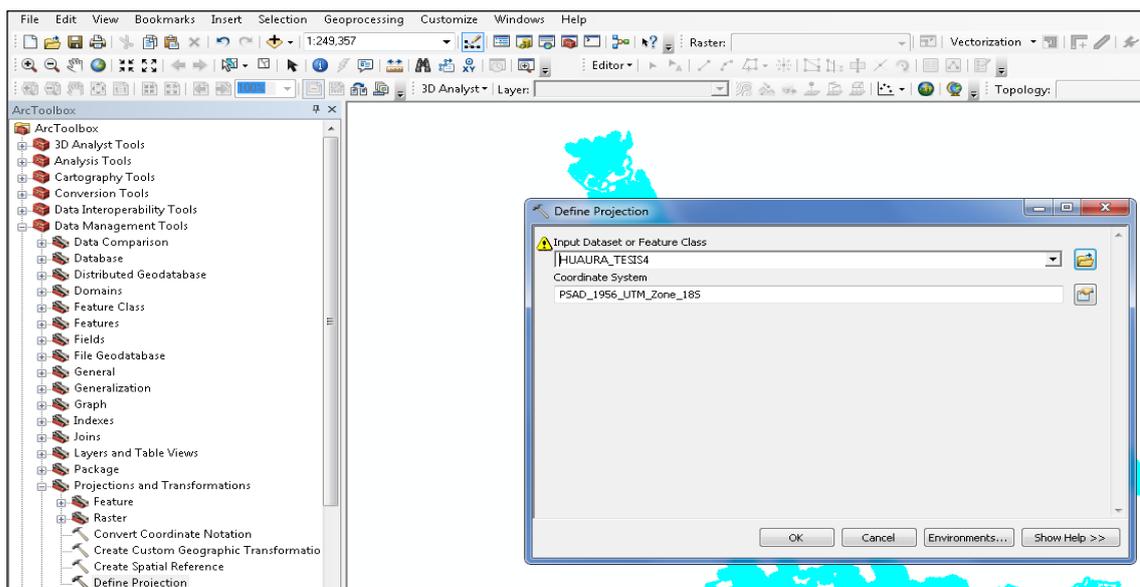
Figura N^o 5.36: Ingreso a la herramienta Define - proyección.



Fuente: Elaboración Propia

37. La ventana muestra que el archivo Huaura_Tesis4 tiene definida su proyección en las coordenadas UTM, en la zona 18 y se encuentra en el sistema geodésico PSAD56, luego le damos ok.

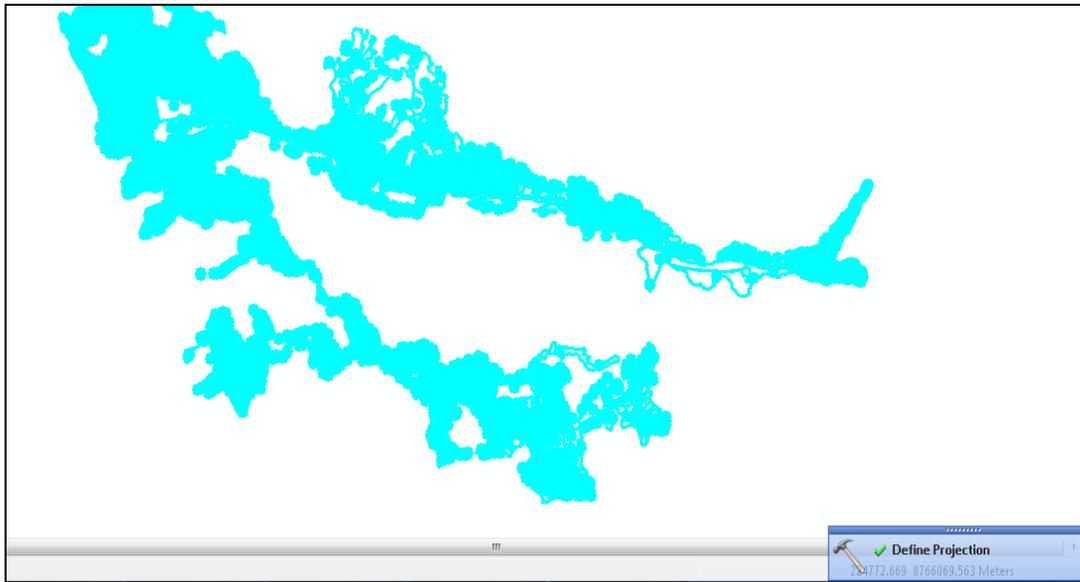
Figura N^o 5.37: El archivo Huaura_Tesis4 con su proyección definida.



Fuente: Elaboración Propia

38. La ventana muestra que el sistema está procesando para definir la proyección en el sistema geodésico PSAD56.

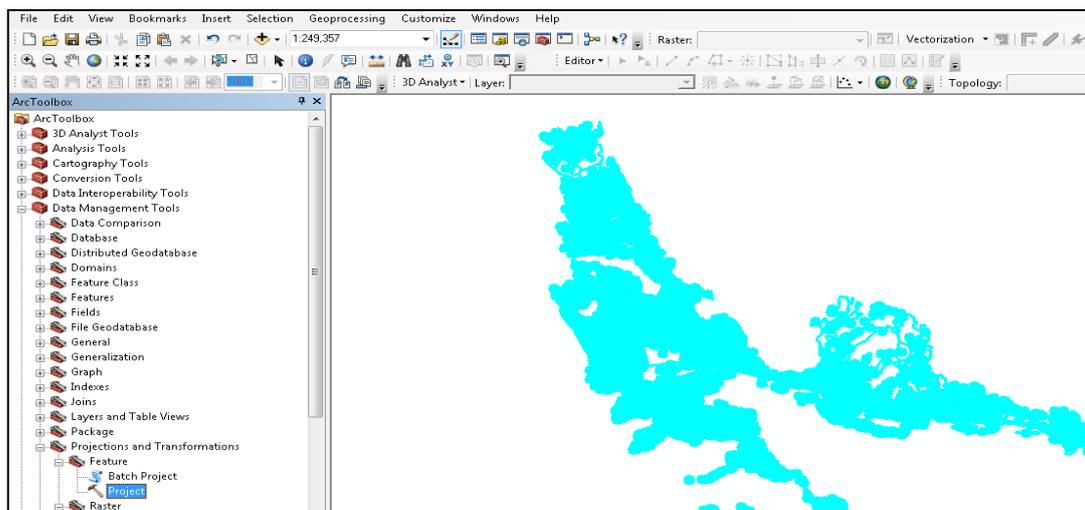
Figura N° 5.38: La proyección en proceso



Fuente: Elaboración Propia

39. La ventana muestra que se va ingresar a la herramienta Feature – Project para realizar el proceso de transformación de coordenadas U.T.M., del sistema geodésico PSAD56 a WGS84.

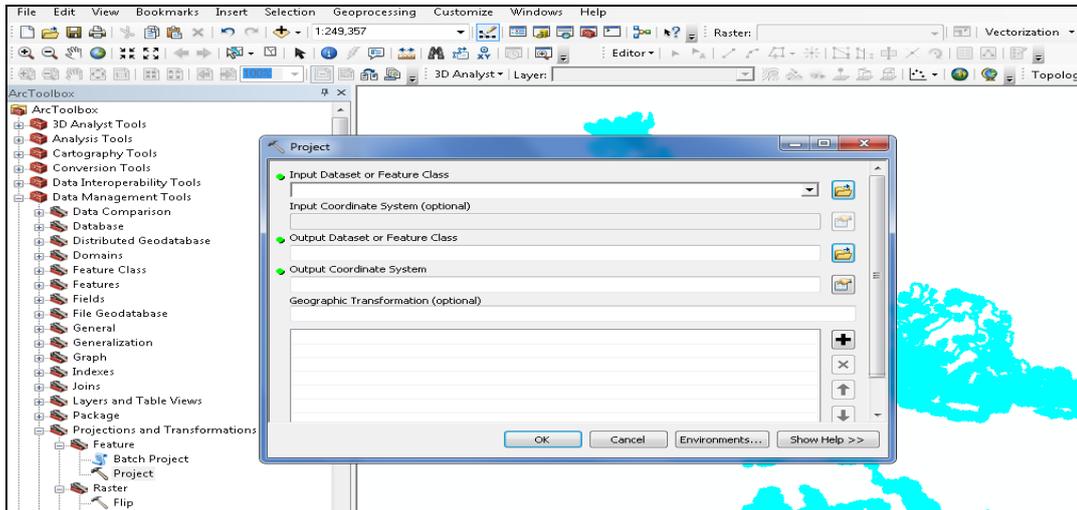
Figura N° 5.39: Ingreso a la herramienta Feature-Project



Fuente: Elaboración Propia

40. La ventana muestra una sub_ventana para realizar el proceso de transformación de coordenadas U.T.M., del sistema geodésico PSAD56 a WGS84.

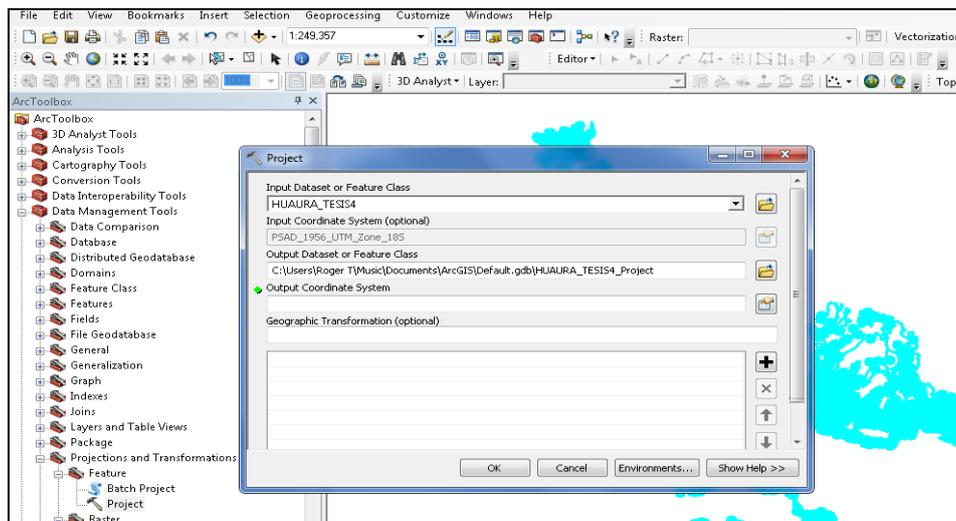
Figura Nª 5.40: Transformación de coordenadas de Psad56 a WGS84



Fuente: Elaboración Propia

41. La ventana muestra que se cargó el archivo Huaura_Tesis4, también se visualiza que su proyección está en coordenadas UTM, corresponde a la zona 18 y su sistema geodésico está en PSAD56, luego se tiene que proyectar la salida en el sistema WGS84 (Output Coordinate System).

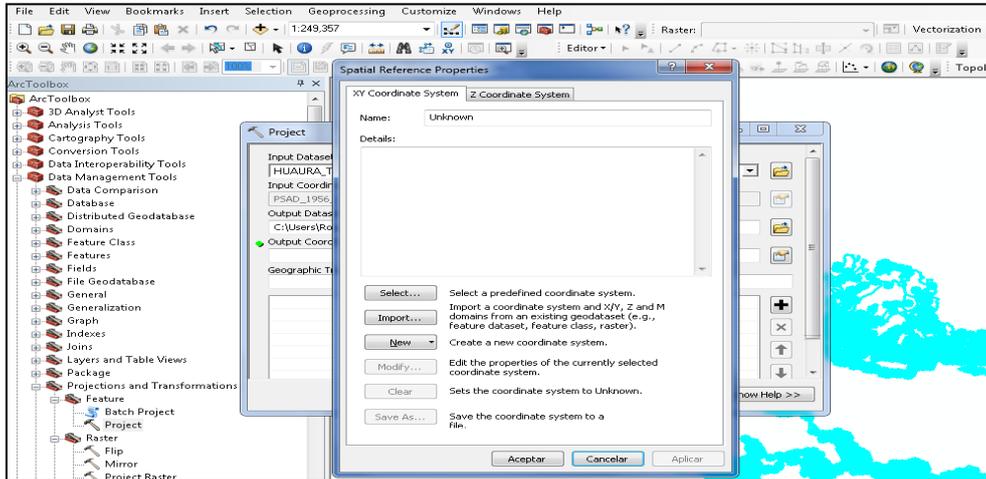
Figura Nª 5.41: Huaura_Tesis4 se va transformar de PSADd56 a WGS84



Fuente: Elaboración Propia

42. La ventana muestra para seleccionar el archivo y proyectar al sistema geodésico WGS84.

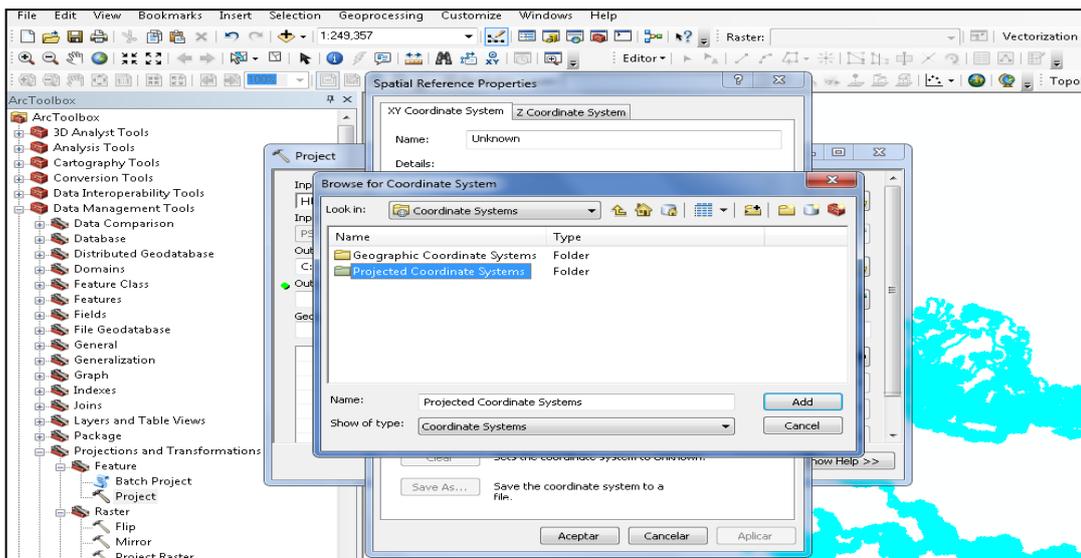
Figura N^o 5.42: Proyección al sistema geodésico mundial WGS84



Fuente: Elaboración Propia

43. La ventana muestra que el sistema va definir la proyección del sistema de coordenadas.

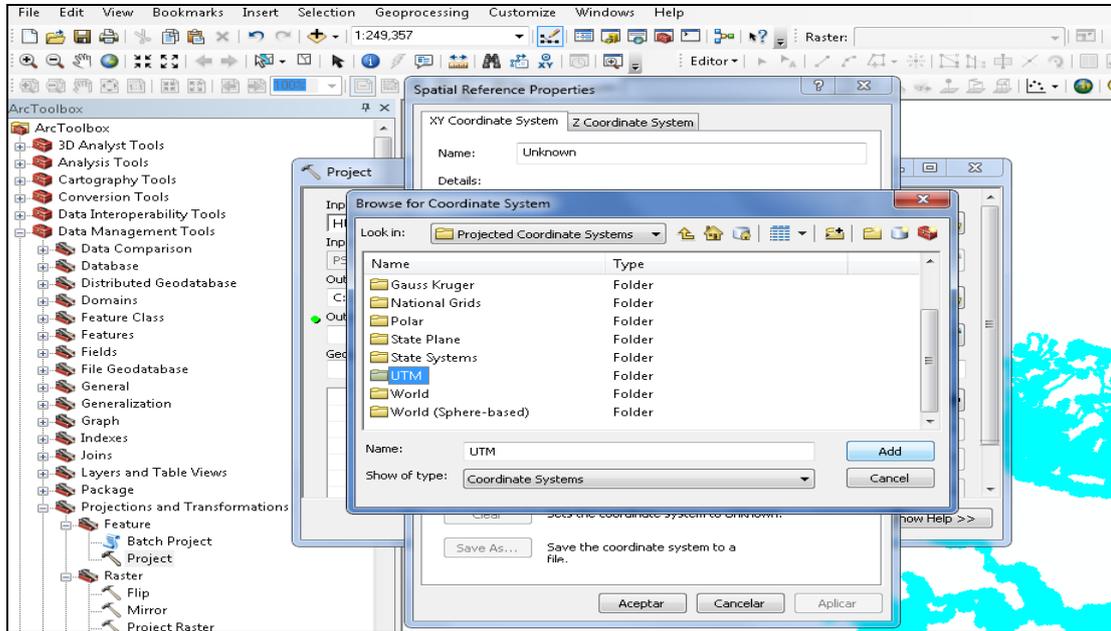
Figura N^o 5.43: Definir la Proyección del sistema de coordenadas



Fuente: Elaboración Propia

44. La ventana muestra que la proyección debe estar en coordenadas UTM.

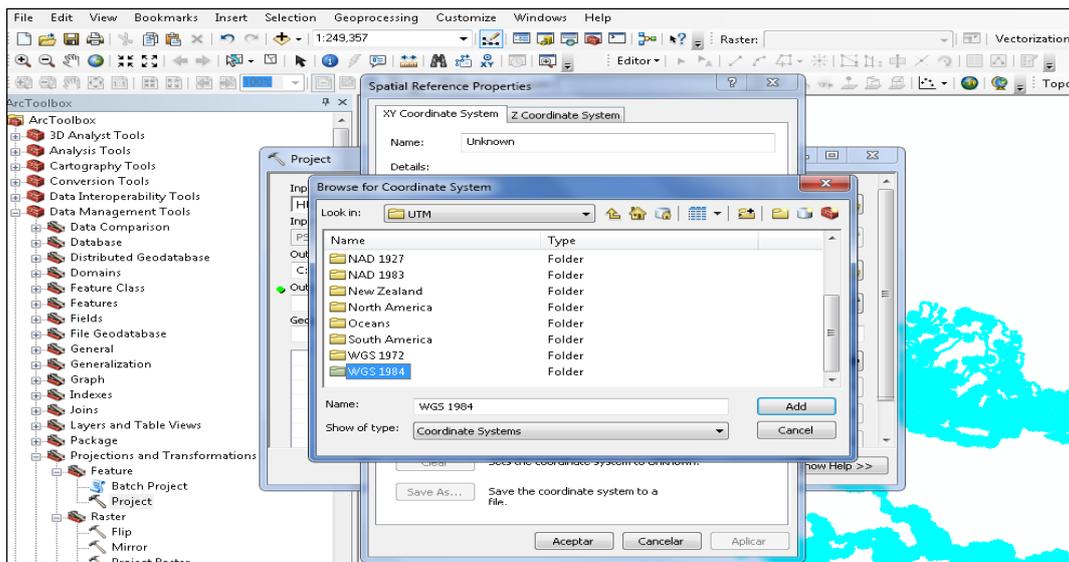
Figura Nª 5.44: La Proyección debe estar en coordenadas UTM



Fuente: Elaboración Propia

45. La ventana muestra que la proyección debe estar en el sistema geodésico WGS84.

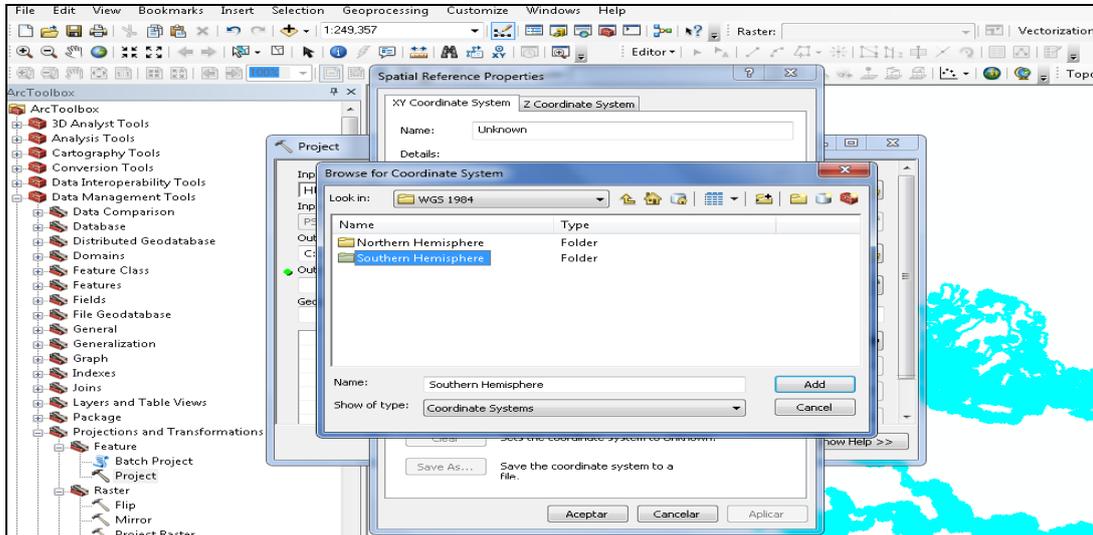
Figura Nª 5.45: La Proyección debe estar en el sistema geodésico WGS84



Fuente: Elaboración Propia

46. La ventana muestra que la proyección está en el hemisferio Sur.

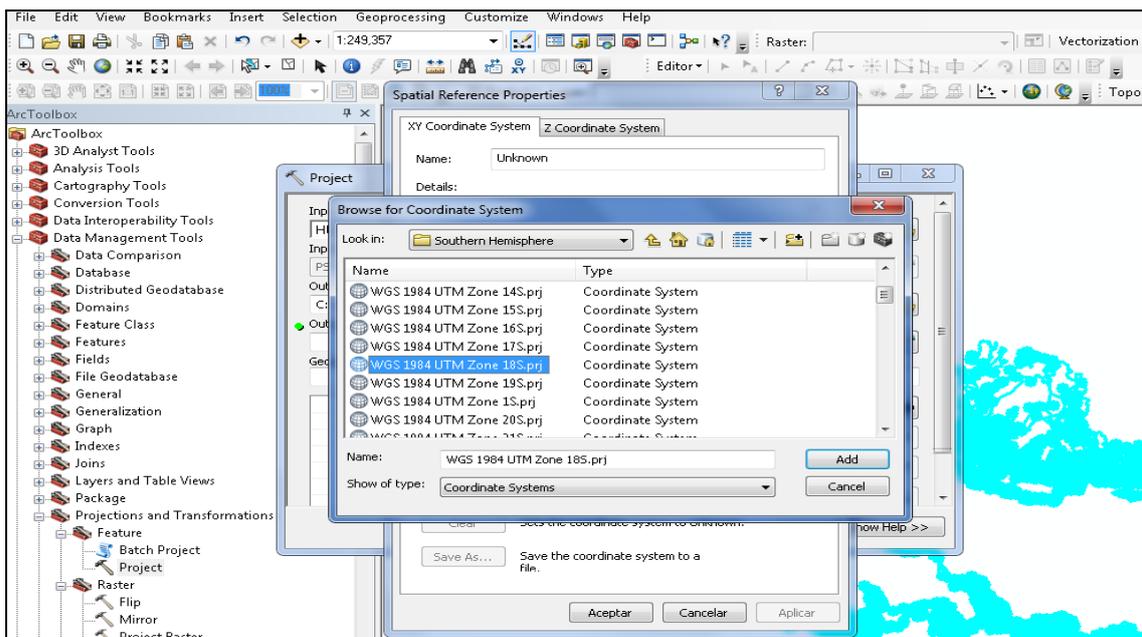
Figura N° 5.46: La Proyección debe estar en el Hemisferio Sur



Fuente: Elaboración Propia

47. La ventana muestra que la proyección se va ejecutar en coordenadas UTM, en la zona 18 y en el sistema geodésico WGS84.

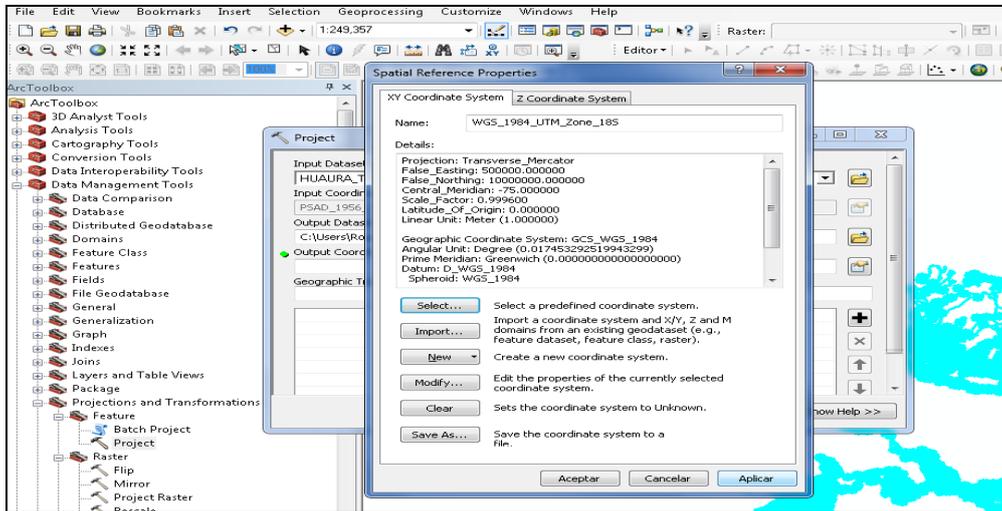
Figura N° 5.47: La Proyección debe estar en la zona 18 y en WGS84



Fuente: Elaboración Propia

48. La ventana muestra que la proyección está para aplicar y aceptar para que se ejecute.

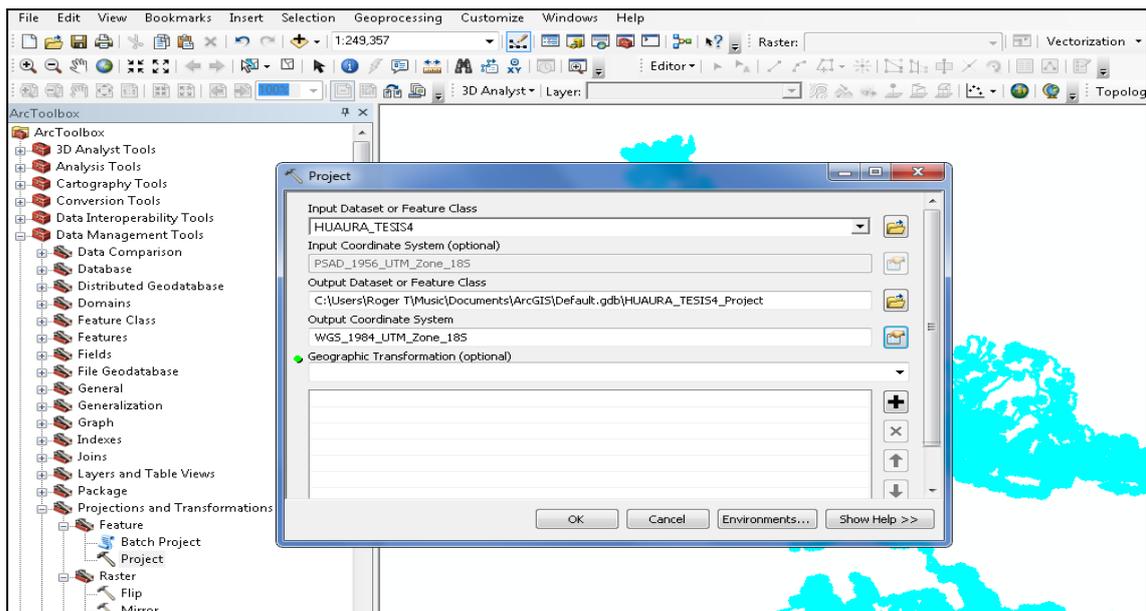
Figura Nª 5.48: La Proyección está para aplicar y aceptar



Fuente: Elaboración Propia

49. La ventana muestra que se debe definir el parámetro para realizar la transformación del sistema PSAD56 a WGS84.

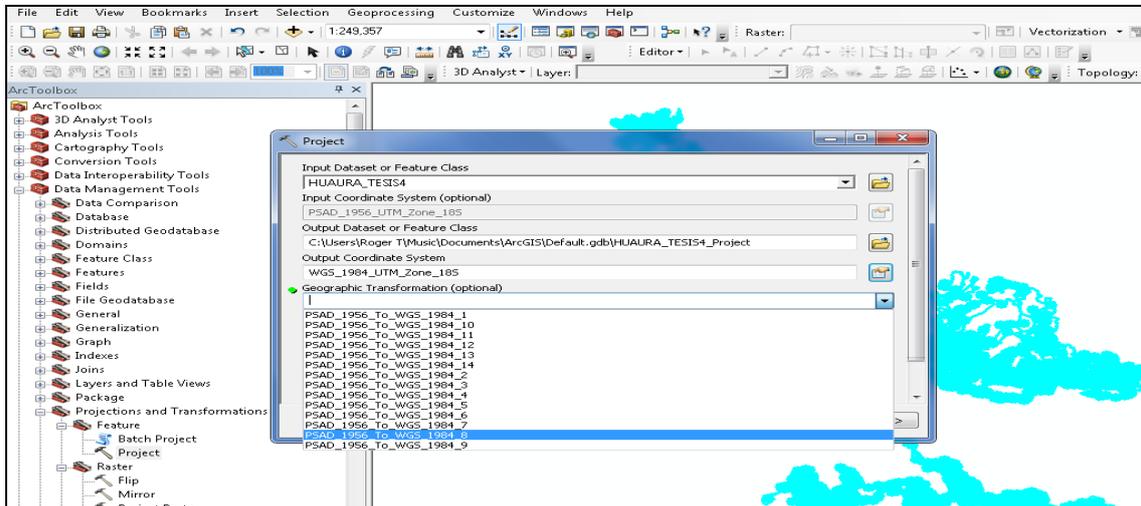
Figura Nª 5.49: Definir el parámetro para la transformación de coordenadas



Fuente: Elaboración Propia

50. La ventana muestra una serie de parámetros para realizar la transformación de coordenadas U.T.M., del sistema PSAD56 a WGS84.

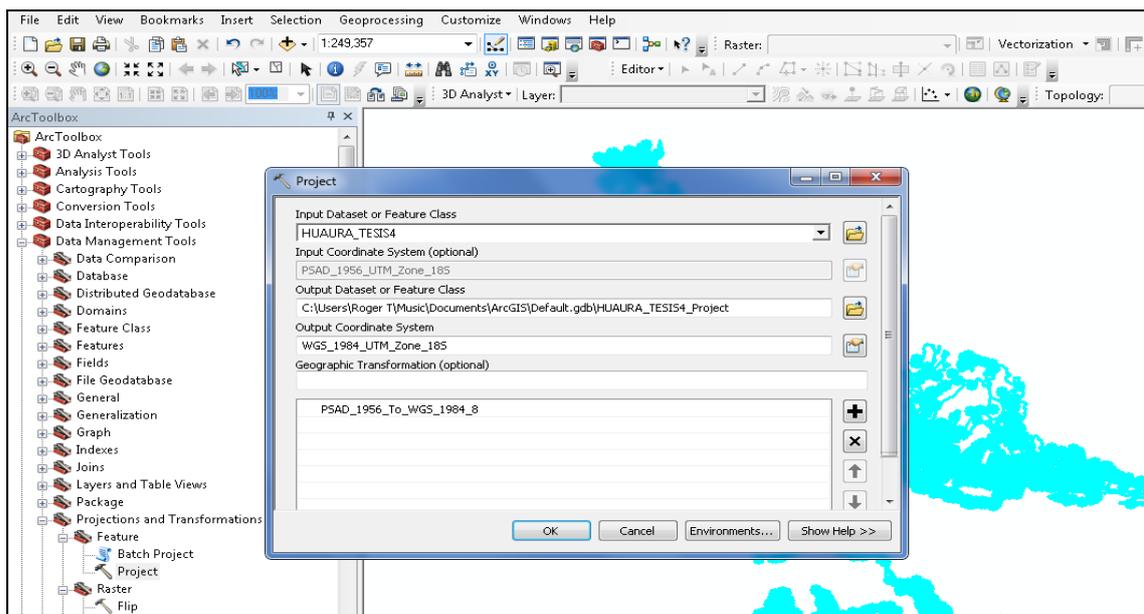
Figura Nª 5.50: Serie de parámetros de transformación de coordenadas



Fuente: Elaboración Propia

51. La ventana muestra con el parámetro definido (PSAD_1956_to_WGS_1984_8) para que realice la transformación correspondiente, luego le damos ok.

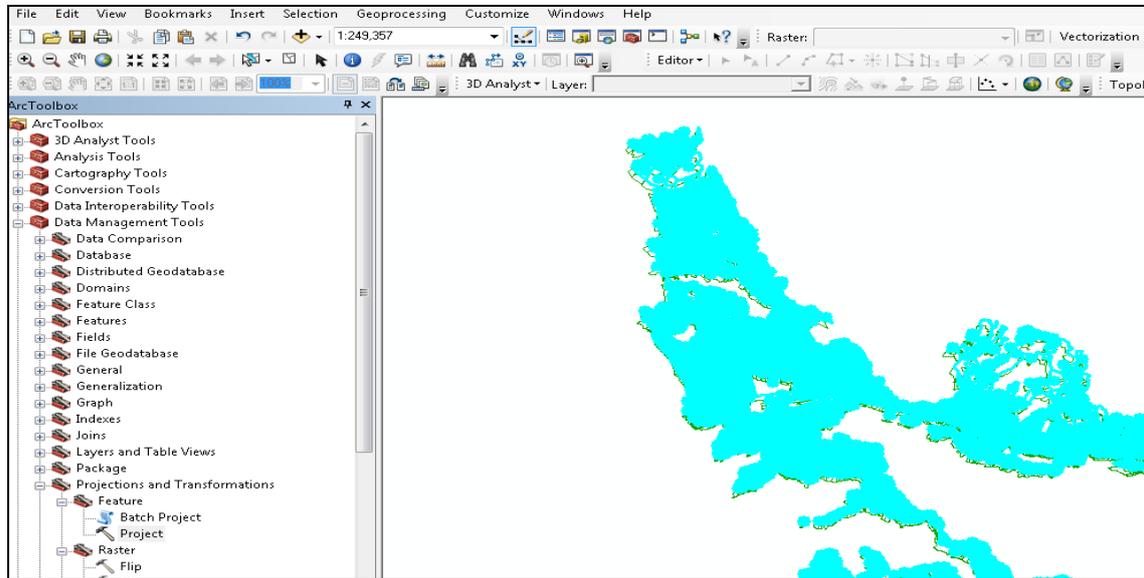
Figura Nª 5.51: Parámetro definido (PSAD_1956_to_WGS84_8)



Fuente: Elaboración Propia

52. La ventana muestra que el proceso de transformación de coordenadas U.T.M., del (valle rural Huaura) sistema geodésico PSAD56 a WGS84 ha concluido.

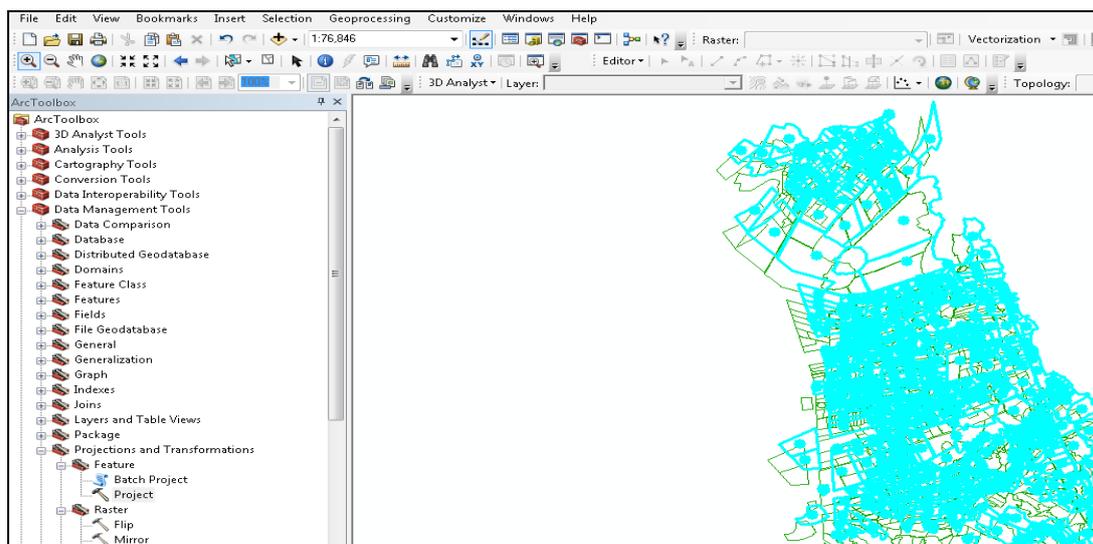
Figura N° 5.52: Fin del proceso de Transformación de PSAD56 a WGS84



Fuente: Elaboración Propia

53. La ventana muestra los archivos en el sistema geodésico PSAD56 y en el sistema geodésico WGS84, luego cargamos el programa ArcMap.

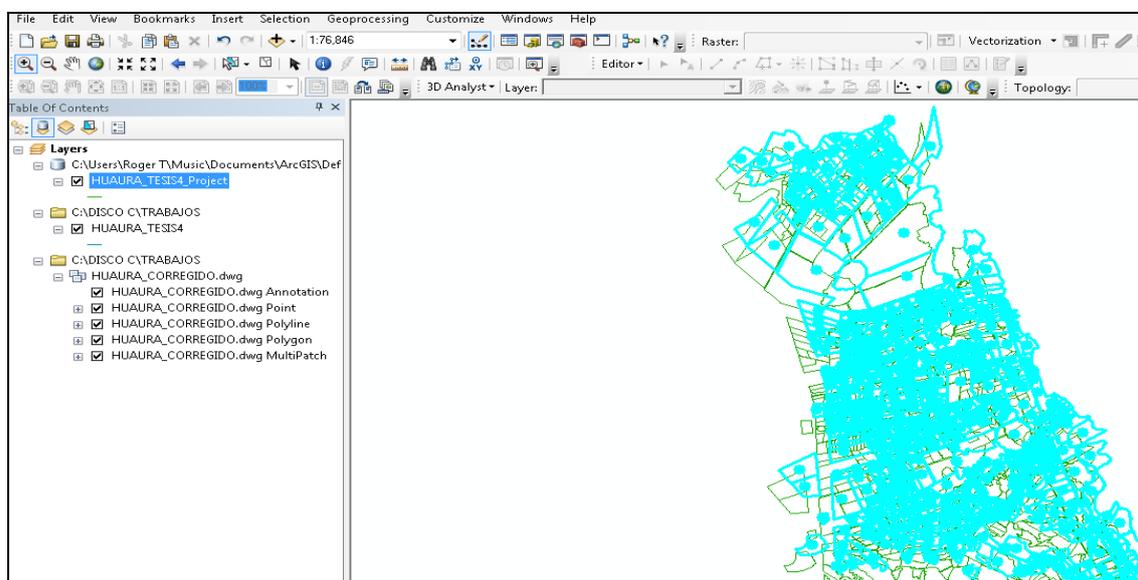
Figura N° 5.53: La base gráfica del valle Haura en PSAD56 y en WGS84



Fuente: Elaboración Propia

54. La ventana muestra en el programa ArcMap el archivo Huaura_Tesis4_Project, el mismo que se encuentra en el sistema geodésico WGS84.

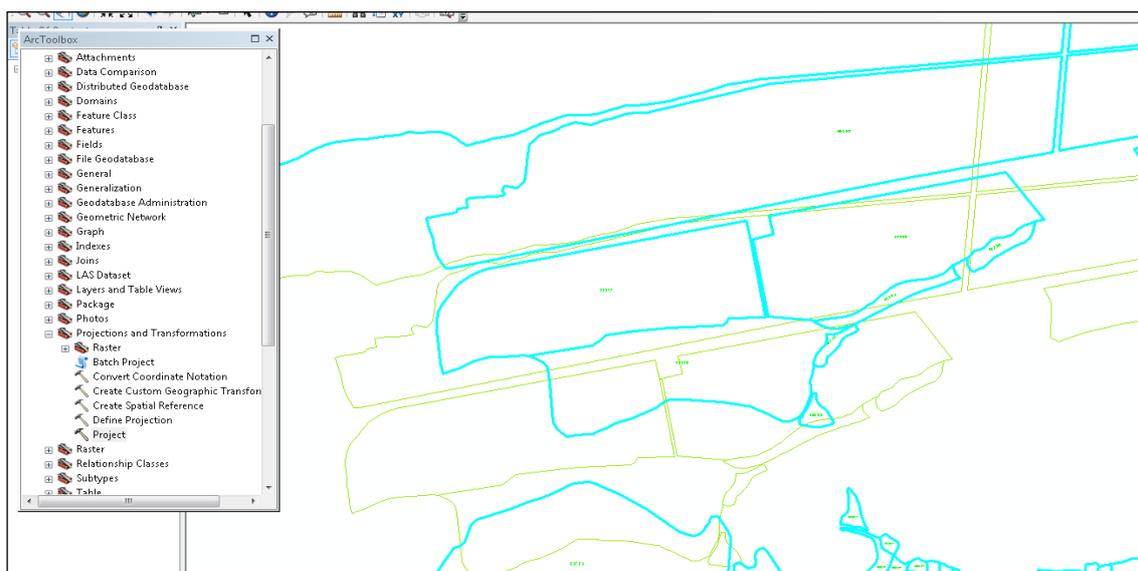
Figura Nª 5.54: El archivo Haura_Tesis4_project en el sistema WGS84



Fuente: Elaboración Propia

55. La ventana muestra gráficamente (en el programa ArcToolbox) la posición de un predio rural en el sistema PSAD56 y en el sistema WGS84.

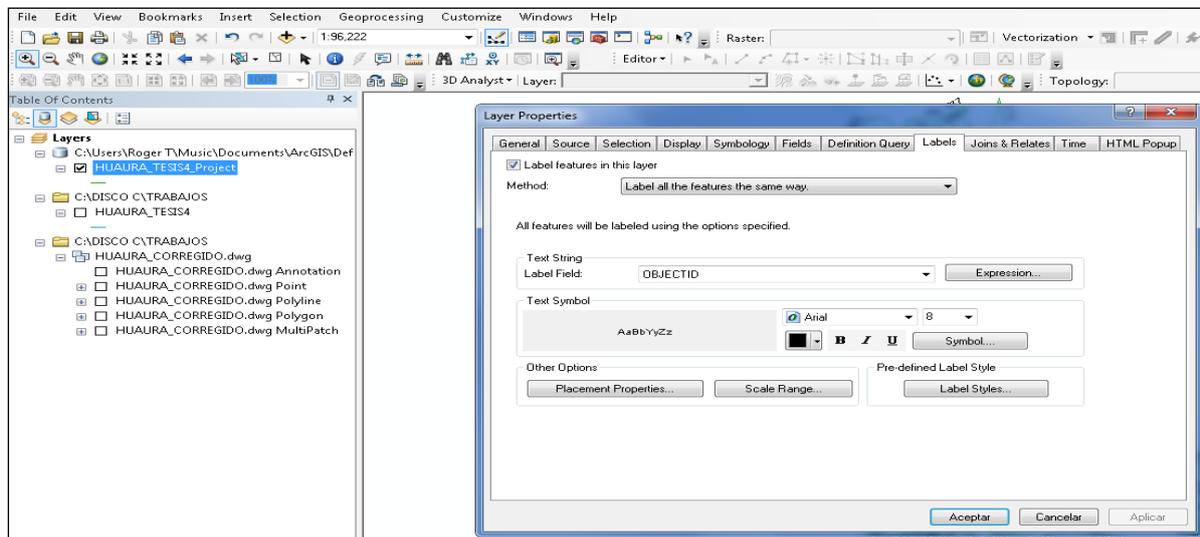
Figura Nª 5.55: Predio rural en el sistema PSAD56(azul) y en WGS84(verde)



Fuente: Elaboración Propia

56. La ventana muestra el programa ArcMap, luego se ingresa a etiquetar (labels) los polígonos que se encuentran en el sistema geodésico WGS84.

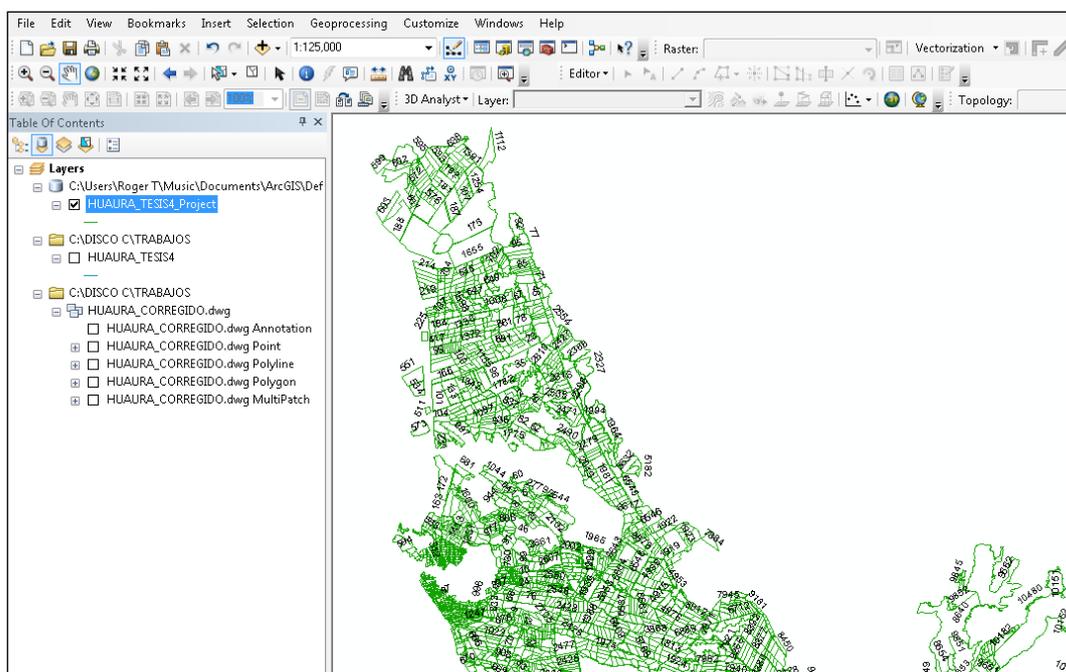
Figura N° 5.56: Etiquetar los polígonos en el sistema WGS84



Fuente: Elaboración Propia

57. La ventana muestra los predios rurales del valle de Huaura etiquetados (cada uno de los predios con sus unidades catastrales que le corresponde).

Figura N° 5.57: Polígonos etiquetados en el sistema WGS84



Fuente: Elaboración Propia

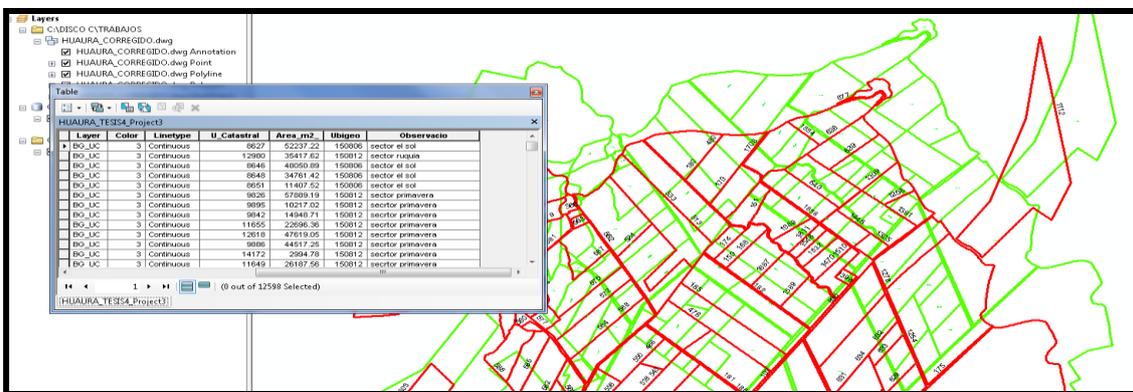
CAPITULO VI

6 RESULTADOS

6.1 PRESENTACION DE RESULTADOS

1. La ventana muestra la base gráfica en Psad56 (verde) y en WGS84 (rojo), asimismo muestra la tabla de atributos con los datos de Unidad Catastral, Área (m²), Ubigeo donde se encuentra ubicado el predio y las Observaciones.

Figura N^o 6.1: Predios rurales en PSAD56(verde) y en WGS84(rojo)



Fuente: Elaboración Propia

2. El cuadro muestra la tabla de atributos (ver Tabla N^o 6.1) de la base gráfica en el sistema WGS84 con los valores de Unidad Catastral, Área, Ubigeo y Observaciones.

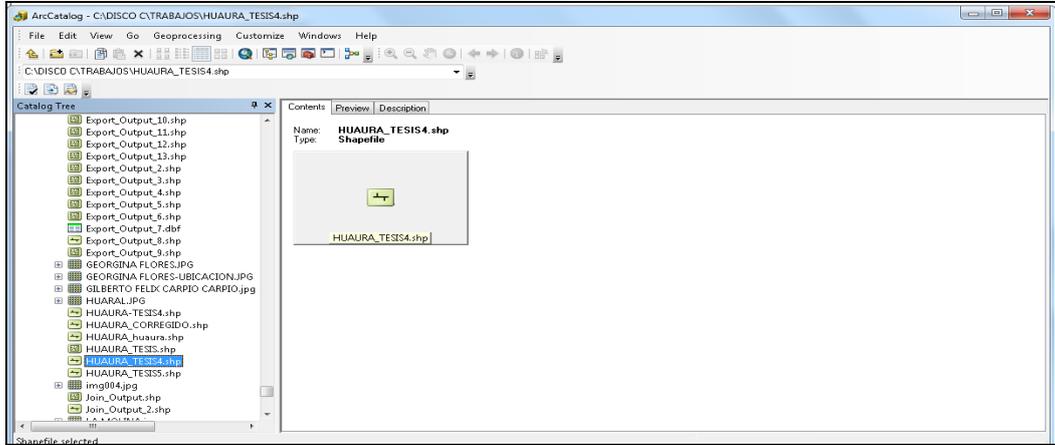
Tabla N^o 6.1: Tabla de atributos (base de datos)

Layer	Color	Linetype	U_Catastral	Area_m2	Ubigeo	Observacio
BG_UC	3	Continuous	8627	52237.22	150806	sector el sol
BG_UC	3	Continuous	12980	35417.62	150812	sector ruquia
BG_UC	3	Continuous	8646	48050.89	150806	sector el sol
BG_UC	3	Continuous	8648	34761.42	150806	sector el sol
BG_UC	3	Continuous	8651	11407.52	150806	sector el sol
BG_UC	3	Continuous	9826	57889.19	150812	sector primavera
BG_UC	3	Continuous	9895	10217.02	150812	sector primavera
BG_UC	3	Continuous	9842	14948.71	150812	sector primavera
BG_UC	3	Continuous	11655	22696.38	150812	sector primavera
BG_UC	3	Continuous	12618	47619.05	150812	sector primavera
BG_UC	3	Continuous	9886	44517.25	150812	sector primavera
BG_UC	3	Continuous	14172	2994.78	150812	sector primavera
BG_UC	3	Continuous	11649	26187.56	150812	sector primavera

Fuente: Elaboración Propia

3. La ventana muestra que el archivo Huaura_Tesis4 es archivo shape.

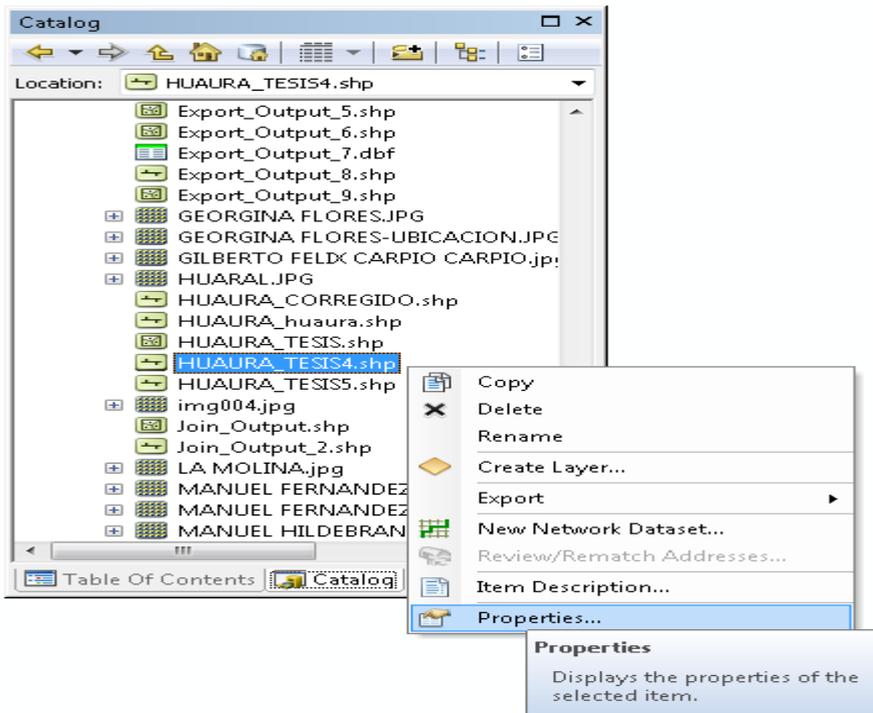
Figura N° 6.2: Muestra el archivo shape (Huaura_Tesis4.shape)



Fuente: Elaboración Propia

4. La ventana muestra que el archivo Huaura_Tesis4.shape tiene determinadas propiedades.

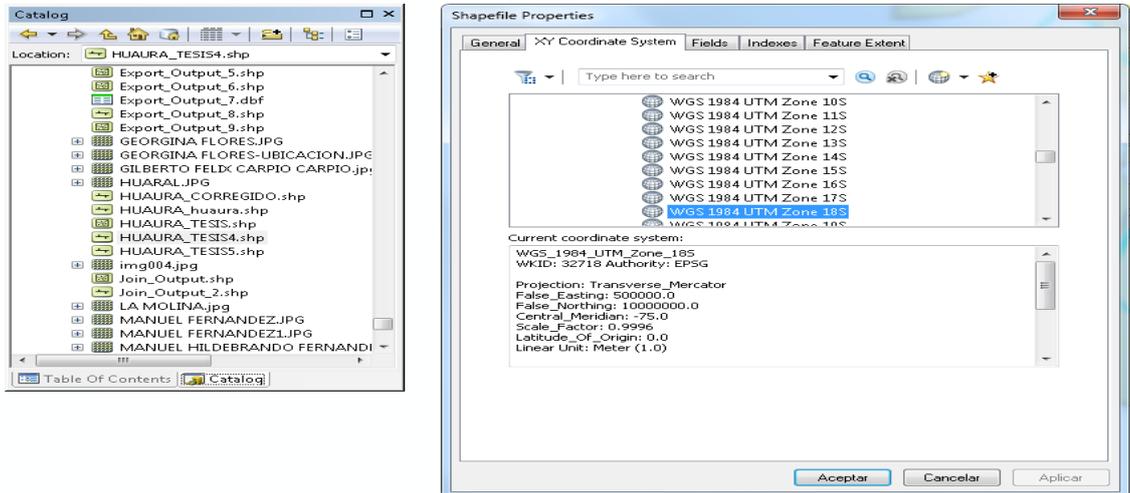
Figura N° 6.3: Ingreso a las propiedades del archivo Huaura_Tesis4.shape



Fuente: Elaboración Propia

5. La ventana muestra que el archivo Huaura_Tesis4.shape tiene su proyección definida en la zona 18 y en el sistema geodésico WGS84.

Figura Nª 6.4: El archivo Huaura_Tesis4.shape con su proyección definida en la zona 18 y en el sistema geodésico WGS84.



Fuente: Elaboración Propia

6. La imagen muestra el valle de Huaura luego de haber transformado la base gráfica del valle a un sistema geodésico WGS84, luego se convirtió a un archivo con extensión .kml para luego insertarlo en el sistema google earth.

Figura Nª 6.5: El valle de Huaura inserto en el sistema google earth



Fuente: Elaboración Propia

7. La imagen muestra la base gráfica del valle de Huaura en el sistema WGS84 inserto en el google earth donde se visualiza el lindero de cada predio, también se visualiza la precisión del proceso de transformación.

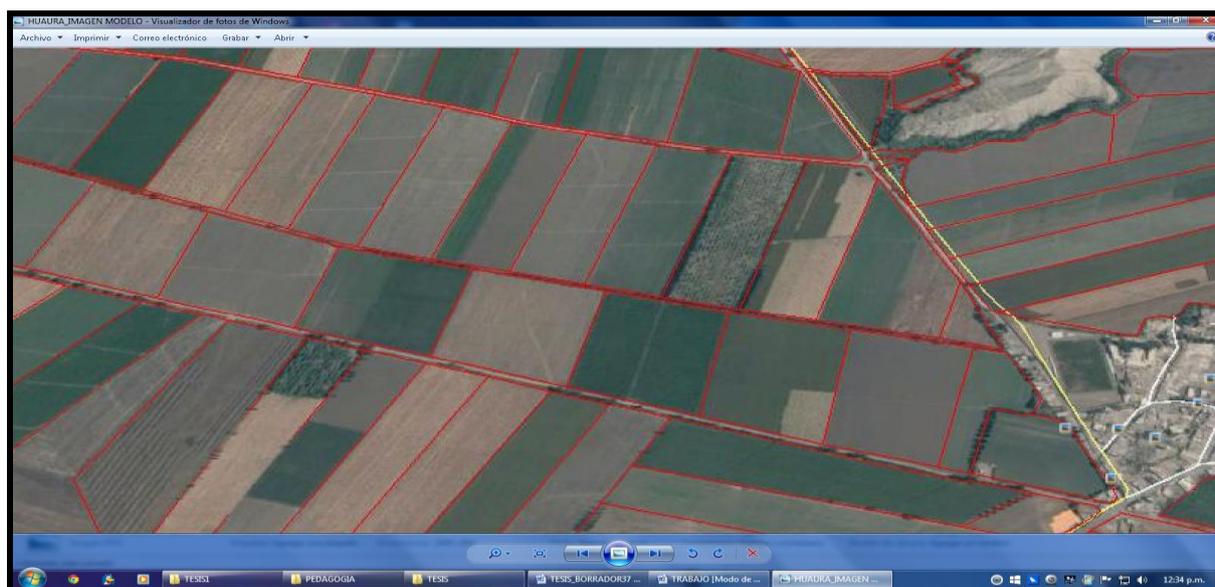
Figura N^o 6.6: Predios rurales del valle de Huaura inserto en el sistema google earth



Fuente: Elaboración Propia

8. La imagen muestra los predios del valle de Huaura inserto en el sistema google earth, se aprecia los linderos de los predios y caminos de servicio con precisión.

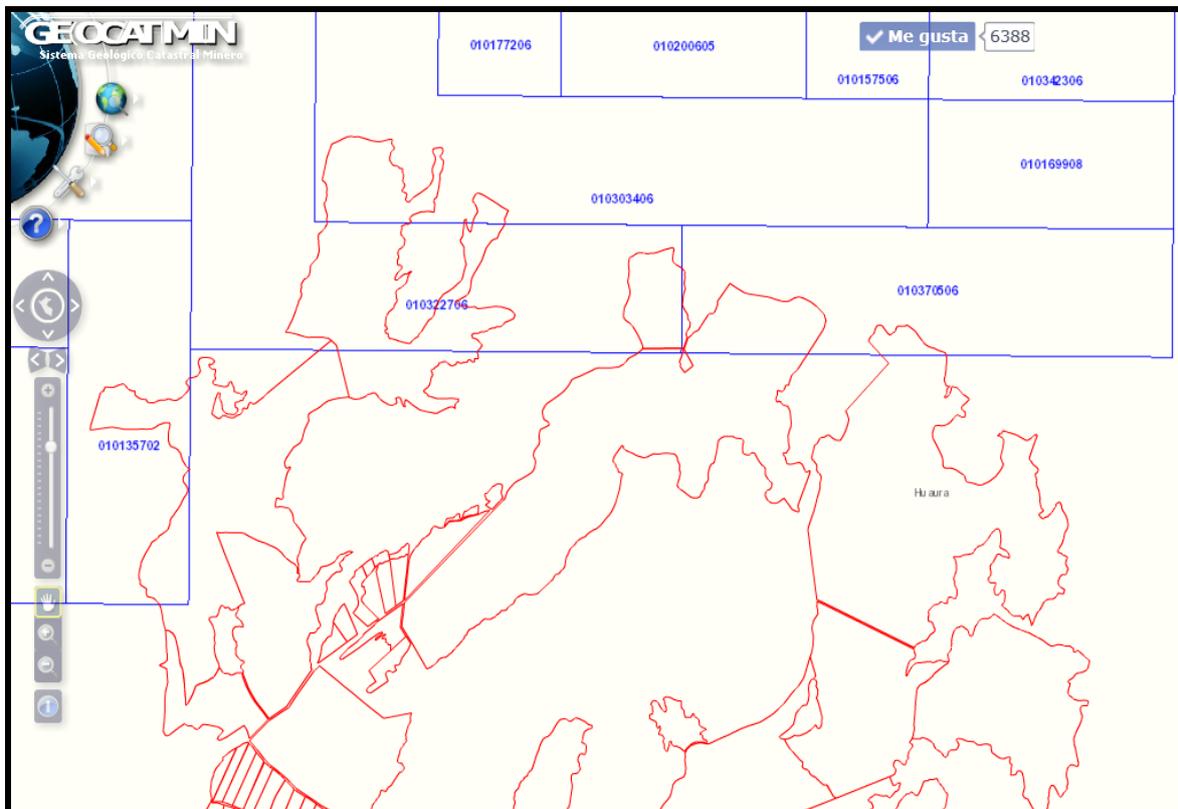
Figura N^o 6.7: Predios inserto en el sistema google earth, linderos precisos



Fuente: Elaboración Propia

- La imagen muestra parte de la base gráfica del valle de Huaura en WGS84 (con extensión kml) inserto en el sistema geológico catastral minero (Geocatmin) donde se puede visualizar en línea (on line) la superposición gráfica de los predios rurales del valle de Huaura con las concesiones mineras de sustancia metálica y no metálica, se visualiza las concesiones mineras con su respectivo código.

Figura N° 6.8: Predios rurales del valle Huaura inserto en el sistema geológico catastral minero (Geocatmin) en el sistema WGS84



Fuente: Elaboración Propia

- La tabla N° 6.2 muestra la diferencia en área y en perímetro que tiene un predio luego de haber transformado las coordenadas del sistema PSAD56 a WGS84, se observa valores muy aceptables tanto en área como en perímetro que si estos valores obtenidos comparamos con la tabla N° 4.1 el valor obtenido está dentro del rango de tolerancias y para estos valores obtenidos no se aplica la directiva de tolerancia, es decir no dan mérito para asiento de rectificación.

11. La tabla N° 6.2 muestra la distancia entre los vértices de un predio que se encuentra en el sistema PSAD56 y en el sistema WGS84 luego de haber realizado la transformación de coordenadas, se visualiza los valores similares, estos valores obtenidos indica la precisión del software es muy confiable para realizar la transformación de coordenadas de un sistema a otro.

6.2 PRUEBA DE HIPOTESIS

- Con la metodología planteada se logra la transformación de coordenadas U.T.M. del Sistema geodésico PSAD56 a WGS84, de los predios rurales del valle de Huaura.
- Con la base de datos construida se logra la creación de un catastro rural del valle de Huaura, en el sistema geodésico WGS84.
- Se logra la migración de la base gráfica del catastro rural del valle de Huaura del software Autocad a Arc Gis, requisito para la interconexión del catastro rural actual del valle de Huaura con la entidad oficial, en tiempo real.

Tabla N^o 6.2: Diferencia de Valores en Área y Perímetro entre el sistema PSAD56 y WGS84

N ^o	INFORMACION EN PSAD56			INFORMACION EN WGS84		DIFERENCIA DE VALORES ENTRE PSAD56 Y WGS84	
	U. CATASTRAL	AREA (m2)	PERIMETRO (m)	AREA (m2)	PERIMETRO (m)	DIFERENCIA EN AREA (m2)	DIFERENCIA EN PERIMETRO (m)
1	11896	60166.48	1189.85	60164.9	1189.84	1.58	0.01
2	11897	49652.76	987.8	49651.45	987.79	1.31	0.01
3	11898	57769.78	1057.27	57768.28	1057.26	1.5	0.01
4	11900	54375.98	1028.62	54374.56	1028.61	1.42	0.01
5	11899	52232.64	982.61	52231.27	982.6	1.37	0.01
6	11901	48142.55	968.67	48141.28	968.66	1.27	0.01
7	11879	56214.49	1151.52	56213.02	1151.51	1.47	0.01
8	11882	51540.83	944.65	51539.47	944.64	1.36	0.01
9	11883	56215.43	1008.47	56213.95	1008.46	1.48	0.01
10	11886	31909.51	818.44	31908.66	818.43	0.85	0.01
11	11888	49196.94	955.69	49195.66	955.67	1.28	0.02
12	11889	53205.85	1044.67	53204.46	1044.66	1.39	0.01
13	11890	53735.87	1089.68	53734.46	1089.67	1.41	0.01
14	11891	56812.53	1012.72	56811.04	1012.71	1.49	0.01
15	11623	46591.77	975.9	46590.55	975.89	1.22	0.01
16	11621	45842.06	994.79	45840.84	994.78	1.22	0.01
17	11620	49174.26	1057.79	49172.97	1057.78	1.29	0.01
18	11610	52864.79	955.35	52863.39	955.34	1.4	0.01
19	11611	52676.21	999.74	52674.84	999.72	1.37	0.02
20	11609	47629.51	964.46	47628.26	964.44	1.25	0.02
21	11677	50170.6	1003.12	50169.28	1003.1	1.32	0.02
22	11608	49524	1048.28	49522.7	1048.26	1.3	0.02
23	11607	47353.34	1056.51	47352.1	1056.49	1.24	0.02
24	11606	52595.88	1124.55	52594.5	1124.54	1.38	0.01
25	11605	53347.62	1138.07	53346.21	1138.05	1.41	0.02
26	11604	47388	1037.03	47386.75	1037.01	1.25	0.02
27	11613	48359.48	955.08	48358.21	955.07	1.27	0.01
28	11600	52333.11	1027.93	52331.72	1027.92	1.39	0.01
29	11601	53118.45	1076.05	53117.05	1076.04	1.4	0.01
30	11602	49581.82	959.51	49581.52	959.5	0.3	0.01

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N^o 6.3: Diferencia de Coordenadas entre el sistema PSAD56 Y WGS84

N ^o	DATOS EN COORDENADAS PSAD56			DATOS EN COORD. WGS84		DIFERENCIA DE COORD. ENTRE PSAD56 Y WGS84		DISTANCIA
	U.CATASTRAL	COORD. ESTE	COORD. NORTE	COORD. ESTE	COORD. NORTE	DIF. COORD. ESTE	DIF. COORD. NORTE	
1	11896	215581.73	8779728.59	215361.3425	8779358.3213	220.3875	370.2687	430.89
		215766.94	8779413.15	215546.5509	8779042.8860	220.3891	370.264	430.89
2	11897	215903.22	8779756.24	215682.8282	8779385.9718	220.3918	370.2682	430.89
		215893.32	8779411.17	215672.9293	8779040.9063	220.3907	370.2637	430.89
3	11898	216067.85	8779777.43	215847.4560	8779407.1620	220.394	370.268	430.89
		216063.69	8779408.05	215843.2971	8779037.7868	220.3929	370.2632	430.89
4	11900	216214.82	8779752.26	215994.4241	8779381.9927	220.3959	370.2673	430.89
		216202.23	8779402.26	215981.8353	8779031.9973	220.3947	370.2627	430.89
5	11899	216389.08	8779653.43	216168.6821	8779283.1645	220.3979	370.2655	430.89
		216380.22	8779401.21	216159.8229	8779030.9478	220.3971	370.2622	430.89
6	11901	216690.14	8779498.62	216469.7386	8779128.3573	220.4014	370.2627	430.89
		216622.82	8779388.01	216402.4198	8779017.7486	220.4002	370.2614	430.89
7	11879	216652.17	8779742.16	216431.7685	8779371.8940	220.4015	370.266	430.89
		216554.79	8779557.42	216334.3902	8779187.1562	220.3998	370.2638	430.89
8	11882	216746.15	8779916.08	216525.7486	8779545.8120	220.4014	370.268	430.89
		217004.29	8779905.24	216783.8834	8779534.9728	220.4066	370.2672	430.89
9	11883	216968.24	8779838.1	216747.8341	8779467.8336	220.4059	370.2664	430.90
		217143.91	8779809.46	216923.5018	8779439.1944	220.4082	370.2656	430.90
10	11886	217185.31	8779892.27	216964.9011	8779522.004	220.4089	370.2665	430.90
		217495.38	8779970.03	217274.9668	8779599.763	220.4132	370.2667	430.90
11	11888	217127.59	8779776.82	216907.1821	8779406.555	220.4079	370.2652	430.9
		217282.96	8779737.28	217062.5502	8779367.016	220.4098	370.2642	430.9
12	11889	217030.45	8779583.78	216810.0439	8779213.517	220.4061	370.2629	430.89
		217211.52	8779570.85	216991.1116	8779200.588	220.4084	370.2622	430.89
13	11890	216941.7	8779410.87	216721.2956	8779040.609	220.4044	370.2608	430.89
		217289.52	8779432.13	217069.111	8779061.87	220.409	370.2602	430.89
14	11891	216887.5	8779305.26	216667.0966	8778935	220.4034	370.2596	430.89
		216895.1	8779296.58	216674.6965	8778926.321	220.4035	370.2595	430.89
15	11623	216831.24	8779123.4	216610.8378	8778753.143	220.4022	370.2574	430.89
		217177.42	8779055.75	216957.0134	8778685.495	220.4066	370.2555	430.89

Fuente: Elaboración Propia

6.3 DISCUSION

Por muchos años varios países utilizaron datums locales que tuvieron por objeto buscar el elipsoide de referencia que mejor se adecue a la zona materia de interés. El Perú también lo hizo y es así que adoptó como datum oficial el sistema geodésico PSAD56, que tuvo como elipsoide de referencia el Internacional de Hayford y como punto de origen la Canoa ubicado en la República de Venezuela.

La **Red Geodésica Horizontal**, habilitada en el Perú hasta el año de 1980, sobre la base del sistema local geodésico PSAD56, actualmente ya no es compatible con los niveles de precisión (a la fecha se viene utilizando sistemas de referencias geocéntricos referidos a datums geocéntricos que tienen su origen en el centro de la tierra) y teniendo en cuenta que sus hitos monumentados están destruidos y/o deteriorados, además, ya no es posible su recuperación.

La tendencia mundial del uso de GPS nos lleva a la utilización de sistemas de referencia geocéntricos (el sistema de referencia en el centro de la tierra) vinculadas a elipsoides globales tales como el sistema geodésico WGS84. Esta problemática nos obliga a buscar mecanismos para hacerlos compatibles entre los antiguos datums locales y los modernos sistemas de referencia.

El Instituto Geográfico Nacional luego de los problemas presentados por la no compatibilidad de los resultados encontrados con el uso del sistema GPS y el datum local del sistema geodésico PSAD56 es que propone como solución el uso de una nueva plataforma geodésica, basada en el proyecto SIRGAS (Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas) para construir su Red GPS Nacional enlazada a un sistema de referencia geocéntrico (realización SIRGAS95) compatible con el sistema WGS84.

6.3.1 Análisis Interpretación y Discusión de Resultados en el ámbito temporal y espacial.

De la tabla N° 6.2 se puede visualizar que la diferencia de valores en área y perímetro que tiene cada uno de los predios, luego de haber transformado sus coordenadas U.T.M., del sistema geodésico PSAD56 a WGS84 es pequeño y se encuentra dentro de la tolerancia establecido por SUNARP, según lo indica la Resolución N° 03-2008-SNCP/CNC del 28-08-2008, donde aprobó la

directiva N° 01-2008-SNC/CNC de tolerancias catastrales y registrales publicada el 29-08-2008 que indica lo siguiente (ver tabla N° 4.1).

Asimismo, de la tabla N° 6.2 se tiene que el predio con Unidad Catastral 11896 tiene un área de 60,166.48 m² (según el sistema PSAD56), transformado al sistema WGS84 tiene un área de 60,164.90 m², existe una diferencia en área de 1.58 m². Como se trata de un predio rural y según la tabla N° 4.1 para predios de naturaleza rural mayores de 5 ha su tolerancia es de 3.0 %, se obtiene un valor de: $60,166.48 \times 3.0 / 100 = 1,804.99$ m², indica que la tolerancia del predio con Unidad Catastral 11896 es de +- 1,804.99 m², sin embargo el valor obtenido al transformar la coordenada UTM., del sistema PSAD56 a WGS84 es de 1.58 m², este valor obtenido es pequeño está dentro del rango de tolerancias y para estos valores obtenidos no se aplica la directiva de tolerancia, es decir no dan mérito para asiento de rectificación.

De una manera idéntica para el perímetro del predio.

De la tabla N° 6.3 se tiene que el predio con Unidad Catastral 11896 tiene un perímetro de 1,189.85 m (según el sistema PSAD56), transformado al sistema WGS84 se obtuvo un perímetro de 1,189.84 m, existe una diferencia en perímetro de 0.01 m. Como se trata de un predio rural y según la tabla N° 4.1 para predios de naturaleza rural mayores de 5 ha su tolerancia es de 3.0 %, se obtiene un valor de: $1,189.85 \times 3.0 / 100 = 35.69$ m, indica que la tolerancia del predio con Unidad Catastral 11896 es de +- 35.69 m, sin embargo el valor obtenido al transformar la coordenada UTM., del sistema PSAD56 a WGS84 es de 0.01 m, este valor obtenido está dentro del rango de tolerancias y para estos valores obtenidos no se aplica la directiva de tolerancia, es decir no dan mérito para asiento de rectificación.

CAPITULO VII

7 IMPACTOS

7.1 PROPUESTA PARA LA SOLUCION DEL PROBLEMA

Mediante Resolución Jefatural N° 086-2011-IGN/OAJ/DGC de fecha 03-05-2011 indica lo siguiente.

- Conclúyase con el período de conversión progresivo establecido en el artículo sexto de la Resolución Jefatural N° 079 – 2006 – IGN/OAJ/DGC, dándole fin el uso del sistema geodésico local PSAD56.

Además.

El Reglamento de la Ley que crea el Sistema Nacional Integrado de Catastro y su vinculación con el Registro de predios Ley N° 28294 (publicada su reglamento el 10 de febrero del 2006), en su disposición transitoria entre otros indica:

- Los predios catastrales a inscribirse, a partir de la vigencia del Reglamento, tienen que utilizar el Sistema Geodésico oficial, establecido por el Instituto Geográfico Nacional (IGN), relacionado al Datum horizontal Sistema de referencia mundial – WGS84.
- Los predios inscritos a partir de la vigencia del Reglamento, tienen que utilizar el Sistema Geodésico Oficial, establecido por el Instituto Geográfico Nacional (IGN), relacionado al Datum horizontal Sistema de referencia mundial – WGS84.
- Las entidades encargadas de generar catastro, a la fecha de la vigencia del presente Reglamento, tienen predios con coordenadas en el sistema geodésico PSAD56, progresivamente convertirán las coordenadas al Sistema Geodésico WGS84.

Teniendo en cuenta la Resolución Jefatural N° 086-2011-IGN/OAJ/DGC de fecha 03-05-2011, además: El Reglamento de la Ley que crea el Sistema Nacional Integrado de Catastro y su vinculación con el Registro de predios Ley N° 28294 (publicada su reglamento el 10 de febrero del 2006), debido a estas normas el catastro rural del valle de Huaura se debe transformar al sistema geodésico WGS84, asimismo, los nuevos

trabajos de levantamiento catastral tienen que elaborarse en el nuevo sistema geodésico mundial WGS84.

7.2 COSTOS DE IMPLEMENTACION DE LA PROPUESTA

En la tabla N° 7.1 se muestra el costo de implementación de la propuesta.

El costo total de la propuesta es de S/. 101 280.00 nuevos soles.

7.3 BENEFICIOS QUE APORTA LA PROPUESTA

Los beneficios de tener la base gráfica (catastro rural) del valle de Huaura en el sistema geodésico WGS84 son los siguientes:

- El Datum WGS84 es de origen geocéntrico y su uso es a nivel mundial y obligatorio para todas las entidades públicas y privadas del Estado peruano, asimismo, permite la representación de cualquier punto de localización en el mismo sistema de coordenadas.
- El uso del sistema geodésico WGS84 permite uniformizar la elaboración y actualización de la cartografía a nivel nacional.
- Contar con una cartografía catastral conforme a las normas vigentes del Sistema Nacional de Catastro (única y estandarizada) con la finalidad de lograr la declaración de zona catastrada.
- Teniendo el catastro rural en el sistema geodésico WGS84 se puede convertir el archivo a formato con extensión.kml donde se puede insertar de una manera rápida al google earth, donde permite hacer un diagnóstico rápido del entorno del predio en análisis. También, se puede insertar el archivo al sistema geológico catastral minero (Geocatmin) donde se puede visualizar en línea las concesiones mineras que se superponen al predio materia de análisis. Asimismo, se puede ingresar al

Sistema de Información Geográfica de Arqueología (SIGDA) con la finalidad de visualizar los sitios arqueológicos, de este modo evitar conflictos socioeconómicos.

Tabla N° 7.1: Costo de Implementación de la propuesta

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO PARCIAL
1	Software ArcGis Versión 10.2	1	62,400.00	62,400.00
2	Software AutoCad Versión 12.0	1	6,240.00	6,240.00
3	Computadora marca lenovo	6	3,120.00	18,720.00
4	Plotter marca H.P.	1	9,360.00	9,360.00
5	Materiales	varios	3,000.00	3,000.00
6	Capacitación de personal	6	1,560.00	1,560.00
			TOTAL (S/.)	101,280.00

Fuente: Elaboración Propia

CAPITULO VIII

8 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1 CONCLUSIONES

- Se construyó una base de datos (tabla de atributos) la que contiene Unidad Catastral, área, ubigeo y observaciones (ver tabla N° 6.1).
- Se desarrolló la migración de la base gráfica del catastro rural del valle de Huaura que se encuentra en el software Autocad a ArcGis y se guardó en un archivo shape, que tiene por nombre HUAURA_TESIS4.shape (ver Figura N° 6.2).
- Con estos resultados se realizó la transformación de coordenadas U.T.M., de los predios rurales del valle de Huaura del sistema geodésico PSAD56 al sistema geodésico mundial WGS84 del valle de Huaura (utilizando el software ArcGis), el sistema es oficializado por el Instituto Geográfico Nacional (IGN) y según lo indica la ley que crea el Sistema Nacional de Catastro y su vinculación con el Registro de Predios – ley N° 28294 (ver plano N° P-01).

8.2 RECOMENDACIONES.

- La transformación de coordenadas U.T.M., del sistema geodésico PSAD56 a WGS84 se puede realizar matemáticamente, así como también espacialmente con la ayuda de un sistema de información geográfico, cuando se trata de transformar una base gráfica (catastro rural de un valle), es necesario realizarlo con la ayuda de un software (para este caso se realizó con el software ArcGis versión 10.1).
- Cuando se requiere realizar levantamientos topográficos en el sistema geodésico mundial WGS84 se debe utilizar como puntos base de referencia puntos obtenidos con un GPS geodésico.
- Para realizar la transformación de coordenadas U.T.M., del sistema geodésico PSAD56 a WGS84 (cartografía y/o catastro rural del valle de Huaura) se debe utilizar el mismo software, de este modo no se tendrá problemas por desface.
- Todas las instituciones públicas y privadas a nivel nacional deben hacer la transformación de coordenadas (de su cartografía) del sistema geodésico PSAD56

a WGS84 por ser el sistema oficial, de este modo tener una cartografía a nivel nacional única y estandarizada en el sistema geodésico mundial WGS84.

- Luego de haber transformado las coordenadas U.T.M., de los predios rurales del valle de Huaura al sistema geodésico WGS84, para tener precisión en las coordenadas U.T.M., se debe realizar una fase de campo y tomar físicamente una red de puntos en el valle de Huaura con GPS geodésico (en el sistema WGS84) para luego la base gráfica (catastro rural) sea ajustado de acuerdo a la información tomado en campo.
- Los nuevos levantamientos catastrales con fines de catastro rural y/o urbano a nivel nacional deberán elaborarse teniendo como datum el sistema geodésico mundial WGS84.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Arias, G. (1999). *El proyecto de investigación (Guía para su elaboración)*. Caracas Venezuela: Editorial Episteme.
- Aleta, J. (2001). *Guía para utilizar el Arc Catalog*. Estados Unidos de América.
- Aleta, J. (2001). *Guía para utilizar el Arc Map*. Estados Unidos de América.
- Catastrolatino.org. (2018). [online] Recuperado de: http://www.catastrolatino.org/documentos/bolivia2008/PONENCIAS/peru/formalizaci%00n_propiedad_informal_peru.pdf
- Ecatastro.ingemmet.gob.pe. (2018). *Instituto Nacional de Concesiones y Catastro Minero - INACC*. [online] Recuperado de: http://ecatastro.ingemmet.gob.pe:83/somos_contenido/qsomos.html
- Ecatastro.ingemmet.gob.pe. (2018). [online] Recuperado de: http://ecatastro.ingemmet.gob.pe:83/transparencia_contenido/MOFROF/Docs/Mof.pdf
- Ecatastro.ingemmet.gob.pe. (2018). [online] Recuperado de: http://ecatastro.ingemmet.gob.pe:83/transparencia_contenido/MOFROF/Docs/Mof.pdf
- España, I. (2007). *Aplicación de Sig en la Integración de Estudios de Vulnerabilidad Sísmica Estructural en la ciudad de Guatemala* (Tesis de Pregrado). Universidad de

San Carlos de Guatemala, Guatemala, Guatemala.

- Fernández, J. (1982). *El Estado Empresario*. Ciudad de México, México: Publicación de la Universidad Autónoma de México.
- Fernández, I. (2001). *Las coordenadas geográficas y la proyección UTM* (Apuntes sobre Cartografía). Universidad de Valladolid, Valladolid, España.
- Franco, J. (2000). *Nociones de Cartografía*. España: Universidad de Extremadura - Servicio de Publicaciones.
- Geco.mineroartesanal.com. (2018). *Geco - MineroArtesanal: Instituto Nacional de Concesiones y Catastro Minero*. [online] Recuperado de: <http://geco.mineroartesanal.com/tiki-index.php?page=Instituto+Nacional+de+Concesiones+y+Catastro+Minero&bl=y>
- Gutiérrez, B. (2001). *Establecimiento de una metodología para levantamientos catastrales de predios rurales mediante el uso de tecnología GPS en el Perú* (Tesis de Postgrado). Universidad Nacional Federico Villarreal, Lima, Perú.
- Igm.gob.ec. (2018). [online] Recuperado de: http://www.igm.gob.ec/work/files/Param_Transf.pdf

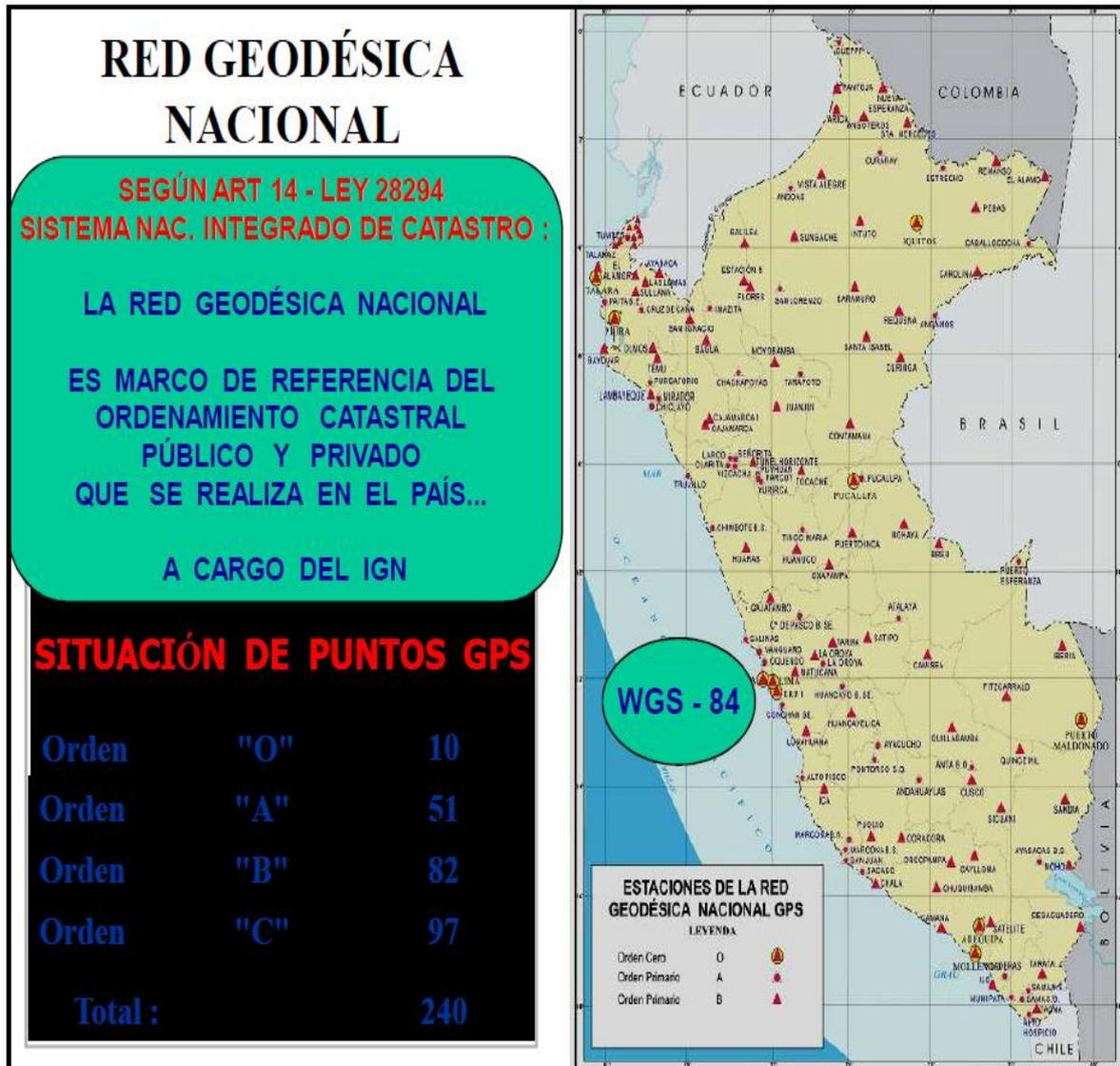
- Ingemmet.gob.pe. (2018). *E-Catastro Minero - Ingemmet*. [online] Recuperado de:
<http://www.ingemmet.gob.pe/e-catastro-minero>
- Lincolninst.edu. (2018). [online] Recuperado de:
<https://www.lincolninst.edu/sites/default/files/pubfiles/el-catastro-territorial-america-latina-full.pdf>
- Minagri.gob.pe. (2018). *Titulación agraria en el Perú*. [online] Recuperado de:
<http://minagri.gob.pe/porta/objetivos/69-marco-legal/titulacion-y-creditos/409-titulacion-agraria-en-el-peru>.
- MundoGEO. (2018). *Gobierno peruano lanza nuevo SIG de catastro y titulación vía internet* / *MundoGEO*. [online] Recuperando de:
<http://mundogeo.com/es/blog/2006/10/17/gobierno-peruano-lanza-nuevo-sig-de-catastro-y-titulacion-via-internet/>
- Sarria, A. (2002). *Introducción a los Sistemas de Información Geográfica*. Murcia, España: Publicación de la Universidad de Murcia
- Smo.edu.mx. (2018). [online] Recuperado de:
<http://www.smo.edu.mx/colegiados/apoyos/proyecto-investigacion.pdf>

- Sunarp.gob.pe. (2018). [online] Available at:
<https://www.sunarp.gob.pe/PDFs/TRANSPARENCIA/PLANEAMIENTO-ORGANIZACION/R-N-046-2014-SUNARP-SN-PEI-2014-2017.pdf> [Accessed 8 May 2018].
- Um.es. (2018). [online] Recuperado de:
<http://www.um.es/geograf/sigmur/sigpdf/temario.pdf>
- Www2.congreso.gob.pe. (2018). [online] Recuperado de:
[http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con3_uibd.nsf/80D49FA64AC96BB7052579B30078E790/\\$FILE/26366.pdf](http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con3_uibd.nsf/80D49FA64AC96BB7052579B30078E790/$FILE/26366.pdf)
- Www2.congreso.gob.pe. (2018). [online] Recuperado de:
[http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con3_uibd.nsf/4F7F53C0F5855062052579B30078D46C/\\$FILE/27755.pdf](http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con3_uibd.nsf/4F7F53C0F5855062052579B30078D46C/$FILE/27755.pdf)

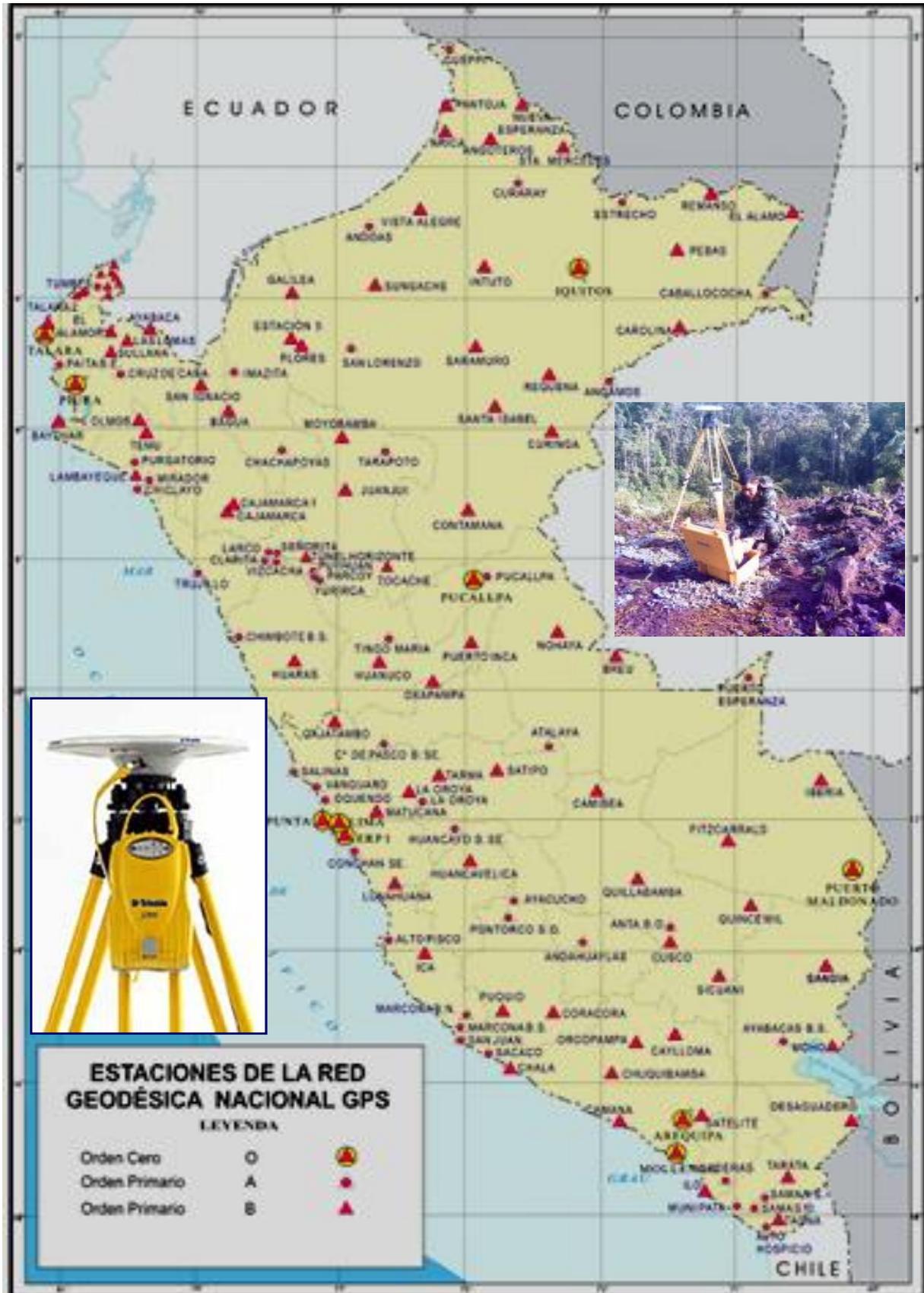
ANEXO A : LA RED GEODÉSICA NACIONAL

El Instituto Geográfico Nacional es la institución encargada de establecer, mantener e implementar la Red Geodésica Nacional y la Red de Nivelación, en coordinación con el Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas – SIRGAS.

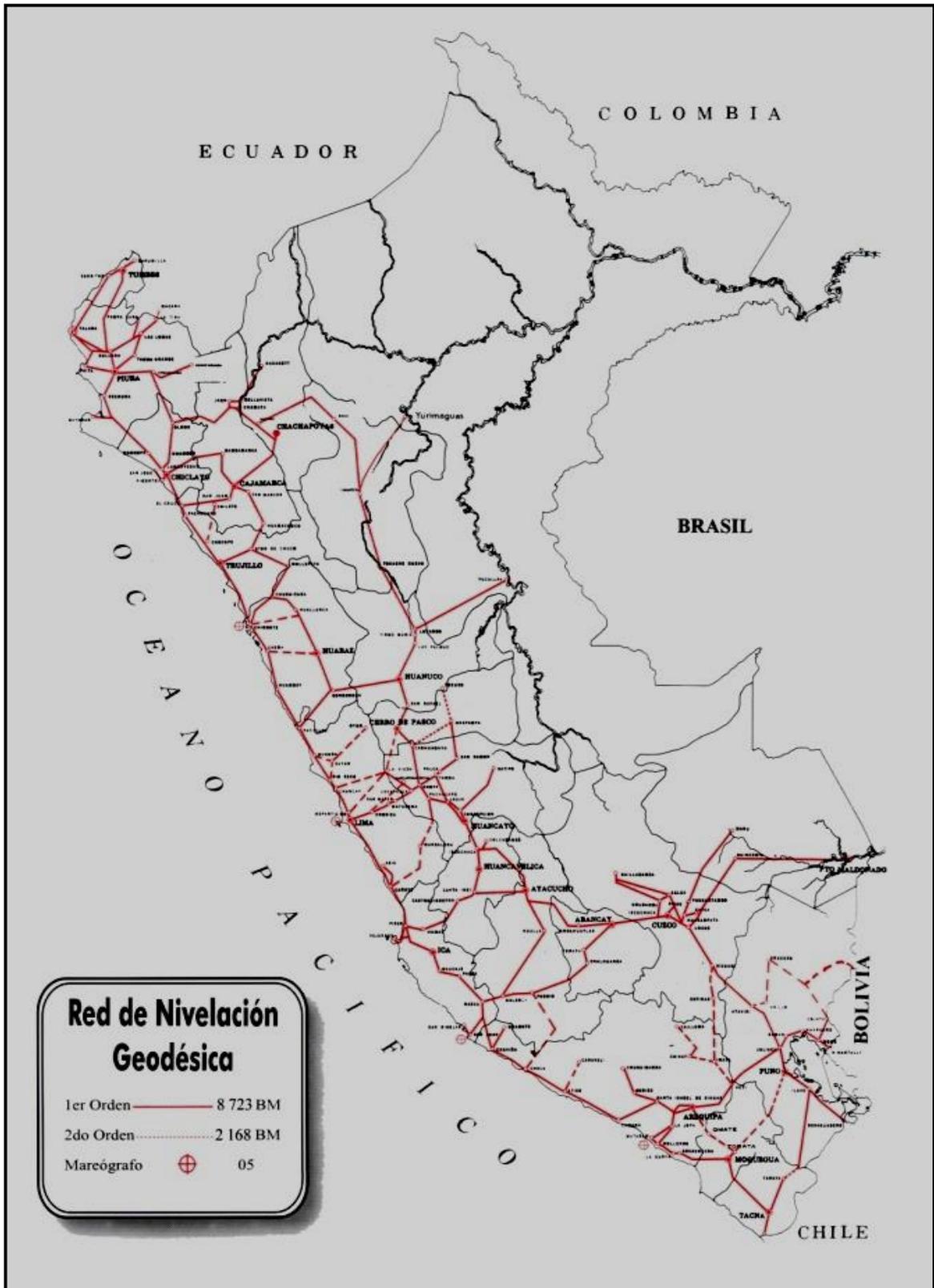
A. 1: Red Geodésica Nacional



A. 2: Estaciones de la Red Geodésica Nacional GPS



A. 3: Red de Nivelación Geodésica



A. 4: Red Geodésica Horizontal

RED GEODÉSICA HORIZONTAL

Es la Red Geodésica Nacional (REGGEN)

Los hitos son de dominio del Estado .

Es el marco de referencia del ordenamiento catastral Público y Privado del País

Conformado por hitos de orden "O" "A", "B" y "C"

Orden	"O"	10
Orden	"A"	105
Orden	"B"	792
Orden	"C"	1857
	TOTAL	2764

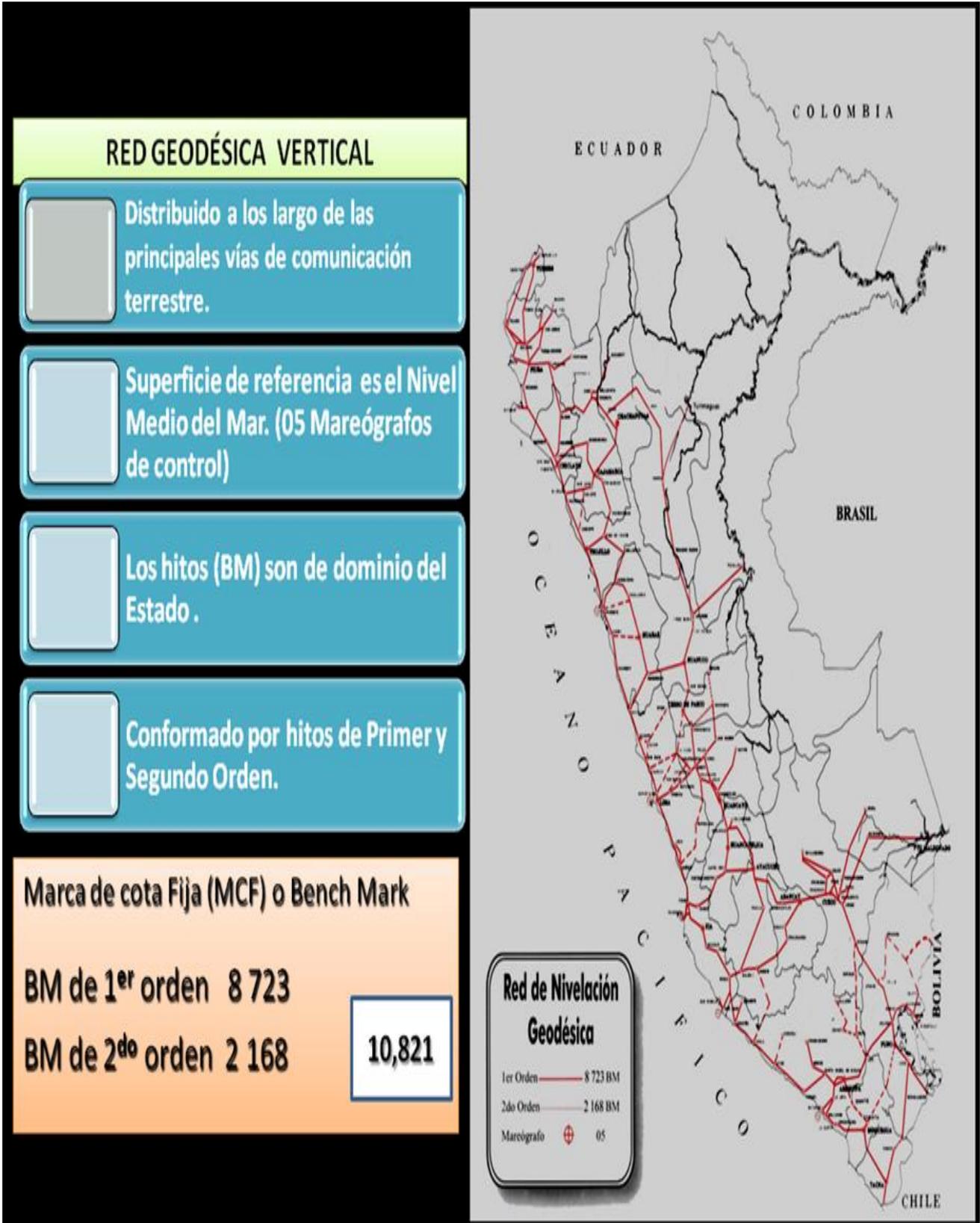


ESTACIONES DE LA RED GEODÉSICA NACIONAL GPS

LEYENDA

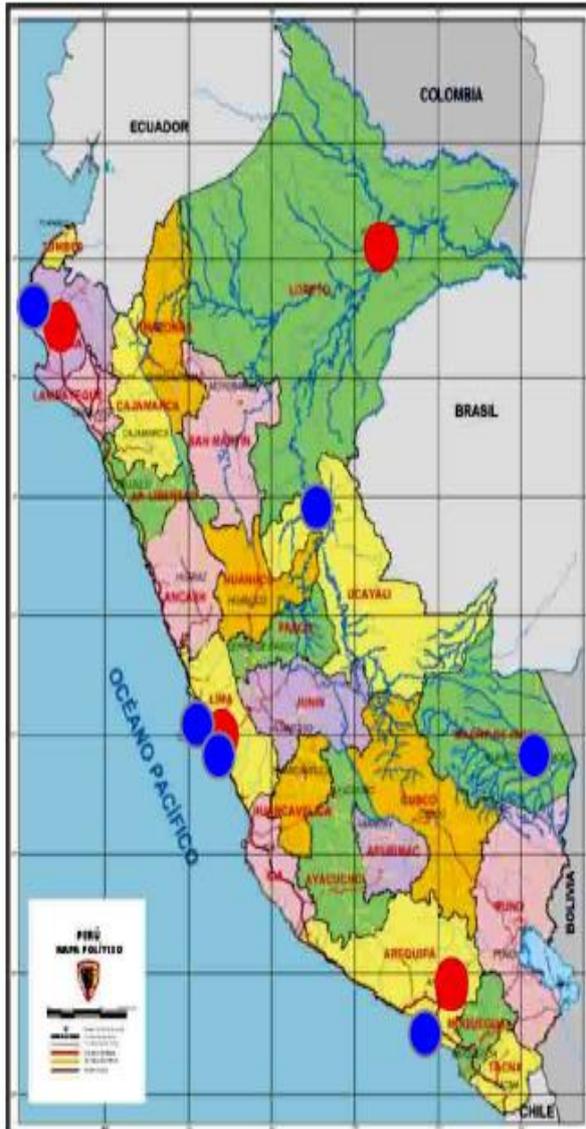
- Orden Cero O
- Orden Primario A
- Orden Primario B

A. 5: Red Geodésica Vertical



A. 6: Sistema de Referencia Geocéntrico (SIRGAS)

SISTEMA GEODÉSICO OFICIAL DEL PERU



El 2000 se realizó la segunda campaña del Proyecto (SIRGAS), en el caso de l Perú se reobservaron los cuatro puntos anteriormente instalados y se establecieron seis nuevos puntos (Pucallpa, Puerto Maldonado, Talara, Matarani, La Punta, y ERP), actualmente estos 10 puntos constituyen la base de la REGGEN.

● *SIRGAS 1995*

● *SIRGAS 2000*

A. 7: Estaciones de la Red Geodésica Nacional GPS



ANEXO B : CONVENIO INTERINSTITUCIONAL SUNARP – COFOPRI – IGN

B. 1: Meta 01 Instalación de 4955 Puntos GPS de Orden B

CONVENIO SUNARP - COFOPRI - IGN



IGN - META 01

4955 Puntos GPS de orden B.

2008	1150
2009	1325
2010	1330
2011	1150



2 ó 3 Puntos GPS
por Distrito

B. 2: Meta 02 Instalación de 14 Estaciones Receptoras Permanentes

CONVENIO SUNARP - COFOPRI - IGN



IGN - META 02

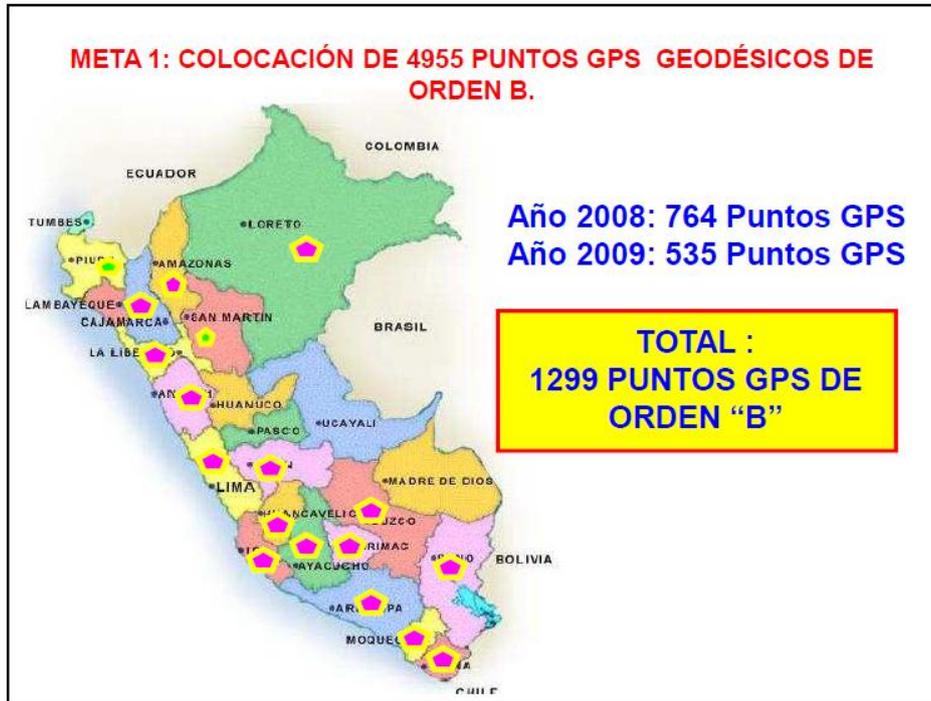
Instalación de 14 Estaciones Receptoras Permanentes



CRONOGRAMA DE TRABAJO:

5 Estaciones en el 2008
5 Estaciones en el 2009
4 Estaciones en el 2010

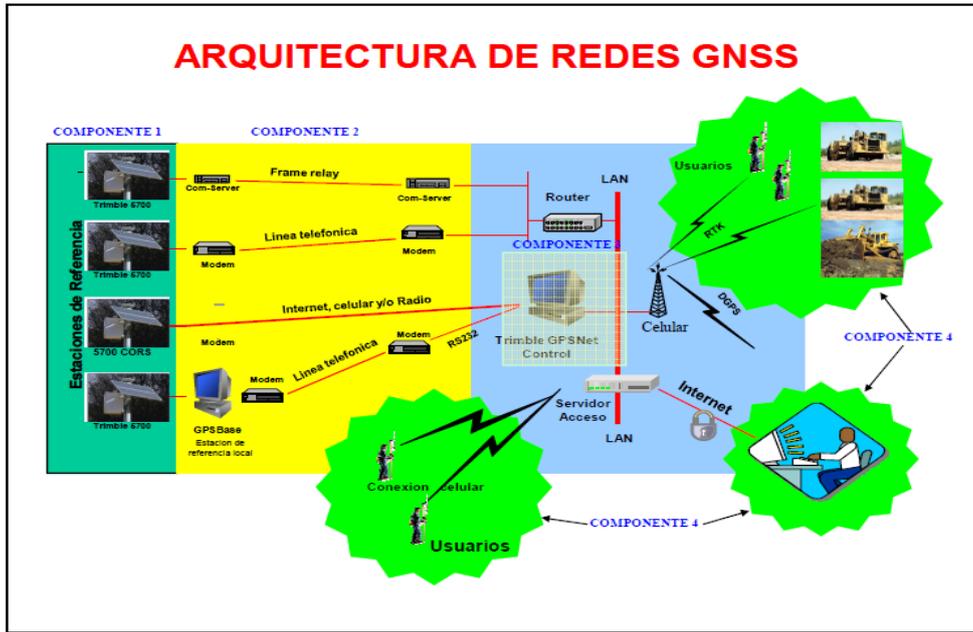
B. 3: Instalación de 1299 Puntos GPS de Orden B



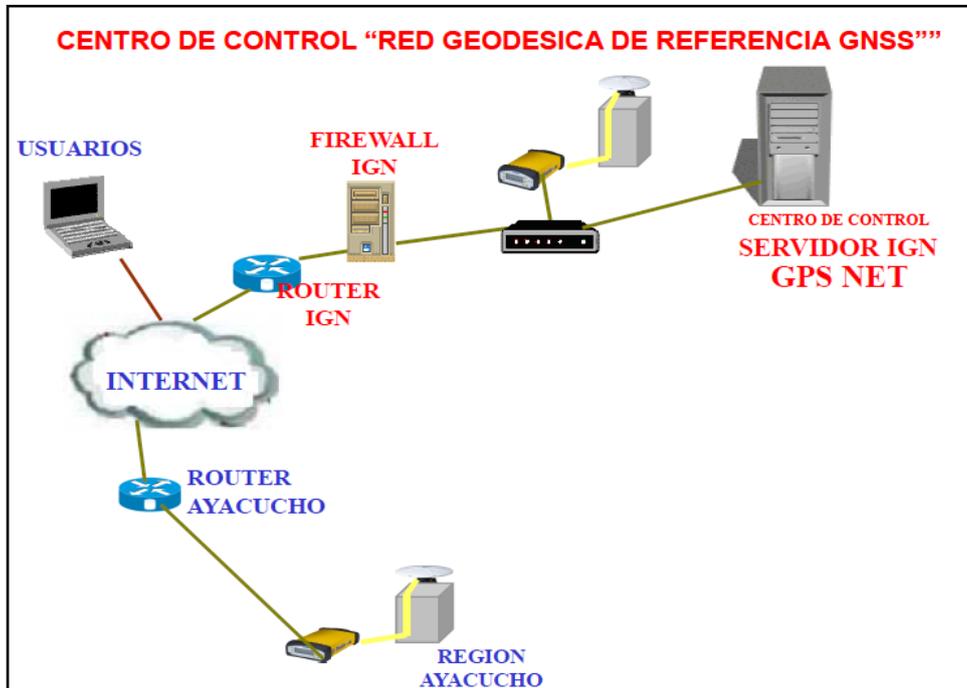
B. 4: Instalación de 05 Estaciones Receptoras Permanentes



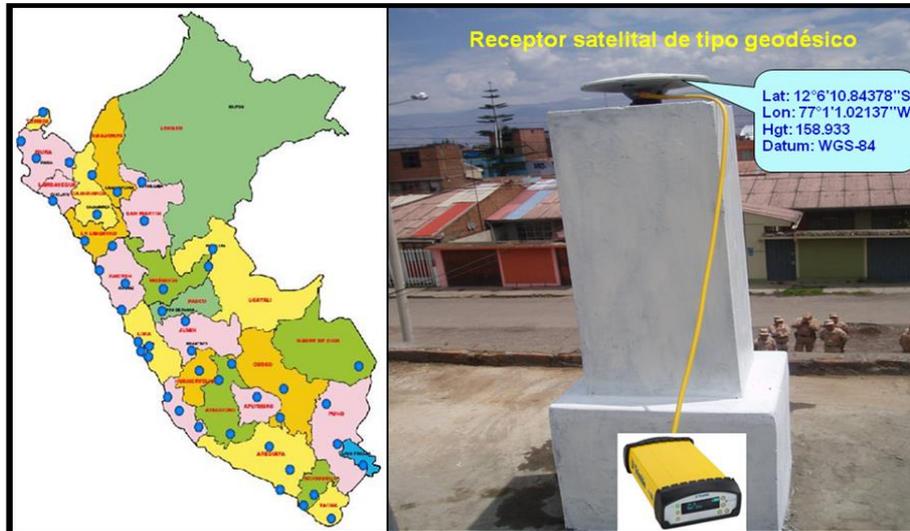
B. 5: Arquitectura de Redes GNSS



B. 6: Centro de Control de Red Geodésica de Referencia GNSS



B. 7: Receptor Satelital de tipo Geodésico



B. 8: Red de Puntos de Orden A, B y C y Estaciones de Rastreo Permanente



Departamento	Nº Estaciones de Rastreo Permanente	ORDEN			TOTAL GENERAL
		A	B	C	
AMAZONAS	3	37	216	256	
ANCASH	8	169	271	448	
TUMBES	1	5	111	116	
PIURA	3	15	315	461	
LAMBAYEQUE	1	7	47	460	
CAJAMARCA	2	9	114	380	
AMAZONAS	1	0	0	0	
SAMN MARTIN	2	7	31	82	
LA LIBERTAD	1	5	219	278	
ANCASH	4	5	245	250	
HUANUCO	2	5	126	185	
LIMA	4	8	414	422	
PASCO	1	7	199	403	
JUNIN	2	2	135	137	
HUANCAVELICA	1	10	25	38	
UCAYALI	1	3	8	11	
AYACUCHO	3	0	0	0	
ICA	3	3	140	143	
APURIMAC	1	2	156	158	
CUSCO	2	3	246	249	
MADRE DE DIOS	1	8	22	353	
PUNO	3	3	10	13	
AREQUIPA	3	2	107	109	
MOQUEGUA	2	0	0	0	
TACNA	1	2	40	42	
TOTAL GENERAL	45	122	1670	3202	4994

B. 9 : Ubicación de Puntos Geodésicos en el Google Earth



B. 10 : Estaciones de Rastreo Permanente

ESTACIONES DE RASTREO PERMANENTE

PROYECTO PCDPI Componente-3 (45 Estaciones en total a nivel nacional)



Nº	DEPARTAMENTO	VERIFICADOS
1	Tumbes	1
2	Piura	3
3	Lambayeque	1
4	La Libertad	1
5	Ancash	3
6	Lima	5
7	Ica	3
8	Ayacucho	2
9	Huancavelica	1
10	Apurimac	1
11	Arequipa	3
12	Moquegua	2
13	Tacna	1
14	Puno	3
15	Madre de Dios	1
16	Cusco	3
17	Loreto	0
18	Ucayali	1
19	Amazonas	2
20	Cajamarca	1
21	Callao	0
22	Pasco	1
23	San Martin	2
24	Junin	2
25	Huanuco	2
		45

B. 11: Ubicación de la Estación de Rastreo Permanente



B. 12: Disposición de la Estación de Rastreo Permanente



ANEXO C : METODOLOGIA DE ANALISIS MEDIANTE MATRIZ FODA

C.1: Matriz FODA para el software ARCGIS

FORTALEZAS	OPORTUNIDADES
<ul style="list-style-type: none"> • Alta precisión en los cálculos • Presentación adecuada en los resultados • Fácil aprendizaje • Reconocimiento del usuario • Soporte técnico adecuado 	<ul style="list-style-type: none"> • Reconocimiento en el mercado • Conocen bondades del software en el mercado • La capacitación es permanente
DEBILIDADES	AMENAZAS
<ul style="list-style-type: none"> • El Arcview y el ArcGis están en módulos diferentes • Funciones del ArcInfo todavía no están incluidas en el ArcGis • Los archivos se encuentran en módulos diferentes 	<ul style="list-style-type: none"> • Tiene competidores en el mercado • El costo del software es considerado • Se adquiere por módulos separados

C.2: Matriz FODA para el software ARCMAP

FORTALEZAS	OPORTUNIDADES
<ul style="list-style-type: none">• Precisión en los cálculos• Presentación adecuada en los resultados• Reconocimiento del usuario• Soporte técnico adecuado	<ul style="list-style-type: none">• Reconocimiento en el mercado es limitado• Tiene competidores en el mercado• La capacitación es restringida• Tiene poca difusión
DEBILIDADES	AMENAZAS
<ul style="list-style-type: none">• Tiene limitaciones en el procesamiento de información• No es muy conocido en el mercado• Tiene pocas empresas representantes	<ul style="list-style-type: none">• Se desconoce las bondades del software en el mercado• El costo del software es considerado• No puede competir con otros softwares en el mercado por su poca difusión.

C.3: Matriz FODA para el software QUANTUM GIS

FORTALEZAS	OPORTUNIDADES
<ul style="list-style-type: none"> • Es un software libre • Costo del software es cero soles • Soporte técnico adecuado 	<ul style="list-style-type: none"> • Reconocimiento en el mercado es limitado • Tiene competidores en el mercado • La capacitación es permanente • Tiene poca difusión
DEBILIDADES	AMENAZAS
<ul style="list-style-type: none"> • Tiene limitaciones en el procesamiento de información • No es muy conocido en el mercado • Tiene pocas empresas representantes 	<ul style="list-style-type: none"> • Se desconoce las bondades del software en el mercado • No puede competir con otros softwares en el mercado por su poca difusión. • Su capacitación y mantenimiento del software tiene alto costo

Se concluye que según la matriz FODA el software ArcGis tiene la mejor calificación.

Plano N° 1: Predios Rurales del Valle Huaura en el sistema PSAD56 y WGS84