

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES
FACULTAD DE TECNOLOGIA
CARRERA DE GEODESIA, TOPOGRAFIA Y GEOMATICA
CENTRO DE INVESTIGACIONES Y APLICACIONES GEOMATICAS – CIAG
MAESTRIA EN CIENCIAS GEOMATICAS APLICADA A LA GESTION TERRITORIAL,
RECURSOS NATURALES Y MEDIO AMBIENTE



Tesis de maestría para obtener el grado de Magister Scientiarum

TEMA:

**DESARROLLO, APLICACION Y ANALISIS DE UN MODELO CINEMATICO LOCAL DE
VELOCIDADES PARA LA CIUDAD DE LA PAZ**

BASADO EN LA INTEGRACION Y HOMOGENIZACION DE UNA RED GEODESICA MUNICIPAL

POSTULANTE: Lic. RONALD FABIO TICONA KAPQUEQUI

TUTOR: M.SC. Lic. HUBER AUGUSTO MAMANI GUTIERREZ

LA PAZ – BOLIVIA

NOVIEMBRE - 2020

AGRADECIMIENTOS

A Dios todopoderoso que nos regala un día más de nuestras vidas, que sin El no sería nada posible, a mi familia y amigos que me brindan su apoyo incondicional con el que puedo seguir adelante...

Gracias.

DEDICATORIA

A mi mamita Rosa, mi papa Cali... que son los
pilares en mi vida

A mis hermanos Ariel y Diego, que son mis amigos
incondicionales

INDICE DE CONTENIDO

	Página
AGRADECIMIENTOS	I
DEDICATORIA.....	II
INDICE DE CONTENIDO.....	III
INDICE DE IMÁGENES	VII
INDICE DE TABLAS.....	X
RESUMEN.....	11
CAPITULO I - INTRODUCCION	12
1.1. ANTECEDENTES	12
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	17
1.2.1. FORMULACION DEL PROBLEMA	18
1.3. OBJETIVOS.....	18
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	18
1.3.2. OBJETIVO ESPECIFICO.....	18
1.4. DELIMITACION DE LA INVESTIGACION.....	18
1.4.1. DELIMITACION TEMATICA	18
1.4.2. DELIMITACION TEMPORAL.....	19
1.4.3. DELIMITACION ESPACIAL.....	19
1.5. JUSTIFICACION DE LA INVESTIGACION	19
1.5.1. JUSTIFICACION TEORICA.....	20
1.5.2. JUSTIFICACION TECNICA.....	20
1.5.3. JUSTIFICACION SOCIAL.....	21
1.6. HIPOTESIS.....	22
CAPITULO II - MARCO TEORICO	23
2.1. GEODESIA	23
2.1.1. CLASIFICACION DE LA GEODESIA.....	23
2.1.1.1. GEODESIA GEOMETRICA.....	23
2.1.1.2. GEODESIA ASTRONOMICA	24
2.1.1.3. GEODESIA SATELITAL.....	24
2.1.1.4. GEODESIA FISICA.....	24
2.1.2. SISTEMAS GEODESICOS DE REFERENCIA.....	25
2.1.3. SISTEMA INTERNACIONAL DE REFERENCIA TERRESTRE	25
2.1.4. MARCO INTERNACIONAL DE REFERENCIA TERRESTRE	26

2.1.4.1.	SOLUCIONES DE ITRFS.....	27
2.2.	TRANSFORMACIÓN ENTRE ÉPOCAS Y SISTEMAS.....	30
2.2.1.	TRANSFORMACIÓN ENTRE EPOCAS DE REFERENCIA.....	30
2.2.2.	MODELO DE HELMERT	31
2.2.3.	SIETE PARÁMETROS DE TRANSFORMACIÓN ENTRE ITRFS.....	32
2.3.	EL SISTEMA GEOCENTRICO PARA LAS AMÉRICAS (SIRGAS).....	33
2.3.1.	CINEMATICA DEL MARCO SIRGAS.....	34
2.4.	MODELO DE VELOCIDADES PARA SUR AMÉRICA Y EL CARIBE (VEMOS)	35
2.4.1.	VEMOS 2003	37
2.4.2.	VEMOS 2009	37
2.4.3.	VEMOS 2015	37
2.4.4.	VEMOS 2017	38
2.4.5.	OBTENCION DE VALORES CINEMATICOS MEDIANTE VEMOS.....	39
2.5.	MOVIMIENTO DE LAS PLACAS TECTONICAS	41
2.5.1.	MODELOS CINEMATICOS GEOTECTONICOS.....	42
2.5.2.	CALCULADORA DE MOVIMIENTO DE PLACAS	43
2.6.	REDES GEODESICAS	44
2.6.1.	TIPOS DE REDES GEODESICAS.....	45
2.6.2.	DENSIFICACIONES NACIONALES DE SIRGAS.....	45
2.7.	CARTOGRAFIA.....	46
2.7.1.	SISTEMAS DE PROYECCIONES.....	47
2.7.2.	PROPIEDADES DE LAS PROYECCIONES CARTOGRAFICAS	47
2.7.3.	TIPOS DE PROYECCIONES CARTOGRAFICAS.....	47
2.7.3.1.	PROYECCION CILINDRICA.....	48
2.7.3.2.	PROYECCION CONICA	48
2.7.3.3.	PROYECCION ACIMUTAL.....	48
2.7.4.	SISTEMA DE COORDENADAS.....	49
2.7.4.1.	SISTEMA DE COORDENADAS CARTESIANAS	49
2.7.4.2.	SISTEMA DE COORDENADAS POLARES	50
2.7.4.3.	SISTEMA DE COORDENADAS ESFERICAS	50
2.7.4.4.	COORDENADAS GEOGRAFICAS.....	50
2.8.	METODOS DE TRANSFORMACION GEOGRAFICA	51
2.8.1.	METODOS BASADOS EN ECUACIONES	52
2.8.2.	METODOS DE TRES PARÁMETROS.....	52
2.8.3.	METODOS DE SIETE PARAMETROS.....	53

2.8.4.	METODO DE MOLODENSKY	54
2.8.5.	METODO DE MOLODENSKY ABREVIADO	54
2.9.	TEORIA DE ERRORES	55
2.9.1.	ERROR DE MEDIDA	55
2.9.2.	VALOR VERDADERO	55
2.9.3.	VALOR MEDIO O VALOR PROMEDIO	55
2.9.4.	MEDIANA	56
2.9.5.	CUARTIL	56
2.9.6.	DESVIACIÓN ESTÁNDAR O ERROR CUÁNTICO MEDIO	56
2.9.7.	TEST DE TUKEY	57
2.9.8.	VALOR ATÍPICO.....	58
2.9.9.	VALOR ATÍPICO LEVE	59
2.9.10.	VALOR ATÍPICO EXTREMO.....	59
2.10.	GEOESTADISTICA CON METODO KRIGING.....	59
2.10.1.	SEMIVARIOGRAMA	61
2.10.2.	DISTRIBUCION NORMAL	64
2.10.3.	DATOS ESTACIONARIOS	64
2.10.4.	DATOS SIN TENDENCIAS.....	65
CAPITULO III - MATERIALES Y METODOLOGIA.....		66
3.1.	MATERIALES.....	66
3.1.1.	ELEMENTOS QUE CONFORMAN LA RED GEODESICA MUNICIPAL LA PAZ 2005.....	66
3.1.1.1.	ESTACION RED MARGEN.....	66
3.1.1.3.	VERTICES DE RED GEODESICA MUNICIPAL LA PAZ 2005.....	68
3.1.2.	ELEMENTOS QUE CONFORMAN LA RED GEODESICA SATELITAL LA PAZ 2013.....	68
3.1.2.1.	ESTACIONES RED MARGEN – ROC.....	69
3.1.2.2.	VERTICES DE RED GEODESICA SATELITAL LA PAZ 2013	70
3.2.	METODOLOGIA.....	70
CAPITULO IV - RESULTADOS Y DISCUSIÓN		72
4.1.	MODELO DE DESPLAZAMIENTO: RED 2005 VS RED 2013	72
4.1.1.	CALCULO DE MODELO DE DESPLAZAMIENTO MEDIANTE DIFERENCIA DE COORDENADAS DE VERTICES GEODESICOS.....	72
4.1.2.	CALCULO DE MODELO DE DESPLAZAMIENTO MEDIANTE DIFERENCIA DE COORDENADAS DE LA ESTACION BASE CONTINUA BLPZ.....	76
4.2.	CALCULO DE MODELO CINEMATICO GEODESICO MEDIANTE VEMOS	78

4.2.1. TRANSFORMACION DEL MARCO GLOBAL DE REFERENCIA TERRESTRE ITRF	78
4.2.2. CALCULO DE EPOCAS DE MEDICION.....	81
4.2.3. CALCULO DE MODELO CINEMATICO GEODESICO MEDIANTE VEMOS 2003 / 2009.....	82
4.2.4. CALCULO DE MODELO CINEMATICO GEODESICO MEDIANTE VEMOS 2009	89
4.3. CALCULO DE MODELO CINEMATICO GEOTECTONICO - TECTONICAS DE PLACAS.....	96
4.4.1. ESTIMACION DE VELOCIDADES.....	101
4.4. MODELO DE VELOCIDADES LOCAL MOVLP	107
4.5.1. MOVLP VECTOR X.....	107
4.5.2. MOVLP VECTOR Y.....	110
4.5.3. NORMALIZACION DE MOVLP	113
4.5.4. GRILLA DEL MODELO DE VELOCIDADES LOCAL MOVLP	115
4.5. PARAMETROS DE TRANSFORMACION DE COORDENADAS LOCALES.....	115
4.6.1. CALCULO DE PARAMETROS DE TRANSFORMACION ENTRE RED GEODESICA 2005 Y RED GEODESICA 2013	116
4.6. TEST DE VALIDACION DEL MODELO DE VELOCIDADES LOCAL MOVLP EN PLANIMETRIAS VIGENTES DEL GAMLP	117
4.7. DISCUSION DE RESULTADOS.....	120
CAPITULO V - CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	123
5.1. CONCLUSIONES	123
5.2. RECOMENDACIONES.....	124
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	127
ANEXOS.....	132
ANEXO A – RED GEODESICA MUNICIPAL LA PAZ 2005	133
ANEXO B – RED GEODESICA SATELITAL LA PAZ 2013	135
ANEXO C – REPORTE DE INTERPOLACION KRIGING COMPONENTE VECTOR X Y VECTOR Y (MOVLP).....	141
ANEXO D – GRILLA MOVLP	143
ANEXO E – REPORTE DE PARAMETROS DE TRANSFORMACION	150
ANEXO F – VALIDACION MOVLP CON PLANIMETRIAS GAMLP.....	153

INDICE DE IMÁGENES

	Página
Figura 1 – Clasificación de la geodesia	23
Figura 2 – Variables utilizadas para el ajuste de la Red ITRF	26
Figura 3 – Red de estaciones del ITRF2008.	27
Figura 4 – Parámetros de transformación entre ITRFs	30
Figura 5 – Relación entre Sistemas de Referencia origen y destino	31
Figura 6 – Transformación entre ITRFs.....	32
Figura 7 – Estaciones SIRGAS-CON	33
Figura 8 – Arriba: Modelo tectónico de placas NUVEL 1A – Abajo: Modelo PB2002 Microplacas Sudamérica	35
Figura 9 – Izquierda: VEMOS2009; Centro: VEMOS2015; Derecha: VEMOS2017	38
Figura 10 – Distintas versiones de VEMOS	39
Figura 11 – Archivos componentes de VEMOS	40
Figura 12 – Imagen de programa VMS.exe.....	40
Figura 13 – Imagen de programa “The Geographic Calculator” v6.2	41
Figura 14 – Polo de Euler de placa Sudamericana	41
Figura 15 – Calculadoras de placas tectónicas	44
Figura 16 – Jerarquía de Marcos Geodésicos.....	45
Figura 17 – Jerarquía de Redes Geodésicas	46
Figura 18 – Alcance de Estaciones Continuas del IGM (200 Km. Y 50 Km.).....	46
Figura 19 – Proyección Cilíndrica	48
Figura 20 – Proyección Cónica	48
Figura 21 – Proyección Acimutal	48
Figura 22 – Sistema de coordenadas	49
Figura 23 – Sistema de coordenadas cartesiana espacial.....	49
Figura 24 – Sistema de coordenadas polar	50
Figura 25 – Sistema de coordenadas esférico	50
Figura 26 – Sistema de coordenadas esférico	50
Figura 27 – Ejemplo de modelo de transformación geográfica.....	51
Figura 28 – Bosquejo de coordenadas geocéntricas	52
Figura 29 – Esquema del método de 3 parámetros	52
Figura 30 – Esquema de rotación de ejes	53
Figura 31 – Grafico de desviación estándar normal.....	57
Figura 32 – Diagrama de caja y bigotes	57
Figura 33 – Diagrama de caja con valores atípicos leves y graves	58
Figura 34 – Diagrama de caja.....	58
Figura 35 – Modelos Kriging	61
Figura 36 – Grafico de Semivarianza o Varianza	62
Figura 37 – Modelos matemáticos de la Semivarianza o Varianza	62
Figura 38 – Ilustración de modelo de semivarianza esférica	62
Figura 39 – Ilustración de modelo de semivarianza circular	63
Figura 40 – Ilustración de modelo de semivarianza exponencial	63
Figura 41 – Ilustración de modelo de semivarianza gaussiana	63

Figura 42 – Ilustración de modelo de semivarianza lineal	63
Figura 43 – Graficas de distribución normal	64
Figura 44 – Graficas de polígonos de Voronoi	65
Figura 45 – Graficas de tendencias	65
Figura 46 – Red Geodésica Municipal de La Paz	66
Figura 47 – Monografía de estación CGPS. BLPZ (LA PAZ).....	67
Figura 48 – Presentación de Mojón Geodésico.....	68
Figura 49 – Red Geodésica Satelital La Paz.....	68
Figura 50 – Monografía de estación CGPS. EMIB (LA PAZ-ALTO IRPAVI).....	69
Figura 51 – Monografía de estación CGPS. BLPZ (LA PAZ).....	70
Figura 52 – Monumentación de Varillas de acero “PINES”	70
Figura 53 – Diagrama de procedimientos metodológicos	71
Figura 54 – Diferencia de coordenadas de la Red Geodésica de La Paz	72
Figura 55 – Mapa de diferencia de coordenadas en Delta X (Este) – Red 2005 vs Red 2013	73
Figura 56 – Mapa de diferencia de coordenadas en Delta Y (Norte) – Red 2005 vs Red 2013	74
Figura 57 – Red 2005 vs Red 2013: Delta X; Izquierda: Histograma; Derecha: Diagrama de dispersión; Abajo: Diagrama de tendencias	75
Figura 58 – Red 2005 vs Red 2013: Delta Y; Izquierda: Histograma; Derecha: Diagrama de dispersión; Abajo: Diagrama de tendencias	75
Figura 59 – Red 2005 vs Red 2013 – Poligonos de Voronio Izquierda: Delta X; Derecha: Delta Y	76
Figura 60 – Reporte SIRGAS de seguimiento de coordenadas estación BLPZ (Delta x, Delta Y, Delta Z)	77
Figura 61 – Reporte SIRGAS de seguimiento de coordenadas estación EMIB (Delta x, Delta Y, Delta Z)	77
Figura 62 – Software científico TRX	78
Figura 63 – Parámetros de transformación ITRFs “TRX”	79
Figura 64 – Vector Vemos 2003/2009	82
Figura 65 – Vemos 2003/2009 Delta X; Izquierda: Histograma; Derecha: Diagrama de dispersión; Abajo: Diagrama de tendencias	86
Figura 66 – Vemos 2003/2009 Delta Y; Izquierda: Histograma; Derecha: Diagrama de dispersión; Abajo: Diagrama de tendencias	87
Figura 67– Vemos 2003/2009 – Poligonos de Voronio Izquierda: Delta X; Derecha: Delta Y	87
Figura 68 – Mapa de Vector de Velocidades Vemos 2003 / 2009	88
Figura 69 –Vector Vemos 2009	89
Figura 70 – Vemos 2009 Delta X; Izquierda: Histograma; Derecha: Diagrama de dispersión; Abajo: Diagrama de tendencias	93
Figura 71 – Vemos 2009 Delta Y; Izquierda: Histograma; Derecha: Diagrama de dispersión; Abajo: Diagrama de tendencias	93
Figura 72– Vemos 2009 – Poligonos de Voronio Izquierda: Delta X; Derecha: Delta Y	94
Figura 73 – Mapa de Vector de Velocidades Vemos 2009 – Componente horizontal	94

Figura 74 – Mapa de Vector de Velocidades Vemos 2009 – Componente vertical	95
Figura 75 – Mapa de Vector de Velocidades NUVEL 1A vs APKIM2005-DGFI.....	97
Figura 76 – Mapa de Vector de Velocidades GSRM v2.1 vs ITRF2014 [2016]	98
Figura 77 – Modelo ITRF2014 Delta X; Izquierda: Histograma; Derecha: Diagrama de dispersión; Abajo: Diagrama de tendencias	99
Figura 78 – Modelo ITRF2014 Delta Y; Izquierda: Histograma; Derecha: Diagrama de dispersión; Abajo: Diagrama de tendencias	100
Figura 79 – Modelo ITRF2014 – Polígonos de Voronio Izquierda: Delta X; Derecha: Delta Y	101
Figura 80 – Mapa de Vector de Velocidades Vemos 2009 vs Diferencia por Red Geodésica.....	103
Figura 81 – Mapa de Vector de Velocidades ITRF2014 vs Vemos 2009 vs Diferencia por Red geodesica.....	106
Figura 82 – Movelp Delta X; Izquierda: Histograma; Derecha: Distribución acumulativa; Arriba: Diagrama de dispersión	107
Figura 83 – Movelp Delta X; Diagrama de Semivarianza/Covarianza	108
Figura 84 – Movelp Delta X; Izquierda: Diagrama de predicción; Derecha: Diagrama de errores; Arriba: Tabla resumen de validación Co-krigings	109
Figura 85 – Movelp Delta Y; Izquierda: Histograma; Derecha: Distribución acumulativa; Arriba: Diagrama de dispersión	110
Figura 86 – Movelp Delta Y; Diagrama de Semivarianza/Covarianza	111
Figura 87 – Movelp Delta Y; Izquierda: Diagrama de predicción; Derecha: Diagrama de errores; Arriba: Tabla resumen de validación Co-krigings	112
Figura 88 – Movelp Covalidación Predicción Delta X vs Delta Y	113
Figura 89 – Movelp Covalidación Error Delta X vs Delta Y	113
Figura 90 – Movelp Covalidación Error estandarizado Delta X vs Delta Y	114
Figura 91 – Movelp Covalidación Distribución Normal Delta X vs Delta Y	114
Figura 92 – Movelp Grilla	115
Figura 93 – Leica Infinity	115
Figura 94 – Calculo de parámetros de transformación de 3D Movelp mediante Leica Infinity	116
Figura 95 – Predios que cumplen tolerancia +/- 2 cm (Aplicando vector MOVELP)	117
Figura 96 – Mapa de predios que cumplen tolerancia +/- 4 cm (Aplicando vector MOVELP).....	118
Figura 97 – Predios que cumplen tolerancia +/- 30 cm (Aplicando vector MOVELP)	118
Figura 98 – Mapa de predios que cumplen tolerancia +/- 30 cm (Aplicando vector MOVELP).....	119

INDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1 – Modelo geotectónicos de movimiento de placas.....	42
Tabla 2 – Modelo geotectónicos NUVEL 1A	43
Tabla 3 – Cuadro estadístico diferencia de coordenadas por periodo.....	73
Tabla 4 – Coordenadas estación base BLPZ Red 2005	77
Tabla 5 – Coordenadas estación base BLPZ Red 2013	78
Tabla 6 – Tabla de Transformación ITRF 94 a ITRF 2005 (época 1995.4).....	81
Tabla 7 – Tabla de cálculo: Vector Vemos 2003/2009.....	85
Tabla 8 – Cuadro estadístico diferencia de coordenadas por Vemos 2003 / 2009	88
Tabla 9 – Tabla de cálculo: Vector Vemos 2009	92
Tabla 10 – Cuadro estadístico diferencia de coordenadas por Vemos 2009	96
Tabla 11 – Cuadro estadístico Modelos Cinemáticos Geotectónicos.....	96
Tabla 12 – Cuadro estadístico Modelos Cinemáticos Geotectónicos para 14.8 años	97
Tabla 13 – Tabla Modelo ITRF2014	99
Tabla 14 – Tabla Comparación Modelo Vemos 2003/2009 vs Vemos 2009 vs Diferencia de coordenadas red 2005/2013.....	102
Tabla 15 – Tabla Resumen Modelo Vemos 2009 vs Diferencia de coordenadas 2005/2013.....	104
Tabla 16 – Tabla Comparación Modelo Vemos 2009 vs Diferencia de coordenadas 2005/2013 – Componente Vertical.....	105
Tabla 17 – Tabla de componentes Kriging MOVELP	107

RESUMEN

La introducción del marco de referencia del Sistema de Referencia Geocéntrico para Las Américas (SIRGAS) a las soluciones semilibres de redes geodésicas locales nacionales produjo deformaciones en estas soluciones. Las deformaciones de las soluciones semilibres son producto de la cinemática de cada una de las placas tectónicas en las que se ubican las estaciones de vínculo. Tal fue el caso de Bolivia que actualmente no cuenta con un modelo local de velocidades que sean insumo de transformación para las redes geodésicas locales municipales, por ende, de la cartografía básica de administración y ordenamiento territorial.

El Gobierno Autónomo Municipal de La Paz mediante la Unidad de Administración de Control Territorial, administra, gestiona y elabora planimetrías de zonas para el Municipio de La Paz, dicha unidad se valen de mapas bases para el diseño y trazados de líneas municipales, antiguamente esta tarea era realizada en papel con la elaboración de planos en formato físicos, en algunos casos aún son de plena vigencia en las zonas más antiguas del Municipio de La Paz, otras por el contrario pasaron a registro histórico, debido a la actualización de la planimetría; paulatinamente mediante las oficinas técnicas encargadas en su momento de realizar administración de planimetrías, se vienen realizando la actualización de información en formato digital, en un principio mediante el escaneo y digitalización de planos de las distintas planimetrías, posteriormente existieron proyectos de actualización y validación de planimetrías empleando para el trazados de línea municipal, mayormente levantamientos topográficos y planos de restituciones fotogramétricas. Todo este proceso se centralizo mediante un Sistema de Información Territorial SIT, el cual no cuenta con la actualización y compatibilización de la posición de los distintos tipos de mapas base empleados para la elaboración de las planimetrías; es decir no se realiza la actualización del sistema de coordenadas empleado (Red Geodésica Municipal 2005) al sistema de coordenadas actual (Red Geodésica Satelital La Paz 2013). Las planimetrías elaboradas anteriormente al establecimiento de la Red Geodésica Satelital La Paz 2013 no son compatibilizadas con levantamientos topográficos actuales, y son de uso importante, primordialmente en las certificaciones catastrales; conjuntamente las planimetrías; dificultando la sobreposición de información cartográfica para su posterior análisis técnico.

Se propone un proyecto de actualización de coordenadas de Redes Geodésicas mediante el empleo del modelo de velocidades local MOVELP y la proyección de cartografía existente en coordenadas relacionadas al marco de referencia de la Red Geodésica 2005 a Red Geodésica 2013.

Se realizó la recopilación, análisis y depuración de vértices geodésicos que contienen información de dos campañas de densificación de redes geodésicas, realizadas en gestiones 2005 y 2013 en el Municipio de La Paz. El campo resultante del modelo de velocidades MOVELP se estimó con una resolución de 1 km x 1 km y es altamente confiable, con una velocidad resultante promedio de 1,4 cm/año en una dirección de 03° 36' 39.47" en dirección noreste. Este campo fue validado con base en los datos de la diferencia de coordenadas de los vértices de la red geodésica, diferencia de coordenadas de la estación base BLPZ y el modelo cinemático de velocidades recomendado por el Sistema de Referencia Geocéntrico para Las Américas: Vemos 2009; luego de numerosas pruebas y evaluaciones con distintos modelos cinemáticos geodésicos y geotectónicos.

CAPITULO I

INTRODUCCION

1.1. ANTECEDENTES

La Tierra cambia de forma constantemente, cuando se observa el movimiento de la corteza terrestre, se debe hacer referencia a ella. Un marco de referencia terrestre proporciona un conjunto de coordenadas de puntos ubicados en la superficie terrestre. Puede usarse para medir placas tectónicas, subsidencia regional o carga¹ y / o usarse para representar la Tierra al medir su rotación en el espacio. Esta rotación se mide con respecto a un marco vinculado a objetos estelares, llamado marco de referencia celeste. El Servicio Internacional de Sistemas de Referencia y Rotación de la Tierra (IERS), fue creado en 1988 para establecer y mantener un Marco de Referencia Celeste, el ICRF, un Marco de Referencia Terrestre, el ITRF. Los parámetros de orientación terrestre (EOP)), conecta estos dos marcos juntos. Estos marcos proporcionan una referencia común para comparar observaciones y resultados de diferentes ubicaciones.

Hoy en día, se utilizan cuatro técnicas geodésicas para calcular coordenadas precisas: Sistema Global de Navegación por Satélite GNSS, Very Long Baseline Interferometry VLBI, Single Lens Reflex SLR y Doppler Orbitography Determination and Radiopositioning Integrated on Satellites DORIS. Dado que la red de seguimiento equipada con los instrumentos de esas técnicas está evolucionando y el período de datos disponibles aumenta con el tiempo, el ITRF se actualiza constantemente. Se establecieron 11 realizaciones del ITRS a partir de 1988. El último es el ITRF2014 (Ya existe una convocatoria internacional para la realización del ITRF 2020²). Todas estas realizaciones incluyen posiciones y velocidades de las estaciones. Modelan los cambios seculares de la corteza terrestre, por eso se pueden usar para comparar observaciones de diferentes épocas.

El Sistema Internacional de Referencia Terrestre (ITRS), es un sistema de referencia espacial mundial que co-rotata con la Tierra en su movimiento diurno en el espacio. El IERS, encargado de proporcionar referencias globales a las comunidades astronómica, geodésica y geofísica, supervisa la realización del ITRS. Las realizaciones del ITRS son producidas por el Centro de Producto IERS ITRS (ITRS-PC), bajo el nombre de International Terrestrial Reference Frames (ITRF). Las coordenadas ITRF se obtuvieron mediante la combinación de soluciones TRF individuales calculadas por centros de análisis IERS, utilizando las observaciones de técnicas de geodesia espacial: GNSS, VLBI, SLR, LLR y DORIS. Todos utilizan redes de estaciones ubicadas en sitios que cubren toda la Tierra.

Las soluciones ITRF disponibles aquí, consisten en conjuntos de posiciones y velocidades de estación con sus matrices de varianza / covarianza. Con el lanzamiento del ITRF2005,

¹ Altamimi et al., The Terrestrial Reference frame and the Dynamic Earth, EOS, Transactions, American Geophysical Union, Vol. 82, No25, June 19, 2001, page 273

² Convocatoria y cronograma de actividades para realización de ITRF 2020 disponible en: http://itrf.ensg.ign.fr/doc_ITRF/CFP-ITRF2020.pdf

los parámetros de orientación de la Tierra (EOP), se han combinado simultáneamente con las coordenadas de la estación. Los números (años) que siguen a la designación ITRF especifican el último año en que se utilizaron los datos durante el procesamiento de datos geodésicos.

Soluciones ITRF existentes son:

- ITRF2020
(En proceso)
- ITRF2014
- ITRF2008
- ITRF2005
- ITRF2000
- ITRF97
- ITRF96
- ITRF94
- ITRF93
- ITRF92

SIRGAS es el Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas. Su definición corresponde al Sistema Internacional de Referencia Terrestre (ITRS) y se realiza mediante una densificación regional del Marco Internacional de Referencia Terrestre (ITRF) en América Latina. Además del sistema de referencia geométrica, SIRGAS incluye la definición y realización de un sistema de referencia vertical, basado en alturas elipsoidales como componente geométrico y números geopotenciales (referidos a un valor global convencional W_0) como componente físico.

SIRGAS fue creado en 1993 durante la Conferencia Internacional para la Definición de un Sistema de Referencia Geocéntrico Sudamericano celebrada en Asunción, Paraguay. Esta conferencia fue promovida y apoyada por la Asociación Internacional de Geodesia (IAG), el Instituto Panamericano de Geografía e Historia (IPGH) y la Agencia de Mapas de Defensa de los Estados Unidos (DMA), hoy Agencia Nacional de Inteligencia Geoespacial (NGA). El acrónimo original de SIRGAS (Sistema de Referencia Geocéntrico para América del Sur) fue cambiado en 2001 a Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas, desde la campaña SIRGAS2000 GPS se extendió a Norte y América Central, y la Organización de las Naciones Unidas, a través de su 7° Conferencia Cartográfica para las Américas (Nueva York, 22 al 27 de enero de 2001), recomendó adoptar SIRGAS como sistema de referencia oficial en todos los países de América, actualmente son miembros activos los países: Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Ecuador, Estados Unidos, El Salvador, Guyana Francesa, Guatemala, México, Panamá, Perú, República Dominicana, Uruguay y Venezuela.

Para tal cometido SIRGAS es la institución oficial que proporciona datos de coordenadas de sus distintas estaciones continuas SIRGAS-CON, distribuidas por toda América.

Su principal tarea es el monitoreo de desplazamientos de la corteza terrestre mediante las placas tectónicas, se estableció distintas soluciones temporales, que se relacionan en base a las coordenadas calculadas de las estaciones continuas, las soluciones son:

- Soluciones semanales ligeramente restringidas en formato SINEX³ (o ecuaciones normales) para cálculos posteriores; es decir, combinación dentro del poliedro IGS, determinación de soluciones multianuales.

³ SINEX sigla de Software Independent Exchange (Intercambio independiente de software).

- Posiciones semanales de las estaciones alineadas con el mismo marco de referencia aplicado por el IGS (International GNSS Service) para generar las órbitas finales de los satélites GNSS. Estas coordenadas sirven como valores de referencia para topografía en América Latina.
- Soluciones multianuales (coordenadas + velocidades) para aquellas aplicaciones que requieren posicionamiento dependiente del tiempo.

Las coordenadas de las estaciones continuas que monitorean el marco de referencia, varían en función del tiempo, siendo la geodesia base para el posicionamiento geográfico de productos cartográficos, estos antes de ser sujetos a análisis de posicionamiento, debe considerarse el factor tiempo (época o año en que fue realizado) para verificar si requiere alguna transformación de posición geográfica (transformación de coordenadas de acuerdo a una época de referencia); caso contrario; se identificarían fenómenos de desplazamientos que no corresponderían a la realidad.

El procesamiento de datos GNSS requiere las posiciones de las estaciones de referencia en el mismo marco de referencia y en la misma época de observación que las órbitas de los satélites. Las posiciones semanales de las estaciones SIRGAS en funcionamiento continuo (red SIRGAS-CON) satisfacen estos requisitos.

Si los puntos de referencia en un posicionamiento GNSS no están operando continuamente estaciones SIRGAS-CON (es decir, sus posiciones semanales no están disponibles), es necesario trasladar las coordenadas de referencia a la época de observación aplicando las llamadas velocidades. Es deseable que las velocidades de las estaciones de referencia se deriven de mediciones GNSS iterativas que cubran un período mínimo de dos años. Si esto no es posible y se desconocen las velocidades de las estaciones de referencia, se pueden derivar de un modelo de velocidad o deformación. Basado en las soluciones del marco de referencia SIRGAS, se actualiza periódicamente un modelo de velocidad para SIRGAS, llamado Velocity Model for SIRGAS (VEMOS). Cabe señalar que las emisiones de VEMOS representan los desplazamientos superficiales horizontales medios anuales solo para los períodos cubiertos reales.

Como alternativa mas precisa al propuesto por el SIRGAS existen ejemplos publicados de manera oficial por entes gubernamentales ⁴, respecto a modelos geodésicos cinemáticos de velocidad a nivel nacional, se puede mencionar:

- **VEL-AR ⁵ “Modelo de Velocidades de Argentina” – desarrollado por el IGN Instituto Geográfico Nacional – Argentina.**

VEL-Ar es un modelo de trayectorias, incluye los efectos horizontales producidos por la deformación tectónica entre las placas de Nazca y Sudamericana, tanto la velocidad por desplazamiento tectónico, como la deformación inter-sísmica observable en el oeste del Argentina. Lo caracteriza por incorpora todos los efectos

⁴ Fuente.-

http://www.sirgas.org/fileadmin/docs/Boletines/Bol19/60_Drewes_et_al_2014_ActualizacionVEMOS.pdf

⁵ Fuente.- <https://www.ign.gob.ar/NuestrasActividades/Geodesia/VEL-Ar>

producidos por el sismo de Maule (Chile). De este modo, los saltos co-sísmicos y los desplazamientos no-lineales posteriores al sismo (por ejemplo, relajación viscoelástica) están comprendidos en esta nueva herramienta. VEL-Ar puede estimar trayectorias con una precisión de aproximadamente 5.5 mm en su componente este y 3.8 mm en su componente norte. El sesgo introducido por errores en el modelo de saltos co-sísmicos fue inferior a 2.5 cm en el 63% de las pruebas realizadas, e inferior a 5 cm en el 91% de dichas pruebas. Ambos valores resultan apropiados para obtener coordenadas con precisión topográfica.

VEL-Ar resolvió el problema de transformación de coordenadas entre las épocas anteriores y posteriores al sismo de Maule, permitiendo obtener coordenadas en la época 2006,632 utilizando mediciones posteriores a dicho sismo (27 de febrero de 2010) o viceversa.

- **VELMIC**⁶ “**Velocidad por Mínimos Cuadrados**” – desarrollado por **Jorge Moya Zamora, Sara Bastos Gutiérrez y María José Rivas Guzmán (Tesis Doctoral - Universidad Nacional de Costa Rica y Universidad Politécnica de Madrid) – Costa Rica.**

VELMIC se desarrolló con 119 semanas de datos diarios, es decir unos 2,3 años, desde enero del año 2009 hasta abril del año 2011, para un total de 30 estaciones GPS/GNSS, de las cuales 22 están ubicadas en Costa Rica y 8 internacionales pertenecientes a la red del Sistema Geocéntrico para las Américas (SIRGAS).

La evaluación semanal dada por la repetibilidad de las soluciones brindó en promedio errores de 1,7 mm, 1,4 mm y 5,1 mm en las componentes [N E h], confirmando una alta consistencia en estas soluciones.

Determino las coordenadas geocéntricas $[X Y Z]^T$ y sus variaciones temporales $[V_x V_y V_z]^T$ para el conjunto de 22 estaciones GPS de Costa Rica, dentro del datum IGS05, época de referencia 2010,5.

Tiene un campo resultante de una resolución de 30' X 30' y es altamente constante, con una velocidad resultante promedio de 2,58 cm/año en una dirección de 40,8° en dirección noreste. Este campo fue validado con base en los datos del modelo VEMOS2009. Las diferencias de velocidad promedio para las estaciones usadas como insumo para el cálculo del campo fueron del orden los +0,63 cm/año y +0,22 cm/año para los valores de velocidad en latitud y longitud, lo que supone una buena determinación de los valores de velocidad y de la estimación de la función de covarianza empírica.

- “**Modelo preciso de velocidades para la corteza terrestre para Ecuador**”⁷ – desarrollado por **Marco Luna Ludeña (Tesis Doctoral - Universidad Politécnica de Madrid) – España.**

⁶ Fuente.-

http://www.sirgas.org/fileadmin/docs/Boletines/Bol18/35k_Moya_et_al_2013_Comparacion_velocidades_PPP_con_SIRGAS.pdf

⁷ Fuente.- <http://oa.upm.es/48790/>

Se desarrolló con observaciones GNSS durante el periodo 2008-2014 de 33 estaciones de la Red GNSS de Monitoreo Continuo del Ecuador (REGME), además se incorporan otras 17 estaciones pertenecientes a IGS (International GNSS Service) con el fin de vincular la solución al marco de referencia global ITRF2008.

A partir del campo de velocidades absoluto y relativo a Sudamérica para Ecuador, se realiza la modelización mediante la aplicación de dos técnicas que se utilizan con mayor frecuencia para representar una superficie continua de velocidades: el método geoestadístico Kriging y el método de Mínimos Cuadrados Colocación.

De entre las diferentes técnicas Kriging, la que mejor se ajusta al campo de velocidad de la corteza terrestre para Ecuador es el método Kriging Universal con un modelo de semivariograma esférico. El error cuadrático medio de predicción obtenido en este método es de 1.76 mm/año en el componente este y 1.81 mm/año en la componente norte, mientras que con el método de colocación mínimos cuadrados se obtuvieron errores cuadráticos medios de predicción de 1.70 mm/año y 1.73 mm/año para las componentes este y norte, respectivamente.

- **VEC-EC⁸ “Campo de velocidades del Ecuador” – desarrollado por el IGM Instituto Geográfico Militar – Ecuador.**

Ecuador detecto desplazamiento entre puntos geodésicos de SIRGAS95, ITRF94; época 1995.4 e IGS08, época 2011.0; a través del RENAGE (Red Nacional de GPS de Ecuador). VEC-EC establece un Campo de Velocidad de deformación local en el Ecuador de 0 a 3 cm/año y concuerda con la estimación del movimiento de la Placa Sudamericana a razón de 1 cm/año.

El procesamiento GPS realizado para el cálculo del VEC_Ec, consideró todas las variables necesarias para asegurar un procesamiento científico de gran precisión, incluyendo la compensación de los efectos de deformación provocados por los eventos geofísicos sucedidos en los últimos quince años que afectan el área de estudio.

Actualmente la Secretaria de Planificación Para el Desarrollo del Municipio de La Paz, mediante la Unidad de Administración y Control Territorial, tiene a su cargo el Proyecto de Actualización y Validación de Planimetrías, los cuales vienen realizando la elaboración y actualización de planimetrías del Municipio de La Paz, para este cometido es primordial que tengan una base cartográfica sobre el cual puedan realizar el diseño y trazo de manzanos; las bases cartográficas son la Restitución Fotogramétrica de Ciudad de La Paz (2006) y levantamientos topográficos realizados por la Unidad de Análisis Topográfico y Geodésico.

En las décadas de los '60 hasta los '90 se tienen antecedentes de vuelos fotogramétricos realizados para el Municipio de La Paz, por encargo del Gobierno Central, debido a que en esa época los Municipios no eran Autónomos: entre estos tenemos vuelos aerofotogramétricos de 1962 con las cuales se elaboraron las primeras planimetrías y

⁸ Fuente.-

http://www.sirgas.org/fileadmin/docs/Boletines/Bol21/11_Luna_et_al_2016_ModeloVelocidadesEcuador.pdf

fueron realizadas por MARK HURD AERIAL SURVEYS INC., la restitución fotogramétrica HANSA de 1995, la restitución fotogramétrica del Instituto Geográfico Militar de 2006.

De estas campañas descritas, se encuentra poca o ninguna información recabada más que solamente archivos de la dirección de administración catastral y territorial del Gobierno Autónomo Municipal de La Paz GMLP; por historia de conocimiento general se sabe que antiguamente se realizaban triangulación de alta precisión para el establecimiento de vértices geodésicos, los mismos vinculados al datum de la Canoa en Venezuela.

Empleando dicha información básica, se elaboraron mapas topográficos mediante las distintas metodologías existentes como levantamientos de campo y campañas fotogramétricas mayormente; producto de las mismas se elaboraron mapas temáticos en distintas áreas de la ingeniería, entre ellas la elaboración de planimetrías que serían parte fundamental de la administración territorial del Municipio de La Paz.

Las planimetrías efectuadas con base en la Restitución Fotogramétrica de la Ciudad de La Paz del año 2006, tienen su base en su sistema de coordenadas proyectadas CUTM en el Marco de referencia de la Red Geodésica Municipal 2005.

Dependiendo la gestión donde se haya efectuado el levantamiento topográfico para el diseño y elaboración de la planimetría, debe verificarse el marco de referencia empleado para la georreferenciación del levantamiento Topográfico. Las últimas Redes Geodésicas del Municipio de La Paz presentadas de manera oficial son: Red Geodésica Municipal 2005 y Red Geodésica Satelital La Paz 2013.

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente la administración y ordenamiento territorial del Gobierno Autónomo Municipal de La Paz, mediante los tramites de certificación catastral, verificación de línea municipal, expropiaciones, áreas residuales y todo tramite que involucre levantamientos topográficos georreferenciados; se gestiona mediante las planimetrías aprobadas.

Las planimetrías son sobrepuestas con el plano topográfico georreferenciado ingresado por la ciudadanía, para atención de algún tipo de tramite; al no estar ambos insumos cartográficos en el mismo Sistema de coordenadas (debido a que fueron elaborados en base a distinta red geodésica), se producen informes técnicos erróneos de mediciones lineales y de superficie, por parte del Municipio hacia el ciudadano.

Un sistema de coordenadas geodésicos debe actualizarse cada 5 años, de acuerdo a normativa de densificación de la red geodésica del GMLP⁹. El Municipio de La Paz debe realizar una actualización de su sistema de coordenadas con el fin de evitar incompatibilidad de cartografía realizada con anterioridad y posteriores a la actualización de una red geodésica.

Al efectuar un análisis de esta coyuntura surgen las siguientes cuestionantes:

⁹ Norma Técnica de Densificación de la red geodésica del GMLP - 2006

- ✓ ¿Es correcto realizar un análisis técnico entre instrumentos cartográficos que tenga distinto tiempo de elaboración?
- ✓ ¿Cuáles con las alternativas para compatibilizar instrumentos cartográficos elaborados en distinto tiempo?
- ✓ ¿Es correcto realizar un análisis técnico entre instrumentos cartográficos que tenga distintos tipos de mapa base y/o marco de referencia?
- ✓ ¿Cuáles con las alternativas para compatibilizar instrumentos cartográficos que tengan distinto mapa base y/o marco de referencia?

1.2.1. FORMULACION DEL PROBLEMA

Se realiza el siguiente cuestionamiento:

¿Se realiza el correcto análisis cartográfico de información relacionada a la Administración Territorial del Gobierno Autónomo Municipal de La Paz en la atención de trámites de la ciudadanía?

Por lo expuesto anteriormente es necesario plantear el siguiente problema:

¿Es necesario un análisis macro que tenga como resultado una metodología que permita realizar la actualización y compatibilización de sistema de coordenadas empleados en las planimetrías del Gobierno Autónomo Municipal de La Paz?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

- Desarrollar, aplicar y analizar el modelo cinemático local de velocidades, basado en la integración y homogenización de la red geodésica de La Paz

1.3.2. OBJETIVO ESPECIFICO

- Recopilar, analizar toda información existente sobre la base geodésica del municipio de La Paz.
- Aplicar y analizar los modelos cinemáticos existentes a la información del municipio de La Paz.
- Desarrollar herramientas cartográficas SIG y CAD, que permitan la fácil implementación del modelo local de velocidades.

1.4. DELIMITACION DE LA INVESTIGACION

1.4.1. DELIMITACION TEMATICA

La delimitación temática de la presente investigación se circunscribe al área de la Geodesia, Cartografía y Ordenamiento Territorial.

1.4.2. DELIMITACION TEMPORAL

La delimitación temporal se circunscribe a un periodo de 8 años según campaña de red geodésica (2005-2013) es decir toda cartografía con base en la red geodésica 2005 y que requiera transformarse a base de red geodésica 2013.

A menos que el Instituto Geográfico Militar de Bolivia realice una actualización de coordenadas de estaciones bases de uso nacional (2010.2); el Gobierno Autónomo Municipal de La Paz, deberá realizar una actualización de su Sistema de Coordenadas mediante su Marco de Referencia Geodésico; para este caso la aplicación de este modelo deberá ser evaluado previamente.

1.4.3. DELIMITACION ESPACIAL

La delimitación espacial se circunscribe al área urbana de la Ciudad de La Paz, de la Provincia Murillo, del Departamento de La Paz, del Estado Plurinacional de Bolivia.

1.5. JUSTIFICACION DE LA INVESTIGACION

En la actualidad el Estado Plurinacional de Bolivia, mediante la Vicepresidencia, genera proyectos como GEOBOLIVIA¹⁰ a través del cual se pretende dotar a instituciones y usuarios en general, de información geográfica de interés, independientemente del dispositivo con el cuál se acceda; es decir, disponer de una información geográfica relevante, armonizada y de calidad para apoyar el desarrollo social, económico y ambiental del país.

Por su parte el Gobierno Autónomo Municipal de La Paz, mediante la Secretaria de Planificación Para el Desarrollo, desde el año 1996 con la implementación del sistema SIFCA¹¹ hasta el reciente SITv3¹² presentado en 2018, viene desarrollando Sistemas de Información Territorial que permitan recopilar, almacenar, procesar y difundir información espacial georreferenciada que permita formular, evaluar y asumir decisiones de políticas públicas que contribuyan al desarrollo integral del municipio.

Al contar con una base de datos geográficos y de uso en las distintas unidades técnicas del Gobierno Autónomo Municipal de La Paz, es necesaria que la misma este compatibilizada y actualizada en un sistema de coordenadas, ya que la misma es consultada para la atención de los distintos trámites relacionados a la Administración Territorial. A la fecha el G.A.M.L.P. no cuenta con un análisis del estado actual del sistema de coordenadas de las

¹⁰ Fuente. - <http://geo.gob.bo/portal/#institution>

GeoBolivia se constituye en una plataforma informática que permite almacenar, buscar y publicar la información geográfica (IG) del país, a través de un portal web; a partir de la cuál es posible disponer de una información geográfica relevante, armonizada y de calidad para apoyar la toma de decisiones y el desarrollo social, económico y ambiental del país.

¹¹ SIFCA es el Sistema de Fiscalización Catastral.

Fuente. - <https://test.geo.gob.bo/blog/spip.php?article124>

¹² SITv3 es el Sistema de Información territorial en su 3ra versión.

Fuente. - <http://sim.lapaz.bo/nuevocatastro/iniciosit.htm>

planimetrías, ni de una metodología que permita realizar la transformación de sistema de coordenadas de uno pasado a otro vigente.

En la actualidad se cuenta con unidades técnicas, que son las encargadas de la administración de las planimetrías y cartografía de la ciudad de La Paz, las mismas no ejecutan políticas ni procedimientos técnicos que permitan contar con una Información compatible y actualizada, para la atención oportuna de trámites de la ciudadanía.

En este sentido, se planteó una serie de escenarios que conllevan a un vacío técnico y procedimental en las metodologías empleadas, para la actualización de los sistemas de coordenadas de las planimetrías de la Ciudad de La Paz. Además de un análisis de la situación actual de las planimetrías vigentes y de su empleo en la atención de trámites relacionados a la Administración Territorial.

1.5.1. JUSTIFICACION TEORICA

La presente investigación, pretende generar un aporte académico en los distintos entes donde se administra Información Territorial, ocasionando debates y estudios referentes a la actualización y compatibilización de Sistema de Coordenadas y Marcos de Referencia locales de distintos instrumentos cartográficos.

Este problema ocasiona que no se pueda realizar sobre posición de distintas capas temáticas cartográficas para realizar el correcto análisis técnico que solicite un ciudadano con el fin de regularizar su situación dentro del municipio. Causando una mala identificación de áreas mismas que se ven reflejadas en informes técnicos que obligan al ciudadano a regularizar su situación cartográfica con el municipio.

No se conoce una norma técnica o procedimental del Gobierno Autónomo Municipal de La Paz, que encare esta problemática cartográfica. Siendo que la misma en la actualidad por la cantidad de trámites atendidos por el municipio ocasiona sin duda un problema técnico que también aqueja a la ciudadanía que desea regularizar la situación técnica-legal con el municipio.

1.5.2. JUSTIFICACION TECNICA

Previamente debemos tomar en cuenta que el movimiento de placas tectónicas es un componente más dentro del estudio de los marcos de referencia geodésicos. Desde este punto de vista, se jerarquizan en:

- a. **Marcos de referencia globales**, un marco de referencia global suele ser la base principal para la definición de un sistema de coordenadas utilizado en la geodesia aplicada. Entre los ejemplos, se incluyen el Marco de Referencia Terrestre Internacional (ITRF) y el Sistema Geodésico Mundial 1984 (WGS 84). Estos marcos son geocéntricos en naturaleza, tienen el geocentro (el centro de masa de la Tierra) como origen de ejes ortogonales alineados con el polo, ecuador y el meridiano de Greenwich, de acuerdo a las convenciones del IERS. El ITRF se obtiene por las coordenadas y velocidades de una red de estaciones a nivel mundial y constituye la base de modernos marcos de referencia regionales y nacionales o datums

geodésicos. Las más recientes versiones del ITRF tienen incertidumbres posicionales de estaciones contributivas en milímetros. Las velocidades de estaciones ITRF se describen con respecto a una condición de no rotación neta (NNR), en la que el momento angular de todas las placas tectónicas globales suma cero.

- b. **Marcos de referencia regionales**, los marcos de referencia regionales son redes más densas de estaciones geodésicas que cubren áreas continentales. Entre los ejemplos, se incluyen el Marco de Referencia Europeo Terrestre (EUREF), el Datum Norteamericano de 1983 (NAD83), el Marco de Referencia Africano (AFREF), el Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas (SIRGAS) y el Marco de Referencia de Asia y el Pacífico (APREF). Al igual que con el ITRF, los marcos de referencia regionales se definen mediante las coordenadas y velocidades de las estaciones. La diferencia clave entre un marco de referencia regional (por ejemplo, EUREF y NAD83) y el ITRF es que las velocidades del sitio pueden darse con respecto a la placa tectónica dominante abarcada por el marco y no una condición NNR. Este enfoque minimiza las velocidades del sitio. Los marcos regionales no limitados por el
- c. **Marcos de referencia nacionales**, Los marcos de referencia nacionales modernos son a menudo una versión estática del ITRF o del marco de referencia regional. En la mayoría de los países, las coordenadas de un marco de referencia nacional (o datum geodésico) son la base de todos los levantamientos, posicionamientos y de la cartografía dentro de las fronteras nacionales. Debido a que el software topográfico/SIG y los datos espaciales no están diseñados para tratar con cambios continuos en las coordenadas, la época para el datum nacional es fija y las coordenadas se consideran invariantes en el tiempo, hasta que no se requiera realizar una actualización y por ende deberá crearse un modelo de velocidades para transformación de coordenadas con fin de estandarizar la cartografía.

En Bolivia no se conoce de una metodología justificada científicamente que permita realizar la actualización de sistema de coordenadas, mismas que tomen en cuenta el tiempo en que se realizó la cartografía, mapa base y/o Marco de Referencia empleado.

No se cuenta con un análisis de la situación actual de las planimetrías del municipio de La Paz, análisis que dará a lucir, desplazamientos cartográficos existentes entre sí, formato de planimetría actualmente vigente y su compatibilidad con sus planimetrías vecinas.

La falta de normativa en procedimientos técnicos de este fenómeno de actualización cartográfica conlleva a cometer errores en personal que interactúe con información cartográfica de distintos periodos o años.

1.5.3. JUSTIFICACION SOCIAL

La compatibilización de información en los sistemas de coordenadas en la cartografía ocasiona al usuario final una confusión en los actuares que realiza con el Municipio para la regularización de su derecho propietario, proporcionándole al mismo una información errónea de su situación territorial con referencia a los instrumentos cartográficos vigentes

del municipio. En el peor de los casos incidiendo a una mala información de límites de predio como áreas en invasión a particulares o áreas en invasión al municipio; incompatibilidad de superficies técnicas con superficies legales.

Es necesario aclarar que todo trabajo realizado décadas atrás estaba limitado a los insumos tecnológicos y conocimientos científico-técnicos que se tenían al alcance en ese entonces, actualmente debido al avance tecnológico se mejoró la precisión de dichos trabajos. Por lo que los trabajos realizados anteriormente no son erróneos, sino distintos debido al factor tiempo. El error está en mezclar información pasada con información actual sin haber existido previamente un proceso de transformación, compatibilización o actualización de información.

Esta investigación plantea subsanar y fortalecer la parte técnica.

1.6. HIPOTESIS

La precisión en la posición geográfica dentro la cartografía va en constante avance día a día, mediante el surgimiento de nuevas tecnologías que van en apoyo del campo de la Geodesia, el estudio y entendimiento de estas nuevas metodologías van de la mano de la innovación en el estudio de nuevas alternativas en las metodologías tradicionalmente empleadas para el posicionamiento geográfico de la cartografía.

Este documento tiene como propósito brindar un conjunto de criterios técnicos para el uso correcto de la Red Geodésica Satelital La Paz 2013, la cual es la materialización del Sistema de Referencia MARGEN-ROCs (Marco de Referencia Geodésico nacional de Bolivia, densificación del Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas SIRGAS) en el municipio de La Paz.

Se aborda el tema de control geodésico, específicamente en lo relacionado con las pautas necesarias para la asignación del sistema de coordenadas oficial del municipio de La Paz (MARGEN – SIRGAS), a los proyectos que lo requieran. De esta manera el documento abarca la descripción de las características y criterios de uso del sistema de coordenadas, los elementos que conforman la Red Geodésica Satelital La Paz 2013, la metodología para la materialización y posicionamiento de puntos de apoyo mediante tecnología GNSS, los amarres topográficos convencionales y aspectos para el uso de tecnología GNSS RTK/NTRIP. De acuerdo con lo anterior y como una alternativa de investigación, se propone como punto de partida el establecimiento de un sistema geodésico de alta precisión para La Paz, para establecer un modelo cinemático local de velocidades local, teniendo la siguiente hipótesis (H_0):

La aplicación del modelo cinemático local de velocidades para la ciudad de La Paz MOVELP, permitirá realizar el correcto análisis cartográfico de información relacionada a la Administración Territorial, dando como resultado metodología que permita realizar la actualización y compatibilización de sistema de coordenadas empleados en las planimetrías del Gobierno Autónomo Municipal de La Paz cuyos marcos de referencia sean la red geodésica 2005 y red geodésica 2013.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. GEODESIA

La Geodesia es la ciencia que estudia la forma y las dimensiones de la Tierra, así como el campo de gravedad y sus variaciones temporales (Gemael, 1999).

Con el desarrollo tecnológico, la geodesia ha experimentado grandes avances gracias a las innovaciones en tecnología espacial, particularmente en el desarrollo satelital, como es el caso de la aparición de los Sistemas de Navegación Global por Satélites (GNSS), lo que permite determinar la posición de cualquier punto sobre la superficie terrestre.

Nuevos campos de acción pasaran a formar parte del objeto de la Geodesia, pudiéndose resaltar: el estudio de las variaciones temporales de las grandes medidas, visto que considerando la rigidez del planeta las deformaciones provenientes de la atracción de fuerzas externas hacen las coordenadas de un punto variables con el tiempo.

Innovaciones como estas, representan importantes avances para los sistemas de referencia geodésicos en la obtención de posiciones planimétricas y altimétricas de gran precisión, que, en combinación con los instrumentos topográficos y geodésicos actuales, nos ayudan a mejorar y solucionar problemas de precisión de décadas pasadas.

2.1.1. CLASIFICACION DE LA GEODESIA

A lo largo del desarrollo de este proyecto vemos como diversos métodos de trabajo geodésicos, a partir de distintos tipos de datos obtenidos directa o indirectamente, pueden identificarse como:

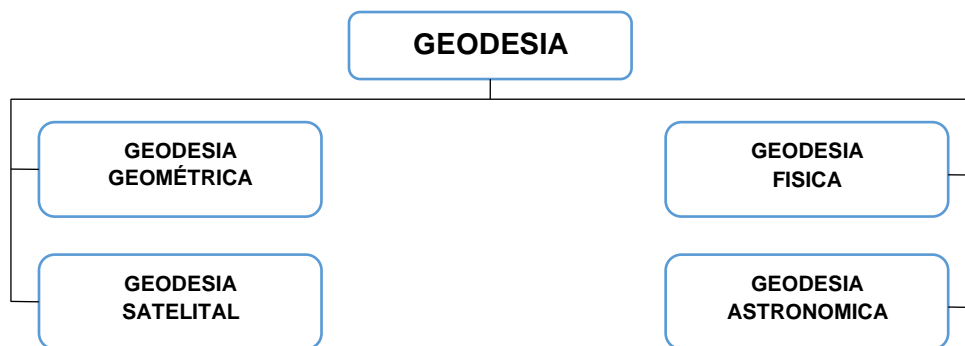


Figura 1 – Clasificación de la geodesia
Fuente. - Elaboración propia

2.1.1.1. GEODESIA GEOMETRICA

Antiguamente la cartografía nacional, se realizaba con datos de observaciones constituidas por las medidas de ángulos y distancias en la superficie terrestre. Estos datos son referidos a un elipsoide de referencia para construir las triangulaciones en el caso de la Geodesia

clásica bidimensional o bien estudiados en coordenadas cartesianas en el caso de la Geodesia tridimensional.

También son necesarias las determinaciones de altitudes de puntos sobre una superficie de cota cero. El conocimiento de la geometría del elipsoide de revolución es fundamental. Cabe mencionar que aún se cuenta con material cartográfico de planimetrías vigentes en la ciudad de La Paz, realizadas con este tipo de Geodesia clásica, sin embargo, paulatinamente están pasando a registros históricos, a medida que se cambie su base cartográfica, por una con metodología actual.

2.1.1.2. GEODESIA ASTRONOMICA

Al igual que en el anterior caso, ya quedando rezagada por metodologías actuales, este tipo de geodesia realizaba sus trabajos con métodos y observaciones astronómicas trata fundamentalmente de obtener la dirección de la vertical; determina pues, coordenadas astronómicas, latitud, longitud (o el tiempo) y acimuts astronómicos. Con los datos obtenidos trata de determinar el geoide como figura de la Tierra por el método de nivelación astro-geodésica, y efectuar la reorientación de redes geodésicas en la compensación con puntos Laplace. Las determinaciones astronómicas, tanto su teoría como sus métodos son a veces incluidas dentro de la astronomía de posición.

2.1.1.3. GEODESIA SATELITAL

Rama de la Geodesia en la que se involucrara este proyecto de manera constante, ya que trata principalmente con satélites artificiales cuya observación resulta más cómoda y precisa que la tradicional. Aplica técnicas tridimensionales y resuelve todos los problemas de la Geodesia tanto geométricos como dinámicos. En los cálculos emplea frecuentemente técnicas de colocación por mínimos cuadrados.

2.1.1.4. GEODESIA FISICA

Rama de la geodesia que nos ayudara a comprender el estudio del movimiento de las placas tectónicas y el monitoreo de sus movimientos, mediante reportes de las estaciones continuas SIRGAS. Principalmente la geodesia física está constituida por aquellas teorías y métodos encaminados a la determinación del geoide, con datos dinámicos o gravimétricos, mediante un análisis del problema de contorno de la teoría del potencial. Describe los modelos terrestres de comparación para el establecimiento de la figura de la Tierra, calcula y utiliza fundamentalmente las anomalías gravimétricas. También estudia el campo exterior de la gravedad.

De otra manera se la define como el área de la geodesia que:

Aplica los conocimientos de la geodesia geométrica y de la física, en la solución del problema del conocimiento de la forma de la Tierra y de los componentes de la desviación de la vertical, utilizando para ello la determinación del campo de la aceleración de la gravedad terrestre.

Describe los modelos terrestres de comparación para el establecimiento de la figura de la Tierra, calcula y utiliza fundamentalmente las anomalías gravimétricas”.

2.1.2. SISTEMAS GEODESICOS DE REFERENCIA

Todavía no es muy común que en cálculos geodésicos se dé la importancia adecuada al factor tiempo, sin embargo, debemos recalcar que los sistemas de referencia son necesarios para modelar las observaciones geodésicas como una función de parámetros desconocidos. Los sistemas están definidos en términos de orientación, métrica y curvatura; y en principio son sistemas tridimensionales. La cuarta dimensión, el tiempo, se contempla con base en los movimientos de la Tierra, sus deformaciones y los movimientos de los cuerpos celestes. Así como se pueden definir sistemas de referencia para la Tierra, se puede hacer por ejemplo para la Luna y el resto de planetas del Sistema Solar. Las observaciones geodésicas y los modelos derivados de ellas, necesitan de un aspecto fundamental; la definición de unidades básicas de medida.

En la geodesia estas unidades son las del Sistema Internacional (SI): el metro [m] para la longitud, el kilogramo [Kg] como unidad de masa y el segundo [s] como unidad de tiempo (Torge, 2001).

Los componentes primordiales son: El sistema de referencia, marco de referencia y datum geodésico

- La materialización de un sistema de referencia por medio del marco de referencia y la asignación del datum geodésico, no debe cambiar la definición del sistema de referencia.
- La realización del datum debe ser hecha por medio de mediciones independientes del marco de referencia, es decir los errores de las mediciones o los cambios físicos en las observaciones afectan el marco, pero no el datum.
- La realización matemática del marco de referencia debe ser hecha por medio de algoritmos que mantengan fijos los parámetros del datum y sigan estrictamente los principios definidos en el sistema de referencia.

En los modernos sistemas de referencia tridimensionales se fijan siete parámetros para el datum, tres para ubicar el origen del sistema, tres parámetros para la orientación de los ejes coordenados y uno para la escala.

2.1.3. SISTEMA INTERNACIONAL DE REFERENCIA TERRESTRE

El Sistema Internacional de Referencia Terrestre (ITRS) por sus siglas en inglés, se define geocéntrico, ecuatorial y métrico. Esto significa que las coordenadas asignadas al origen deben ser cero con el fin de referirlas al geocentro: $X_0 = 0$, $Y_0 = 0$, $Z_0 = 0$. La orientación del eje Z es cercana al eje de rotación de la Tierra y el eje Y se ubica en el plano ecuatorial (Drewes, 2009). La escala, está definida por la velocidad de la luz en el vacío en el intervalo de tiempo de un segundo de acuerdo con la teoría de la relatividad en el marco local terrestre (Jekeli, 2006).

2.1.4. MARCO INTERNACIONAL DE REFERENCIA TERRESTRE

El Marco Internacional Terrestre de Referencia¹³ (ITRF) por sus siglas en inglés, es un conjunto de puntos con coordenadas tridimensionales y velocidades, las cuales hacen la realización del ITRS (www.iers.org). El grupo de estaciones que determina el ITRF, están equipadas con varios sistemas de medición de la geodesia satelital como Satellite Laser Ranging (SLR), Lunar Laser Ranging (LLR), Doppler Orbitography Determination and Radiopositioning Integrated on Satellites (DORIS), Global Positioning System (GPS), Very Long Base Interferometry (VLBI) (Altamimi et al, 2002).

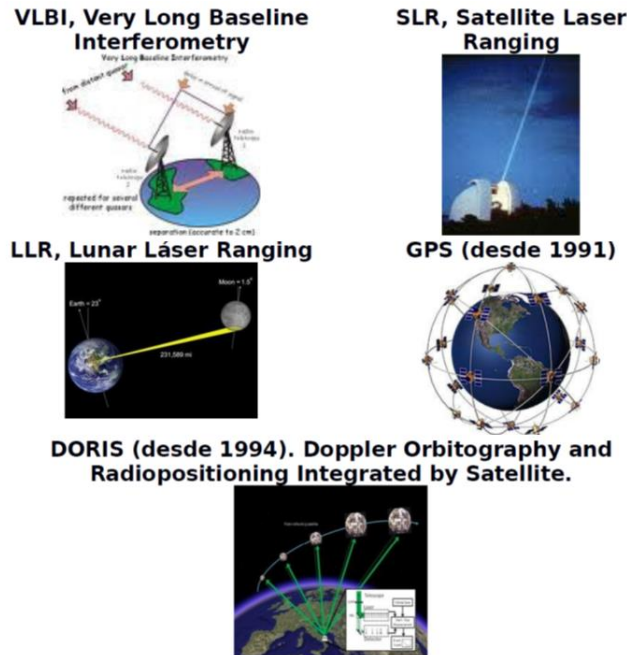


Figura 2 – Variables utilizadas para el ajuste de la Red ITRF

Fuente. - Ajuste del Marco de Referencia Geocéntrico Nacional de Bolivia MARGEN – ROC en SIRGAS: MARGEN-ROC -SIRGAS

Cada una de estas técnicas contribuye a tener una única solución de ITRF, la cual es determinada por el IERS. El primer ITRF se calculó en 1984 y se denominó BTS84, el cual incluyó en ese momento observaciones del sistema TRANSIT. Desde este primer marco se han calculado diferentes soluciones denominadas como ITRF92, ITRF93, ITRF94, ITRF96, ITRF97, ITRF2000 e ITRF2005, siendo la más actual el ITRF2008 (ver figura 3), en el cual se han reprocesado observaciones VLBI, SLR, GPS y DORIS por unos períodos de 29, 26, 12,5 y 16 años respectivamente.

¹³ Mayor detalle sobre el ITRF y cada una de sus soluciones se pueden encontrar en el sitio web del International Earth Rotation Service (IERS) en www.iers.org,

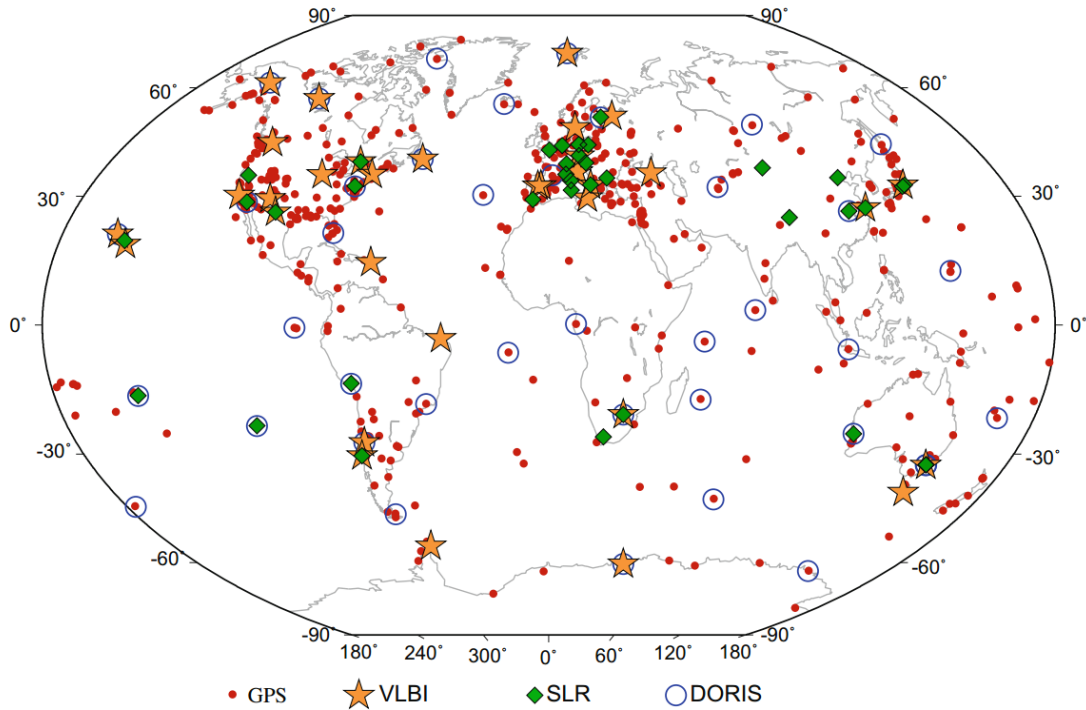


Figura 3 – Red de estaciones del ITRF2008.
Fuente. – Altamimi et al, 2011

Las determinaciones del ITRF están afectadas por los siguientes factores (McCarthy y Petit, 2004);

- Relaciones entre el ICRS¹⁴ 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.

2.1.4.1. SOLUCIONES DE ITRFS

¹⁴ The International Celestial Reference System, es un sistema de referencia cuyos ejes de coordenadas tienen su origen en el baricentro (centro de masas) del Sistema Solar, y cuya orientación está definida por las direcciones a un gran número de objetos muy lejanos. El ICRS fue adoptado por la International Astronomical Union (IAU) como sistema de referencia astronómico fundamental.

La historia del ITRF comienza en 1984 con una solución llamada BTS84 realizada por el Bureau International de l'Heure - BIH¹⁵ 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, 90, 91, 92, 94, 96, 97, combinada 96+97, 2000 y 2005. Las soluciones de ITRFs que se encuentran vinculadas al presente proyecto se detallan a continuación (ITRF, 2009):

- ITRF94
 - 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 TT¹⁶ que utilizan los centros de análisis.
 - La evolución del tiempo es consistente con el modelo geofísico NNRNUVEL-1A¹⁷
 - La orientación es consistente con el ITRF92.
- ITRF2000
 - La escala se la obtuvo por igualación a cero de la escala, por la 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 del 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-1A.
- ITRF2005

¹⁵ La Oficina Internacional de Tiempo, ubicada en el Observatorio de París, fue la Oficina Internacional responsable de la combinación de diferentes mediciones de la hora universal. También desempeñó un papel importante en la investigación del mantenimiento del tiempo. En 1987 se hizo cargo del International Bureau of Weights and Measures – BIPM y del International Earth Rotation and Reference Systems Service - IERS

¹⁶ Terrestrial Time, es un tiempo moderno estándar astronómico definido por la Unión Astronómica Internacional, principalmente para las mediciones de tiempo de las observaciones astronómicas realizadas desde la superficie de la Tierra.

¹⁷ Es un modelo internacional estándar del Marco de Referencia Terrestre Internacional (ITRF) que describe las velocidades de los puntos en la superficie terrestre debido al movimiento de las placas tectónicas.

El origen del ITRF2005 se define de tal de 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 de manera que el factor de escala es igual a uno 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.

- IGS05

Internacional GNSS¹⁸ 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 educación.

Las precisiones de los productos del IGS son suficientes para la mejora y ampliación del Marco de Referencia Terrestre 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 GLONASS¹⁹. En general, se puede pensar que el IGS tiene la más alta precisión de la comunidad Internacional civil del GPS (IGS, 2009).

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 antena absolutas, quiere decir que esta solución procesa con un modelo absoluto y no relativo, como ha sucedido en versiones de ITRFs previas, incluido ITRF05, (Zurutuza, 2009). Para permanecer compatible con los marcos de referencia terrestres calculados por

¹⁸ Global Navigation Satellite System, es una constelación de satélites que transmite rangos de señales utilizados para el posicionamiento y localización del receptor de un usuario en cualquier parte del globo terrestre. Las Instituciones que están operando con GNSS son GPS y GLONASS. Otro GNSS planeado para el futuro es Galileo de Europa.

¹⁹ Russia's Global Navigation Satellite System, proporciona determinaciones tridimensionales de posición y velocidad.

el IERS, esta realización propuesta también fue realineada al ITRF2005 usando transformación de 7 parámetros (3 rotaciones, 3 traslaciones y 1 factor de escala); las variaciones de los parámetros no fueron afectadas por el cambio de centro de fase.

Transformation parameters

The relationships linking the realizations of the ITRS is of utmost importance. They are based on transformation parameters (called Helmert parameters). They can be used to compare data or results expressed in two different ITRS realizations.

- ▶ Transformation Parameters between ITRF2014 and previous solutions
- ▶ Transformation Parameters between ITRF2008 and previous solutions
- ▶ Transformation Parameters between ITRF2005 and ITRF2000
- ▶ Transformation Parameters between ITRF2000 and previous solutions
- ▶ ITRS and WGS84

Transformation parameters from ITRF2014 to past ITRFs.

SOLUTION	Tx	Ty	Tz	D	Rx	Ry	Rz	EPOCH
UNITS----->	mm	mm	mm	ppb	.001"	.001"	.001"	
RATES	Tx	Ty	Tz	D	Rx	Ry	Rz	
UNITS----->	mm/y	mm/y	mm/y	ppb/y	.001"/y	.001"/y	.001"/y	
ITRF2008	1.6	1.9	2.4	-0.02	0.00	0.00	0.00	2010.0
rates	0.0	0.0	-0.1	0.03	0.00	0.00	0.00	
ITRF2005	2.6	1.0	-2.3	0.92	0.00	0.00	0.00	2010.0
rates	0.3	0.0	-0.1	0.03	0.00	0.00	0.00	
ITRF2000	0.7	1.2	-26.1	2.12	0.00	0.00	0.00	2010.0
rates	0.1	0.1	-1.9	0.11	0.00	0.00	0.00	
ITRF97	7.4	-0.5	-62.8	3.80	0.00	0.00	0.00	2010.0
rates	0.1	-0.5	-3.3	0.12	0.00	0.00	0.02	
ITRF96	7.4	-0.5	-62.8	3.80	0.00	0.00	0.00	2010.0
rates	0.1	-0.5	-3.3	0.12	0.00	0.00	0.02	
ITRF94	7.4	-0.5	-62.0	3.00	0.00	0.00	0.00	2010.0
rates	0.1	-0.5	-3.3	0.12	0.00	0.00	0.02	
ITRF93	-50.4	3.3	-60.2	4.29	-2.81	-3.38	0.40	2010.0
rates	-2.8	-0.1	-2.5	0.12	-0.11	-0.19	0.07	
ITRF92	15.4	1.5	-70.8	3.09	0.00	0.00	0.00	2010.0
rates	0.1	-0.5	-3.3	0.12	0.00	0.00	0.02	
ITRF91	27.4	15.5	-76.0	4.49	0.00	0.00	0.00	2010.0
rates	0.1	-0.5	-3.3	0.12	0.00	0.00	0.02	
ITRF90	25.4	11.5	-92.8	4.79	0.00	0.00	0.00	2010.0
rates	0.1	-0.5	-3.3	0.12	0.00	0.00	0.02	
ITRF89	30.4	35.5	-130.8	8.19	0.00	0.00	0.00	2010.0
rates	0.1	-0.5	-3.3	0.12	0.00	0.00	0.02	
ITRF88	25.4	-0.5	-154.8	11.29	0.10	0.00	0.00	2010.0
rates	0.1	-0.5	-3.3	0.12	0.00	0.00	0.02	

Note : These parameters are derived from those already published in the IERS Technical Notes and Annual Reports. The transformation parameters should be used with the standard model (1) given below and are valid at the indicated epoch.

ITRF Website - Mar 2020 - IGN ©

Figura 4 – Parámetros de transformación entre ITRFs

Fuente. - http://itrf.ensg.ign.fr/trans_para.php

2.2. TRANSFORMACIÓN ENTRE ÉPOCAS Y SISTEMAS

2.2.1. TRANSFORMACIÓN ENTRE ÉPOCAS DE REFERENCIA

Importante mencionar que antes de aplicar las ecuaciones referidas a las épocas de referencia, debe cerciorarse que las coordenadas estén referidas a un mismo marco de referencia ITRF, caso contrario, debe realizarse previamente una transformación a un mismo marco de referencia ITRF.

El traslado de las coordenadas de referencia que SIRGAS establece, es 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 2010.2 y deben trasladarse a la época "to" asociada a SIRGAS95 (1995.4). Dicho traslado o cambio de época se hace mediante las ecuaciones:

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

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

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

Siendo las $X(t_o)$, $Y(t_o)$, $Z(t_o)$ 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 las estaciones de referencia.

Las velocidades que serán utilizadas para la transformación deben tomarse de las soluciones multi anuales de la red SIRGAS-CON. Si la estación de referencia no está incluida en dichas soluciones, V_x , V_y , V_z pueden tomarse del modelo VEMOS09, (Drewes y Heidbach 2009).

En el desarrollo de este proyecto es inevitable realizarse el siguiente cuestionamiento: ¿Debe realizarse una actualización de coordenadas a la época actual (año 2020)?

La respuesta es negativa, el Instituto Geográfico Militar de Bolivia, actualmente de manera oficial administra los datos GNSS relacionados a la red geodésica nacional MARGEN-ROC, actualmente referida a la época 2010,2, y anteriormente referida a época 1995,4; por lo que; cualquier insumo cartográfico, elaborado por cualquier institución pública o privada, debe estar referida a la época 2010,2 y no otra, hasta que no se efectúe un cambio oficial.

Redes geodésicas de tipo B y C no toman en cuenta el cálculo de velocidades; son estáticas; en el caso de Bolivia, al existir un cambio del dato de época en los cálculos de la red MARGEN-ROC, es necesario contar con un modelo de velocidades local que permita transformar coordenadas referidas de la época 1995,4 a la época 2010,2 o viceversa.

2.2.2. MODELO DE HELMERT

En capítulos anteriores se vio la necesidad de realizar una transformación de coordenadas ITRF, para este cometido debemos valernos de un 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 escala. (Leiva, 2003).

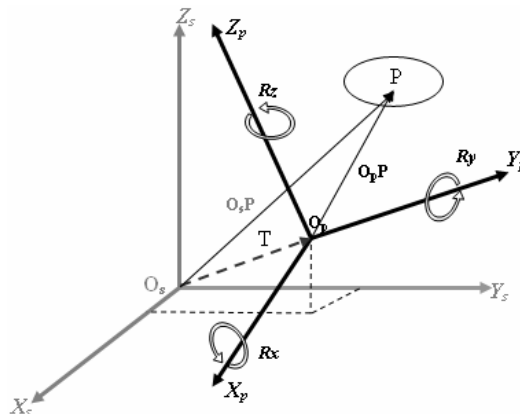


Figura 5 – Relación entre Sistemas de Referencia origen y destino
Fuente. - http://itrf.ensg.ign.fr/trans_para.php

La figura 5 expresa matricialmente el modelo matemático de Helmert, que se utiliza para transformaciones de un Sistema de Referencia Clásico como, por ejemplo: PSAD56 a un Sistema Geocéntrico como SIRGAS95. Se puede realizar la transformación contraria o viceversa de los sistemas, invirtiendo los signos de la ecuación, ya que la transformación de semejanza en espacio tridimensional es en doble sentido.

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

Donde:

$[X, Y, Z]_{yy}^t$ es el vector de coordenadas calculadas al ITRF deseado;

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

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

R_x, R_y, R_z son los parámetros de Rotación;

$[X, Y, Z]_{xx}^t$ es el vector de coordenadas basadas en el ITRF inicial.

2.2.3. SIETE PARÁMETROS DE TRANSFORMACIÓN ENTRE ITRFS

El IERS determinó la relación entre los ITRFs existentes, mediante 3 traslaciones, 3 rotaciones y 1 factor de escala:

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{ITRF94} = \begin{bmatrix} T_x \\ T_y \\ T_z \end{bmatrix} + (1 + \delta) \cdot \begin{bmatrix} 1 & -R_z & R_y \\ R_z & 1 & -R_x \\ -R_y & R_x & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{ITRF00}$$

Donde:

$[X, Y, Z]_{ITRF94}^t$ es el vector de coordenadas calculadas en el ITRF94;

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

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

R_x, R_y, R_z son los parámetros de Rotación;

$[X, Y, Z]_{ITRF00}^t$ es el vector de coordenadas de entrada en ITRF00.

De igual manera, los parámetros de transformación entre ITRFs que se encuentran disponibles en la

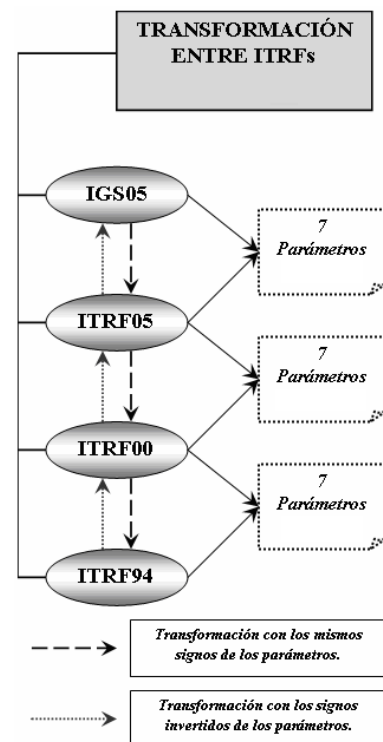


Figura 6 – Transformación entre ITRFs
Fuente. – Santa Cruz, Andrea -
Transformación entre el Sistema PSAD56
y los Marcos de Referencia ITRF
utilizando los modelos de Helmert y de
velocidades de placas tectónicas VEMOS

página web²⁰ del ITRF, se pueden sustituir en la ecuación de matrices para realizar transformaciones entre ITRFs de distintos años (campañas), tomando en cuenta como se calcularon dichos parámetros. Un ejemplo de esto, como no existen parámetros directos entre el ITRF94 y el IGS05, es necesario realizar transformaciones de IGS05 a ITRF94 pasando por los Marcos que se encuentran entre ellos, como se muestra en la figura 6.

2.3. EL SISTEMA GEOCENTRICO PARA LAS AMÉRICAS (SIRGAS)

El presente documento recopila y aplica recomendaciones que realiza el proyecto SIRGAS, que inició formalmente en 1993 bajo el nombre de Sistema Geocéntrico para América del Sur, con el objetivo de materializar el ITRS en Sudamérica (Brunini, 2007) y (Brunini y Sánchez, 2012).

En el año 2001, el nombre cambia oficialmente Sistema Geocéntrico para las Américas, debido fundamentalmente al incremento en el número de estaciones continuas ubicadas en el resto de los países del continente.

Este hecho llevó a que la Comisión Cartográfica de las Naciones Unidas tomara el acuerdo de recomendar a los países de América, la adopción de SIRGAS como marco de referencia (Sirgas, 2012). SIRGAS es miembro de la Subcomisión 1.3 (Marcos de Referencia Regionales) de la Comisión 1 de la Asociación Internacional de Geodesia (IAG) y es un Grupo de Trabajo de la Comisión de Cartografía del Instituto Panamericano de Geografía e Historia (IPGH). Las actividades científicas y técnicas son coordinadas por los Grupos de Trabajo en colaboración con el Consejo Científico y los representantes de la IAG y el IPGH (Sirgas, 2012).

La definición de SIRGAS es idéntica al ITRS y su realización es una densificación del ITRF, ocupándose además de la parte vertical. La realización de SIRGAS es la densificación regional del marco global de referencia terrestre ITRF en América Latina y El Caribe. Las coordenadas SIRGAS están asociadas 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 o mediante un modelo continuo de velocidades que cubre todo el continente. Las realizaciones o densificaciones de SIRGAS asociadas a diferentes épocas y referidas a

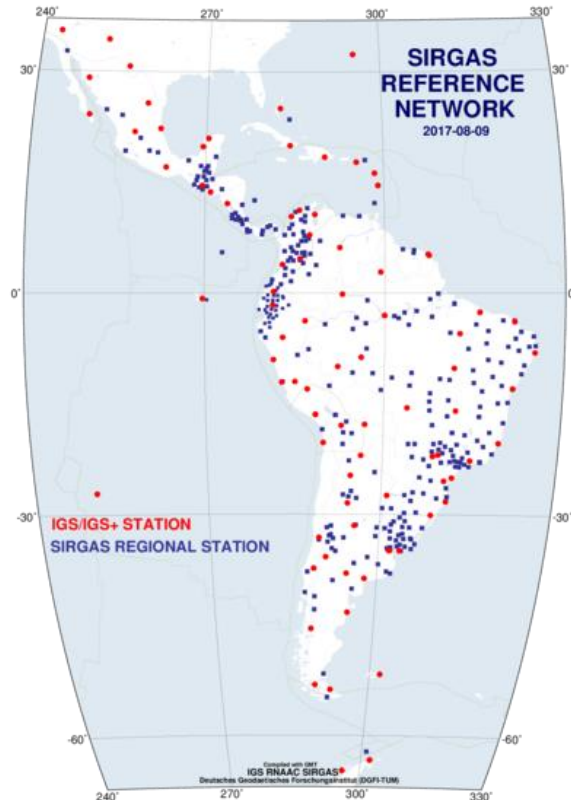


Figura 7 – Estaciones SIRGAS-CON
Fuente. - <http://www.sirgas.org/en/sirgas-con-network/>

²⁰ Página web donde se encuentran los parámetros de transformación entre ITRFs: http://itrf.ensg.ign.fr/trans_para.php

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. La extensión del marco de referencia SIRGAS está dada a través de densificaciones nacionales, las cuales a su vez sirven de marcos de referencia local (Sirgas, 2012) y (Brunini et al, 2012).

Las estaciones GNSS de operación continua que están integradas de manera oficial a SIRGAS sobrepasan las 250 en todo el continente americano, de las cuales unas 48 son estaciones IGS. Esta red es denominada como SIRGAS-CON y es semanalmente calculada y sus coordenadas a la época de observación, están en el mismo sistema que las órbitas satelitales finales GNSS. Las soluciones multianuales están referidas al ITRF vigente a una época específica. En la figura 7 se muestra la distribución de la estación de la red SIRGAS-CON a agosto de 2012 (Sirgas, 2012)

2.3.1. CINEMATICA DEL MARCO SIRGAS

La cinemática de los marcos de referencia se determina a través de soluciones multianuales acumuladas, las cuales proveen las posiciones de las estaciones referidas a una época específica y el cambio de esas posiciones a través del tiempo; Sánchez (2010).

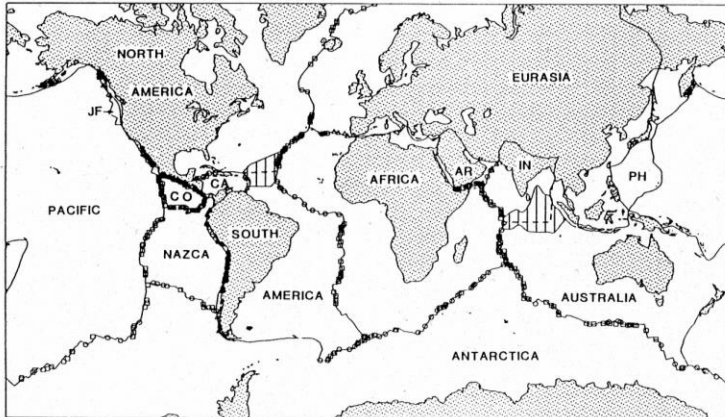
Las velocidades estimadas son constantes y válidas para el período que cubre la solución multianual. Los marcos de referencia se realizan actualmente por las coordenadas X, Y, Z para una época fija y sus variaciones lineales en el tiempo $dX/dt, dY/dt, dZ/dt$, y las coordenadas de una época t_i se extrapolan por medio de $X(t_i) = X(t_0) + dX/dt(t_i - t_0)$.

De acuerdo con Drewes (2011) entre las razones por las que las series temporales presentan variaciones están los cambios estacionales por efectos climáticos como deformaciones por carga atmosférica e hidrológica, cambio de temperatura o por insolación, variaciones de períodos largos por efectos hidrológicos como sequedad y variación del agua subterránea, variaciones a largo plazo por efectos hidrológicos como carga, extracción de agua o petróleo y discontinuidades por efectos sísmicos, que generan un salto de las coordenadas en la serie y un cambio de la velocidad.

Se establece al menos un período de observación continua de dos años en una estación para poder hacer una estimación confiable de su velocidad. Durante este intervalo, los posibles y diferentes fenómenos naturales que puedan incidir en la posición de la estación, bajo la premisa de que sean cíclicos, se podrán tomar en cuenta. Es evidente que, al asumir un modelo lineal para la descripción del comportamiento cinemático de las estaciones, la actualización de coordenadas no tomará en cuenta los posibles efectos que se puedan presentar en dos instantes de tiempo diferentes.

Lo anterior, refleja que, si la estación presenta un comportamiento “constante” en su posición, el modelo lineal para su velocidad será válido o por lo menos permitirá una interpolación adecuada. Por el contrario, si la estación presenta un comportamiento “irregular” ya sea por la influencia de fenómenos cíclicos o por eventos puntuales como terremotos, un modelo lineal para su velocidad no permitirá una descripción real de su comportamiento, es decir, una velocidad constante ya no es suficiente.

El IGS anuncia la introducción de una versión actualizada del Marco de Referencia IGS08, la cual se denomina IGB08. Esta actualización se debe a que muchas de las estaciones contenidas en el IGS08 han sufrido discontinuidades posteriores a la época 2009.5, lo que las hace inutilizables como puntos fiduciales en el ajuste de marcos de referencia. Las regiones más afectadas son América del Sur, África y el Este de Asia a partir de la semana GPS 1709 (Sirgas, 2012).



(277 extensiones, 121 azimutes de fallas, 724 azimutes de movimientos = 1122 en total)

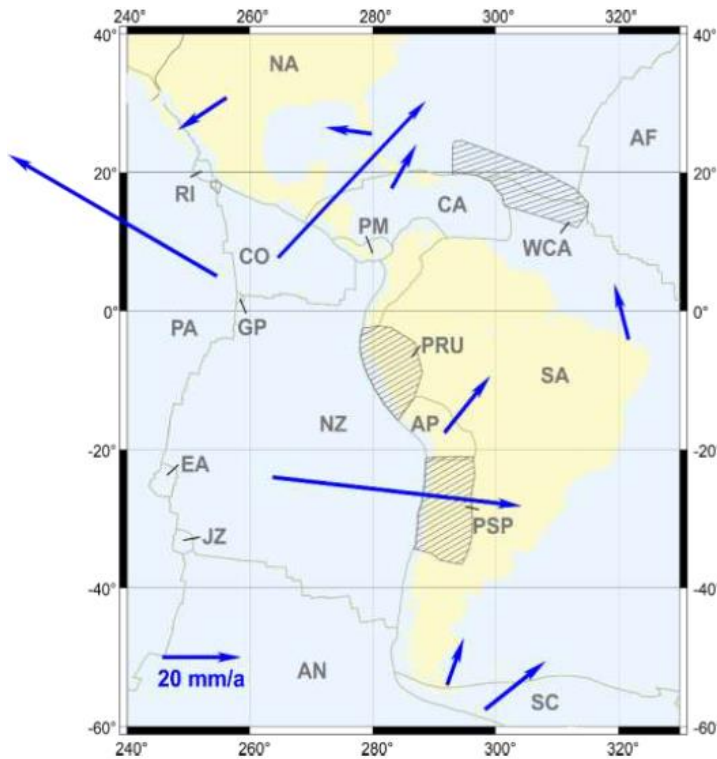


Figura 8 – Arriba: Modelo tectónico de placas NUVEL 1A – Abajo: Modelo PB2002 Microplacas Sudamérica Fuente. - Simposio SIRGAS 2014, La Paz, Bolivia

2.4. MODELO DE VELOCIDADES PARA SUR AMÉRICA Y EL CARIBE (VEMOS²¹)

Uno de los factores que se considera como elemento para el establecimiento del modelo local de velocidades para la ciudad de La Paz, es el modelo de velocidades Vemos.

Este modelo cinemático y de deformación de placas, así como un modelaje de las velocidades de las estaciones del ITRF. Para ser consistentes con la condición NNR (No Net Rotation), la superficie terrestre la divide en zonas de placas rígidas y en zonas denominadas como de deformación entre placas. Tanto los movimientos como las deformaciones pueden ser modelados por velocidades obtenidas de estaciones GNSS.

Los movimientos de placas se representan por medio un vector de rotación por placa, mientras que las zonas de

²¹ <http://www.sirgas.org/es/sirgas-con-network/velocity-model/>

deformación se pueden describir por medio de la colocación por mínimos cuadrados.

En este documento se realizarán pruebas con modelos geotectónicos, verificando si cumplen con las precisiones requeridas, para incluirlos como componentes del modelo local de velocidades. El uso de modelos como el NUVEL-1A, presenta dos desventajas para los propósitos geodésicos: solamente incluye placas rígidas, no toma en cuenta las zonas de deformación y las velocidades son consideradas en escalas de millones de años (Drewes, 2009) y el modelo PB2002, presenta zonas de deformación de un gran número de microplacas, pero no se han podido confirmar por mediciones geodésicas (Drewes y Heidbach, 2011).

Usando la gran cantidad de datos pertenecientes a las diferentes campañas de medición SIRGAS, Drewes y Heidbach en (2005), presentaron los resultados al calcular un modelo de velocidades para el continente suramericano por medio de las técnicas de colocación por mínimos cuadrados y elementos finitos, denominado como VEMOS.

El procesamiento preciso de datos GNSS requiere que las coordenadas de las estaciones de referencia estén dadas en la misma época en que se adelanta la medición y que estén asociadas al mismo marco de referencia de las órbitas satelitales. Las coordenadas semanales de las estaciones SIRGAS de operación continua (SIRGAS-CON) satisfacen estas dos condiciones y en consecuencia, se recomienda utilizar estas estaciones y sus coordenadas semanales como estaciones de referencia en los levantamientos GNSS en la región SIRGAS. Si la estación base en un levantamiento dado no es de operación continua (es decir que sus coordenadas semanales no están disponibles), es necesario trasladar las coordenadas de referencia a la época de observación utilizando las llamadas velocidades. Se espera que dichas velocidades se obtengan de levantamientos GNSS continuos o repetitivos que cubran un periodo mínimo de dos años. Si esto no es posible, las velocidades pueden extraerse de un modelo de velocidades o de deformación. Consecuentemente, con base en las soluciones del marco de referencia SIRGAS, el modelo de velocidades VEMOS es actualizado regularmente. Debe tenerse presente que las diferentes versiones de VEMOS representan solo el desplazamiento medio anual horizontal a lo largo de la época que cada uno de ellos cubre. Efectos (o saltos) cósmicos deben ser considerados con cálculos adicionales. Las versiones de VEMOS publicadas hasta ahora son:

- a) Vemos 2003
- b) Vemos 2009
- c) Vemos 2015
- d) Vemos 2017

2.4.1. VEMOS 2003²²

Como se mencionó anteriormente, este modelo de velocidades del SIRGAS es empleado como insumo para realizar pruebas para verificar si su grado de precisión es aceptable en la aplicación de la transformación de coordenadas de la red 2005 a red 2013 de la ciudad de La Paz, VEMOS 2003 fue el primer modelo publicado en 2003 por el SIRGAS. Este se basa en las diferencias de las coordenadas entre los marcos de referencia SIRGAS95 y SIRGAS2000, las velocidades de 48 estaciones contenidas en la solución multianual DGF01P01 y 231 velocidades adicionales inferidas de levantamientos GPS repetitivos para proyectos geodinámicos. Los diferentes conjuntos de datos fueron transformados a un datum cinemático común mediante la substracción del movimiento de la placa Suramérica de las velocidades iniciales. El movimiento de la placa fue a su vez estimado de las velocidades proporcionadas por la solución DGF01P01 para las estaciones SIRGAS ubicadas en la parte estable al este de la región suramericana. Los movimientos residuales fueron posteriormente modelados mediante el método de elementos finitos (FEM) y una colocación por mínimos cuadrados (LSC) para generar el campo continuo de velocidades. La comparación de ambos resultados sugiere una consistencia en torno a 1mm/a. VEMOS2003 cubre América del Sur entre las latitudes 45° S y 12° N.

2.4.2. VEMOS 2009²³

Es la segunda versión de VEMOS fue publicada en 2009, de igual manera es empleado como insumo para realizar pruebas para verificar si su grado de precisión es aceptable en la aplicación de la transformación de coordenadas de la red 2005 a red 2013 de la ciudad de La Paz, VEMOS 2009 se basa en 496 velocidades, de las cuales 96 corresponden a la solución multianual SIR09P01, mientras que las otras se obtuvieron de levantamientos GPS iterativos. VEMOS2009 cubre el área comprendida entre las latitudes 56° S y 20° N y es válido para el periodo entre enero 2 de 2000 y junio 30 de 2009. El campo continuo de velocidades fue calculado paralelamente mediante el método de elementos finitos (FEM) y una colocación por mínimos cuadrados (LSC) basada en funciones de covarianza definidas empíricamente. Las principales ventajas de VEMOS2009 con respecto a VEMOS2003 son un mayor número de velocidades iniciales, mayor precisión de esas velocidades (por el incremento de estaciones GPS de operación continua) y la extensión del campo de velocidades al Caribe y a la región sur de Chile y Argentina. La incertidumbre media de VEMOS2009 es aproximadamente 1.5 mm/a.

2.4.3. VEMOS 2015²⁴

No será empleado en este proyecto ya que su periodo de validación no corresponde con los periodos de materialización de los marcos de referencia las redes geodésicas dela

²² Drewes H., Heidbach O. (2005). Deformation of the South American crust estimated from finite element and collocation methods.

²³ Drewes H., Heidbach O. (2012). The 2009 Horizontal Velocity Field for South America and the Caribbean

²⁴ Sánchez L., Drewes H. (2016): VEMOS2015: Velocity and deformation model for Latin America and the Caribbean

ciudad de La Paz, VEMOS 2015 fue calculado a partir de mediciones GNSS (GPS+GLONASS) registradas después de los fuertes terremotos ocurridos en Chile y México en 2010. Este modelo se apoya exclusivamente en la solución multianual SIR15P01, la cual incluye 456 estaciones GNSS de operación continua y cubre el intervalo de tiempo entre marzo 14 de 2010 y abril 11 de 2015. VEMOS2015 se extiende desde 55°S, 110°W hasta 32°N, 35°W con una resolución espacial de 1° x 1°. La incertidumbre media de la predicción es ± 0.6 mm/a en la dirección norte-sur y ± 1.2 mm/a en la dirección este-oeste.

VEMOS2015 es válido solamente para el periodo de marzo 2010 a abril de 2015. En las áreas de Chile y el oeste de Argentina, puede ser más apropiado el uso del modelo VEMOS2009 para el traslado de coordenadas en épocas anteriores al terremoto de 2010.

2.4.4. VEMOS 2017²⁵

No será empleado en este proyecto ya que su periodo de validación no corresponde con los periodos de materialización de los marcos de referencia las redes geodésicas de la ciudad de La Paz, VEMOS 2017 ha sido calculado de las velocidades determinadas en 515 estaciones geodésicas para el periodo comprendido entre enero 1 de 2014 y enero 28 de 2017 y utilizando el método de colocación por mínimos cuadrados basado en funciones de covarianza definidas empíricamente. VEMOS2017 describe la deformación actual de la superficie terrestre en América Latina y el Caribe y es la continuación del modelo VEMOS2015, el cual es válido del 14 de marzo de 2010 al 11 de abril del 2015. VEMOS2017 cubre la región comprendida entre 120°W, 55°S y 35°W, 32°N con una resolución espacial de 1° x 1°. La incertidumbre promedio de VEMOS2017 se estima en ± 1.0 mm/a en la dirección norte-sur y ± 1.7 mm/a en la dirección este-oeste.

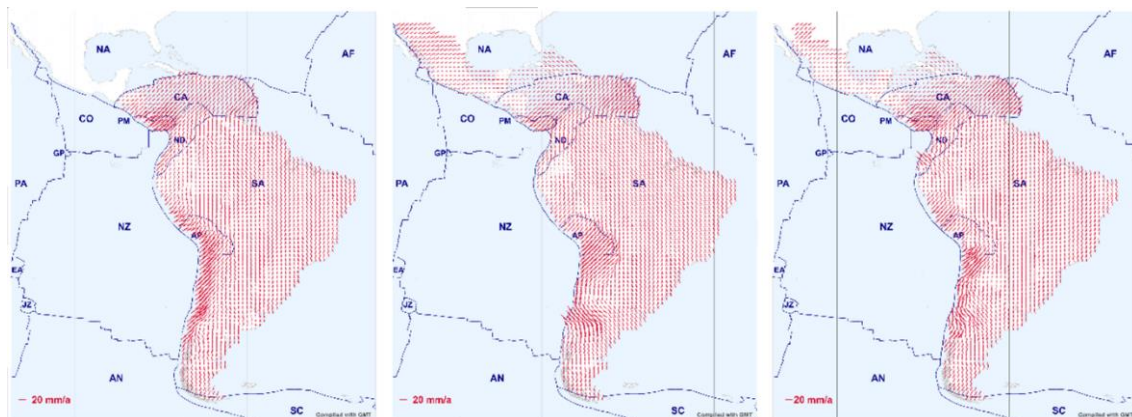


Figura 9 – Izquierda: VEMOS2009; Centro: VEMOS2015; Derecha: VEMOS2017
 Fuente. - VEMOS2009 (Drewes H., Heidbach O., 2012); VEMOS2015 (Sánchez L., Drewes H., 2016);
 VEMOS2017 (Drewes H., Sánchez L., 2017)

²⁵ Drewes H. and Sánchez L. (2020): Velocity model for SIRGAS 2017: VEMOS2017

2.4.5. OBTENCION DE VALORES CINEMATICOS MEDIANTE VEMOS

La Red Geodésica Satelital La Paz 2013 se encuentran referenciadas a la Red MARGEN-ROC época 2010.2, ITRF 2005 realización IGS 2005.

Las coordenadas sobre la superficie de la Tierra varían en función del tiempo como consecuencia de los desplazamientos de las placas tectónicas²⁶, de las deformaciones de la corteza terrestre y de los movimientos abruptos causados por terremotos.

Según lo indica el informe técnico de la RGSLP 2013 en la parte de conclusiones “...En función de los valores de velocidades calculados para las estaciones MARGEN – ROCs pueden actualizar anualmente las coordenadas de la Red Geodésica de La Paz...”

...Por lo tanto se recomienda emplear el modelo VEMOS (Velocity Model for SIRGAS), el cual ha sido calculado a partir de las coordenadas obtenidas en las diferentes campañas GPS de SIRGAS, de las velocidades estimadas en las soluciones multianuales de la red SIRGAS-CON y de diferentes proyectos geodinámicos desarrollados en la región (Drewes and Heidbach, 2010) ...²⁷”

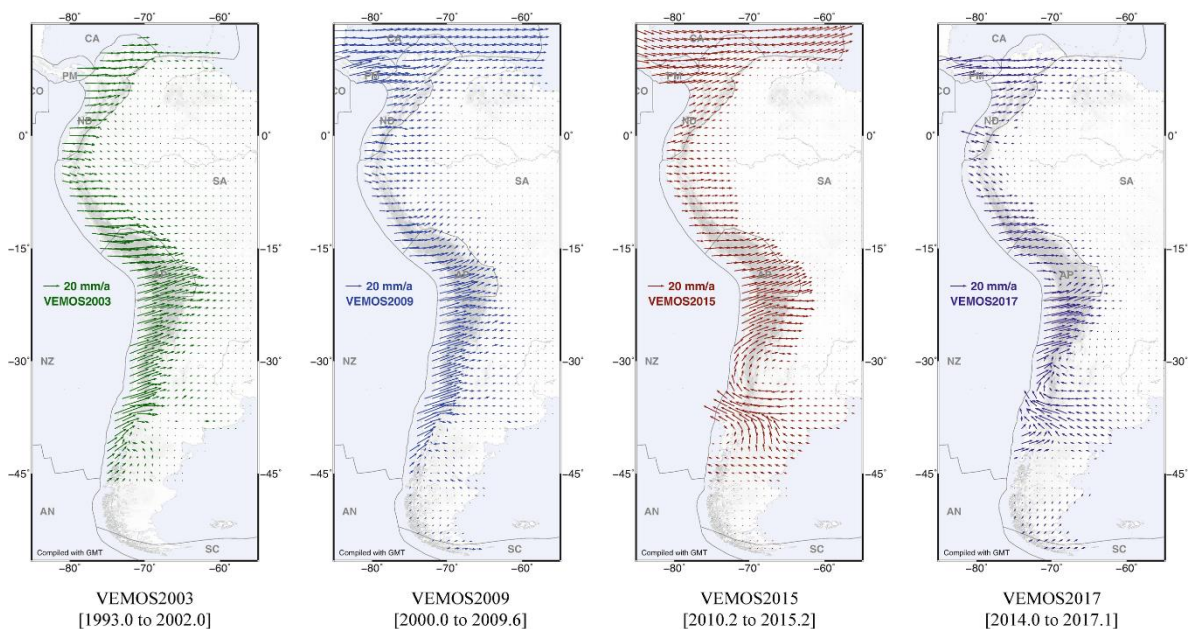


Figura 10 – Distintas versiones de VEMOS

Fuente. - Drewes H., Heidbach O., 2012; Sánchez L., Drewes H., 2016; Drewes H., Sánchez L., 2017

Haciendo uso de velocidades en el procesamiento de datos GNSS²⁸:

$$X(t) = X(t_0) + (t - t_0) * V_x$$

²⁶ <http://www.sirgas.org/es/sirgas-con-network/velocity-model/>

²⁷ Informe técnico proyecto: “Fortalecimiento y actualización de la base catastral, cartográfica y geodésica del municipio – contratación de consultoría para la elaboración de la red geodésica y cartográfica” – IGM / GAML P

²⁸ Uso de velocidades en el procesamiento de datos GNSS – Pagina Web Oficial SIRGAS <http://www.sirgas.org/en/sirgas-con-network/velocity-model/using-velocities-gnss/>

$$Y(t) = Y(t_0) + (t - t_0) * V_y$$

$$Z(t) = Z(t_0) + (t - t_0) * V_z$$

Siendo X(t), Y(t), Z(t) las coordenadas en la época deseada, X(t₀), Y(t₀), Z(t₀) las coordenadas en la época de referencia, (t - t₀) 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 las estaciones de referencia.

Para el empleo del modelo Vemos se realizó mediante el archivo ejecutable VMS.exe el cual consta de 4 archivos que sirven para su correcta ejecución.

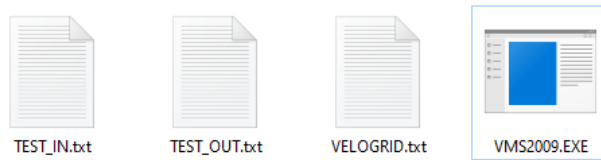


Figura 11 – Archivos componentes de VEMOS
Fuente. - Elaboración propia

- Archivo TEST_IN.txt contiene los datos de los puntos en consulta, el formato es Station Latitude Longitude.
- Archivo TEST_OUT.txt es el archivo con los valores de velocidades en cada eje, su formato es: Station Latitude Longitude v(Lat) v(Long) v(X) v(Y) v(Z).
- Archivo VELOGRID.txt contiene datos del modelo matemático. Ultimadamente su formato cambio de *.txt a *.grd en las versiones 2015 y 2017.
- Archivo VMS.exe, es el ejecutable del modelo matemáticos que se encarga del inicio de cálculo, es ejecutable en sistema Windows de 32 bits.

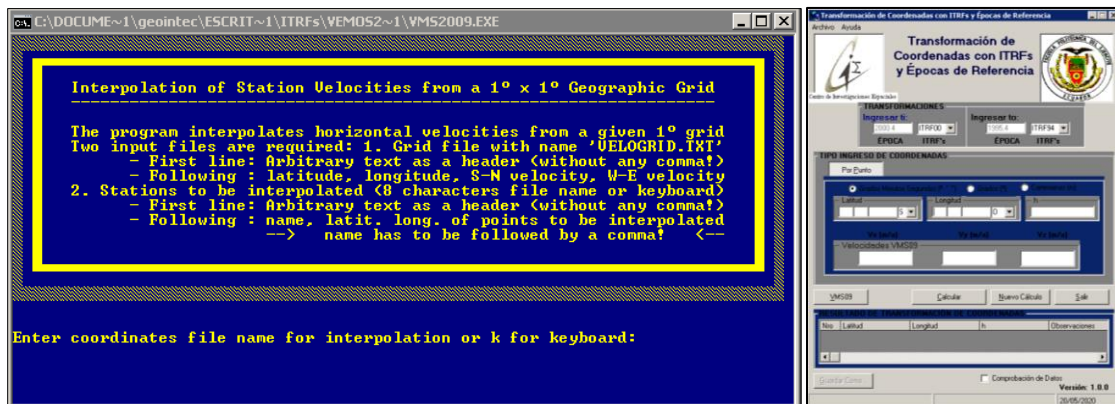


Figura 12 – Imagen de programa VMS.exe
Fuente. – Elaboración propia (Captura Pantalla)

Adicionalmente se empleó el software “The Geographic Calculator” v6.2 para realizar las conversiones en los distintos sistemas de coordenadas tanto globales como locales.

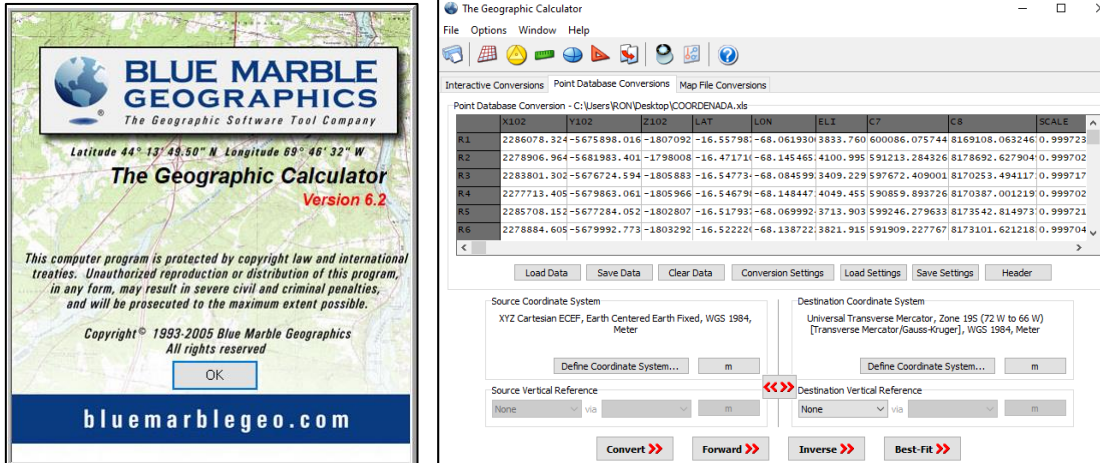


Figura 13 – Imagen de programa “The Geographic Calculator” v6.2
Fuente. – Elaboración propia (Captura Pantalla)

2.5. MOVIMIENTO DE LAS PLACAS TECTONICAS

El principal fenómeno geofísico sobre la superficie terrestre, el cual motiva la realización de este proyecto se ve relacionado con el movimiento de placas tectónicas, mismas que ocasionan que las coordenadas calculadas de un punto situado sobre la superficie terrestre vayan sufriendo cambios en función al tiempo en que se vaya realizando la segunda medición de coordenadas con respecto a la primera. Este movimiento de las placas tectónicas sobre la superficie terrestre, puede ser representado por el teorema de rotación de Euler. De acuerdo con este teorema, el movimiento de un cuerpo rígido a través de la superficie de una esfera, se puede describir como una rotación alrededor de un eje de rotación que pasa por el centro de la esfera. El polo de rotación es uno de los dos puntos donde este eje interseca la superficie de la esfera. La aplicación de este teorema permite describir el movimiento de una placa tectónica relativa a otras placas, como una rotación alrededor del polo de Euler.

Para considerar las variaciones temporales de las coordenadas de las estaciones SIRGAS se necesita un modelo de velocidades, que se refiera a un datum cinemático único. Las velocidades se generan, sobre todo, por los movimientos tectónicos de la superficie terrestre.

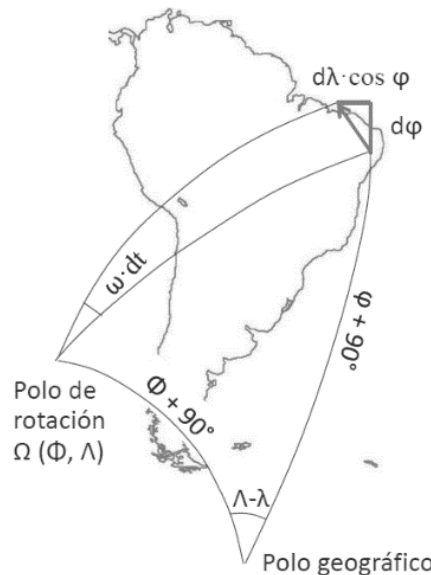


Figura 14 – Polo de Euler de placa Sudamericana
Fuente. - Simposio SIRGAS 2014, La Paz, Bolivia

En la región SIRGAS hay 5 placas mayores, 9 placas menores y 4 zonas de deformación entre placas.

Las velocidades de las placas mayores son idénticas con NNR NUVEL-1A. En las zonas de deformación no se incluyen valores de velocidad.

La desventaja de todos los modelos geofísicos es que sus velocidades corresponden al promedio de los últimos 3 millones de años y no representan, necesariamente, los movimientos actuales.

Mas adelante distintos modelos geotectónicos serán puestos a prueba para verificar si sus precisiones están dentro de los requerimientos en el establecimiento del modelo local de velocidades de La Paz.

2.5.1. MODELOS CINEMATICOS GEOTECTONICOS

Los modelos de movimiento de placas tectónicas recomendadas por la UNAVCO²⁹ con:

Modelo Geotectónico	Autores y año de publicación
GSRM v2.1 (2014)	Kreemer, Blewitt, and Klein [2014]
ITRF2014	Altamimi, Rebischung, Métivier, and Collilieux [2016]
ITRF2008	Altamimi, Métivier, and Collilieux [2012]
NNR ³⁰ -MORVEL56	Argus, Gordon, and DeMets [2011]
MORVEL (2010)	DeMets, Gordon, and Argus [2010]
GEODVEL (2010)	Argus, Gordon, Heflin, Ma, Eanes, Willis, Peltier, and Owen [2010]
APKIM2005	Drewes [2009]: ITRF2005 site solutions by DGFI or IGN
GSRM v1.2 (2004)	Kreemer, Holt, and Haines [2004]
CGPS (2004)	Prawirodirdjo and Bock [2004]
REVEL 2000	Sella, Dixon, and Mao [2002]
ITRF2000 (AS&B [2002])	Altamimi, Sillard, and Boucher [2002]
HS3-NUVEL 1A	Gripp and Gordon [2002]
APKIM2000	Drewes [1998], Drewes and Angermann [2001]
ITRF2000 (D&A [2001])	Drewes and Angermann [2001]
HS2-NUVEL 1A	Gripp and Gordon [1990], DeMets, Gordon, Argus, and Stein [1994]
NUVEL 1A	DeMets, Gordon, Argus, and Stein [1994]
NUVEL 1	Argus and Gordon [1991]

Tabla 1 – Modelo geotectónicos de movimiento de placas

Fuente. - <https://www.unavco.org/software/geodetic-utilities/plate-motion-calculator/plate-motion-calculator.html#references>

HS2-NUVEL1A y HS3-NUVEL1A: Técnicamente, estos modelos no se publican en un cuadro NNR, ya que representan los movimientos de la placa en relación con los cuadros fijos de "punto de acceso". Sin embargo, para que esta calculadora funcione más lógicamente, estos modelos también se proporcionan aquí en un marco NNR mediante el cual se han aplicado las siguientes rotaciones "marco de punto de acceso - marco NNR":

²⁹ El Consorcio Universitario NAVSTAR (UNAVCO) se formó bajo los auspicios del Instituto Cooperativo de Investigación en Ciencias Ambientales (CIRES) de la Universidad de Colorado, Boulder, EE.UU.

³⁰ "No Net Rotation" (también conocido como NNR) por definición, es el marco de referencia para un modelo dado de movimiento de placa que produce cero para la integral del producto cruzado del vector $v \times r$ sobre la superficie de la Tierra.

	Latitud del polo de Euler	Longitud del polo de Euler	Velocidad de rotación
HS2-NUVEL1A	-49,18 °	65.00 °	0.3194 ° / año
HS3-NUVEL1A	-55.916 °	70.00 °	0.43607 ° / año

Tabla 2 – Modelo geotectónicos NUVEL 1A

Fuente. - <https://www.unavco.org/software/geodetic-utilities/plate-motion-calculator/plate-motion-calculator.html#references>

Obteniéndose aproximadamente el mismo movimiento de sitio para el modelo NUVEL 1A en el marco NNR y el modelo HS2-NUVEL1A rotado en el marco NNR; la diferencia se debe principalmente a los errores de redondeo que utilizan los diversos parámetros del modelo tabulados en diferentes unidades, incluidos los parámetros para la rotación.

2.5.2. CALCULADORA DE MOVIMIENTO DE PLACAS

Existen 5 calculadoras de movimiento de placas, desarrolladas por Universidades, la que se empleara en este proyecto es UNAVCO, sus altos aportes investigativos en el campo de la geodesia lo consolidan y dan referente de América, dicha calculadora fue desarrollada por la Universidad de Colorado, Boulder en Estados Unidos, su personal de geociencia e ingeniería se despliega en asignaciones en los Estados Unidos y en todo el mundo y estacionalmente en el Ártico y la Antártida.

Sin embargo, es conveniente mencionar otras alternativas para conocimiento general del lector:

- a) La calculadora de la placa de movimiento (UNAVCO) calcula movimientos de las placas rígidas en uno o más lugares de la Tierra utilizando uno o más modelos de movimiento de las placas tal como se especifica GEODVEL (2010), MORVEL (2010), y así sucesivamente a los modelos anteriores, como NUVEL 1 y 1A. El usuario puede anular y seleccionar adicionalmente la placa tectónica de movimiento atribuido o el propio movimiento del vector Euler del usuario y / o seleccionar la referencia (por ejemplo, NNR o una placa tectónica específica o la propia referencia del vector Euler del usuario)
- b) Calculadora de velocidad de placa Lamont-Doherty para NUVEL-1 (otra variación para puntos cerca de crestas de expansión: Calculadora de tasa de separación de crestas, también usando NUVEL-1)
- c) Calculadora de movimiento de placas de la Universidad de Tokio para NUVEL-1, NUVEL-1A, NUVEL-1 NNR, NUVEL-1A NNR y HS3-NUVEL1
- d) Rice University Calculadora de movimiento de placas para HS3-NUVEL1A
- e) University of Wisconsin-Madison Plate Motion Calculator para MORVEL y NNR-MORVEL56 (25 placas grandes en MORVEL y MORVEL56), y NNR-MORVEL56 Plate Motion Calculator (las 56 placas en MORVEL56)

This "Plate Motion Calculator" calculates the relative and absolute plate motions, i.e. -2 million years averaging velocity. The calculator is a revised version by K. Okino using perl-CGI script.

Method of Calculation: Select plate motion model, plate (or plates) and input coordinates.

Plate	Abbreviation	Plate	Abbreviation
AM	Amur	AN	Antarctic
CO	Cocos	AR	Arabia
LW	Lwandle	AU	Australia
PA	Pacific	EU	Eurasia
SM	Somalia	IN	India
		NA	N. America
		NB	Nubia
		SA	S. America
		SC	Scotia
		SU	Sundaland
		SW	Sandwich
		YZ	Yangon

Step 1: Select stationary and moving plates.

software para el hogar | utilidades geodésicas | calculadora de movimiento de placas **UNAVCO**

Calculadora de movimiento de placa

Antes de usar, consulte: [Descripción general](#) [Modelos](#) [Uso](#) [Notas](#) [Referencias](#)

Ingrese las coordenadas de latitud y longitud (y opcionalmente otras selecciones) y presione el botón **Enviar** :

Latitud:	<input type="text"/>	grados norte minutos norte segundos Norte Por ejemplo, ingrese la latitud como -56.25 grados o -56 grados 15 minutos por 56 grados 15 minutos Sur
Longitud:	<input type="text"/>	grados este minutos este segundos Este Por ejemplo, ingrese la longitud como -102.5 grados o -102 grados 30 minutos por 102 grados 30 minutos Oeste
Altura:	<input type="text"/>	altura (metros) opcional WGS-84 altura de coordenadas geográficas (por defecto = 0 metros)
XYZ:	<input type="text"/>	o ingrese la posición en WGS-84 XYZ coordinates X (metros) Y (metros) Z (metros)

Figura 15 – Calculadoras de placas tectónicas

Fuente. - <https://www.unavco.org/software/geodetic-utilities/plate-motion-calculator/plate-motion-calculator.html#referencias>

2.6. REDES GEODESICAS

Como ya se a podido advertir nuestro principal insumo en la realización de este proyecto son los datos correspondientes a la Red Geodésica 2005 y la Red Geodésica 2013; de la ciudad de La Paz; en importante tener los conceptos claros referente a estos insumos; así que podemos definir una Red Geodésica como un conjunto de puntos materializados sobre el terreno, mediante monumentaciones adecuadas, entre los que se ha efectuado observaciones geodésicas con la finalidad de obtener sus coordenadas (y su variación) respecto a un determinado sistema de referencia, así como su precisión y fiabilidad en términos absolutos y relativos.

Una vez proyectada, construida, observada, calculada y compensada, una red geodésica constituye la materialización del sistema de referencia y como tal marco de referencia, sirve de apoyo a las labores topográficas y cartográficas.

Su finalidad es la aplicación en: Cartografía, Obra Civil o Ingeniería, Detección de deformaciones-Geodinámica, Industriales, Catastrales, Control geométrico.

Su precisión depende no sólo de la garantía de las observaciones, sino también de la configuración de la red y del Sistema Geodésico de Referencia elegido sobre el que se encuadra.

2.6.1. TIPOS DE REDES GEODESICAS

Existen varias formas de clasificación de una red geodésica, debido a la naturaleza del proyecto, nos circunscribiremos a la referida a la precisión y cinemática (velocidades); como valores estimados en la precisión de la jerarquía de las redes geodésicas se pueden clasificar en:

- Tipo AA (ITRF-SIRGAS) = 1 cm., tomando en cuenta el cálculo de velocidades, sabiendo que la tierra es dinámica de ahí la importancia del ITRF.
- Tipo A (MARGEN - ROC) = 3 cm., tomando en cuenta el cálculo de velocidades.
- TIPO B (MARGEN PASIVA) = 5 cm., no se toma en cuenta el cálculo de velocidades.
- TIPO C (RED GEODESICA MUNICIPAL DE LA PAZ) = 10 a 20 cm., no se toma en cuenta el cálculo de velocidades.

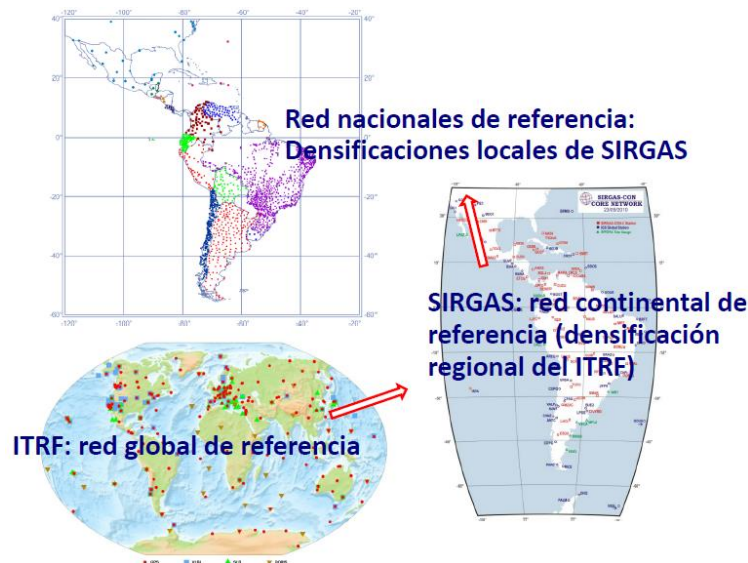


Figura 16 – Jerarquía de Marcos Geodésicos
Fuente. - <http://www.sirgas.org/>

2.6.2. DENSIFICACIONES NACIONALES DE SIRGAS

Inmediatamente después de la campaña SIRGAS95, los países de América del Sur se concentraron en la modernización de los datum geodésicos locales mediante la densificación nacional de la red SIRGAS y la determinación de los parámetros de transformación necesarios para migrar al nuevo sistema SIRGAS la información geográfica asociada a los datum antiguos. Inicialmente, estas densificaciones fueron realizadas a través de redes pasivas (conformadas por pilares); actualmente dichas densificaciones están dadas por estaciones GNSS de funcionamiento continuo.



Figura 17 – Jerarquía de Redes Geodésicas

Fuente. - Informe técnico "Fortalecimiento y actualización de la base catastral, cartográfica y geodésica del municipio – Contratación de consultoría para la elaboración de la red geodésica y cartográfica "

Las actividades referentes a las densificaciones nacionales y a la adopción oficial de SIRGAS por parte de los países miembros son coordinadas por el SIRGAS-GTII: SIRGAS en el ámbito nacional.

Bolivia adoptó un sistema y marco de referencia, no consensuado con todos los países de la región, hasta la campaña SIRGAS 95, razón por la cual tuvo que transformar su cartografía de PSAD 56 a WGS-84, y años después su cartografía se vio afectada por el cambio de marco de referencia (ITRF) y por ende su época de referencia de 1995,4 a 2010,2.

2.7. CARTOGRAFIA³¹

La cartografía (del griego *chartis* = mapa y *graphein* = escrito) es la ciencia que se encarga del estudio y de la elaboración de los mapas geográficos, territoriales y de diferentes dimensiones lineales y demás. (Wikipedia, 2015)

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

Pero además de representar los contornos de las cosas, las superficies y los ángulos, se ocupa también de representar la información que aparece sobre el mapa. Actualmente estas representaciones cartográficas se pueden realizar con programas de informática llamados SIG.

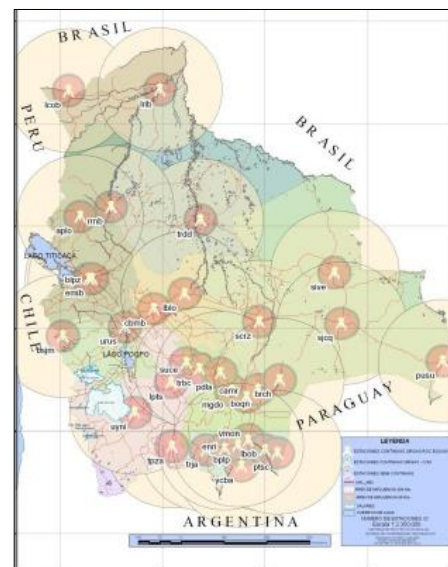


Figura 18 – Alcance de Estaciones Continuas del IGM (200 Km. Y 50 Km.)

Fuente. - Informe técnico "Fortalecimiento y actualización de la base catastral, cartográfica y geodésica del municipio – Contratación de consultoría para la elaboración de la red geodésica y cartográfica "

³¹ <https://es.wikipedia.org/wiki/Cartograf%C3%ADa>

Estas herramientas coadyuban en el análisis y estudio de información de planos y mapas temáticos, que son de utilidad en la administración territorial de un espacio geográfico específico; en la toma de decisiones; toda información generada a través de este proyecto será a través de un SIG para su interacción con productos cartográficos de la ciudad de La Paz.

2.7.1. SISTEMAS DE PROYECCIONES³²

La proyección cartográfica o proyección geográfica es un sistema de representación gráfica que establece una relación ordenada entre los puntos de la superficie curva de la Tierra y los de una superficie plana (mapa). Estos puntos se localizan auxiliándose en una red de meridianos y paralelos, en forma de malla. La única forma de evitar las distorsiones de esta proyección sería usando un mapa esférico.

En un sistema de coordenadas proyectadas, los puntos se identifican por las coordenadas cartesianas (x e y) en una malla cuyo origen depende de los casos. Este tipo de coordenadas se obtienen matemáticamente a partir de las coordenadas geográficas (longitud y latitud), que no son proyectadas.

2.7.2. PROPIEDADES DE LAS PROYECCIONES CARTOGRAFICAS

La representación de grafica de un objeto sobre un mapa, busca mantener todas las propiedades geométricas del mismo, según la propiedad que posea una proyección puede distinguirse entre:

- a) Proyecciones equidistantes, si conserva las distancias.
- b) Proyecciones equivalentes, si conservan las superficies.
- c) Proyecciones conformes, si conservan las formas (o, lo que es lo mismo, los ángulos).

No es posible tener todas las propiedades anteriores a la vez, por lo que es necesario optar por soluciones de compromiso que dependerán de la utilidad a la que sea destinado el mapa.

2.7.3. TIPOS DE PROYECCIONES CARTOGRAFICAS

En Bolivia las proyecciones empleadas son la cilíndrica a nivel local y la cónica a nivel nacional. Otra forma de proyección básica pero no empleada en Bolivia es la acimutal.

³² https://es.wikipedia.org/wiki/Proyecci%C3%B3n_cartogr%C3%A1fica

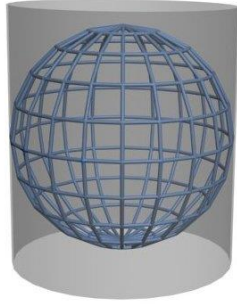


Figura 19 – Proyección Cilíndrica

Fuente. -

https://es.wikipedia.org/wiki/Proyecci%C3%B3n_cartogr%C3%A1fica

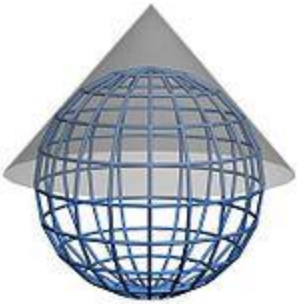


Figura 20 – Proyección Cónica

Fuente. -

https://es.wikipedia.org/wiki/Proyecci%C3%B3n_cartogr%C3%A1fica



Figura 21 – Proyección Acimutal

Fuente. -

https://es.wikipedia.org/wiki/Proyecci%C3%B3n_cartogr%C3%A1fica

2.7.3.1. PROYECCION CILINDRICA

La proyección de Mercator, que revolucionó la cartografía, es cilíndrica y conforme en ella, se proyecta el globo terrestre sobre una superficie cilíndrica. Es una de las más utilizadas, aunque por lo general en forma modificada, debido a las grandes distorsiones que ofrece en las zonas de latitud elevada, lo que impide apreciar a las regiones polares en su verdadera proporción. Tipo de proyecciones cilíndricas:

- a) Proyección de Mercator
- b) Proyección de Peters
- c) Proyección de Robinson

2.7.3.2. PROYECCION CONICA

La proyección cónica se obtiene proyectando los elementos de la superficie esférica terrestre sobre una superficie cónica tangente, situando el vértice en el eje que une los dos polos. Aunque las formas presentadas son de los polos, los cartógrafos utilizan este tipo de proyección para ver los países y continentes. Tipos de proyecciones cónicas:

- Proyección cónica simple
- Proyección conforme de Lambert
- Proyección cónica múltiple

2.7.3.3. PROYECCION ACIMUTAL

En este caso se proyecta una porción de la Tierra sobre un plano tangente al globo en un punto seleccionado, obteniéndose una imagen similar a la visión de la Tierra desde un punto interior o exterior. Se emplea principalmente en los polos. Tipos de proyecciones acimutal:

- a) Proyección ortográfica
- b) Proyección estereográfica
- c) Proyección gnomónica
- d) Proyección acimutal de Lambert

2.7.4. SISTEMA DE COORDENADAS³³

En este proyecto se dará relevancia al concepto de coordenadas, razón por la cual debe tenerse conceptos claros acerca de su origen, causantes de su modificación y transformación a otro sistema de coordenadas.

En geometría, un sistema de coordenadas es un sistema que utiliza uno o más números (coordenadas) para determinar unívocamente la posición de un punto u objeto geométrico.

Entre los sistemas de coordenadas más empleados podemos mencionar:

- a) Sistema de coordenadas cartesianas
- b) Sistema de coordenadas polares
- c) Sistema de coordenadas esféricas
- d) Coordenadas geográficas

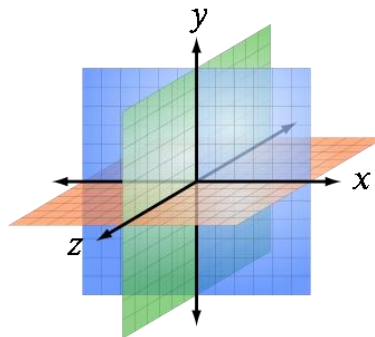


Figura 22 – Sistema de coordenadas

Fuente. -

https://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_de_coordena

2.7.4.1. SISTEMA DE COORDENADAS CARTESIANAS

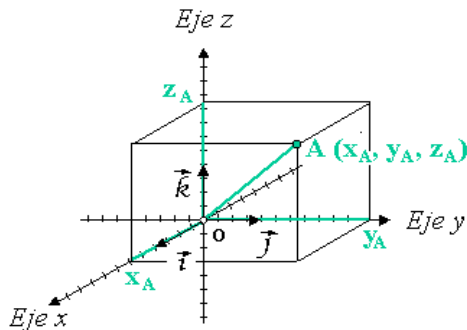


Figura 23 – Sistema de coordenadas cartesianas espacial

Fuente. -

https://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_de_coordenadas

En un espacio euclídeo un sistema de coordenadas cartesianas se define por dos o tres ejes ortogonales igualmente escalados, dependiendo de si es un sistema bidimensional o tridimensional (análogamente en R^n se pueden definir sistemas n-dimensionales). El valor de cada una de las coordenadas de un punto (A) es igual a la proyección ortogonal del vector de posición de dicho punto ($r_A = OA$) sobre un eje determinado:

$$r_A = OA = (x_A, y_A, z_A)$$

³³ https://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_de_coordenadas

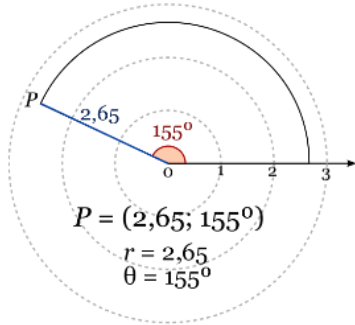


Figura 24 – Sistema de coordenadas polar
Fuente. -
https://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_de_coordena

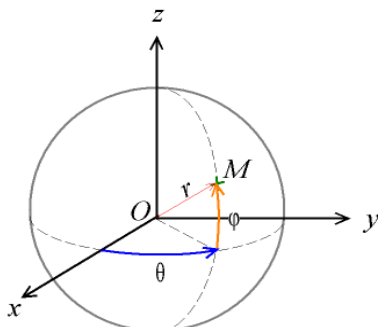


Figura 25 – Sistema de coordenadas esférico
Fuente. -
https://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_de_coordena

Este sistema de coordenadas esféricas está formado por tres ejes mutuamente ortogonales que se cortan en el origen. La primera coordenada es la distancia entre el origen y el punto, siendo las otras dos los ángulos que es necesario girar para alcanzar la posición del punto.

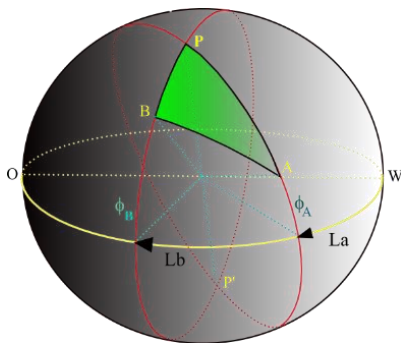


Figura 26 – Sistema de coordenadas esférico
Fuente. -
https://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_de_coordena

Cada uno de los ejes está definido por un vector director y por el origen de coordenadas. Por ejemplo, el eje x está definido por el origen de coordenadas (O) y un vector (i) tal que:

$$\mathbf{i} = (1, 0, 0) \text{ cuyo modulo es } |\mathbf{i}| = 1$$

El valor de la coordenada x de un punto es igual a la proyección ortogonal del vector de posición de dicho punto sobre el eje x.

$$x_A = \frac{\mathbf{OA} \cdot \mathbf{i}}{|\mathbf{OA}| \cdot |\mathbf{i}|} = \frac{\mathbf{OA}}{|\mathbf{OA}|} \cdot \mathbf{i}$$

2.7.4.2. SISTEMA DE COORDENADAS POLARES

El sistema de coordenadas polares es un sistema de coordenadas bidimensional en el cual cada punto o posición del plano se determina por un ángulo y una distancia

2.7.4.3. SISTEMA DE COORDENADAS ESFERICAS

Al igual que las coordenadas cilíndricas, el sistema de coordenadas esféricas se usa en espacios euclidianos tridimensionales. Este

2.7.4.4. COORDENADAS GEOGRAFICAS

Este tipo de coordenadas cartográficas, subtipo de las coordenadas esféricas, se usa para definir puntos sobre una superficie esférica. Hay varios tipos de coordenadas geográficas. El sistema más clásico y conocido es el que emplea la latitud y la longitud, que

pueden mostrarse en los siguientes formatos:

- DD --- Decimal Degree (Grados°): ej. -16.550°
- DM --- Degree:Minute (Grados°Minutos'): ej. -16°30.5'
- DMS -- Degree:Minute:Second (Grados°Minutos'Segundos"): ej. -16°30'30"

También se puede definir las coordenadas de un punto de la superficie de la Tierra, utilizando una proyección cartográfica. El sistema de coordenadas cartográficas proyectadas más habitual es el sistema de coordenadas UTM.

2.8. METODOS DE TRANSFORMACION GEOGRAFICA

En ocasiones, el traslado de datos de un sistema de coordenada a otro conlleva la transformación de un sistema de coordenadas geográficas a otro.

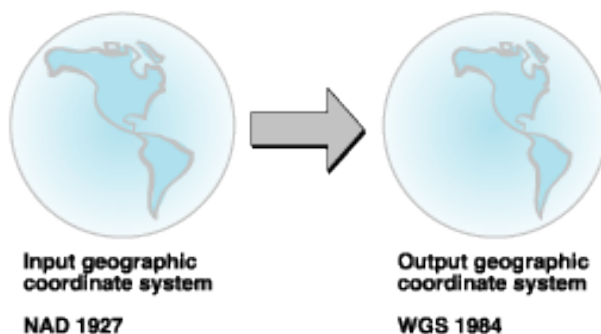


Figura 27 – Ejemplo de modelo de transformación geográfica
Fuente. - <https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/guide-books/>

Puesto que los sistemas de coordenadas geográficas contienen datum basados en esferoides. La precisión de una transformación determinada puede ir de centímetros a metros, en función del método y la calidad y número de puntos de control disponibles para definir los parámetros de la transformación.

Una transformación geográfica se define siempre en una dirección determinada. La imagen anterior muestra una transformación que convierte de Datum de Norteamérica (NAD) de 1927 a Sistema geodésico mundial (WGS) de 1984 o también realizar una transformación habitual con datos Sudamericano entre PSAD 1956 y WGS 1984.

Una transformación geográfica siempre convierte coordenadas geográficas (latitud y longitud). Algunos métodos convierten las coordenadas geográficas en coordenadas geocéntricas (X, Y, Z), transforman las coordenadas X, Y y Z, y convierten los nuevos valores de nuevo en coordenadas geográficas.

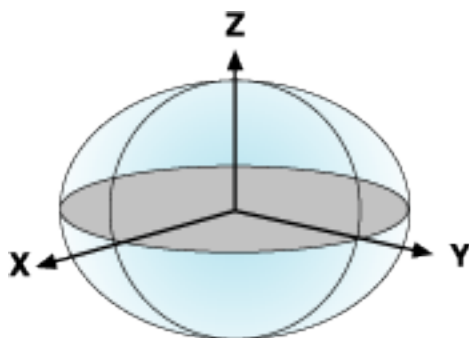


Figura 28 – Bosquejo de coordenadas geocéntricas
Fuente. - <https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/guide-books/>

2.8.1. METODOS BASADOS EN ECUACIONES

Los métodos de transformación basados en ecuaciones pueden clasificarse en los siguientes cuatro tipos de métodos.

- a) Métodos de tres parámetros
- b) Métodos de siete parámetros
- c) Método de Molodensky
- d) Método de Molodensky abreviado

2.8.2. METODOS DE TRES PARÁMETROS

El método de transformación de datum más simple es una transformación geocéntrica, o de tres parámetros. La transformación geocéntrica modela las diferencias entre dos datums en el sistema de coordenadas cartesianas XYZ o 3D. Un datum se define con su centro en 0,0,0. El centro del otro datum se define a una determinada distancia (dx, dy, dz o ΔX, ΔY, ΔZ) en metros.

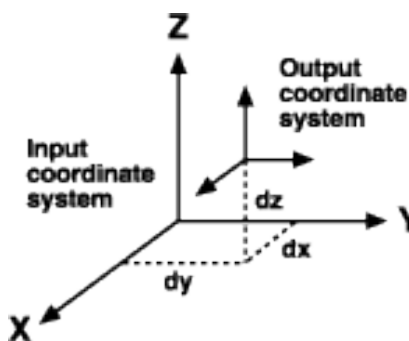


Figura 29 – Esquema del método de 3 parámetros

Fuente. -

<https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/guide-books/map-projections>

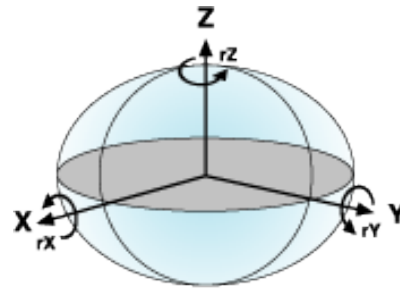
Habitualmente, los parámetros de transformación se definen en el sentido "desde" un datum local "hasta" el Sistema Geodésico Mundial (WGS) de 1984 u otro datum geocéntrico.

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{new} = \begin{bmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \\ \Delta Z \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{original}$$

Los tres parámetros son desplazamientos lineales y están siempre en metros.

2.8.3. METODOS DE SIETE PARAMETROS

Es posible una transformación de datum más compleja y precisa agregando cuatro parámetros más a una transformación geocéntrica. Los siete parámetros son tres desplazamientos lineales (dx, dy, dz), tres rotaciones angulares alrededor de cada eje (rx, ry, rz) y un factor de escala.



$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{new} = \begin{bmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \\ \Delta Z \end{bmatrix} + (1+s) \cdot \begin{bmatrix} 1 & r_z & -r_y \\ -r_z & 1 & r_x \\ r_y & -r_x & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{original}$$

Figura 30 – Esquema de rotación de ejes

Fuente. -

<https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/gui-de-books/map-projections>

Los valores de rotación se dan en segundos decimales, mientras que el factor de escala está en partes por millón (ppm). Los valores de rotación se definen de dos maneras diferentes: como positivos en el sentido de las agujas del reloj o en sentido contrario a las agujas del reloj según se mira hacia el origen de los sistemas XYZ.

La ecuación anterior es la definición de las ecuaciones que se utiliza en los Estados Unidos y Australia, y se llama transformación de rotación de marco de coordenadas. Las rotaciones son positivas en sentido contrario a las agujas del reloj. Europa utiliza otra convención, denominada transformación de vector de posición. Los dos métodos se conocen a veces como el método Bursa-Wolf. En el motor de proyección, los métodos de marco de coordenadas y Bursa-Wolf son iguales. Se admite tanto el método de marco de coordenadas como el de vector de posición, y es fácil convertir valores de transformación de un método a otro cambiando simplemente los signos de los tres valores de rotación. Por ejemplo, los parámetros para convertir del datum WGS 1972 al datum WGS 1984 con el método de marco de coordenadas son (en el orden dx, dy, dz, rx, ry, rz, s):

(0.0, 0.0, 4.5, 0.0, 0.0, -0.554, 0.227)

Para utilizar los mismos parámetros con el método de vector de posición, cambie el signo de la rotación para que los nuevos parámetros sean éstos:

(0.0, 0.0, 4.5, 0.0, 0.0, +0.554, 0.227)

Es imposible decir, a partir solamente de los parámetros, qué convención se está utilizando. Si se utiliza el método equivocado, los resultados pueden devolver coordenadas imprecisas. La única manera de determinar cómo están definidos los parámetros es comprobando un punto de control cuyas coordenadas se conozcan en los dos sistemas.

El método de Molodensky-Badekas es una variación de los métodos de siete parámetros. Tiene tres parámetros adicionales que definen el origen de rotación XYZ. A veces este punto se conoce como el origen del datum o sistema de coordenadas geográficas. Dado el origen XYZ del punto de rotación, es posible calcular una transformación de marco de coordenadas equivalente. Los valores dx, dy y dz cambiarán, pero los valores de escala y rotación seguirán siendo los mismos.

2.8.4. METODO DE MOLODENSKY

El método de Molodensky convierte directamente entre dos sistemas de coordenadas geográficas sin convertir realmente a un sistema XYZ. El método de Molodensky requiere tres desplazamientos (dx, dy, dz) y las diferencias entre los semiejes mayores (Δa) y los aplanamientos (Δf) de los dos esferoides. El motor de proyección calcula automáticamente las diferencias de esferoide según los datums implicados.

$$\begin{aligned} (M + h)\Delta\varphi = & -\sin\varphi\cos\lambda\Delta X - \sin\varphi\sin\lambda\Delta Y \\ & + \cos\varphi\Delta Z + \frac{e^2\sin\varphi\cos\varphi}{(1-e^2\sin^2\varphi)^{1/2}}\Delta a \\ & + \sin\varphi\cos\varphi\left(M\frac{a}{b} + N\frac{b}{a}\right)\Delta f \end{aligned}$$

$$(N + h)\cos\varphi\Delta\lambda = -\sin\lambda\Delta X + \cos\lambda\Delta Y$$

$$\begin{aligned} \Delta h = & \cos\varphi\cos\lambda\Delta X + \cos\varphi\sin\lambda\Delta Y \\ & + \sin\varphi\Delta Z - (1-e^2\sin^2\varphi)^{1/2}\Delta a \\ & + \frac{a(1-f)}{(1-e^2\sin^2\varphi)^{1/2}}\sin^2\varphi\Delta f \end{aligned}$$

- h = altura del elipsoide (metros)
- Φ = latitud
- λ = longitud
- a = semieje mayor del esferoide (metros)
- b = semieje menor del esferoide (metros)
- f = aplanamiento del esferoide
- e = excentricidad del esferoide

M y N son los radios meridional y primero vertical de curvatura, respectivamente, en una latitud determinada. Las ecuaciones para M y N son:

$$M = \frac{a(1-e^2)}{(1-e^2\sin^2\varphi)^{3/2}}$$

$$N = \frac{a}{(1-e^2\sin^2\varphi)^{1/2}}$$

Se resuelve para $\Delta\lambda$ y $\Delta\Phi$. El motor de proyección suma automáticamente las cantidades

2.8.5. METODO DE MOLODENSKY ABREVIADO

El método de Molodensky abreviado es una versión simplificada del método de Molodensky. Vea las ecuaciones a continuación:

$$M \Delta \varphi = -\sin \varphi \cos \lambda \Delta X - \sin \varphi \sin \lambda \Delta Y \\ + \cos \varphi \Delta Z + (\alpha \Delta f + f \Delta \alpha) \cdot 2 \sin \varphi \cos \varphi$$

$$N \cos \varphi \Delta \lambda = -\sin \lambda \Delta X + \cos \lambda \Delta Y$$

$$\Delta h = \cos \varphi \cos \lambda \Delta X + \cos \varphi \sin \lambda \Delta Y \\ + \sin \varphi \Delta Z + (\alpha \Delta f + f \Delta \alpha) \sin^2 \varphi - \Delta \alpha$$

2.9. TEORIA DE ERRORES

Para tener un banco de datos que nos permitan tener resultados confiables y de acuerdo a las precisiones geodésicas que requerimos para administración de cartografía urbana, es necesario detectar posibles errores en nuestros datos recopilados, para de esta manera realizar un descarte de datos que nos permita alcanzar precisiones óptimas para encarar este proyecto.

El objetivo de la Teoría de Errores es identificar las diversas fuentes que generan error en la medición, determinar el verdadero valor de las magnitudes físicas medidas de forma directa e indirecta, en nuestro caso son las mediciones realizadas para la obtención de coordenadas de la red geodésica.

2.9.1. ERROR DE MEDIDA

Es la diferencia entre el valor obtenido, al utilizar un equipo, y el valor verdadero de la magnitud medida.

2.9.2. VALOR VERDADERO

Es el valor ideal que se obtendría al utilizar equipos de medición perfectos, por lo que se deduce que este valor, no puede ser obtenido en la práctica. Sin embargo, se le considera existente con un error Δx .

$$x = \bar{x} \pm \Delta x$$

De la formula se entiende que "x" esta entre $x = \bar{x} + \Delta x$ y $x = \bar{x} - \Delta x$.

Por lo tanto, se considera que "x" se encuentra en un intervalo.

$$x \in = [\bar{x} - \Delta x; \bar{x} + \Delta x]$$

2.9.3. VALOR MEDIO O VALOR PROMEDIO

Como su nombre indica es un promedio aritmético, o media aritmética, de un conjunto de medidas realizadas a una determinada magnitud física.

$$\bar{x} = \left(\sum_{i=1}^n x_i \right) / n$$

2.9.4. MEDIANA

La mediana es un estadístico de posición central que parte la distribución en dos, es decir, deja la misma cantidad de valores a un lado que a otro.

Para calcular la mediana es importante que los datos estén ordenados de mayor a menor, o al contrario de menor a mayor. Esto es, que tengan un orden.

La mediana, junto con la media y la varianza es un estadístico muy ilustrativo de una distribución. Al contrario que la media que puede estar desplazada hacia un lado o a otro, según la distribución, la mediana siempre se sitúa en el centro de esta. Dicho sea de paso, a la forma de la distribución se le conoce como curtosis. Con la curtosis podemos ver hacia dónde está desplazada la distribución.

La fórmula no nos dará el valor de la mediana, lo que nos dará es la posición en la que está dentro del conjunto de datos. Debemos tener en cuenta, en este sentido, si el número total de datos u observaciones que tenemos (n) es par o impar. De tal forma que la fórmula de la mediana es:

- Cuando el número de observaciones es par:

$$\text{Mediana} = (n+1) / 2 \rightarrow \text{Media de las observaciones}$$

- Cuando el número de observaciones es impar:

$$\text{Mediana} = (n+1) / 2 \rightarrow \text{Valor de la observación}$$

2.9.5. CUARTIL

Los cuartiles “Q” son cuantiles que se multiplican por un cuarto de un conjunto de datos.

La diferencia entre el tercer cuartil y el primero se conoce como rango intercuartílico. Se representa gráficamente como la anchura de las cajas en los llamados diagramas de cajas.

Dada una serie de valores $X_1, X_2, X_3 \dots X_n$ ordenados en forma creciente, podemos pensar que su cálculo podría efectuarse:

- Primer cuartil (Q_1) como la mediana de la primera mitad de valores;
- Segundo cuartil (Q_2) como la propia mediana de la serie;
- Tercer cuartil (Q_3) como la mediana de la segunda mitad de valores.

Pero esto conduce a distintos métodos de cálculo de los cuartiles primero (así como tercero) según la propia mediana se incluya o excluya en la serie de la primera (respecto de la segunda) mitad de valores.

2.9.6. DESVIACIÓN ESTÁNDAR O ERROR CUÁNTICO MEDIO

δ_n da una idea global acerca de la dispersión de los x alrededor del promedio \bar{x} . Si la distribución es ancha δ_n será grande y si es afilado su valor será pequeño.

$$\sigma_n = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}}$$

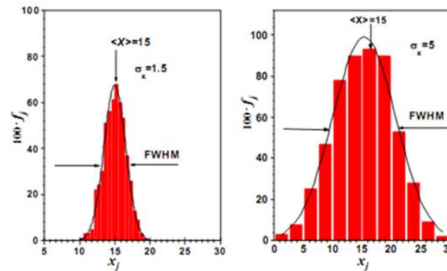


Figura 31 – Grafico de desviación estándar normal

Fuente. – <https://www.monografias.com/trabajos84/teoria-errores/teoria-errores.shtml>

2.9.7. TEST DE TUKEY

El diagrama conocido como diagrama de cajas y bigotes (Box and Whiskers Plot o simplemente BoxPlot) es un gráfico representativo de las distribuciones de un conjunto de datos, en cuya construcción se usan cinco medidas descriptivas de los mismos: mediana, primer cuartil (Q1), tercer cuartil (Q3), valor máximo y valor mínimo. Está compuesto por un rectángulo o caja la cual se construye con ayuda del primer y tercer cuartil y representa el 50% de los datos que particularmente están ubicados en la zona central de la distribución, la mediana es la línea que atraviesa la caja, y dos brazos o bigotes son las líneas que se extienden desde la caja hasta los valores más altos y más bajos. En algunos casos, dentro de la caja suele trazarse una cruz para representar el promedio de los datos.

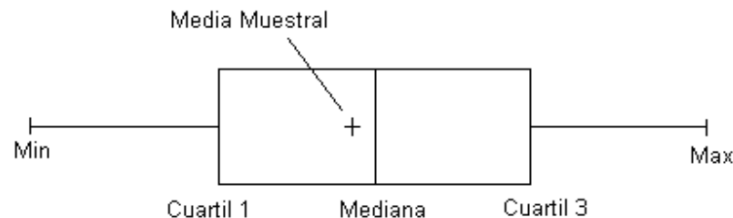


Figura 32 – Diagrama de caja y bigotes

Fuente. - <https://www.estadisticaparatodos.es/taller/graficas/cajas.html>

Esta presentación visual asocia las cinco medidas que suelen trabajarse de forma individual y puede ser graficada de manera vertical u horizontal. Presenta al mismo tiempo, información sobre la tendencia central, dispersión y simetría de los datos de estudio.

Además, permite identificar con claridad y de forma individual, observaciones que se alejan de manera poco usual del resto de los datos, esto es, sirve para detectar los valores atípicos.

Aplicación del test: se encuentra la mediana de todos los datos, luego se halla tanto la mediana de los valores iguales o inferiores a la mediana como de los superiores. Este será un valor de datos o será la mitad de entre dos valores de datos dependiendo de si la cantidad de los datos es par o impar. Con un conjunto de datos impar, se incluye la mediana

en cada una de las dos mitades del conjunto de datos y luego se encuentra el medio de cada mitad. Esto da como resultado el primer y tercer cuartil.

Si el conjunto de datos tiene un número par de valores, los datos se dividen en dos mitades, y se encuentra el medio de cada mitad. Para la detección de los valores atípicos, la longitud máxima de cada uno de los bigotes es de $K = 1,5$ veces el rango intercuartil (IQR) es decir $1,5 * (Q_3 - Q_1)$ por encima y por debajo de los cuartiles. Las observaciones fuera de los bigotes son dibujadas separadamente y etiquetadas como valores atípicos. El método de Tukey utiliza un $K=3$ adicionalmente del $K = 1,5$, las observaciones que están entre 1.5 y 3 veces el rango intercuartil reciben el nombre de atípicos leves. Las observaciones que están más allá de 3 veces el rango intercuartil se conocen como valores atípicos extremos. En la figura 33 se muestra un diagrama de cajas y bigotes con valores atípicos leves y graves.

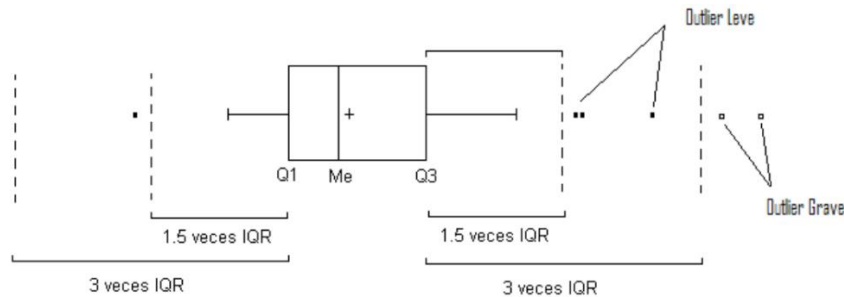


Figura 33 – Diagrama de caja con valores atípicos leves y graves
Fuente. - <http://bdigital.unal.edu.co/2033/1/71644758.20101.pdf>

2.9.8. VALOR ATÍPICO

Valor atípico (en inglés outlier) es una observación que es numéricamente distante del resto de los datos. Los valores atípicos pueden ser indicativos de datos que pertenecen a una población diferente del resto de las muestras establecidas.

Un proyecto que incluya conjunto de datos de valores atípicos, suele presentar resultados frecuentemente dudosos; por lo que es recomendable excluir dichos valores, para tener mayor fiabilidad de los resultados presentados.

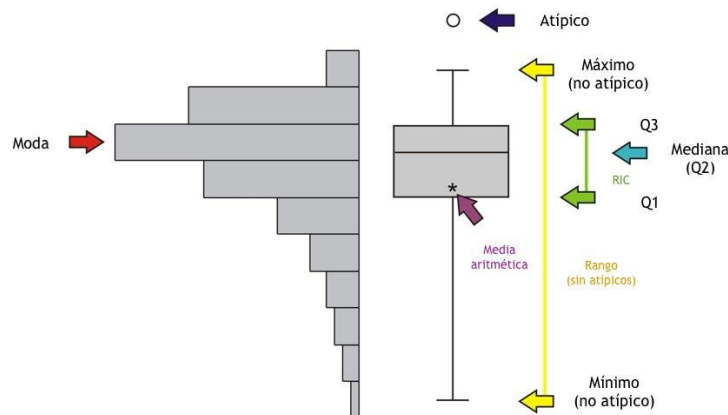


Figura 34 – Diagrama de caja
Fuente. - https://es.wikipedia.org/wiki/Diagrama_de_caja

Los valores atípicos son en ocasiones una cuestión subjetiva, y existen numerosos métodos para clasificarlos. El método más impartido académicamente por su sencillez y resultados es el test de Tukey, que toma como referencia la diferencia entre el primer cuartil Q_1 y el tercer cuartil Q_3 , o rango intercuartílico³⁴.

2.9.9. VALOR ATÍPICO LEVE

Siendo Q_1 y Q_3 el primer y tercer cuartil, y IQR el rango intercuartil ($Q_3 - Q_1$), un valor atípico leve será aquel que:

$$q < Q_1 - 1.5 * IQR$$

o

$$q > Q_3 + 1.5 * IQR$$

Q_1 y Q_3 determinan, pues, los llamados límites interiores, a partir de los cuales la observación se considera un atípico leve.

2.9.10. VALOR ATÍPICO EXTREMO

Los atípicos extremos son observaciones más allá de los límites externos:

$$q < Q_1 - 3 * IQR$$

o

$$q > Q_3 + 3 * IQR$$

2.10. GEOESTADISTICA CON METODO KRIGING

Teniendo una base de datos fiables, todos estos deben ser sometidos a procesos geoestadísticos; que involucren un análisis estadístico, pero a la par consideren, su espacialidad, como parte del estudio realizado. El método empleado para este tipo de procesos es el Kriging.

Kriging es un procedimiento geoestadístico avanzado que genera una superficie estimada a partir de un conjunto de puntos dispersados con valores z . A diferencia de otros métodos de interpolación del conjunto de herramientas Interpolación, utilizar la herramienta Kriging de forma efectiva implica una investigación interactiva del comportamiento espacial del fenómeno representado por los valores z antes de seleccionar el mejor método de estimación para generar la superficie de salida.

Kriging, que está basado en modelos estadísticos que incluyen la autocorrelación, es decir, las relaciones estadísticas entre los puntos medidos. Gracias a esto, las técnicas de

³⁴ Rango intercuartílico: El rango intercuartílico es una medida de variabilidad adecuada cuando la medida de posición central empleada ha sido la mediana. Se define como la diferencia entre el tercer cuartil (Q_3) y el primer cuartil (Q_1), es decir: $RQ = Q_3 - Q_1$. A la mitad del rango intercuartil se le conoce como desviación cuartil (DQ), es afectada muy poco por cuentas extremas. Esto lo hace una buena medida de dispersión para distribuciones sesgadas: $DQ = RQ/2 = (Q_3 - Q_1)/2$.

estadística geográfica no sólo tienen la capacidad de producir una superficie de predicción, sino que también proporcionan alguna medida de certeza o precisión de las predicciones.

Kriging presupone que la distancia o la dirección entre los puntos de muestra reflejan una correlación espacial que puede utilizarse para explicar la variación en la superficie. La herramienta Kriging ajusta una función matemática a un número específico de puntos o a todos los puntos dentro de un radio especificado, para determinar el valor de salida para cada ubicación.

Kriging es un proceso que tiene varios pasos, entre los que se incluyen, el análisis estadístico exploratorio de los datos, el modelado de variogramas, la creación de la superficie y (opcionalmente) la exploración de la superficie de varianza. Este método es más adecuado cuando se sabe que hay una influencia direccional o de la distancia correlacionada espacialmente en los datos. Se utiliza a menudo en la ciencia del suelo y la geología.

La fórmula general para ambos interpoladores se forma como una suma ponderada de los datos:

$$\hat{Z}(s_0) = \sum_{i=1}^N \lambda_i Z(s_i)$$

donde:

$Z(s_i)$ = el valor medido en la ubicación n.º i

λ_i = un peso desconocido para el valor medido en la ubicación n.º i

s_0 = la ubicación de la predicción

N = el número de valores medidos

En kriging, las ponderaciones están basadas no sólo en la distancia entre los puntos medidos y la ubicación de la predicción, sino también en la disposición espacial general de los puntos medidos. Para utilizar la disposición espacial en las ponderaciones, la correlación espacial debe estar cuantificada. Por tanto, en kriging ordinario, el peso, λ_i , depende de un modelo ajustado a los puntos medidos, la distancia a la ubicación de la predicción y las relaciones espaciales entre los valores medidos alrededor de la ubicación de la predicción.

Si por ejemplo analizamos un fenómeno de lluvia: en vez de decir solamente cuánta lluvia hay en lugares específicos, kriging también le dice la probabilidad de cuánta lluvia habrá en un lugar específico.

Los datos de entrada se utilizan para construir una función matemática con un semivariograma, crear una superficie de predicción y, luego, validar el modelo con validación cruzada.

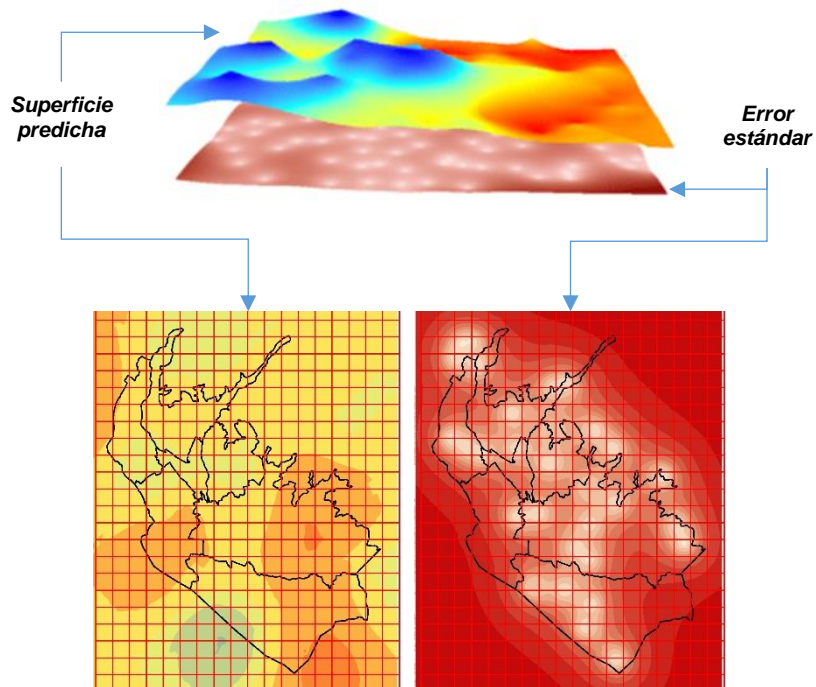


Figura 35 – Modelos Kriging

Fuente. - <https://acolita.com/geoestadistica-interpolacion-con-kriging/>

Kriging puede generar las superficies de predicción y las superficies que describen qué tan bien predice su modelo:

- Predicción: Esta recta de superficie predice los valores de su variable que está kriging.
- Error de predicción: Si representa el error estándar con un estándar de error más alto donde no hay tantos datos de entrada.
- Probabilidad: La superficie de probabilidad resalta cuando excede un umbral.
- Cuantil: Esta superficie representa un escenario del mejor o peor caso como un percentil 99.

2.10.1. SEMIVARIOGRAMA

Kriging confía en el semivariograma. En términos simples, los semivariogramas cuantifican la autocorrelación porque grafican la varianza de todos los pares de datos según la distancia.

Lo más probable es que las cosas más cercanas estén más relacionadas y tengan una pequeña semivarianza. Mientras que las cosas lejanas están menos relacionadas y tienen una alta semivarianza.

Pero a cierta distancia (rango), la autocorrelación se vuelve independiente. Donde esa variación se nivela, se llama (umbral). Esto significa que ya no hay ninguna autocorrelación espacial o relación entre la cercanía de sus puntos de datos. Este concepto es la Primera Ley de Geografía de Tobler.

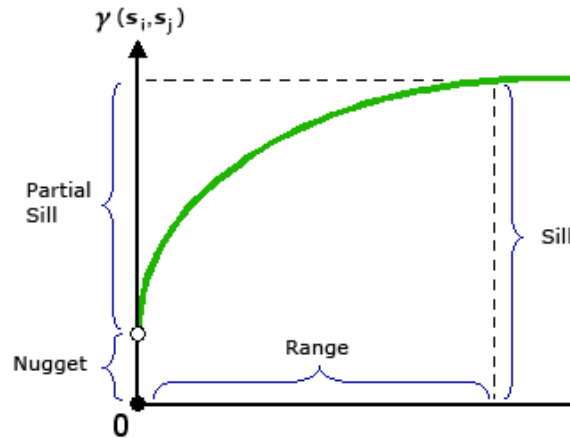


Figura 36 – Grafico de Semivarianza o Varianza
Fuente. - <https://acolita.com/geoestadistica-interpolacion-con-kriging/>

Una vez más, el propósito aquí es encajar una superficie como un polinomio que modela la tendencia general a gran escala. Luego, en torno a esa tendencia, tenemos variabilidad con los residuos en los que interviene el kriging.

Basándose en los resultados de su semivariograma, puede seleccionar un semivariograma esférico, circular, exponencial, gaussiano o lineal. Alternativamente, si puedes hacer una justificación intelectual para un modelo matemático, entonces escoges esa.

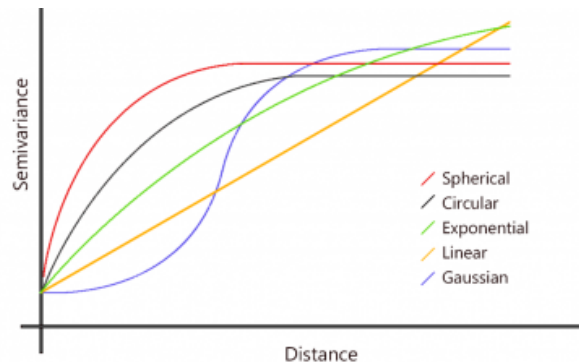


Figura 37 – Modelos matemáticos de la Semivarianza o Varianza
Fuente. - <https://acolita.com/geoestadistica-interpolacion-con-kriging/>

A continuación, se presentan las formas generales y las ecuaciones de los modelos matemáticos utilizados para describir la semivarianza, los cuales nos servirán para testear posibles resultados, y en función a estos elegir, el que menos residuales, nos genere.

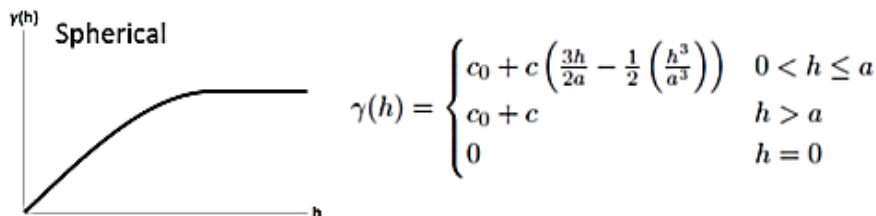


Figura 38 – Ilustración de modelo de semivarianza esférica
Fuente. - <https://pro.arcgis.com/es/pro-app/tool-reference/3d-analyst/comparing-interpolation-methods.htm>

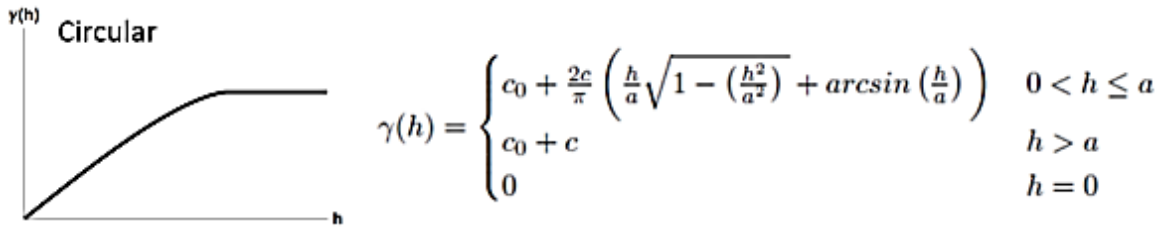


Figura 39 – Ilustración de modelo de semivarianza circular

Fuente. - <https://pro.arcgis.com/es/pro-app/tool-reference/3d-analyst/comparing-interpolation-methods.htm>

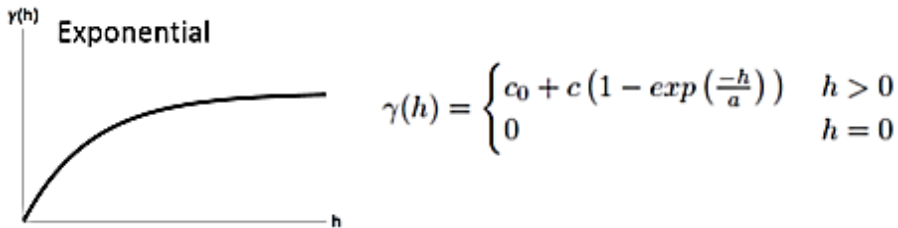


Figura 40 – Ilustración de modelo de semivarianza exponencial

Fuente. - <https://pro.arcgis.com/es/pro-app/tool-reference/3d-analyst/comparing-interpolation-methods.htm>

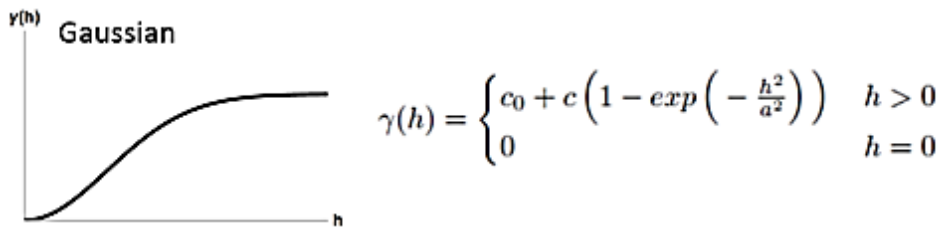


Figura 41 – Ilustración de modelo de semivarianza gaussiana

Fuente. - <https://pro.arcgis.com/es/pro-app/tool-reference/3d-analyst/comparing-interpolation-methods.htm>

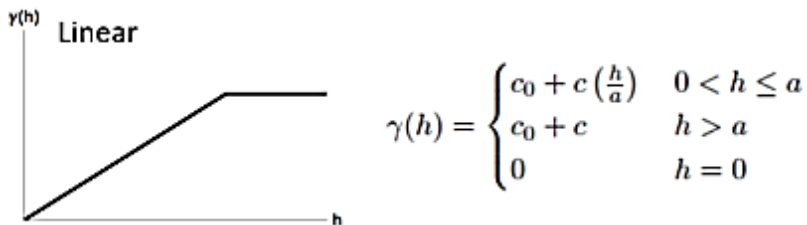


Figura 42 – Ilustración de modelo de semivarianza lineal

Fuente. - <https://pro.arcgis.com/es/pro-app/tool-reference/3d-analyst/comparing-interpolation-methods.htm>

Para realizar una correcta interpolación Kriging los datos deben cumplir con:

- a) Sus datos deben tener una distribución normal
- b) Los datos deben ser estacionarios.
- c) Sus datos no pueden tener tendencias.

2.10.2. DISTRIBUCION NORMAL

En esta prueba no estamos explorando las propiedades espaciales, sólo estamos comprobando que los valores estén distribuidos normalmente. En otras palabras, ¿los valores de sus datos se ajustan a la forma de una curva de campana?

Una de las maneras de explorar esto es usando un histograma.

En este punto, puede comprobar el histograma para ver si hay valores atípicos y cuánto se parece a una curva de campana. En nuestro caso, parece que tiene una distribución normal bastante buena.

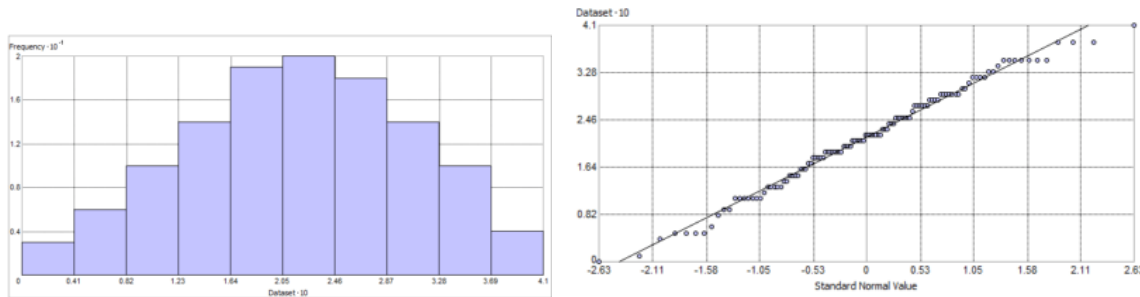


Figura 43 – Graficas de distribución normal

Fuente. - <https://acolita.com/geoestadistica-interpolacion-con-kriging/>

Alternativamente, puede comprobar sus datos con un gráfico QQ normal. Un gráfico QQ normal compara cómo se alinean sus datos con los datos distribuidos normalmente. Si todos los puntos tienen una distribución perfectamente normal, todos tus puntos caerán en la línea de 45°. En nuestro caso, los datos siguen una línea recta.

En caso que no tuvieran una distribución normal, tendrá que aplicar una transformación como un log o un arco hasta que se vuelva normal. En lugar de seleccionar su propia transformación, puede hacer una transformación de puntaje normal que hace mucho del trabajo por usted. La transformación de puntaje normal es tan poderosa que ahora es el método predeterminado como simple kriging en ArcGIS.

2.10.3. DATOS ESTACIONARIOS

Esto significa que la variación local no cambia en diferentes áreas del mapa. Por ejemplo, 2 puntos de datos separados por 5 metros en diferentes ubicaciones deberían tener diferencias similares en su valor medido. La varianza es bastante constante en diferentes áreas del mapa. Kriging no es óptimo para cambios bruscos y líneas de rotura.

Puede comprobar la estacionariedad de sus datos con un mapa Voronoi simbolizado por entropía (variación entre vecinos) o desviación estándar y buscar aleatoriedad.

En nuestro caso, vemos algunas pequeñas cantidades de agrupamiento. En general, para la entropía y la desviación estándar, los mapas de voronoi muestran que el conjunto de datos se ve adecuadamente estacionario.

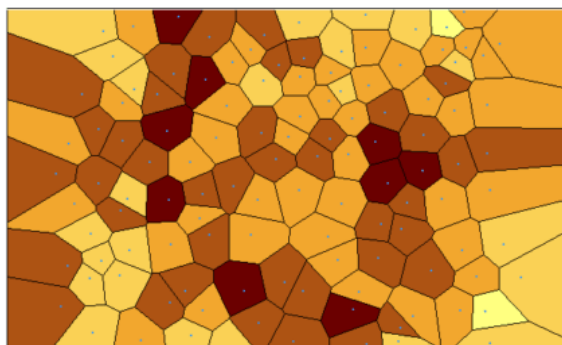


Figura 44 – Graficas de polígonos de Voronoi

Fuente. - <https://acolita.com/geoestadistica-interpolacion-con-kriging/>

En caso que no tuvieran la propiedad estacionaria, el kriging bayesiano empírico (EBK) puede ayudar tratando la varianza local por separado. En lugar de que la desviación sea similar en su totalidad, EBK realiza el kriging como un proceso subyacente separado en áreas diferentes. Todavía realiza el kriging, pero se hace localmente.

2.10.4. DATOS SIN TENDENCIAS

Las tendencias son cambios sistemáticos en los datos de toda un área de estudio. Podemos comprobar el análisis de tendencias con la herramienta ESDA.

La línea verde muestra la tendencia en la dirección este-oeste, y la línea azul representa la tendencia en la dirección norte-sur.

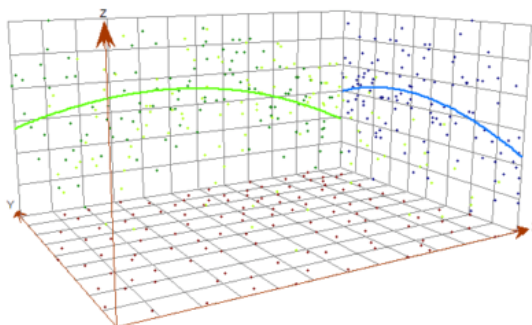


Figura 45 – Graficas de tendencias

Fuente. - <https://acolita.com/geoestadistica-interpolacion-con-kriging/>

Si los datos estudiados cuentan con una tendencia, aunque tener grandes tendencias en toda su área de estudio puede ser una razón para cambiar los métodos de interpolación, la herramienta de eliminación de tendencias puede ser de ayuda para que el siguiente análisis no se vea influenciado por esa tendencia en sus datos.

Todas estas herramientas anteriormente mencionadas nos serán de utilidad en el sondaje y estudio geoestadístico, de los datos depurados previamente, mediante el test de tukey a las coordenadas de los vértices de la red geodésica de La Paz.

CAPITULO III

MATERIALES Y METODOLOGIA

3.1. MATERIALES

Los insumos empleados son:

- Listado de coordenadas Red Geodésica Municipal La Paz 2005.
- Listado de coordenadas Red Geodésica Satelital La Paz 2013.
- Planimetrías del Municipio de La Paz.

El procedimiento de recopilación de información de las campañas de densificación de red geodésica de la ciudad de La Paz, se realizó mediante portales oficiales del ente autonómico como son:

- Sistema de información territorial Sitv2:
<http://sitservicios.lapaz.bo/mapas/municipio/mapa.html>
- Sistema de información territorial Sitv3:
<http://sim.lapaz.bo/nuevocatastro/sitv3/pages/inicio.html>

Asimismo, toda información referente a informes técnicos, manuales de procedimientos técnicos se extrajo de repositorios oficiales y de libre acceso al público en general del GAMLP y SIRGAS.

3.1.1. ELEMENTOS QUE CONFORMAN LA RED GEODESICA MUNICIPAL LA PAZ 2005

En esta sección se describen los elementos que conforman la red geodésica municipal 2005³⁵, de manera que los usuarios los conozcan y se familiaricen con ellos, al final de la sección se encuentra un Mapa de localización general.

3.1.1.1. ESTACION RED MARGEN

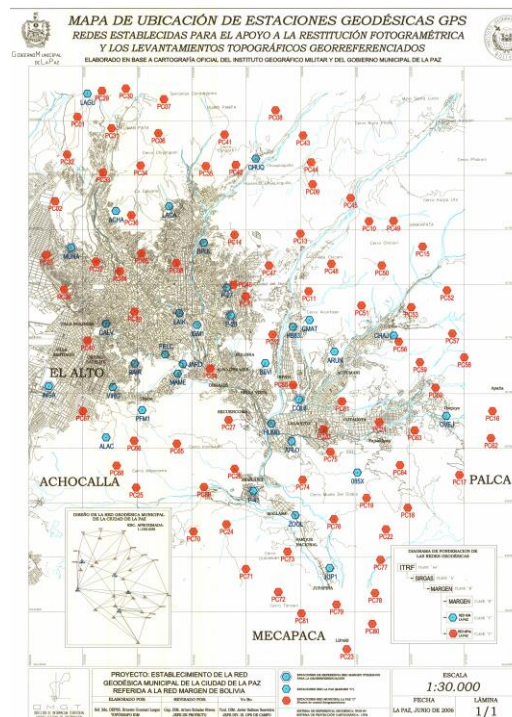


Figura 46 – Red Geodésica Municipal de La Paz Fuente. - Informe Técnico Red Geodésica Municipal – Instituto Geográfico Militar


³⁵ Costo de Red Geodésica Municipal La Paz 2005 fue de 72,000 Bs.

Fuente. – <https://www.lapaz.bo/gobierno/>


http://wsservicios.lapaz.bo/normativa_externa/ConsultaExternaDocumento.aspx?archivo=2005/OM_2005_0630.pdf

De acuerdo a informe técnico y verificación de reportes la densificación de puntos de la Red Geodésica Municipal se realizó con una sola estación semi-continua.


1. Estación CGPS. BLPZ (LA PAZ)



IN E G A 3 0 1 0
FOTOGRAFIAS DE LA ESTACION



FOTOGRAFIA DEL PUNTO



FOTOGRAFIA PANORAMICA

DESCRITA POR: SERIO 2205 SURBEA-1 DEL LA. CAÑEZ. S. LUGAR Y FECHA: LA PAZ 05 DE NOVIEMBRE 02

**DESCRIPCION DE LA ESTACION CONTINUA
CGPS. LPZ (INGA)**

Según la **División Político-administrativa** la Estación CGPS LPZ está ubicada en el:

- Departamento: La Paz.
- Provincia: Mutillo
- Sección Municipal: Primera
- Ciudad: El Alto
- Lugar: Instalaciones REC- 4 INGAVI

Datos del Georeceptor GPS.


Marca del receptor Trimble
 Modelo receptor NetRS
 Marca de la antena Trimble
 Modelo antena Zephyr Geodetic
 Altura de la antena: 2.072 m.
 Altura nivelada: 4040.9412 S.N.M.

Sistema de referencia:
 - WGS - 84 (Sistema de Referencia Global)


Marco de referencia:
 - Red MARGEN (Marco de Referencia Geocéntrico Nacional) de Bolivia.
 - Red SIRGAS (Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas)

Coordenadas Geodésicas ajustadas

- Latitud 16° 31' 47.465568" S
- Longitud 68° 10' 05.814333" W
- Altura elipsoidal. 4090.652 m.



UBICACIÓN DE LA ESTACION CONTINUA GPS LPZ (INGA)



**LISTADO DE COORDENADAS UTM
PROYECTO RED GEODESICA MUNICIPAL CIUDAD DE LA PAZ**

SISTEMA WGS-84
 ZONA GEOGRAFICA 19
 MERIDIANO CENTRAL 69 W

Nº	PTO.	NORTE (m.)	ESTE (m.)
1	COL6	8171789.8001	597948.7421
2	INGA	8172270.4660	588751.1809
3	MUNA	8177342.2663	589571.3246
4	P028	8174868.6388	595442.0526
5	P043	8168418.1333	596271.5761

Punto	Lat [Deg]	Lon [Deg]	ell.H [m]	orth.H [m]	geoid.H [m]	sN [mm]	sE [mm]	sH [mm]
COL6	S 16° 32' 01.81232"	O 68° 04' 55.47105"	3404.5600	3357.0812	47.4788	0.0	0.0	0.0
INGA	S 16° 31' 47.47184"	O 68° 10' 05.81427"	4089.3310	4040.7345	48.5965	0.0	0.0	0.0
MUNA	S 16° 29' 02.32260"	O 68° 09' 38.85942"	4112.8970	4064.3845	48.5125	0.0	0.0	0.0
P028	S 16° 30' 21.99437"	O 68° 06' 20.49351"	3806.1060	3758.3704	47.7356	0.0	0.0	0.0
P043	S 16° 33' 51.77219"	O 68° 05' 51.53875"	3395.4910	3347.8102	47.6808	0.0	0.0	0.0

Punto	X [m]	Y [m]	Z [m]	sX [mm]	sY [mm]	sZ [mm]
COL6	2284213.2249	-5677026.2627	-1804406.8833	0.0	0.0	0.0
INGA	2275959.8683	-5681182.5232	-1804178.8796	0.0	0.0	0.0
MUNA	2277247.6164	-5682245.8118	-1799314.9742	0.0	0.0	0.0
P028	2282342.0480	-5679134.5680	-1801577.6449	0.0	0.0	0.0
P043	2282307.4044	-5676745.1055	-1807646.1961	0.0	0.0	0.0

*Figura 47 – Monografía de estación CGPS. BLPZ (LA PAZ)
 Fuente. - Informe Técnico Red Geodésica Municipal La Paz 2005*

3.1.1.3. VERTICES DE RED GEODESICA MUNICIPAL LA PAZ 2005

114 puntos densificados de la Red Geodésica Municipal La Paz, están materializados de las siguientes maneras:

- Mojones de Cemento con empotración de bulones de aluminio

PRESENTACIÓN ISOMÉTRICA

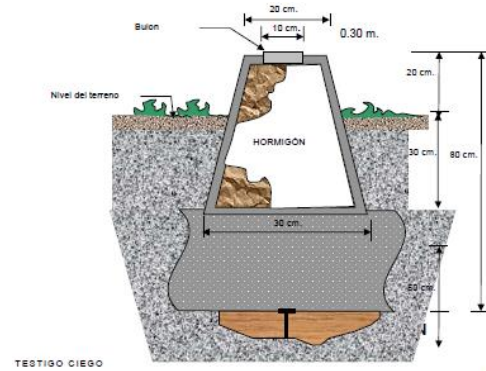
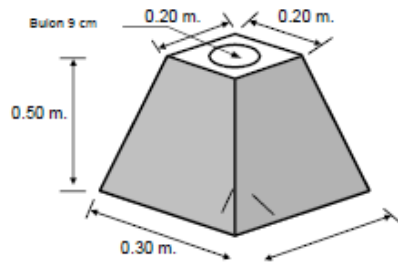


Figura 48 – Presentación de Mojón Geodésico

Fuente. - Norma Técnica de Densificación de la Red Geodésica GAMLP 2006

Se adjunta en ANEXO A listado de vértices de “Red Geodésica Municipal La Paz” aprobado mediante Ordenanza Municipal N°367/2007 de fecha 25 de Julio de 2007.

3.1.2. ELEMENTOS QUE CONFORMAN LA RED GEODESICA SATELITAL LA PAZ 2013

En esta sección se describen los elementos que conforman la red, de manera que los usuarios los conozcan y se familiaricen con ellos, al final de la sección se encuentra un Mapa de localización general.

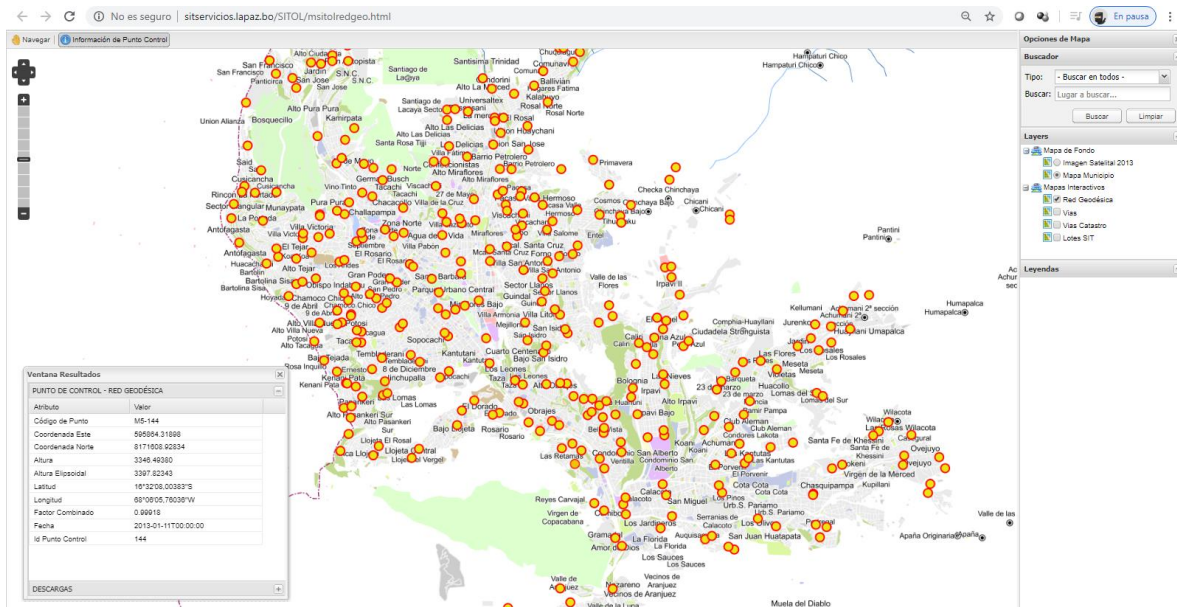


Figura 49 – Red Geodésica Satelital La Paz

Fuente. - <http://sitservicios.lapaz.bo/SITOL/msitolredgeo.html>

3.1.2.1. ESTACIONES RED MARGEN – ROC³⁶.

La Red de Operaciones Continuas, componente del Marco de Referencia Geocéntrico Nacional (MARGEN), es parte de la Red SIRGAS (Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas), que a su vez está enlazado al Marco Internacional de Referencia Terrestre (ITRF: International Terrestrial Reference Frame). Además del sistema de referencia geométrico, se ocupa de la definición y representación física de un sistema vertical de referencia basado en alturas elipsoidales y en números geopotenciales.

La Red de Operaciones Continuas del Estado Plurinacional que forma parte de esta iniciativa, es la base para el desarrollo de proyectos comprometidos con la generación y utilización de información georreferenciada en la región, tanto a nivel nacional como internacional.

Además de proveer las coordenadas de referencia para aplicaciones prácticas como proyectos de ingeniería, administración digital de información geográfica, infraestructuras de datos espaciales; MARGEN-ROC es la plataforma para una variedad amplia de aplicaciones científicas como observación de deformaciones de la corteza terrestre, movimientos verticales, variación del nivel del mar, estudios atmosféricos.

La materialización y ajuste de la Red Geodésica Satelital La Paz 2013 se realizó con las estaciones activas pertenecientes a la Red Margen – Sirgas; las cuales son:

1. Estación CGPS. BLPZ (LA PAZ)
2. Estación CGPS. EMIB (LA PAZ-ALTO IRPAVI)

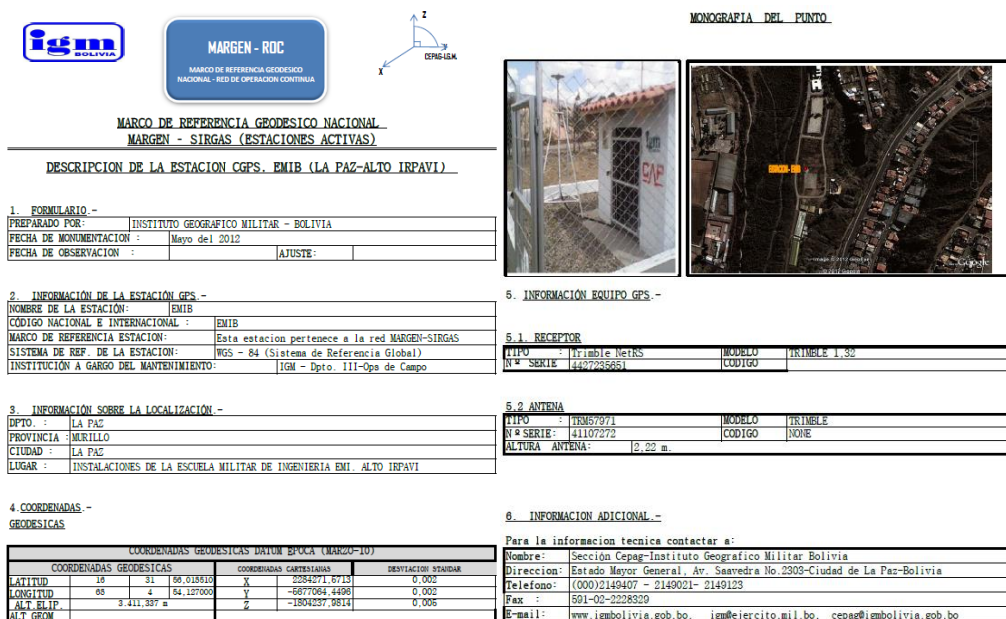


Figura 50 – Monografía de estación CGPS. EMIB (LA PAZ-ALTO IRPAVI)
Fuente. - Instituto Geográfico Militar de Bolivia

³⁶ MARCO DE REFERENCIA GEOCÉNTRICO NACIONAL (MARGEN) RED DE OPERACIONES CONTINUAS DE BOLIVIA (ROC) – Boletín Instituto Geográfico Militar de Bolivia



MONOGRAFIA DEL PUNTO

MARCO DE REFERENCIA GEODESICO NACIONAL - MARGEN - SIRGAS (ESTACIONES ACTIVAS)

DESCRIPCION DE LA ESTACION CGPS. BLPZ (LA PAZ)

1. FORMULARIO -

PREPARADO POR:	INSTITUTO GEOGRAFICO MILITAR - BOLIVIA		
FECHA DE MONUMENTACION:	Mayo del 2006		
FECHA DE OBSERVACION:		AJUSTE:	

2. INFORMACION DE LA ESTACION GPS -

NOMBRE DE LA ESTACION:	BLPZ		
CODIGO NACIONAL E INTERNACIONAL:	BLPZ		
MARCO DE REFERENCIA ESTACION:	Esta estacion pertenece a la red MARGEN-SIRGAS		
SISTEMA DE REF. DE LA ESTACION:	WGS - 84 (Sistema de Referencia Global)		
INSTITUCION A GARGO DEL MANTENIMIENTO:	IGM - Dpto. III- Ops de Campo		

3. INFORMACION SOBRE LA LOCALIZACION -

DPTO.:	LA PAZ		
PROVINCIA:	MURILLO		
CIUDAD:	EL ALTO		
LUGAR:	INSTALACIONES DEL REGIMIENTO RC-4 INGAVI		

4. COORDENADAS - GEODESICAS

COORDENADAS GEODESICAS DATUM EPOCA (MARZO-10)						
COORDENADAS GEODESICAS			COORDENADAS CARTESIANAS		DEVIACION STANDARD	
LATITUD	16	31	47.466668	X	2276960.368	0.005
LONGITUD	68	10	5.814333	Y	-5681183.716	0.005
ALT. BLPZ	4.090.662 m		Z	-1804179.07	0.005	
ALT. GEOM	4040.9412 M.S.N.M.					



6. INFORMACION EQUIPO GPS -

6.1 RECEPTOR

TIPO:	Trimble	MODELO:	Netra 1.1-3
Nº SERIE:	12466293	CODIGO:	TRM 41249
Nº SERIE:	14705197706		

6.2 ANTENA

TIPO:	Trimble	MODELO:	Sephyr Geodetic
Nº SERIE:	12466293	CODIGO:	TRM 41249
ALTURA ANTENA:	2.072 m.		
Para efectos de Post Proceso (Ajustes) utilizar Altura Antena 0.0			

6. INFORMACION ADICIONAL -

Para la informacion tecnica contactar a:	
Nombre:	Sección Cepag-Instituto Geografico Militar Bolivia
Direccion:	Estado Mayor General, Av. Saavedra No.2303-Ciudad de La Paz-Bolivia
Telefono:	(000)2149407 - 2149021- 2149123
Fax:	501-02-2228329
E-mail:	www.igmbolivia.gob.bo, igm@ejercito.mil.bo, cepag@igmbolivia.gob.bo

Figura 51 – Monografía de estación CGPS. BLPZ (LA PAZ) Fuente. - Instituto Geográfico Militar de Bolivia

3.1.2.2. VERTICES DE RED GEODESICA SATELITAL LA PAZ 2013

365 puntos densificados de la Red Geodésica Satelital La Paz 2013, están materializados de las siguientes maneras:

1. Pin de Acero
2. Bulones de aluminio
3. Monumentación de Mojones

Es necesario recalcar que los pines no cumplen los requisitos de monumentación estándar para el conformado de un Marco de referencia local de una red geodésica.

Se adjunta en ANEXO B listado de vértices de “Red Geodésica Satelital La Paz” aprobado mediante Decreto Municipal N°10/2015 de fecha 25 de marzo de 2015.

3.2. METODOLOGIA

A continuación, se describe la metodología empleada para la obtención del modelo cinemático local de velocidades para la ciudad de La Paz.



Figura 52 – Monumentación de Varillas de acero “PINES”

Fuente. - Informe técnico “Fortalecimiento y actualización de la base catastral, cartográfica y geodésica del municipio – Contratación de consultoría para la elaboración de la red geodésica y cartográfica “

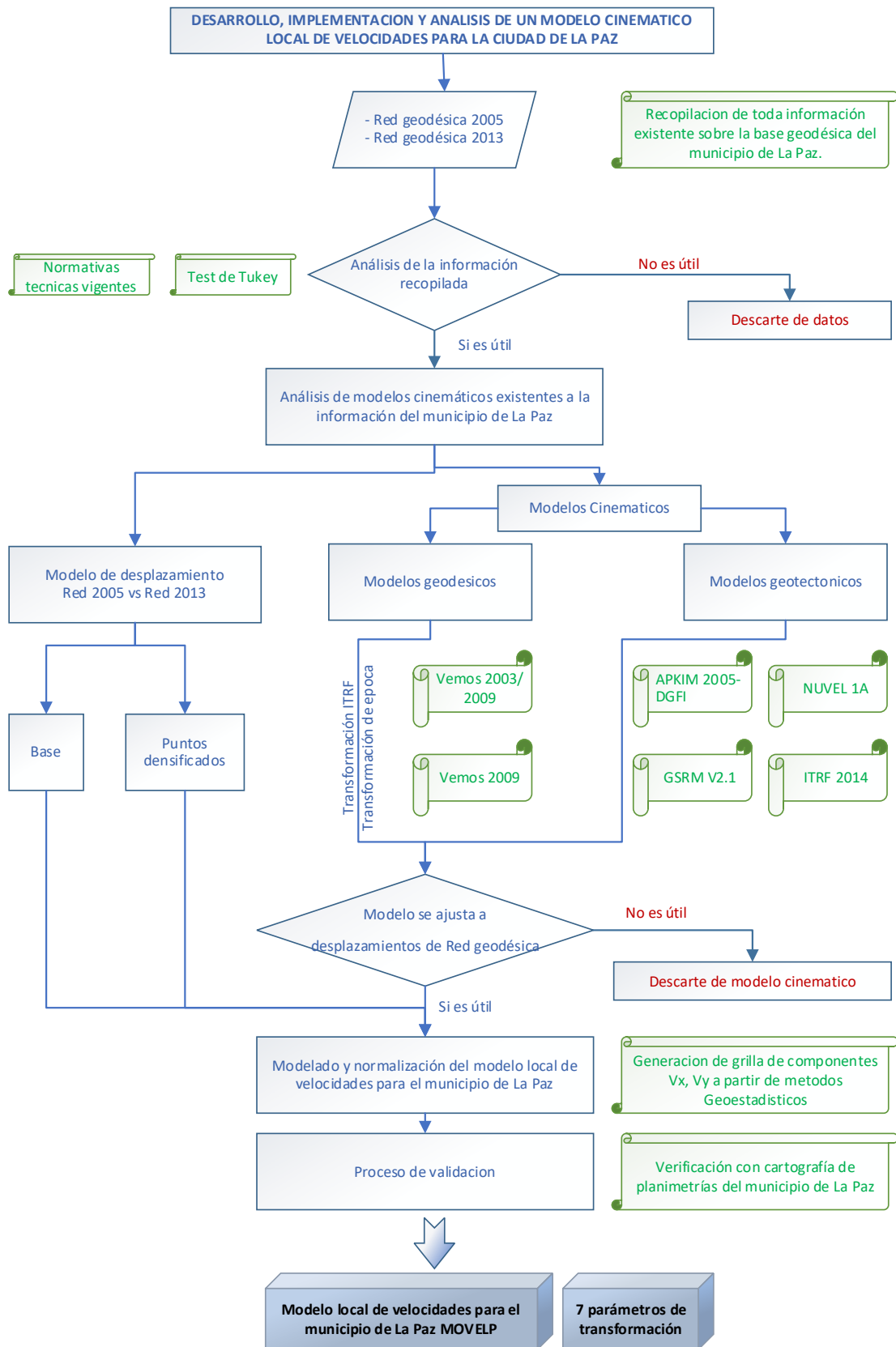


Figura 53 – Diagrama de procedimientos metodológicos
Fuente. - Elaboración propia

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

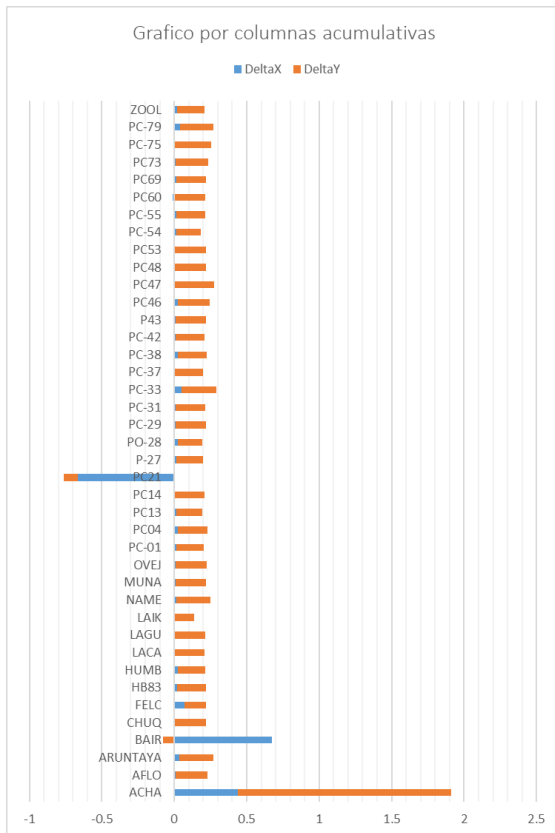


Figura 54 – Diferencia de coordenadas de la Red Geodésica de La Paz
Fuente. - *Elaboración propia*

4.1. MODELO DE DESPLAZAMIENTO: RED 2005 VS RED 2013

4.1.1. CALCULO DE MODELO DE DESPLAZAMIENTO MEDIANTE DIFERENCIA DE COORDENADAS DE VERTICES GEODESICOS

Para este fin se hará una consulta de base de datos en base al nombre del vértice geodésico y paralelamente una consulta de proximidad física, con el fin de descartar un posible cambio de nombre de vértice geodésico, previa verificación de monografías de puntos seleccionados a fin de tener una certeza del 100% que el marco de referencia empleado en ambas redes geodésicas sea el mismo.

Una vez concluida la base de datos se contempló un universo de 40 datos de los cuales existen 3 valores que difieren significativamente razón por la cual son descartados (ACHA, PC21 y BAIR).

Mediante la detección de valor atípicos (test de Tukey³⁷) se descartaron en una segunda

instancia 4 vértices geodésicos, quedándonos con un universo de datos igual a 31.

Los datos estadísticos finales se muestran en la tabla a continuación:

Estadística	Delta X	Delta Y
Suma	0.4026	6.3894
N	31	31
Promedio	0.013	0.206
Desviación Estándar	0.0104	0.0151
Valor Mínimo	-0.0104	0.1688

³⁷ Test de Tukey. - Toma como referencia la diferencia entre el primer cuartil y el tercer cuartil, o rango intercuartílico. En un diagrama de caja se considera un valor atípico el que se encuentra 1,5 veces esa distancia de uno de esos cuartiles (atípico leve) o a 3 veces esa distancia (atípico extremo).

https://es.wikipedia.org/wiki/Valor_at%C3%ADpico

1er Cuartil	0.0070	0.1991
Mediana	0.0112	0.2056
3er Cuartil	0.0173	0.2164
Valor Máximo	0.0412	0.2357
Rango Intercuartil	0.0103	0.0173
Limite Interno Min	-0.0085	0.1730
Limite Interno Max	0.0328	0.2424
Limite Externo Min	-0.0240	0.1470
Limite Externo Max	0.0484	0.2685

Tabla 3 – Cuadro estadístico diferencia de coordenadas por periodo
Fuente. – Elaboración propia

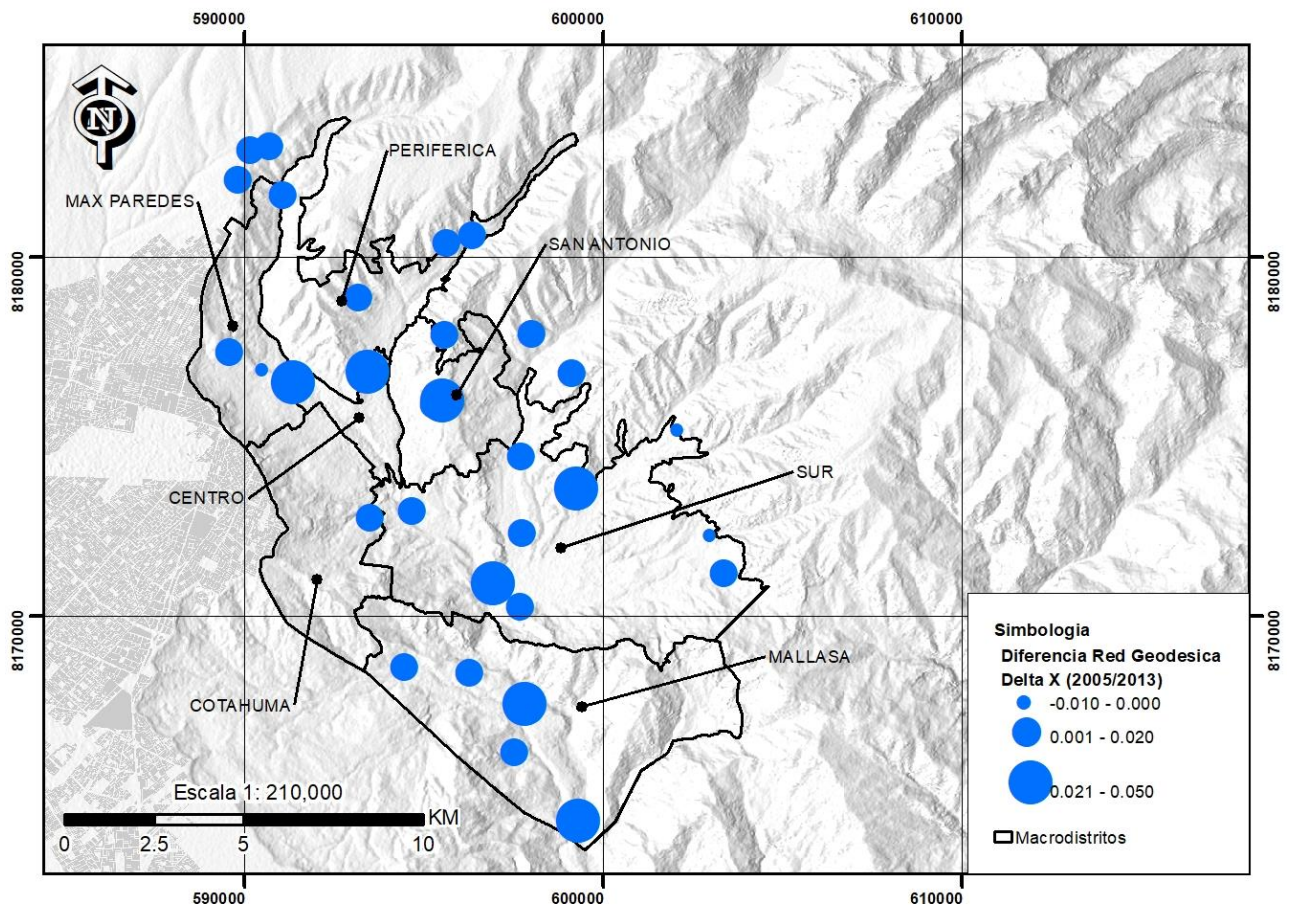


Figura 55 – Mapa de diferencia de coordenadas en Delta X (Este) – Red 2005 vs Red 2013
Fuente. - Elaboración propia

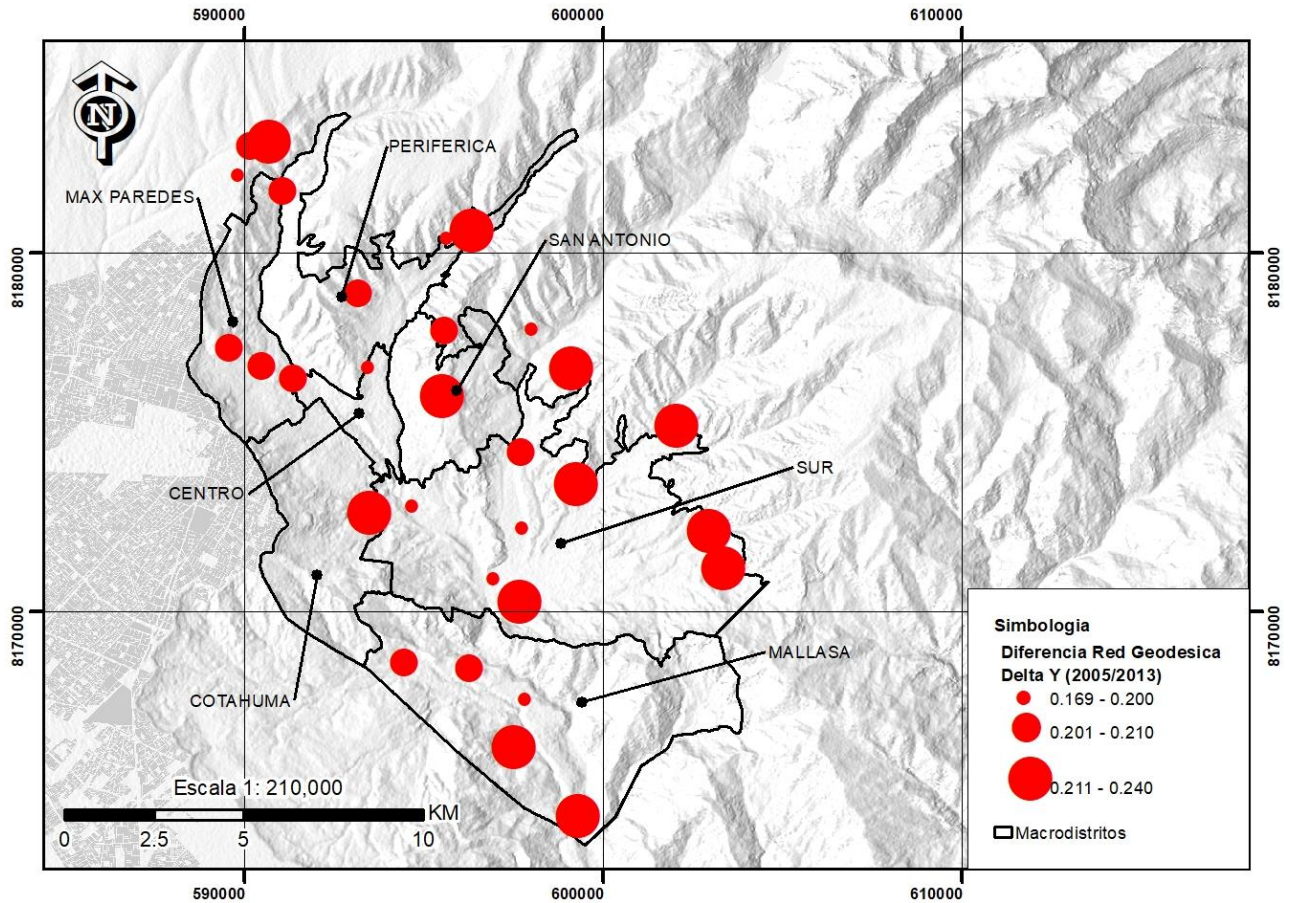
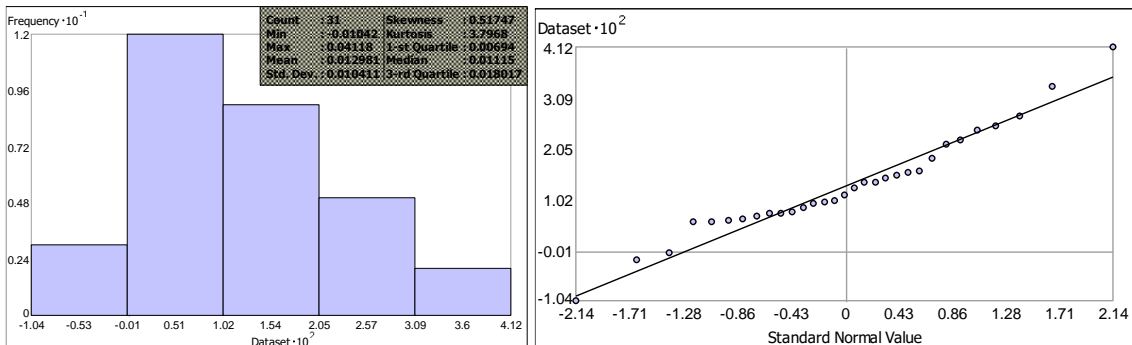


Figura 56 – Mapa de diferencia de coordenadas en Delta Y (Norte) – Red 2005 vs Red 2013
Fuente. - Elaboración propia

Como se puede apreciar el comportamiento de los vértices geodésicos en Delta X ($X_{RED2013} - X_{RED2005}$) y Delta Y ($Y_{RED2013} - Y_{RED2005}$) no presenta grandes diferencias entre los mismos, existiendo una variación de 4 cm en el eje X y 7 cm en Eje Y. Asimismo los datos guardan relación con una toma confiable de datos estadísticos como se puede apreciar en los Histogramas y las gráficas de dispersión normal.



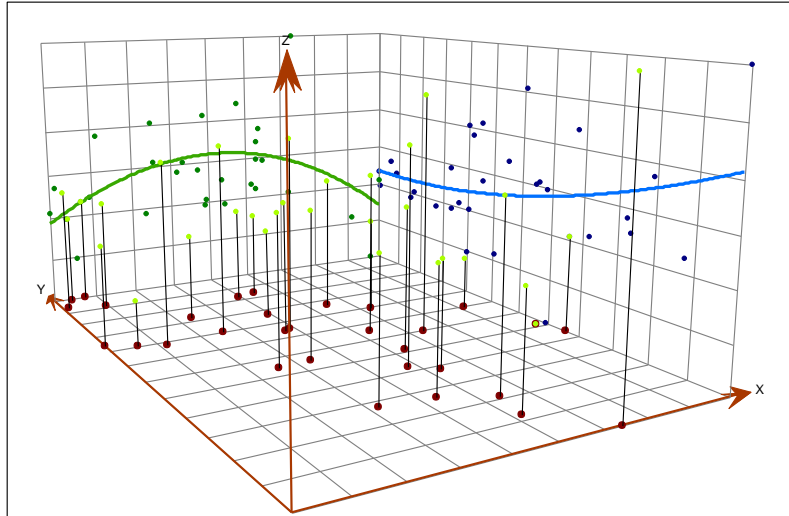


Figura 57 – Red 2005 vs Red 2013: Delta X; Izquierda: Histograma; Derecha: Diagrama de dispersión; Abajo: Diagrama de tendencias

Fuente: Elaboración propia (Geostatistical Analyst – Arc Gis)

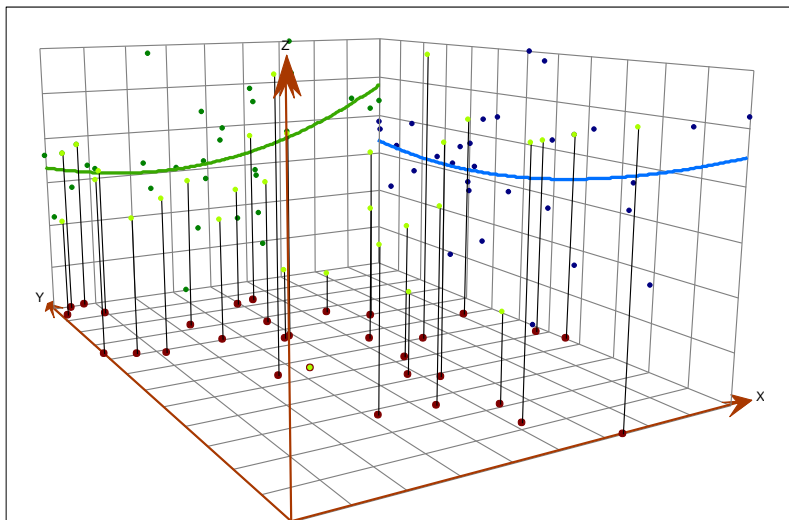
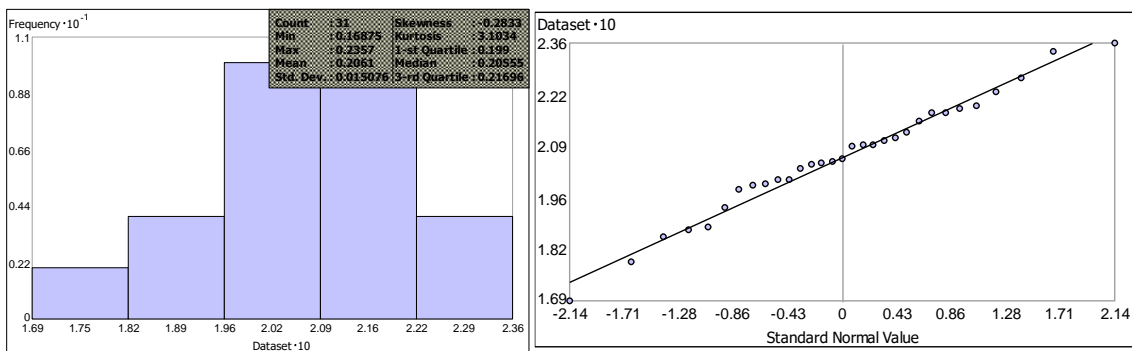


Figura 58 – Red 2005 vs Red 2013: Delta Y; Izquierda: Histograma; Derecha: Diagrama de dispersión; Abajo: Diagrama de tendencias

Fuente: Elaboración propia (Geostatistical Analyst – Arc Gis)

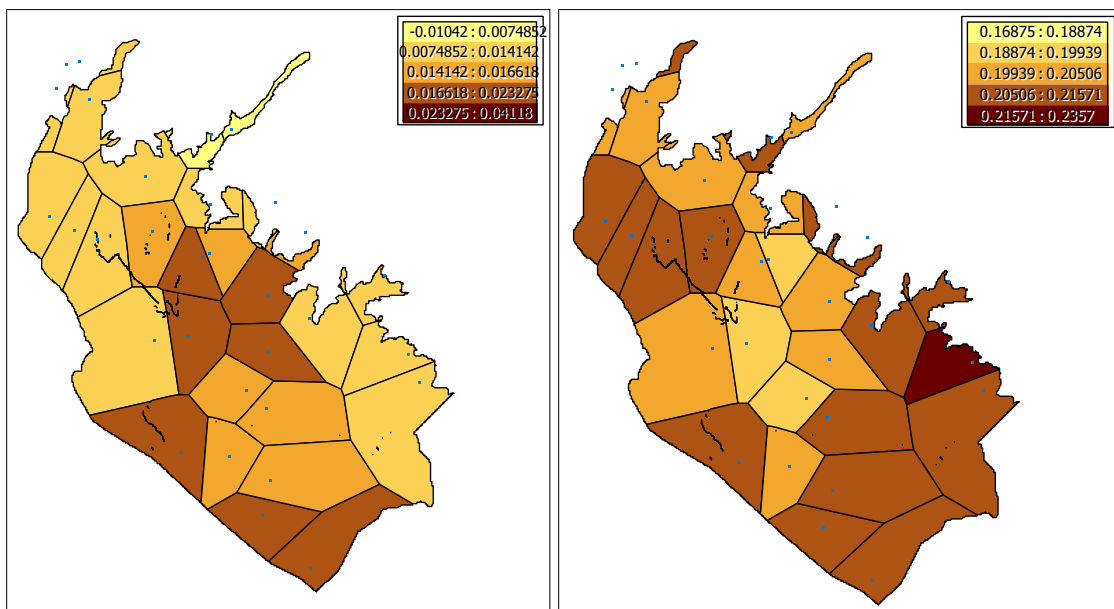


Figura 59 – Red 2005 vs Red 2013 – Polígonos de Voronio Izquierda: Delta X; Derecha: Delta Y
Fuente: Elaboración propia (Geostatistical Analyst – Arc Gis)

Los valores estudiados en los Delta X ($X_{RED2013} - X_{RED2005}$) y Delta Y ($Y_{RED2013} - Y_{RED2005}$), presentan una distribución uniforme en los histogramas, no fue necesario ninguna transformación; en los diagramas de dispersión se puede observar la forma de la recta tendencia a 45°, situación que nos da mayor confiabilidad; con referencia a los diagramas de dispersión no presentan una tendencia que sea necesaria considerada para su corrección; situación que a su vez puede ser corroborada en los polígonos de Voronio de cada entidad estudiada.

De acuerdo al desplazamiento del marco de referencia de la red geodésica de La Paz los valores finales son:

- Delta X = 0.013 m.
- Delta Y = 0.206 m.

4.1.2. CALCULO DE MODELO DE DESPLAZAMIENTO MEDIANTE DIFERENCIA DE COORDENADAS DE LA ESTACION BASE CONTINUA BLPZ

En la actualidad la ciudad de La Paz cuenta con dos estaciones continuas pertenecientes a la Red SIRGAS³⁸ que sirvieron de base para la densificación de la Red Geodésica Satelital La Paz 2013: <http://www.Sirgas.org/es/Sirgas-con-network/stations/>

³⁸ El contar con 2 bases continuas de monitoreo GNSS, implica otra opción de establecimiento de modelo de velocidades local, por el monitoreo continuo de coordenadas directamente desde los servidores SIRGAS, al que tienen acceso solo las instituciones designadas por el gobierno de los países miembros, Instituto Geográfico Militar, en el caso de Bolivia. Los reportes finales si son de libre acceso al público, como se observa en la figura 60 y 61; pero no así los datos de procesamiento. <http://www.sirgas.org/en/sirgas-con-network/>

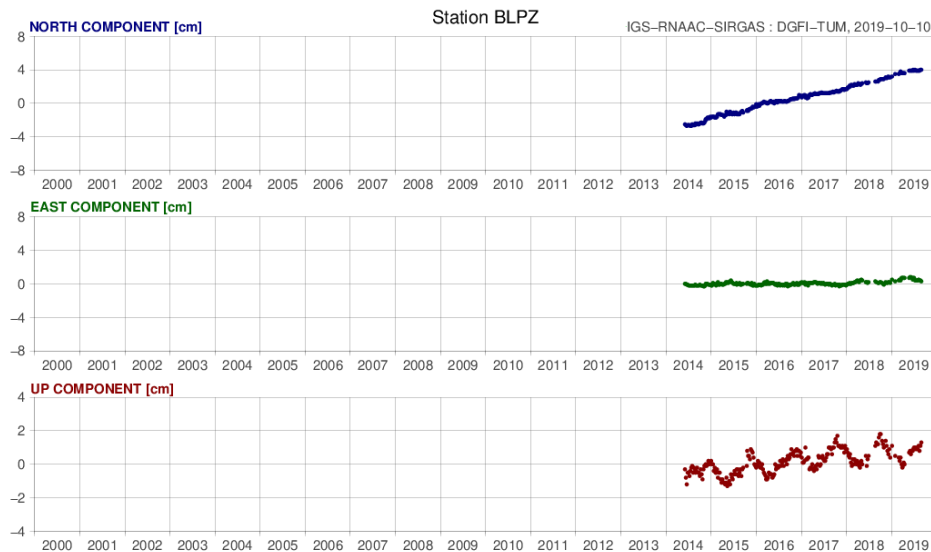


Figura 60 – Reporte SIRGAS de seguimiento de coordenadas estación BLPZ (Delta x, Delta Y, Delta Z)
 Fuente. - <http://www.Sirgas.org/es/Sirgas-con-network/stations/>

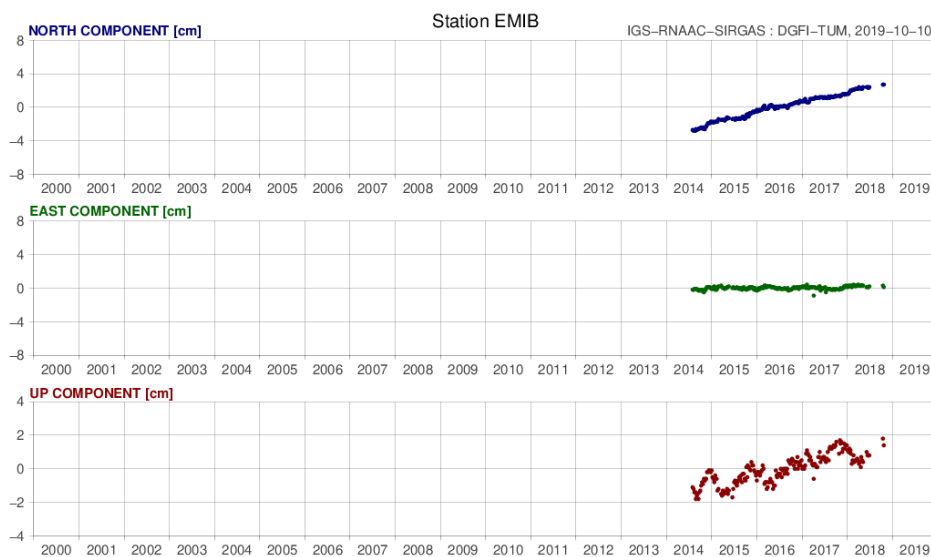


Figura 61 – Reporte SIRGAS de seguimiento de coordenadas estación EMIB (Delta x, Delta Y, Delta Z)
 Fuente. - <http://www.Sirgas.org/es/Sirgas-con-network/stations/>

De acuerdo a informes técnicos elaborados por el Instituto Geográfico Militar para la elaboración de las redes geodésicas municipales de la ciudad de La Paz, en sus dos épocas 2005 y 2013 las variaciones de las coordenadas de la estación continua BLPZ son las siguientes:

Estación	Este	Norte	Altura Ortométrica
BLPZ 2005	588751.18107	8172270.46588	---
	Latitud	Longitud	Altura Elipsoidal
	16 31 47.47184	68 10 05.81427	4089.3310

Tabla 4 – Coordenadas estación base BLPZ Red 2005
 Fuente. - Informe Técnico Red Geodésica Municipal La Paz 2005

Estación	Este	Norte	Altura Ortométrica
BLPZ 2013	588751.17973	8172270.65839	4040.9412
	Latitud	Longitud	Altura Elipsoidal
	16 31 47.465568	68 10 05.814333	4090.65200

Tabla 5 – Coordenadas estación base BLPZ Red 2013
Fuente. - Informe Técnico Red Geodésica Municipal La Paz 2005

Los valores estudiados en los Delta X ($X_{RED2013} - X_{RED2005}$) y Delta Y ($Y_{RED2013} - Y_{RED2005}$), de acuerdo al desplazamiento de la Estación Continua Base de la red geodésica de La Paz son:

- Delta X = -0.00134 m.
- Delta Y = 0.19251 m.
- Delta Z (h elipsoidal) = 1.321 m.

4.2. CALCULO DE MODELO CINEMATICO GEODESICO MEDIANTE VEMOS

4.2.1. TRANSFORMACION DEL MARCO GLOBAL DE REFERENCIA TERRESTRE ITRF

El valor de las coordenadas de los vértices de la Red Geodésica 2005 están enlazadas a la solución ITRF 94 (época 1995.4), la misma será transformada a la solución ITRF 2005 (época 1995.4) de la cual esta enlazada la red geodésica 2013 (época 2010.2).

Station	Latitude (D)	Longitude (D)	h (m)	Latitude (D)	Longitude (D)	h (m)
085X	-16.557989	-68.061931	3833.760	-16.55798887	-68.06193108	3833.748
ACHA	-16.471712	-68.145466	4100.995	-16.47171187	-68.14546608	4100.983
AFLO	-16.547736	-68.0846	3409.229	-16.54773587	-68.08460008	3409.217
ALAC	-16.5468	-68.148448	4049.455	-16.54679987	-68.14844808	4049.443
ARUN	-16.51794	-68.069993	3713.904	-16.51793987	-68.06999308	3713.892
BAIR	-16.522223	-68.138723	3821.916	-16.52222287	-68.13872308	3821.904
BEVI	-16.521864	-68.093776	3541.050	-16.52186387	-68.09377608	3541.038
BPUL	-16.482044	-68.115152	3814.896	-16.48204387	-68.11515208	3814.884
CALV	-16.50907	-68.14865	3977.447	-16.50906987	-68.14865008	3977.435
CHAJ	-16.512511	-68.049651	3759.088	-16.51251087	-68.04965108	3759.076
CHUQ	-16.454154	-68.097341	4033.741	-16.45415387	-68.09734108	4033.729
CMAT	-16.507511	-68.078636	3603.732	-16.50751087	-68.07863608	3603.720
COL6	-16.533837	-68.082075	3404.560	-16.53383687	-68.08207508	3404.548
FELC	-16.519173	-68.128323	3627.656	-16.51917287	-68.12832308	3627.644
HB83	-16.509783	-68.084311	3543.324	-16.50978287	-68.08431108	3543.312
HUAC	-16.519853	-68.059991	3612.072	-16.51985287	-68.05999108	3612.060
HUMB	-16.541915	-68.091573	3289.226	-16.54191487	-68.09157308	3289.214
IGM1	-16.509292	-68.117346	3554.866	-16.50929187	-68.11734608	3554.854
INGA	-16.529853	-68.168282	4089.331	-16.52985287	-68.16828208	4089.319
JARD	-16.522245	-68.122193	3494.414	-16.52224487	-68.12219308	3494.402
JUPA	-16.589612	-68.071257	3222.523	-16.58961187	-68.07125708	3222.511
LACA	-16.470078	-68.127138	4115.381	-16.47007787	-68.12713808	4115.369
LAGU	-16.432917	-68.155413	4362.505	-16.43291687	-68.15541308	4362.493
LAIK	-16.505472	-68.123474	3627.719	-16.50547187	-68.12347408	3627.707

Figura 62 – Software científico TRX
Fuente. – Elaboración propia (Captura Pantalla)

Con este fin se empleó el software científico del Ministerio de Recursos Naturales de Canada: TRX v1.4.1; en el mismo ya cuenta con los 7 parámetros de transformación entre soluciones ITRFs.

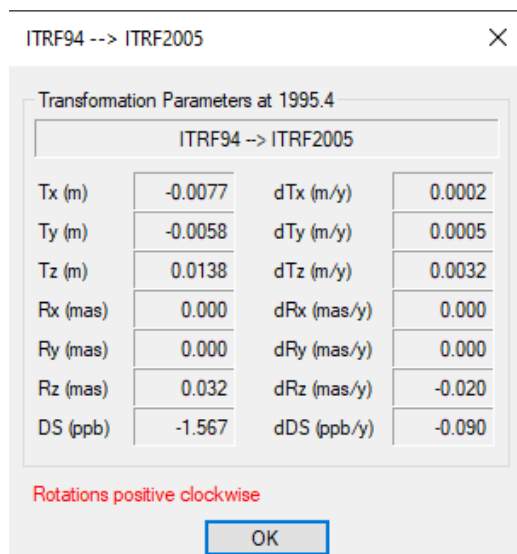


Figura 63 – Parámetros de transformación ITRFs “TRX”
Fuente. – Elaboración propia (Captura Pantalla)

A continuación, se observa una tabla de valores de coordenadas transformadas a ITRF 2005 (época 1995.4)

Nro	Est.	ITRF 1994			ITRF 2005					
		Latitud S	Longitud W	h	Latitud S	Longitud W	h	X	Y	Z
1	085X	16.557989	68.061931	3833.760	16.55798887	68.06193108	3833.748	2286078.199	-5675897.997	-1807092.676
2	ACHA	16.471712	68.145466	4100.995	16.47171187	68.14546608	4100.983	2278906.864	-5681983.377	-1798009.034
3	AFLO	16.547736	68.084600	3409.229	16.54773587	68.08460008	3409.217	2283801.196	-5676724.577	-1805883.486
4	ALAC	16.546800	68.148448	4049.455	16.54679987	68.14844808	4049.443	2277713.289	-5679863.038	-1805966.476
5	ARUN	16.517940	68.069993	3713.904	16.51793987	68.06999308	3713.892	2285708.062	-5677284.008	-1802807.381
6	BAIR	16.522223	68.138723	3821.916	16.52222287	68.13872308	3821.904	2278884.494	-5679992.727	-1803292.774
7	BEVI	16.521864	68.093776	3541.050	16.52186387	68.09377608	3541.038	2283243.350	-5677963.917	-1803174.789
8	BPUL	16.482044	68.115152	3814.896	16.48204387	68.11515208	3814.884	2281689.548	-5680221.169	-1799024.996
9	CALV	16.509070	68.148650	3977.447	16.50906987	68.14865008	3977.435	2278109.956	-5680910.170	-1801940.618
10	CHAJ	16.512511	68.049651	3759.088	16.51251087	68.04965108	3759.076	2287803.624	-5676670.825	-1802243.877
11	CHUQ	16.454154	68.097341	4033.741	16.45415387	68.09734108	4033.729	2283860.063	-5680518.614	-1796125.407
12	CMAT	16.507511	68.078636	3603.732	16.50751087	68.07863608	3603.720	2284934.726	-5677835.239	-1801668.913
13	COL6	16.533837	68.082075	3404.560	16.53383687	68.08207508	3404.548	2284213.240	-5677026.241	-1804406.893
14	FELC	16.519173	68.128323	3627.656	16.51917287	68.12832308	3627.644	2279881.852	-5679495.271	-1802913.752
15	HB83	16.509783	68.084311	3543.324	16.50978287	68.08431108	3543.312	2284324.041	-5677941.476	-1801892.947
16	HUAC	16.519853	68.059991	3612.072	16.51985287	68.05999108	3612.060	2286640.118	-5676738.486	-1802981.507
17	HUMB	16.541915	68.091573	3289.226	16.54191487	68.09157308	3289.214	2283135.871	-5677066.033	-1805231.480
18	IGM1	16.509292	68.117346	3554.866	16.50929187	68.11734608	3554.854	2281059.816	-5679282.209	-1801844.102
19	INGA	16.529853	68.168282	4089.331	16.52985287	68.16828208	4089.319	2275959.858	-5681182.520	-1804178.863
20	JARD	16.522245	68.122193	3494.414	16.52224487	68.12219308	3494.402	2280405.838	-5679043.016	-1803201.972
21	JUPA	16.589612	68.071257	3222.523	16.58961187	68.07125708	3222.511	2284562.516	-5674800.032	-1810274.341
22	LACA	16.470078	68.127138	4115.381	16.47007787	68.12713808	4115.369	2280748.575	-5681314.512	-1797839.597
23	LAGU	16.432917	68.155413	4362.505	16.43291687	68.15541308	4362.493	2278466.442	-5683741.073	-1793962.945
24	LAIK	16.505472	68.123474	3627.719	16.50547187	68.12347408	3627.707	2280523.191	-5679702.494	-1801459.261
25	MAME	16.525461	68.123961	3559.250	16.52546087	68.12396108	3559.238	2280216.020	-5679077.078	-1803561.800
26	MUNA	16.483978	68.160794	4112.897	16.48397787	68.16079408	4112.885	2277247.640	-5682245.812	-1799314.904
27	OVEJ	16.539040	68.031345	3785.903	16.53903987	68.03134508	3785.891	2289314.231	-5675188.517	-1805067.716

Nro	Est.	ITRF 1994			ITRF 2005					
		Latitud S	Longitud W	h	Latitud S	Longitud W	h	X	Y	Z
28	P028	16.506110	68.105693	3806.106	16.50610987	68.10569308	3806.094	2282341.997	-5679134.566	-1801577.676
29	P043	16.564381	68.097650	3395.491	16.56438087	68.09765008	3395.479	2282307.361	-5676745.121	-1807646.162
30	P-27	16.496884	68.107172	3876.274	16.49688387	68.10717208	3876.262	2282328.683	-5679525.155	-1800618.081
31	PC01	16.440613	68.158792	4357.131	16.44061287	68.15879208	4357.119	2278039.607	-5683646.811	-1794778.845
32	PC02	16.468508	68.166378	4162.704	16.46850787	68.16637808	4162.692	2276892.303	-5682963.068	-1797686.290
33	PC03	16.486319	68.169361	4128.484	16.48631887	68.16936108	4128.473	2276376.195	-5682531.836	-1799567.904
34	PC04	16.491670	68.143989	3737.142	16.49166987	68.14398908	3737.130	2278690.034	-5681018.877	-1800024.990
35	PC05	16.485773	68.136614	3825.020	16.48577287	68.13661408	3825.009	2279521.661	-5680975.726	-1799423.811
36	PC06	16.445926	68.130984	4372.707	16.44592587	68.13098408	4372.695	2280741.376	-5682399.820	-1795347.549
37	PC07	16.434607	68.129117	4390.479	16.43460687	68.12911708	4390.467	2281065.037	-5682670.533	-1794150.363
38	PC08	16.438094	68.090653	4467.485	16.43809387	68.09065308	4467.473	2284866.222	-5681105.075	-1794542.524
39	PC09	16.462561	68.077778	4243.084	16.46256087	68.07777808	4243.073	2285775.962	-5679680.048	-1797077.528
40	PC10	16.474697	68.058322	4016.306	16.47469687	68.05832208	4016.295	2287480.866	-5678348.432	-1798301.993
41	PC11	16.497995	68.078959	3633.817	16.49799487	68.07895908	3633.806	2285025.228	-5678152.549	-1800667.185
42	PC12	16.512369	68.091281	3505.129	16.51236887	68.09128108	3505.117	2283589.278	-5678109.845	-1802156.621
43	PC13	16.478915	68.081918	3814.590	16.47891487	68.08191808	3814.578	2285020.516	-5678987.650	-1798692.669
44	PC14	16.479369	68.104551	4075.590	16.47936887	68.10455108	4075.578	2282865.036	-5680108.830	-1798814.913
45	PC15	16.483028	68.039830	4255.932	16.48302787	68.03983008	4255.920	2289301.481	-5677580.269	-1799254.613
46	PC16	16.537376	68.015457	4158.582	16.53737587	68.01545708	4158.571	2291041.239	-5674933.396	-1804997.163
47	PC17	16.558615	68.026742	4242.165	16.55861487	68.02674208	4242.154	2289702.785	-5674837.611	-1807275.513
48	PC18	16.569574	68.044510	3691.661	16.56957387	68.04451008	3691.649	2287616.215	-5674737.136	-1808281.743
49	PC19	16.566392	68.058714	3749.377	16.56639187	68.05871408	3749.365	2286267.553	-5675448.584	-1807960.488
50	PC20	16.543687	68.073613	3394.005	16.54368687	68.07361308	3393.993	2284931.945	-5676391.432	-1805449.394
51	PC21	16.541266	68.054506	3578.352	16.54126587	68.05450608	3578.340	2286919.349	-5675863.844	-1805244.912
52	PC22	16.576724	68.051971	3769.247	16.57672387	68.05197108	3769.235	2286820.624	-5674894.491	-1809062.701
53	PC23	16.616521	68.065240	3053.615	16.61652087	68.06524008	3053.603	2284779.974	-5673620.242	-1813081.218
54	PC24	16.575348	68.106870	3369.754	16.57534787	68.10687008	3369.743	2281255.508	-5676768.099	-1808802.702
55	PC25	16.563378	68.138050	3633.443	16.56337787	68.13805008	3633.431	2278400.767	-5678594.053	-1807607.549
56	PC26	16.497785	68.163157	4128.197	16.49778487	68.16315708	4128.185	2276857.312	-5681950.479	-1800785.283
57	PC27	16.540808	68.106340	3345.974	16.54080787	68.10634008	3345.962	2281705.927	-5677737.139	-1805130.140
58	PC28	16.556942	68.104170	3349.514	16.55694187	68.10417008	3349.502	2281732.475	-5677181.745	-1806843.553
59	PC29	16.431971	68.150397	4262.156	16.43197087	68.15039708	4262.144	2278939.228	-5683479.751	-1793834.078
60	PC30	16.431170	68.142212	4242.154	16.43116987	68.14221208	4242.143	2279753.318	-5683159.616	-1793743.342
61	PC31	16.444320	68.147047	4054.973	16.44431987	68.14704708	4054.961	2279053.522	-5682802.898	-1795087.032
62	PC32	16.453123	68.162279	4309.099	16.45312287	68.16227908	4309.087	2277530.662	-5683378.599	-1796093.906
63	PC33	16.458935	68.149883	3948.554	16.45893487	68.14988308	3948.543	2278563.668	-5682395.564	-1796609.002
64	PC34	16.456636	68.137024	4197.728	16.45663587	68.13702408	4197.716	2279954.767	-5682172.754	-1796435.447
65	PC35	16.456740	68.114544	4289.935	16.45673987	68.11454408	4289.923	2282215.739	-5681356.805	-1796472.613
66	PC36	16.473098	68.140134	4123.900	16.47309787	68.14013408	4123.888	2279427.600	-5681751.270	-1798162.709
67	PC37	16.488479	68.152196	3845.969	16.48847887	68.15219608	3845.957	2277952.424	-5681535.164	-1799717.074
68	PC38	16.488869	68.124577	3721.326	16.48886887	68.12457708	3721.315	2280641.803	-5680314.148	-1799723.106
69	PC39	16.505030	68.138867	3688.907	16.50502987	68.13886708	3688.896	2279024.230	-5680382.323	-1801429.719
70	PC40	16.514652	68.154981	4108.486	16.51465187	68.15498108	4108.475	2277463.599	-5681115.409	-1802570.491
71	PC41	16.446239	68.108157	4404.486	16.44623887	68.10815708	4404.474	2283012.804	-5681509.883	-1795389.790
72	PC42	16.456226	68.104208	4107.118	16.45622587	68.10420808	4107.107	2283181.232	-5680797.288	-1796366.237
73	PC43	16.446421	68.081162	4223.030	16.44642087	68.08116208	4223.019	2285622.308	-5680266.861	-1795357.746
74	PC44	16.455296	68.078334	4343.755	16.45529587	68.07833408	4343.744	2285841.989	-5680003.254	-1796334.503
75	PC45	16.467008	68.064709	3843.159	16.46700787	68.06470908	3843.147	2286876.014	-5678673.296	-1797436.421
76	PC46	16.495979	68.104889	3889.916	16.49597887	68.10488908	3889.904	2282570.476	-5679472.749	-1800525.867
77	PC47	16.489536	68.092646	3804.810	16.48953587	68.09264608	3804.798	2283829.140	-5679097.082	-1799817.620
78	PC48	16.488852	68.071199	3893.810	16.48885187	68.07119908	3893.799	2285994.682	-5678340.907	-1799770.257
79	PC49	16.474569	68.049904	4058.864	16.47456887	68.04990408	4058.853	2288331.872	-5678053.871	-1798300.470
80	PC50	16.489352	68.053858	4169.996	16.48935187	68.05385808	4169.984	2287806.272	-5677879.834	-1799901.737
81	PC51	16.502627	68.060769	3726.973	16.50262687	68.06076908	3726.961	2286806.732	-5677374.553	-1801185.414
82	PC52	16.497466	68.031368	4153.054	16.49746587	68.03136808	4153.042	2289933.296	-5676729.741	-1800758.471
83	PC53	16.503097	68.043629	3892.505	16.50309687	68.04362908	3892.493	2288558.828	-5676823.692	-1801282.335
84	PC54	16.523748	68.112749	3392.240	16.52374787	68.11274908	3392.228	2281287.718	-5678532.250	-1803332.460

Nro	Est.	ITRF 1994			ITRF 2005					
		Latitud S	Longitud W	h	Latitud S	Longitud W	h	X	Y	Z
85	PC55	16.529059	68.084103	3345.481	16.52905887	68.08410308	3345.469	2284047.345	-5677194.197	-1803882.915
86	PC56	16.514549	68.047891	3833.459	16.51454887	68.04789108	3833.447	2287980.674	-5676607.186	-1802481.377
87	PC57	16.511763	68.029423	4006.165	16.51176287	68.02942308	4006.153	2289905.037	-5676104.288	-1802234.690
88	PC58	16.519633	68.025300	4081.080	16.51963287	68.02530008	4081.068	2290247.655	-5675776.353	-1803091.512
89	PC59	16.521365	68.040554	3873.071	16.52136487	68.04055408	3873.060	2288641.529	-5676150.357	-1803216.236
90	PC60	16.529706	68.035126	3765.979	16.52970587	68.03512608	3765.967	2289042.591	-5675594.654	-1804071.229
91	PC61	16.534416	68.067282	3481.962	16.53441587	68.06728208	3481.950	2285699.797	-5676488.205	-1804490.379
92	PC62	16.546378	68.015921	3978.590	16.54637787	68.01592108	3978.579	2290824.444	-5674528.774	-1805901.499
93	PC63	16.543931	68.042241	3665.623	16.54393087	68.04224108	3665.612	2288134.163	-5675373.830	-1805552.635
94	PC64	16.555484	68.047264	3722.769	16.55548387	68.04726408	3722.758	2287520.860	-5675287.241	-1806795.168
95	PC65	16.548727	68.124127	3737.762	16.54872687	68.12412708	3737.750	2279990.111	-5678562.012	-1806082.245
96	PC66	16.547825	68.138835	3773.549	16.54782487	68.13883508	3773.538	2278555.698	-5679205.345	-1805996.696
97	PC67	16.538081	68.156472	4099.365	16.53808087	68.15647208	4099.353	2277037.915	-5680481.540	-1805055.147
98	PC68	16.556109	68.144779	3812.961	16.55610887	68.14477908	3812.950	2277883.294	-5679234.220	-1806887.206
99	PC69	16.563085	68.114696	3404.493	16.56308487	68.11469608	3404.482	2280636.844	-5677469.843	-1807511.185
100	PC70	16.577804	68.118246	3592.744	16.57780387	68.11824608	3592.732	2280179.086	-5677347.258	-1809126.960
101	PC71	16.590158	68.100119	3715.742	16.59015787	68.10011908	3715.731	2281873.488	-5676372.692	-1810473.104
102	PC72	16.597635	68.088906	3462.955	16.59763487	68.08890608	3462.943	2282805.697	-5675481.892	-1811194.341
103	PC73	16.584315	68.085813	3343.816	16.58431487	68.08581308	3343.805	2283226.630	-5675643.418	-1809746.877
104	PC74	16.560523	68.080709	3565.071	16.56052287	68.08070908	3565.059	2284091.875	-5676333.811	-1807285.048
105	PC75	16.551186	68.071182	3449.196	16.55118587	68.07118208	3449.185	2285104.228	-5676124.185	-1806261.044
106	PC76	16.573457	68.069885	3251.566	16.57345687	68.06988508	3251.554	2284899.443	-5675244.668	-1808568.311
107	PC77	16.586877	68.053787	3271.002	16.58687687	68.05378708	3270.990	2286342.383	-5674226.468	-1809997.961
108	PC78	16.597812	68.055623	3214.208	16.59781187	68.05562308	3214.196	2286011.010	-5673928.554	-1811142.068
109	PC79	16.601708	68.068867	3183.227	16.60170787	68.06886708	3183.215	2284642.296	-5674314.959	-1811546.608
110	PC80	16.608036	68.056513	3359.874	16.60803587	68.05651308	3359.862	2285854.164	-5673793.515	-1812268.519
111	PC81	16.604737	68.080902	3376.411	16.60473687	68.08090208	3376.399	2283483.688	-5674877.566	-1811923.203
112	PFM1	16.537634	68.136136	3866.727	16.53763387	68.13613608	3866.715	2278976.141	-5679479.096	-1804941.477
113	VIRG	16.530062	68.146228	4100.257	16.53006187	68.14622808	4100.245	2278147.887	-5680309.677	-1804204.128
114	ZOOL	16.572243	68.083186	3297.443	16.57224287	68.08318608	3297.431	2283612.619	-5675851.308	-1808452.564

Tabla 6 – Tabla de Transformación ITRF 94 a ITRF 2005 (época 1995.4)
Fuente. – Elaboración propia

4.2.2. CALCULO DE EPOCAS DE MEDICION

Sesiones con receptores GPS para la RGLP 2005 según informe técnico IGM (Anexo de la planificación de sesiones GPS) está comprendido entre 28/10/2005 al 18/11/2005, coordenadas de estaciones base del ajuste de red geodésica corresponden a periodo 1995.4 (ITRF1994)³⁹

Sesiones con receptores GNSS para la RGSLP 2013 según informe técnico⁴⁰ del IGM (Anexo de cronograma de trabajo para el proyecto), está comprendido entre 14/01/2013 al 23/01/2013, coordenadas de estaciones base del ajuste de red geodésica corresponden a periodo 2010.2 (ITRF2005).

Dentro de este análisis de periodos debe experimentarse con dos posibilidades:

³⁹ Presentación Simposio SIRGAS 2016:

http://www.sirgas.org/fileadmin/docs/Boletines/Bol21/39_Hoyer_et_al_2016_RedNtripBolivia.pdf

⁴⁰ Asimismo, en informe técnico el IGM de RGSLP2013 asevera que la Estación Base BLPZ tiene coordenadas calculadas en la época 2010.2.

1. Análisis de periodo empleando Vemos 2003 y Vemos 2009 para el cálculo de vectores V_x , V_y , V_z .

Por lo tanto, el cálculo del primer periodo será: $t_1 - t_0 = 2000.0 - 1995.4 = 4.6$ años

Y el cálculo del segundo periodo será: $t_2 - t_1 = 2010.2 - 2000.0 = 10.2$ años

En el capítulo 4.4.3 se empleará las 2 épocas: 4.6 años (Vemos 2003) y 10.2 (Vemos 2009) con la versión del modelo de velocidades Vemos que corresponda para la obtención del vector final de desplazamiento en el periodo final de 14.8 años.

2. Análisis de periodo empleando solo Vemos 2009 para el cálculo de vectores V_x , V_y , V_z .

Por lo tanto, el cálculo del periodo será: $t_1 - t_0 = 2010.2 - 1995.4 = 14.8$ años

En el capítulo 4.4.4 se empleará esta época, en la obtención de un vector de desplazamiento con el modelo Vemos 2009.

4.2.3. CALCULO DE MODELO CINEMATICO GEODESICO MEDIANTE VEMOS 2003 / 2009

Al tratarse de un periodo de estudio que sobrepasa el periodo de valides del modelo de velocidades Vemos 2003, la tabla resumen que se presenta a continuación refleja los datos finales que integran al desplazamiento mediante el modelo Vemos 2003 (4.6 años) y Vemos 2009 (10.2 años) sumando así el total de 14.8 años del periodo.

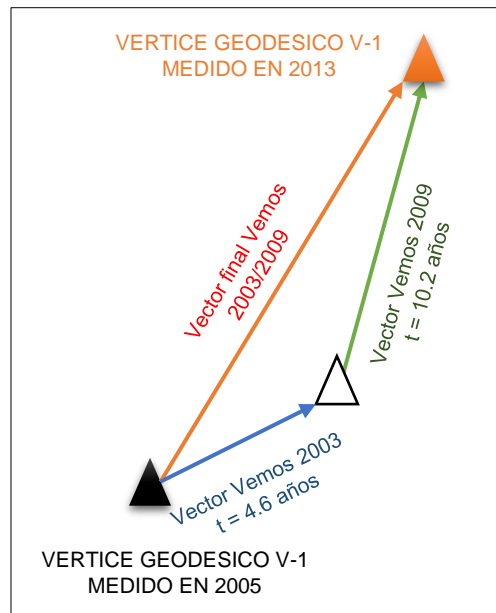


Figura 64 – Vector Vemos 2003/2009
Fuente. – Elaboración propia

A continuación, observamos la tabla resumen de cálculos efectuados empleando un vector resultante de Vemos 2003 + Vemos 2009, los vectores componentes V_x , V_y , V_z fueron aplicados a las coordenadas cartesianas X , Y , Z de la red geodésica 2005, para

posteriormente ser transformadas a coordenadas geográficas y coordenadas proyectadas UTM, con el fin de presentar resultados en medidas proyectadas CUTM (Delta X, Delta Y, Delta h)

N°	Vértice 2005	Vx	Vy	Vz	Latitud Correg.	Longitud Correg.	h Correg.	Delta X UTM	Delta Y UTM	Delta h
1	085X	0.0682	0.0028	0.0764	-16.557987	-68.061930	3833.7483	0.1086	0.2574	-0.0117
2	ACHA	0.0675	0.0027	0.0760	-16.471710	-68.145465	4100.9840	0.1286	0.2717	-0.0110
3	AFLO	0.0682	0.0028	0.0764	-16.547734	-68.084599	3409.2174	0.1259	0.2880	-0.0116
4	ALAC	0.0682	0.0028	0.0764	-16.546798	-68.148447	4049.4437	0.1186	0.2540	-0.0113
5	ARUN	0.0676	0.0028	0.0764	-16.517938	-68.069992	3713.8921	0.1474	0.2169	-0.0119
6	BAIR	0.0676	0.0028	0.0764	-16.522221	-68.138722	3821.9048	0.1286	0.1826	-0.0112
7	BEVI	0.0676	0.0028	0.0764	-16.521862	-68.093775	3541.0380	0.1017	0.2532	-0.0120
8	BPUL	0.0675	0.0027	0.0764	-16.482042	-68.115151	3814.8848	0.1251	0.2217	-0.0112
9	CALV	0.0676	0.0028	0.0764	-16.509068	-68.148649	3977.4357	0.1118	0.2232	-0.0113
10	CHAJ	0.0676	0.0028	0.0764	-16.512509	-68.049650	3759.0768	0.1178	0.2545	-0.0112
11	CHUQ	0.0670	0.0027	0.0760	-16.454152	-68.097340	4033.7298	0.0826	0.1875	-0.0112
12	CMAT	0.0675	0.0028	0.0764	-16.507509	-68.078635	3603.7198	0.0749	0.2827	-0.0122
13	COL6	0.0681	0.0028	0.0764	-16.533835	-68.082074	3404.5488	0.1305	0.2075	-0.0112
14	FELC	0.0676	0.0028	0.0764	-16.519171	-68.128322	3627.6441	0.0723	0.2877	-0.0119
15	HB83	0.0676	0.0028	0.0764	-16.509781	-68.084310	3543.3125	0.1001	0.1912	-0.0115
16	HUAC	0.0676	0.0028	0.0764	-16.519851	-68.059990	3612.0601	0.1235	0.2231	-0.0119
17	HUMB	0.0682	0.0028	0.0764	-16.541913	-68.091572	3289.2148	0.1257	0.1907	-0.0112
18	IGM1	0.0676	0.0028	0.0764	-16.509290	-68.117345	3554.8545	0.0725	0.2020	-0.0116
19	INGA	0.0677	0.0028	0.0764	-16.529851	-68.168281	4089.3198	0.1007	0.2351	-0.0112
20	JARD	0.0676	0.0028	0.0764	-16.522243	-68.122192	3494.4027	0.0761	0.2070	-0.0113
21	JUPA	0.0683	0.0029	0.0764	-16.589610	-68.071256	3222.5111	0.0772	0.1796	-0.0119
22	LACA	0.0674	0.0027	0.0764	-16.470076	-68.127137	4115.3697	0.1276	0.1883	-0.0113
23	LAGU	0.0669	0.0027	0.0760	-16.432915	-68.155412	4362.4930	0.0980	0.2600	-0.0120
24	LAIK	0.0676	0.0028	0.0764	-16.505470	-68.123473	3627.7078	0.0733	0.1869	-0.0112
25	MAME	0.0676	0.0028	0.0764	-16.525459	-68.123960	3559.2388	0.1380	0.2474	-0.0112
26	MUNA	0.0675	0.0027	0.0764	-16.483976	-68.160793	4112.8860	0.1288	0.2909	-0.0110
27	OVEJ	0.0681	0.0028	0.0764	-16.539038	-68.031344	3785.8917	0.1022	0.2807	-0.0113
28	P028	0.0676	0.0028	0.0764	-16.506108	-68.105692	3806.0947	0.0613	0.1855	-0.0113
29	P043	0.0683	0.0028	0.0764	-16.564379	-68.097649	3395.4801	0.0645	0.2536	-0.0109
30	P-27	0.0675	0.0027	0.0764	-16.496882	-68.107171	3876.2632	0.0835	0.2022	-0.0108
31	PC01	0.0669	0.0027	0.0760	-16.440611	-68.158791	4357.1192	0.1223	0.2704	-0.0114
32	PC02	0.0675	0.0027	0.0760	-16.468506	-68.166377	4162.6927	0.1400	0.2849	-0.0109
33	PC03	0.0675	0.0027	0.0764	-16.486317	-68.169360	4128.4732	0.1182	0.2082	-0.0112
34	PC04	0.0675	0.0027	0.0764	-16.491668	-68.143988	3737.1312	0.0561	0.1943	-0.0108
35	PC05	0.0675	0.0027	0.0764	-16.485771	-68.136613	3825.0092	0.1418	0.2645	-0.0112
36	PC06	0.0669	0.0027	0.0760	-16.445924	-68.130983	4372.6956	0.1049	0.2587	-0.0113
37	PC07	0.0669	0.0027	0.0760	-16.434605	-68.129116	4390.4670	0.0899	0.2663	-0.0115
38	PC08	0.0669	0.0027	0.0760	-16.438092	-68.090652	4467.4734	0.1256	0.1898	-0.0113
39	PC09	0.0670	0.0027	0.0764	-16.462559	-68.077777	4243.0729	0.0541	0.1989	-0.0112

N°	Vértice 2005	Vx	Vy	Vz	Latitud Correg.	Longitud Correg.	h Correg.	Delta X UTM	Delta Y UTM	Delta h
40	PC10	0.0674	0.0027	0.0764	-16.474695	-68.058321	4016.2945	0.1452	0.1980	-0.0118
41	PC11	0.0675	0.0027	0.0764	-16.497993	-68.078958	3633.8056	0.1203	0.2728	-0.0118
42	PC12	0.0676	0.0028	0.0764	-16.512367	-68.091280	3505.1171	0.1502	0.1885	-0.0119
43	PC13	0.0674	0.0027	0.0764	-16.478913	-68.081917	3814.5786	0.1168	0.2510	-0.0110
44	PC14	0.0675	0.0027	0.0764	-16.479367	-68.104550	4075.5787	0.0622	0.2733	-0.0109
45	PC15	0.0674	0.0027	0.0764	-16.483026	-68.039829	4255.9205	0.0690	0.1933	-0.0113
46	PC16	0.0681	0.0028	0.0764	-16.537374	-68.015456	4158.5702	0.0504	0.2371	-0.0119
47	PC17	0.0682	0.0028	0.0764	-16.558613	-68.026741	4242.1534	0.0926	0.2223	-0.0117
48	PC18	0.0683	0.0028	0.0764	-16.569572	-68.044509	3691.6496	0.0616	0.2226	-0.0109
49	PC19	0.0683	0.0028	0.0764	-16.566390	-68.058713	3749.3665	0.1248	0.1838	-0.0102
50	PC20	0.0682	0.0028	0.0764	-16.543685	-68.073612	3393.9937	0.0547	0.2199	-0.0108
51	PC21	0.0682	0.0028	0.0764	-16.541264	-68.054505	3578.3409	0.0963	0.2452	-0.0111
52	PC22	0.0683	0.0028	0.0764	-16.576722	-68.051970	3769.2360	0.1087	0.2683	-0.0108
53	PC23	0.0689	0.0029	0.0769	-16.616519	-68.065239	3053.6030	0.0758	0.2199	-0.0119
54	PC24	0.0683	0.0028	0.0764	-16.575346	-68.106869	3369.7428	0.1319	0.2740	-0.0113
55	PC25	0.0683	0.0028	0.0764	-16.563376	-68.138049	3633.4320	0.1491	0.2380	-0.0110
56	PC26	0.0676	0.0028	0.0764	-16.497783	-68.163156	4128.1853	0.1212	0.1803	-0.0117
57	PC27	0.0682	0.0028	0.0764	-16.540806	-68.106339	3345.9630	0.0991	0.2655	-0.0108
58	PC28	0.0682	0.0028	0.0764	-16.556940	-68.104169	3349.5025	0.0594	0.2570	-0.0113
59	PC29	0.0669	0.0027	0.0760	-16.431969	-68.150396	4262.1439	0.0971	0.2617	-0.0116
60	PC30	0.0669	0.0027	0.0760	-16.431168	-68.142211	4242.1420	0.0899	0.1906	-0.0121
61	PC31	0.0670	0.0027	0.0760	-16.444318	-68.147046	4054.9614	0.0538	0.2699	-0.0116
62	PC32	0.0670	0.0027	0.0760	-16.453121	-68.162278	4309.0878	0.0807	0.1870	-0.0109
63	PC33	0.0670	0.0027	0.0760	-16.458933	-68.149882	3948.5423	0.0851	0.2841	-0.0121
64	PC34	0.0670	0.0027	0.0760	-16.456634	-68.137023	4197.7166	0.1216	0.2769	-0.0112
65	PC35	0.0670	0.0027	0.0760	-16.456738	-68.114543	4289.9234	0.1183	0.2691	-0.0111
66	PC36	0.0675	0.0027	0.0764	-16.473096	-68.140133	4123.8889	0.0986	0.2840	-0.0109
67	PC37	0.0675	0.0027	0.0764	-16.488477	-68.152195	3845.9584	0.0459	0.2415	-0.0104
68	PC38	0.0675	0.0027	0.0764	-16.488867	-68.124576	3721.3153	0.1181	0.2284	-0.0109
69	PC39	0.0676	0.0028	0.0764	-16.505028	-68.138866	3688.8949	0.0544	0.2397	-0.0124
70	PC40	0.0676	0.0028	0.0764	-16.514650	-68.154980	4108.4745	0.1090	0.2415	-0.0116
71	PC41	0.0669	0.0027	0.0760	-16.446237	-68.108156	4404.4749	0.0518	0.2529	-0.0108
72	PC42	0.0670	0.0027	0.0760	-16.456224	-68.104207	4107.1064	0.1039	0.2632	-0.0119
73	PC43	0.0669	0.0027	0.0760	-16.446419	-68.081161	4223.0178	0.0583	0.2344	-0.0124
74	PC44	0.0669	0.0027	0.0760	-16.455294	-68.078333	4343.7433	0.1407	0.2705	-0.0121
75	PC45	0.0670	0.0027	0.0764	-16.467006	-68.064708	3843.1482	0.0515	0.2825	-0.0106
76	PC46	0.0675	0.0027	0.0764	-16.495977	-68.104888	3889.9048	0.0711	0.2526	-0.0111
77	PC47	0.0675	0.0027	0.0764	-16.489534	-68.092645	3804.7988	0.1044	0.2284	-0.0112
78	PC48	0.0675	0.0027	0.0764	-16.488850	-68.071198	3893.7987	0.1058	0.2226	-0.0117
79	PC49	0.0674	0.0027	0.0764	-16.474567	-68.049903	4058.8529	0.1180	0.2751	-0.0114
80	PC50	0.0675	0.0027	0.0764	-16.489350	-68.053857	4169.9845	0.0597	0.2582	-0.0112
81	PC51	0.0675	0.0027	0.0764	-16.502625	-68.060768	3726.9623	0.1082	0.2670	-0.0103
82	PC52	0.0675	0.0027	0.0764	-16.497464	-68.031367	4153.0429	0.1227	0.1809	-0.0109

N°	Vértice 2005	Vx	Vy	Vz	Latitud Correg.	Longitud Correg.	h Correg.	Delta X UTM	Delta Y UTM	Delta h
83	PC53	0.0675	0.0027	0.0764	-16.503095	-68.043628	3892.4942	0.1262	0.1829	-0.0103
84	PC54	0.0676	0.0028	0.0764	-16.523746	-68.112748	3392.2286	0.0780	0.2655	-0.0111
85	PC55	0.0676	0.0028	0.0764	-16.529057	-68.084102	3345.4688	0.0777	0.2464	-0.0120
86	PC56	0.0676	0.0028	0.0764	-16.514547	-68.047890	3833.4479	0.1199	0.1977	-0.0110
87	PC57	0.0675	0.0028	0.0764	-16.511761	-68.029422	4006.1534	0.0921	0.2507	-0.0112
88	PC58	0.0676	0.0028	0.0764	-16.519631	-68.025299	4081.0681	0.0544	0.2520	-0.0117
89	PC59	0.0676	0.0028	0.0764	-16.521363	-68.040553	3873.0597	0.1071	0.2273	-0.0115
90	PC60	0.0676	0.0028	0.0764	-16.529704	-68.035125	3765.9675	0.1490	0.2821	-0.0115
91	PC61	0.0681	0.0028	0.0764	-16.534414	-68.067281	3481.9506	0.1460	0.2886	-0.0110
92	PC62	0.0682	0.0028	0.0764	-16.546376	-68.015920	3978.5791	0.0550	0.1940	-0.0112
93	PC63	0.0682	0.0028	0.0764	-16.543929	-68.042240	3665.6117	0.0871	0.2691	-0.0114
94	PC64	0.0682	0.0028	0.0764	-16.555482	-68.047263	3722.7574	0.0938	0.2134	-0.0119
95	PC65	0.0682	0.0028	0.0764	-16.548725	-68.124126	3737.7509	0.1425	0.1985	-0.0106
96	PC66	0.0682	0.0028	0.0764	-16.547823	-68.138834	3773.5376	0.1468	0.2140	-0.0116
97	PC67	0.0682	0.0028	0.0764	-16.538079	-68.156471	4099.3535	0.0549	0.2879	-0.0110
98	PC68	0.0683	0.0028	0.0764	-16.556107	-68.144778	3812.9499	0.1548	0.2367	-0.0113
99	PC69	0.0683	0.0028	0.0764	-16.563083	-68.114695	3404.4820	0.1014	0.2864	-0.0111
100	PC70	0.0683	0.0028	0.0764	-16.577802	-68.118245	3592.7331	0.1004	0.2343	-0.0106
101	PC71	0.0684	0.0029	0.0764	-16.590156	-68.100118	3715.7306	0.1547	0.1913	-0.0115
102	PC72	0.0689	0.0029	0.0764	-16.597633	-68.088905	3462.9432	0.1484	0.2301	-0.0116
103	PC73	0.0683	0.0028	0.0764	-16.584313	-68.085812	3343.8051	0.0485	0.2067	-0.0111
104	PC74	0.0682	0.0028	0.0764	-16.560521	-68.080708	3565.0594	0.0907	0.2386	-0.0112
105	PC75	0.0682	0.0028	0.0764	-16.551184	-68.071181	3449.1850	0.1326	0.2902	-0.0114
106	PC76	0.0683	0.0028	0.0764	-16.573455	-68.069884	3251.5552	0.1318	0.2379	-0.0108
107	PC77	0.0683	0.0029	0.0764	-16.586875	-68.053786	3270.9904	0.0933	0.2099	-0.0114
108	PC78	0.0689	0.0029	0.0764	-16.597810	-68.055622	3214.1966	0.1385	0.2546	-0.0110
109	PC79	0.0689	0.0029	0.0764	-16.601706	-68.068866	3183.2159	0.1421	0.2050	-0.0109
110	PC80	0.0689	0.0029	0.0769	-16.608034	-68.056512	3359.8627	0.1206	0.2778	-0.0113
111	PC81	0.0689	0.0029	0.0764	-16.604735	-68.080901	3376.3991	0.1566	0.1972	-0.0115
112	PFM1	0.0682	0.0028	0.0764	-16.537632	-68.136135	3866.7156	0.1054	0.1845	-0.0114
113	VIRG	0.0677	0.0028	0.0764	-16.530060	-68.146227	4100.2458	0.1467	0.2164	-0.0112
114	ZOOL	0.0683	0.0028	0.0764	-16.572241	-68.083185	3297.4321	0.1279	0.2380	-0.0109

Tabla 7 – Tabla de cálculo: Vector Vemos 2003/2009
Fuente. – Elaboración propia

Como se puede apreciar el comportamiento de los vértices geodésicos en Delta X, Delta Y y Delta h, presenta un comportamiento normal y con patrones de continuidad, existiendo una variación de 5 cm en el eje X (Este); y una variación de 6 cm en el eje Y (Norte); y de 1 mm en Eje Z (h_{elip}). Esta situación se verifica en las gráficas de Voronio (se forman polígonos regulares y proporcionales en distribución de formas; no presentan polígonos irregulares), los histogramas, fueron sujetos a una transformación de Tipo Logarítmico (Log), Potencial (Cox Box) y Arco seno (Arcsin), sin mayores variaciones al respecto de su no transformación de la forma actual, en que se presentaron los datos.

A continuación, se muestran datos estadísticos para el análisis del modelo Vemos 2003/2009:

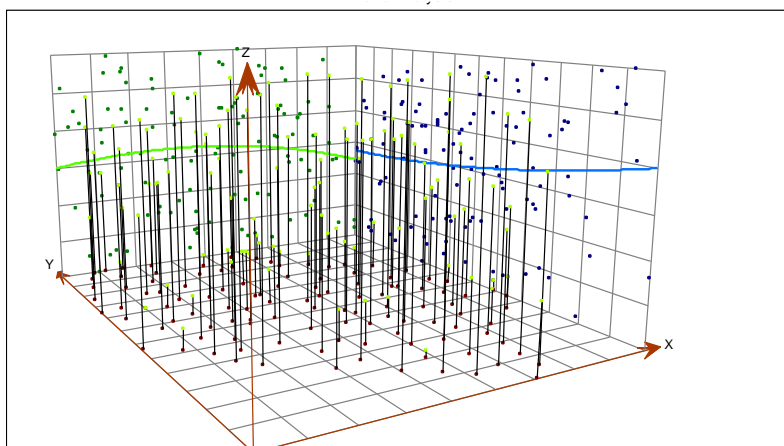
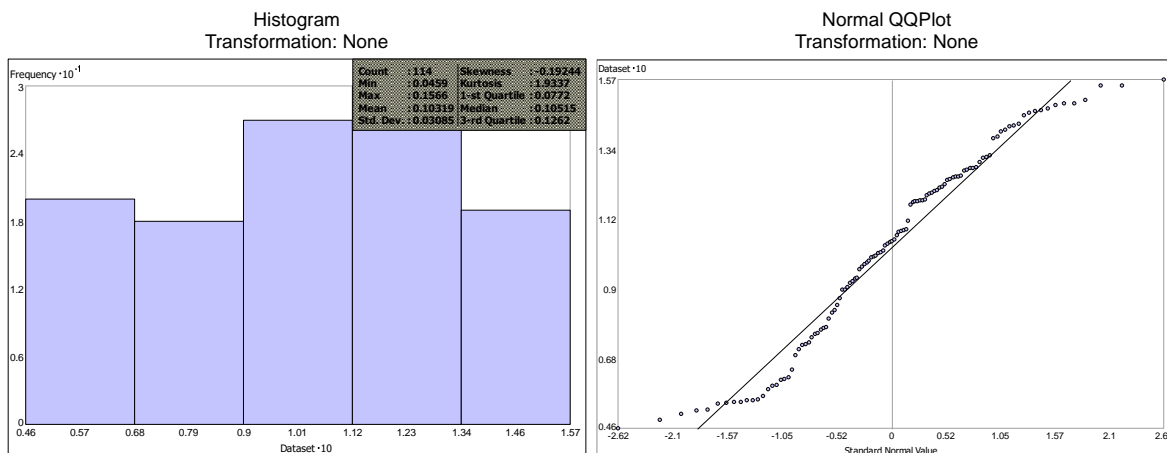
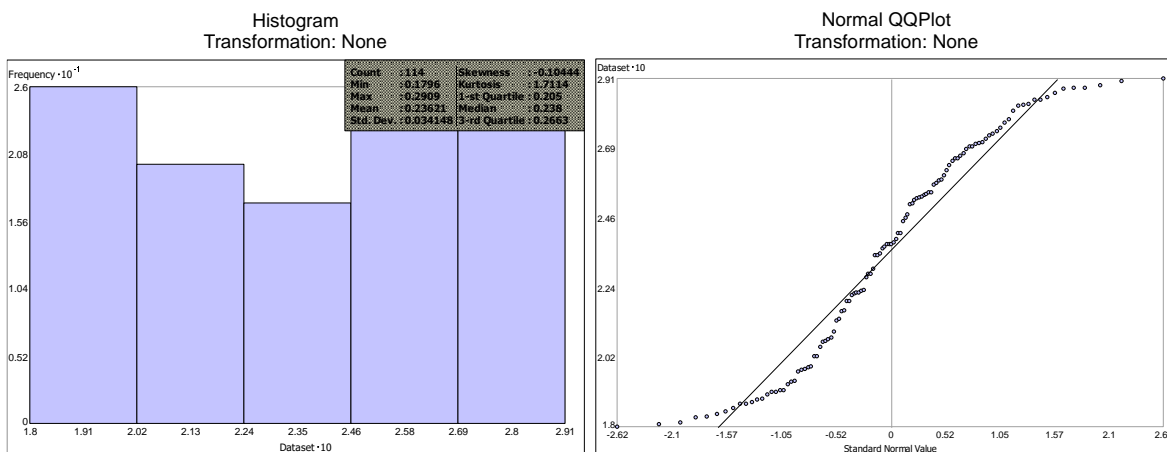


Figura 65 – Vemos 2003/2009 Delta X; Izquierda: Histograma; Derecha: Diagrama de dispersión; Abajo: Diagrama de tendencias
Fuente: Elaboración propia (Geostatistical Analyst – Arc Gis)



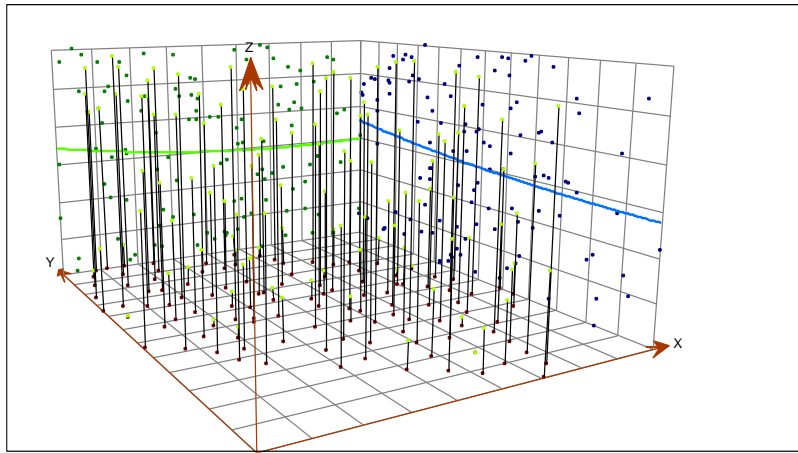


Figura 66 – Vemos 2003/2009 Delta Y; Izquierda: Histograma; Derecha: Diagrama de dispersión; Abajo: Diagrama de tendencias
Fuente: Elaboración propia (Geostatistical Analyst – Arc Gis)

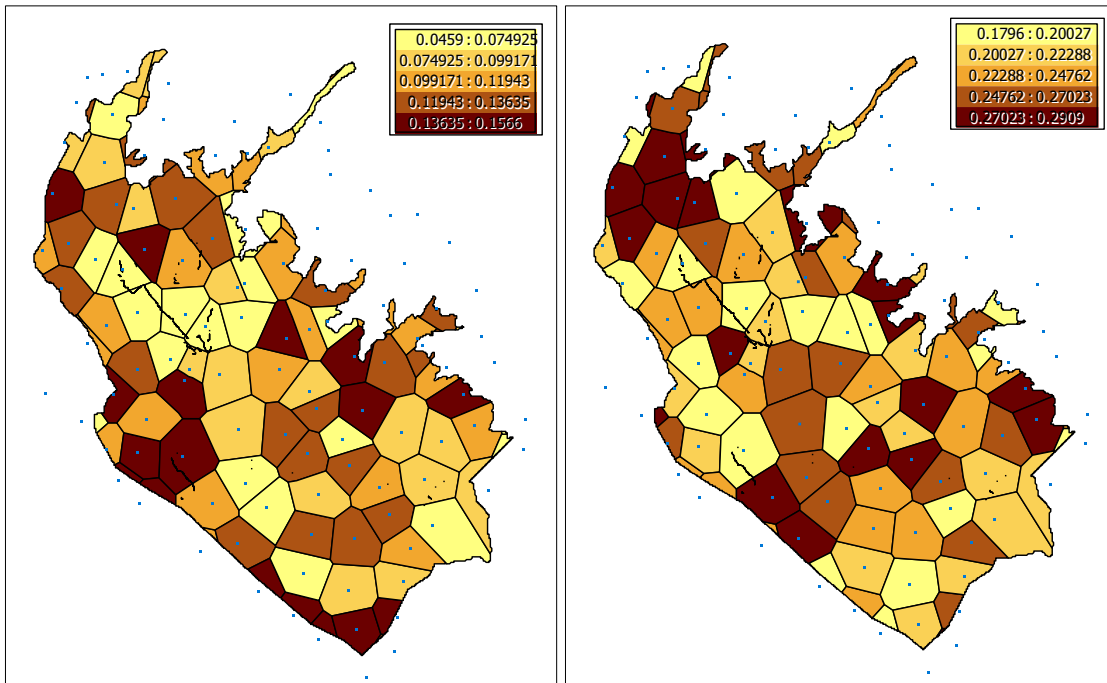


Figura 67– Vemos 2003/2009 – Polígonos de Voronio Izquierda: Delta X; Derecha: Delta Y
Fuente: Elaboración propia (Geostatistical Analyst – Arc Gis)

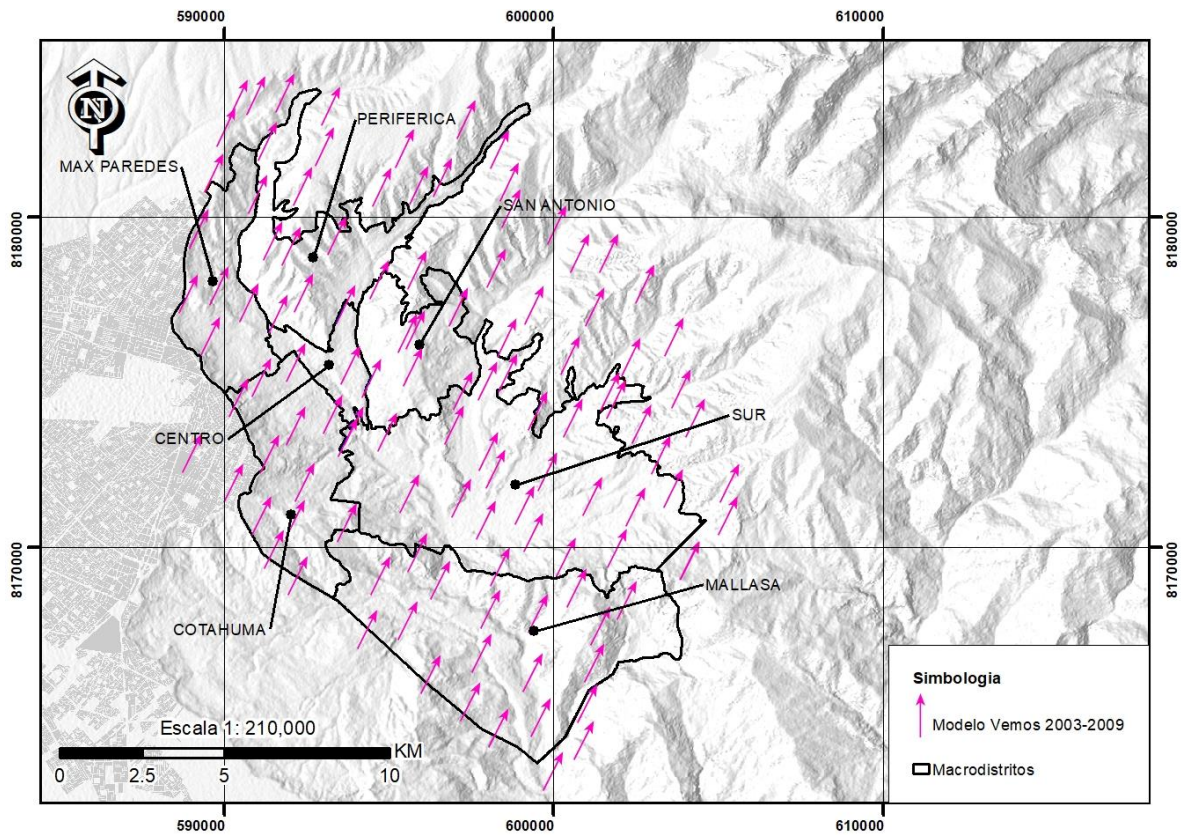


Figura 68 – Mapa de Vector de Velocidades Vemos 2003 / 2009
Fuente. - Elaboración propia

Estadística	Delta X UTM	Delta Y UTM	Delta h
Suma	11.7635	26.9280	-1.2887
n	114	114	114
Promedio	0.1032	0.2362	-0.0113
Desviacion Estandar	0.0309	0.0341	0.0004
Valor Minimo	0.0459	0.1796	-0.0124
1er Cuartil	0.0773	0.2054	-0.0116
Mediana	0.1051	0.2380	-0.0112
3er Cuartil	0.1261	0.2661	-0.0110
Valor Maximo	0.1566	0.2909	-0.0102
Rango Intercuartil	0.0488	0.0606	0.0006
Limite Interno Min	0.0041	0.1145	-0.0125
Limite Interno Max	0.1993	0.3570	-0.0102
Limite Externo Min	-0.0691	0.0236	-0.0133
Limite Externo Max	0.2725	0.4480	-0.0093

Tabla 8 – Cuadro estadístico diferencia de coordenadas por Vemos 2003 / 2009
Fuente. – Elaboración propia

De acuerdo al desplazamiento calculado mediante modelo de velocidades VEMOS 2003/2009 al marco de referencia de la red geodésica de La Paz los valores finales son:

- Delta X = 0.103 m.
- Delta Y = 0.236 m.

4.2.4. CALCULO DE MODELO CINEMATICO GEODESICO MEDIANTE VEMOS 2009

En esta ocasión se realizará el cálculo del vector desplazamiento mediante un solo modelo de velocidades: Vemos 2009; por antecedentes de países vecinos en Sudamérica donde este modelo fue aplicado se obtuvieron mejores resultados que empleados con el Vemos 2003; asimismo se aplicaran los cálculos con un periodo de 14.8 años.

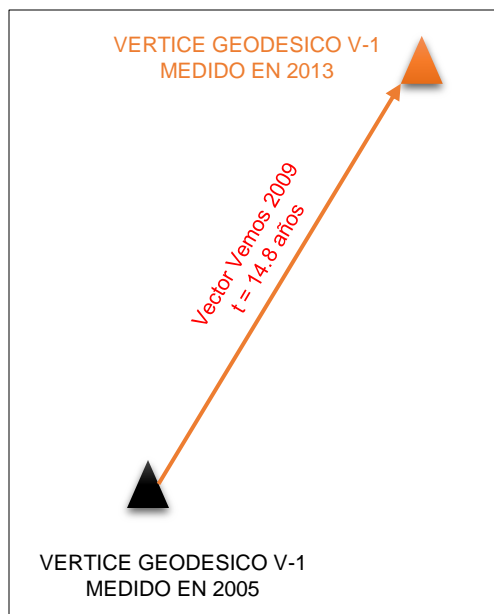


Figura 69 – Vector Vemos 2009
Fuente. – Elaboración propia

A continuación, observamos la tabla resumen de cálculos efectuados empleando un vector resultante de Vemos 2009, los vectores componentes V_x , V_y , V_z fueron aplicados a las coordenadas cartesianas X, Y, Z de la red geodésica 2005, para posteriormente ser transformadas a coordenadas geográficas y coordenadas proyectadas UTM, con el fin de presentar resultados en medidas proyectadas CUTM (Delta X, Delta Y, Delta h)

N°	Vértice 2005	V_x	V_y	V_z	Latitud Correg.	Longitud Correg.	h Correg.	Delta X UTM	Delta Y UTM	Delta h	Azimut Vector (°)
1	085X	0.09028	-0.03404	0.21904	-16.557987	-68.061930	3833.748170	0.0713	0.2643	0.0002	15.09711
2	ACHA	0.08732	-0.03552	0.21904	-16.471710	-68.145465	4100.984040	0.0907	0.2791	0.0007	17.99466
3	AFLO	0.09028	-0.03404	0.21904	-16.547734	-68.084599	3409.217260	0.0885	0.2949	0.0002	16.70774
4	ALAC	0.09028	-0.03404	0.21904	-16.546798	-68.148447	4049.443660	0.0813	0.2608	0.0001	17.30555
5	ARUN	0.08880	-0.03404	0.21904	-16.517938	-68.069992	3713.891960	0.1101	0.2237	-0.0002	26.19352

N°	Vértice 2005	Vx	Vy	Vz	Latitud Correg.	Longitud Correg.	h Correg.	Delta X UTM	Delta Y UTM	Delta h	Azimut Vector (°)
6	BAIR	0.08880	-0.03404	0.21904	-16.522221	-68.138722	3821.904750	0.0913	0.1894	-0.0003	25.72703
7	BEVI	0.08880	-0.03404	0.21904	-16.521862	-68.093775	3541.037950	0.0644	0.2601	-0.0003	13.89766
8	BPUL	0.08732	-0.03552	0.21904	-16.482042	-68.115151	3814.885000	0.0872	0.2286	0.0007	20.86608
9	CALV	0.08880	-0.03404	0.21904	-16.509068	-68.148649	3977.435610	0.0745	0.2301	-0.0003	17.93472
10	CHAJ	0.08880	-0.03404	0.21904	-16.512509	-68.049650	3759.076650	0.0805	0.2613	-0.0002	17.11525
11	CHUQ	0.08584	-0.03552	0.21904	-16.454152	-68.097340	4033.729830	0.0446	0.1949	0.0003	12.90029
12	CMAT	0.08732	-0.03404	0.21904	-16.507509	-68.078635	3603.719510	0.0372	0.2896	-0.0007	7.31136
13	COL6	0.08880	-0.03404	0.21904	-16.533835	-68.082074	3404.548560	0.0927	0.2143	-0.0003	23.39120
14	FELC	0.08880	-0.03404	0.21904	-16.519171	-68.128322	3627.644030	0.0349	0.2946	-0.0003	6.75810
15	HB83	0.08880	-0.03404	0.21904	-16.509781	-68.084310	3543.312430	0.0627	0.1981	-0.0002	17.57847
16	HUAC	0.08880	-0.03404	0.21904	-16.519851	-68.059990	3612.060010	0.0861	0.2299	-0.0002	20.54217
17	HUMB	0.09028	-0.03404	0.21904	-16.541913	-68.091572	3289.214670	0.0883	0.1975	0.0002	24.09508
18	IGM1	0.08880	-0.03404	0.21904	-16.509290	-68.117345	3554.854370	0.0351	0.2088	-0.0002	9.55189
19	INGA	0.09028	-0.03404	0.21904	-16.529851	-68.168281	4089.319950	0.0637	0.2420	0.0002	14.75536
20	JARD	0.08880	-0.03404	0.21904	-16.522243	-68.122192	3494.402600	0.0388	0.2139	-0.0003	10.27328
21	JUPA	0.09176	-0.03256	0.21904	-16.589610	-68.071256	3222.510710	0.0404	0.1864	-0.0008	12.23693
22	LACA	0.08584	-0.03552	0.21904	-16.470076	-68.127137	4115.369750	0.0893	0.1952	0.0002	24.57361
23	LAGU	0.08436	-0.03552	0.21904	-16.432915	-68.155412	4362.492930	0.0596	0.2673	-0.0002	12.57863
24	LAIK	0.08880	-0.03404	0.21904	-16.505470	-68.123473	3627.707750	0.0359	0.1937	-0.0002	10.50349
25	MAME	0.08880	-0.03404	0.21904	-16.525459	-68.123960	3559.238690	0.1006	0.2542	-0.0003	21.59080
26	MUNA	0.08732	-0.03552	0.21904	-16.483976	-68.160793	4112.886240	0.0908	0.2978	0.0006	16.96004
27	OVEJ	0.08880	-0.03404	0.21904	-16.539038	-68.031344	3785.891400	0.0644	0.2875	-0.0002	12.62035
28	P028	0.08880	-0.03404	0.21904	-16.506108	-68.105692	3806.094590	0.0240	0.1923	-0.0002	7.11015
29	P043	0.09176	-0.03404	0.21904	-16.564379	-68.097649	3395.480160	0.0276	0.2605	0.0006	6.03807
30	P-27	0.08732	-0.03552	0.21904	-16.496882	-68.107171	3876.263370	0.0456	0.2092	0.0006	12.29789
31	PC01	0.08436	-0.03552	0.21904	-16.440611	-68.158791	4357.119120	0.0839	0.2778	-0.0003	16.81243
32	PC02	0.08732	-0.03552	0.21904	-16.468506	-68.166377	4162.692760	0.1021	0.2923	0.0007	19.25426
33	PC03	0.08732	-0.03552	0.21904	-16.486317	-68.169360	4128.473380	0.0803	0.2152	0.0006	20.46315
34	PC04	0.08732	-0.03552	0.21904	-16.491668	-68.143988	3737.131350	0.0181	0.2013	0.0006	5.14424
35	PC05	0.08732	-0.03552	0.21904	-16.485771	-68.136613	3825.009350	0.1039	0.2714	0.0006	20.94346
36	PC06	0.08436	-0.03552	0.21904	-16.445924	-68.130983	4372.695460	0.0665	0.2660	-0.0003	14.03927
37	PC07	0.08436	-0.03552	0.21904	-16.434605	-68.129116	4390.466870	0.0515	0.2736	-0.0002	10.66745
38	PC08	0.08436	-0.03552	0.21904	-16.438092	-68.090652	4467.473240	0.0873	0.1971	-0.0002	23.87938
39	PC09	0.08584	-0.03552	0.21904	-16.462559	-68.077777	4243.073090	0.0162	0.2058	0.0003	4.49347
40	PC10	0.08584	-0.03552	0.21904	-16.474695	-68.058321	4016.294460	0.1068	0.2049	0.0002	27.53593
41	PC11	0.08732	-0.03552	0.21904	-16.497993	-68.078958	3633.805720	0.0824	0.2797	0.0006	16.40655
42	PC12	0.08880	-0.03404	0.21904	-16.512367	-68.091280	3505.117050	0.1129	0.1953	-0.0002	30.02184
43	PC13	0.08584	-0.03552	0.21904	-16.478913	-68.081917	3814.578550	0.0784	0.2579	0.0002	16.91800
44	PC14	0.08732	-0.03552	0.21904	-16.479367	-68.104550	4075.578860	0.0242	0.2802	0.0007	4.94127
45	PC15	0.08584	-0.03552	0.21904	-16.483026	-68.039829	4255.920440	0.0306	0.2002	0.0002	8.69607
46	PC16	0.08880	-0.03404	0.21904	-16.537374	-68.015456	4158.569930	0.0126	0.2439	-0.0002	2.95174
47	PC17	0.09028	-0.03404	0.21904	-16.558613	-68.026741	4242.153240	0.0552	0.2291	0.0002	13.55590
48	PC18	0.09176	-0.03404	0.21904	-16.569572	-68.044509	3691.649650	0.0246	0.2295	0.0007	6.12533
49	PC19	0.09176	-0.03404	0.21904	-16.566390	-68.058713	3749.366580	0.0879	0.1907	0.0007	24.74588
50	PC20	0.09028	-0.03404	0.21904	-16.543685	-68.073612	3393.993620	0.0174	0.2268	0.0002	4.37978
51	PC21	0.09028	-0.03404	0.21904	-16.541264	-68.054505	3578.340820	0.0589	0.2521	0.0003	13.15885
52	PC22	0.09176	-0.03404	0.21904	-16.576722	-68.051970	3769.236060	0.0717	0.2752	0.0006	14.60944
53	PC23	0.09324	-0.03256	0.21904	-16.616519	-68.065239	3053.602790	0.0391	0.2262	-0.0003	9.80038
54	PC24	0.09176	-0.03404	0.21904	-16.575346	-68.106869	3369.742840	0.0950	0.2809	0.0006	18.68045

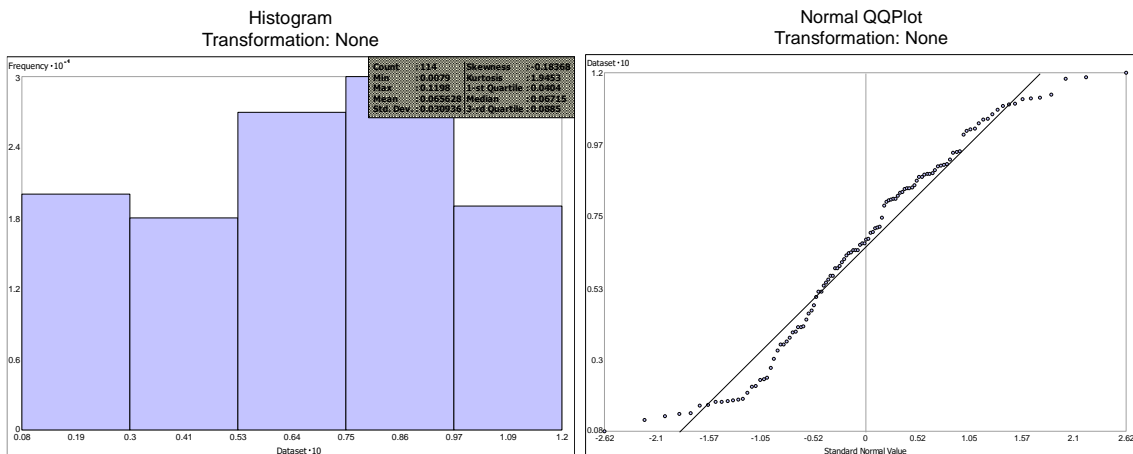
N°	Vértice 2005	Vx	Vy	Vz	Latitud Correg.	Longitud Correg.	h Correg.	Delta X UTM	Delta Y UTM	Delta h	Azimut Vector (°)
55	PC25	0.09176	-0.03404	0.21904	-16.563376	-68.138049	3633.432070	0.1121	0.2449	0.0006	24.60239
56	PC26	0.08880	-0.03404	0.21904	-16.497783	-68.163156	4128.185200	0.0838	0.1871	-0.0002	24.13490
57	PC27	0.09028	-0.03404	0.21904	-16.540806	-68.106339	3345.962950	0.0617	0.2723	0.0002	12.76867
58	PC28	0.09028	-0.03404	0.21904	-16.556940	-68.104169	3349.502360	0.0221	0.2638	0.0001	4.78484
59	PC29	0.08436	-0.03552	0.21904	-16.431969	-68.150396	4262.143780	0.0588	0.2690	-0.0002	12.32329
60	PC30	0.08436	-0.03552	0.21904	-16.431168	-68.142211	4242.141920	0.0515	0.1979	-0.0002	14.58959
61	PC31	0.08584	-0.03552	0.21904	-16.444318	-68.147046	4054.961480	0.0158	0.2773	0.0003	3.26335
62	PC32	0.08584	-0.03552	0.21904	-16.453121	-68.162278	4309.087840	0.0427	0.1944	0.0002	12.40095
63	PC33	0.08584	-0.03552	0.21904	-16.458933	-68.149882	3948.542330	0.0472	0.2915	0.0002	9.18822
64	PC34	0.08584	-0.03552	0.21904	-16.456634	-68.137023	4197.716690	0.0836	0.2842	0.0002	16.39864
65	PC35	0.08584	-0.03552	0.21904	-16.456738	-68.114543	4289.923410	0.0804	0.2765	0.0003	16.21002
66	PC36	0.08732	-0.03552	0.21904	-16.473096	-68.140133	4123.889100	0.0606	0.2909	0.0007	11.77067
67	PC37	0.08732	-0.03552	0.21904	-16.488477	-68.152195	3845.958600	0.0079	0.2485	0.0006	1.82539
68	PC38	0.08732	-0.03552	0.21904	-16.488867	-68.124576	3721.315490	0.0801	0.2353	0.0006	18.80011
69	PC39	0.08880	-0.03404	0.21904	-16.505028	-68.138866	3688.894820	0.0171	0.2465	-0.0002	3.95756
70	PC40	0.08880	-0.03404	0.21904	-16.514650	-68.154980	4108.474470	0.0716	0.2483	-0.0003	16.08810
71	PC41	0.08436	-0.03552	0.21904	-16.446237	-68.108156	4404.474780	0.0134	0.2603	-0.0002	2.95757
72	PC42	0.08584	-0.03552	0.21904	-16.456224	-68.104207	4107.106430	0.0660	0.2706	0.0003	13.70385
73	PC43	0.08436	-0.03552	0.21904	-16.446419	-68.081161	4223.017680	0.0200	0.2417	-0.0002	4.72321
74	PC44	0.08436	-0.03552	0.21904	-16.455294	-68.078333	4343.743140	0.1023	0.2779	-0.0002	20.21601
75	PC45	0.08584	-0.03552	0.21904	-16.467006	-68.064708	3843.148370	0.0136	0.2895	0.0003	2.68824
76	PC46	0.08732	-0.03552	0.21904	-16.495977	-68.104888	3889.904940	0.0332	0.2595	0.0006	7.28294
77	PC47	0.08732	-0.03552	0.21904	-16.489534	-68.092645	3804.798900	0.0665	0.2353	0.0007	15.77921
78	PC48	0.08732	-0.03552	0.21904	-16.488850	-68.071198	3893.798870	0.0678	0.2296	0.0007	16.46477
79	PC49	0.08584	-0.03552	0.21904	-16.474567	-68.049903	4058.852870	0.0796	0.2819	0.0002	15.76387
80	PC50	0.08732	-0.03552	0.21904	-16.489350	-68.053857	4169.984580	0.0218	0.2652	0.0007	4.69295
81	PC51	0.08732	-0.03552	0.21904	-16.502625	-68.060768	3726.962430	0.0702	0.2739	0.0006	14.37532
82	PC52	0.08732	-0.03552	0.21904	-16.497464	-68.031367	4153.043010	0.0847	0.1878	0.0007	24.28250
83	PC53	0.08732	-0.03552	0.21904	-16.503095	-68.043628	3892.494280	0.0882	0.1899	0.0007	24.92528
84	PC54	0.08880	-0.03404	0.21904	-16.523746	-68.112748	3392.228490	0.0407	0.2723	-0.0003	8.49556
85	PC55	0.08880	-0.03404	0.21904	-16.529057	-68.084102	3345.468720	0.0404	0.2532	-0.0003	9.06084
86	PC56	0.08880	-0.03404	0.21904	-16.514547	-68.047890	3833.447790	0.0826	0.2046	-0.0002	21.98284
87	PC57	0.08732	-0.03404	0.21904	-16.511761	-68.029422	4006.153060	0.0543	0.2575	-0.0007	11.91079
88	PC58	0.08880	-0.03404	0.21904	-16.519631	-68.025299	4081.067920	0.0170	0.2589	-0.0002	3.76182
89	PC59	0.08880	-0.03404	0.21904	-16.521363	-68.040553	3873.059550	0.0698	0.2341	-0.0002	16.59760
90	PC60	0.08880	-0.03404	0.21904	-16.529704	-68.035125	3765.967410	0.1117	0.2889	-0.0002	21.12759
91	PC61	0.08880	-0.03404	0.21904	-16.534414	-68.067281	3481.950310	0.1082	0.2954	-0.0003	20.11790
92	PC62	0.09028	-0.03404	0.21904	-16.546376	-68.015920	3978.578940	0.0177	0.2009	0.0003	5.02187
93	PC63	0.09028	-0.03404	0.21904	-16.543929	-68.042240	3665.611520	0.0498	0.2759	0.0003	10.22823
94	PC64	0.09028	-0.03404	0.21904	-16.555482	-68.047263	3722.757310	0.0564	0.2203	0.0002	14.37235
95	PC65	0.09028	-0.03404	0.21904	-16.548725	-68.124126	3737.750780	0.1052	0.2053	0.0001	27.12513
96	PC66	0.09028	-0.03404	0.21904	-16.547823	-68.138834	3773.537500	0.1095	0.2208	0.0001	26.37642
97	PC67	0.09028	-0.03404	0.21904	-16.538079	-68.156471	4099.353460	0.0176	0.2947	0.0001	3.41365
98	PC68	0.09176	-0.03404	0.21904	-16.556107	-68.144778	3812.950030	0.1179	0.2436	0.0006	25.82698
99	PC69	0.09176	-0.03404	0.21904	-16.563083	-68.114695	3404.482080	0.0645	0.2933	0.0006	12.39344
100	PC70	0.09176	-0.03404	0.21904	-16.577802	-68.118245	3592.733200	0.0634	0.2412	0.0006	14.73869
101	PC71	0.09324	-0.03256	0.21904	-16.590156	-68.100118	3715.730430	0.1184	0.1981	-0.0003	30.86454
102	PC72	0.09324	-0.03256	0.21904	-16.597633	-68.088905	3462.942890	0.1116	0.2368	-0.0003	25.24050
103	PC73	0.09176	-0.03404	0.21904	-16.584313	-68.085812	3343.805130	0.0115	0.2136	0.0006	3.09491

N°	Vértice 2005	Vx	Vy	Vz	Latitud Correg.	Longitud Correg.	h Correg.	Delta X UTM	Delta Y UTM	Delta h	Azimut Vector (°)
104	PC74	0.09028	-0.03404	0.21904	-16.560521	-68.080708	3565.059300	0.0534	0.2455	0.0001	12.26995
105	PC75	0.09028	-0.03404	0.21904	-16.551184	-68.071181	3449.184900	0.0952	0.2971	0.0002	17.77178
106	PC76	0.09176	-0.03404	0.21904	-16.573455	-68.069884	3251.555290	0.0949	0.2448	0.0006	21.18374
107	PC77	0.09176	-0.03256	0.21904	-16.586875	-68.053786	3270.990060	0.0565	0.2167	-0.0007	14.62517
108	PC78	0.09324	-0.03256	0.21904	-16.597810	-68.055622	3214.196240	0.1017	0.2613	-0.0002	21.26293
109	PC79	0.09324	-0.03256	0.21904	-16.601706	-68.068866	3183.215490	0.1054	0.2118	-0.0003	26.45373
110	PC80	0.09324	-0.03256	0.21904	-16.608034	-68.056512	3359.862460	0.0838	0.2842	-0.0003	16.43069
111	PC81	0.09324	-0.03256	0.21904	-16.604735	-68.080901	3376.398780	0.1198	0.2040	-0.0003	30.42929
112	PFM1	0.09028	-0.03404	0.21904	-16.537632	-68.136135	3866.715550	0.0680	0.1914	0.0002	19.57150
113	VIRG	0.09028	-0.03404	0.21904	-16.530060	-68.146227	4100.245850	0.1098	0.2233	0.0002	26.18046
114	ZOOL	0.09176	-0.03404	0.21904	-16.572241	-68.083185	3297.432200	0.0910	0.2449	0.0006	20.38063

Tabla 9 – Tabla de cálculo: Vector Vemos 2009
Fuente. – Elaboración propia

Como se puede apreciar el comportamiento de los vértices geodésicos en Delta X, Delta Y y Delta h, presenta un comportamiento normal y con patrones de continuidad, existiendo una variación de 5 cm en el eje X (Este) y eje Y (Norte); y de 1 mm en Eje Z (h_{elip}). Esta situación se verifica en las gráficas de Voronio (se forman polígonos regulares y proporcionales en distribución de formas; no presentan polígonos irregulares), los histogramas, fueron sujetos a una transformación de Tipo Logaritmico (Log), Potencial (Cox Box) y Arco seno (Arcsin), sin mayores variaciones al respecto de su no transformación de la forma actual, en que se presentaron los datos.

A continuación, se muestran datos estadísticos para el análisis del modelo Vemos 2009:



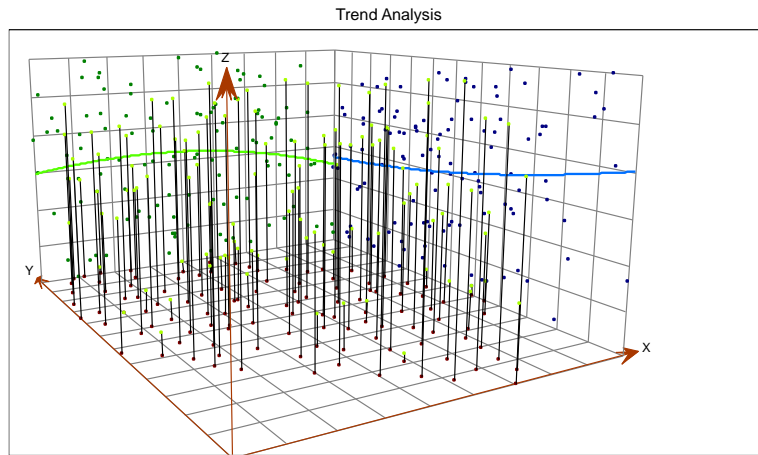


Figura 70 – Vemos 2009 Delta X; Izquierda: Histograma; Derecha: Diagrama de dispersión; Abajo: Diagrama de tendencias

Fuente: Elaboración propia (Geostatistical Analyst – Arc Gis)

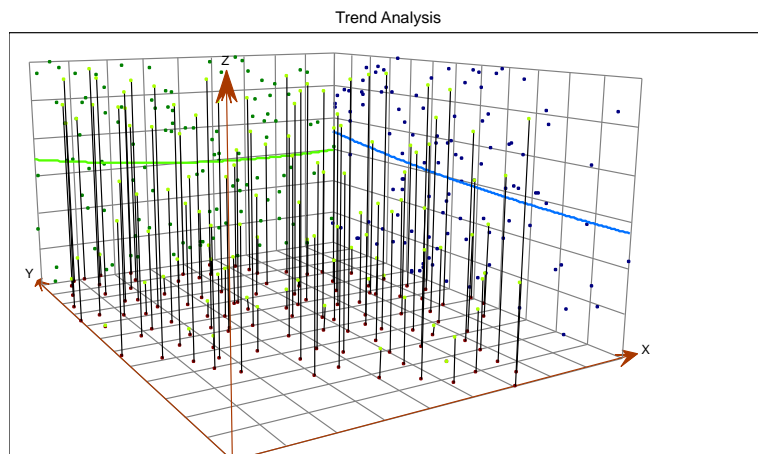
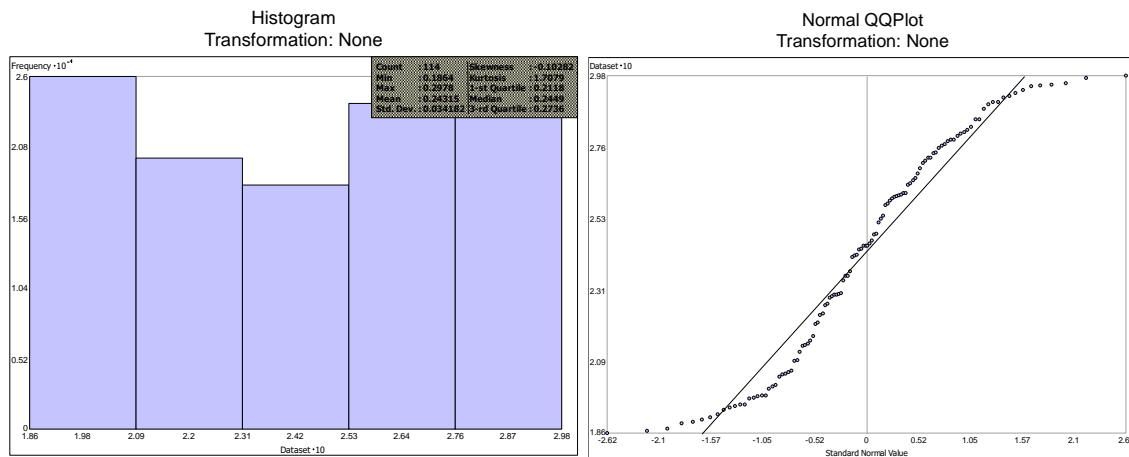


Figura 71 – Vemos 2009 Delta Y; Izquierda: Histograma; Derecha: Diagrama de dispersión; Abajo: Diagrama de tendencias

Fuente: Elaboración propia (Geostatistical Analyst – Arc Gis)

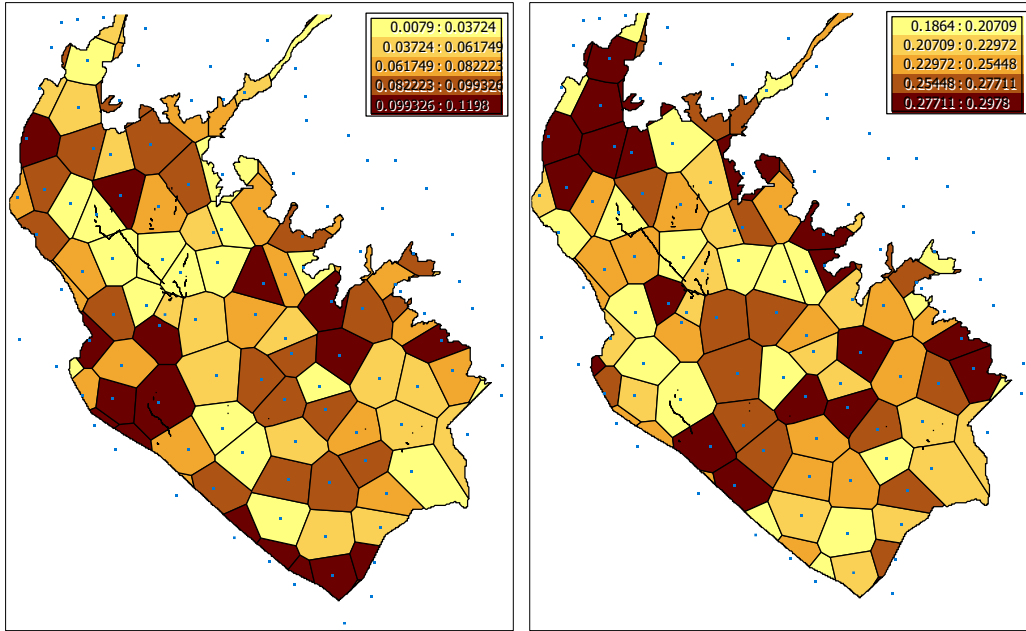


Figura 72– Vemos 2009 – Poligonos de Voronio Izquierda: Delta X; Derecha: Delta Y
Fuente: Elaboración propia (Geostatistical Analyst – Arc Gis)

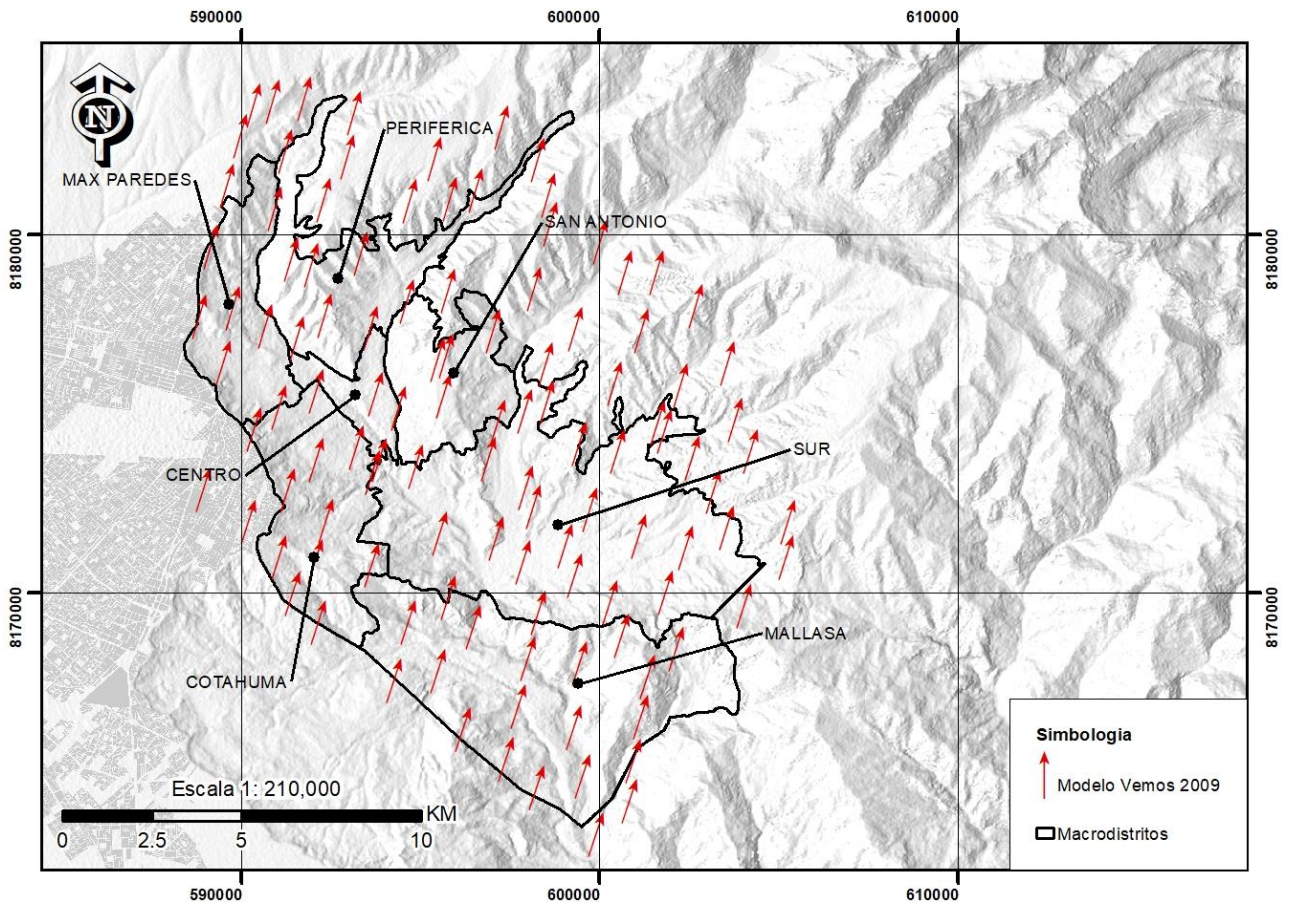


Figura 73 – Mapa de Vector de Velocidades Vemos 2009 – Componente horizontal
Fuente. - Elaboración propia

Asimismo, se realizó el análisis del componente vertical, pero este no sufre cambios considerables, situándose estos por debajo del milímetro, situación que para futuros modelos no será necesario modelar en mapas o datos estadísticos; sin embargo, para corroborar dicha situación se presenta un mapa del componente vertical:

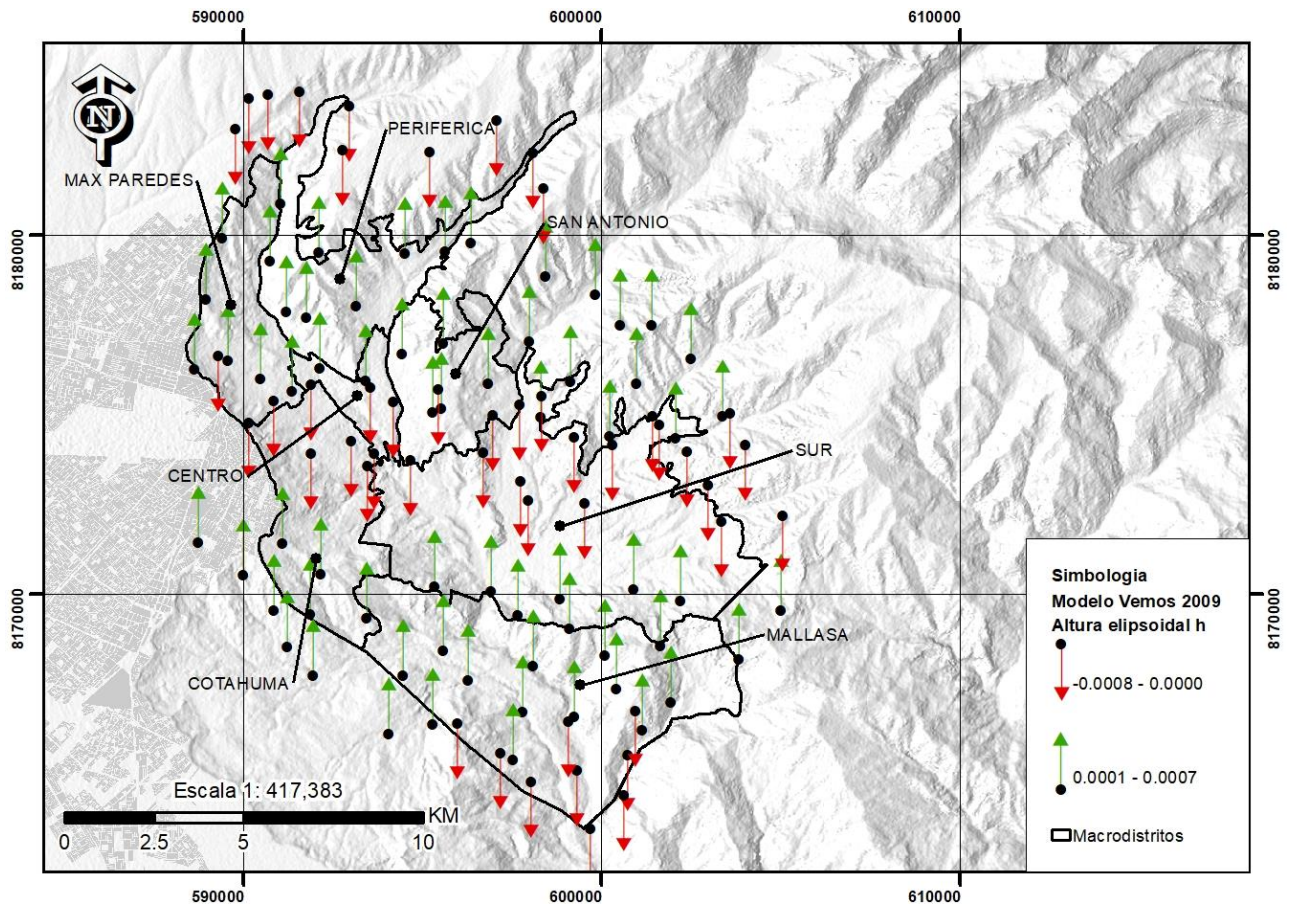


Figura 74 – Mapa de Vector de Velocidades Vemos 2009 – Componente vertical
Fuente. - Elaboración propia

Estadística	Delta X UTM	Delta Y UTM	Delta h
Suma	7.4817	27.7189	-1.2938
n	114	114	114
Promedio	0.066	0.243	-0.011
Desviacion Estandar	0.0309	0.0342	0.0005
Valor Minimo	0.0079	0.1864	-0.0125
1er Cuartil	0.0404	0.2122	-0.0117
Mediana	0.0672	0.2449	-0.0113
3er Cuartil	0.0885	0.2733	-0.0110
Valor Maximo	0.1198	0.2978	-0.0101
Rango Intercuartil	0.0481	0.0610	0.0007
Limite Interno Min	-0.0317	0.1207	-0.0127
Limite Interno Max	0.1606	0.3648	-0.0100

Limite Externo Min	-0.1038	0.0292	-0.0138
Limite Externo Max	0.2327	0.4563	-0.0089

Tabla 10 – Cuadro estadístico diferencia de coordenadas por Vemos 2009
Fuente. – Elaboración propia

De acuerdo al desplazamiento calculado mediante modelo de velocidades VEMOS 2009 al marco de referencia de la red geodésica de La Paz los valores finales son:

- Delta X = 0.066
- Delta Y = 0.243

4.3. CALCULO DE MODELO CINEMATICO GEOTECTONICO - TECTONICAS DE PLACAS

De acuerdo a los datos obtenidos mediante el software MICRODEM o por su versión web UNAVCO⁴¹ se realizaron una serie de cálculos en los distintos modelos matemáticos para todos los puntos de la red geodésica (Se anexa reporte de los mismos), a continuación, se ofrece una tabla resumen con promedio de vectores calculados con la aclaración que solo se empleó datos de los 31 puntos depurados de la Red Geodésica La Paz.

MODELO GEOTECTONICO	VELOCIDAD mm / año	AZIMUT (cw desde N)	N VEL. mm / año	E VEL. mm / año
GSRM v2.1	10.179	355.616774194	10.149	-0.779
ITRF2014 [2016]	11.523	346.960967742	11.227	-2.600
NNR-MORVEL56	8.194	344.201290323	7.885	-2.231
GEODVEL 2010	10.951	347.291612903	10.682	-2.409
MORVEL 2010	8.194	344.206129032	7.886	-2.231
ITRF2008	10.937	344.945483871	10.562	-2.841
APKIM2005-DGFI	9.533	351.368387097	9.426	-1.431
APKIM2005-IGN	10.767	354.099677419	10.709	-1.107
GSRM v1.2	9.638	352.910645161	9.565	-1.190
CGPS 2004	10.791	344.146129032	10.381	-2.948
REVEL 2000	10.541	338.939032258	9.839	-3.788
ITRF2000 (AS&B [2002])	11.190	345.517096774	10.829	-2.797
HS3-NUVEL1A	10.351	340.292580645	9.744	-3.490
APKIM2000.0	8.716	344.342258065	8.392	-2.353
ITRF2000 (D&A [2001])	11.190	345.517096774	10.829	-2.797
HS2-NUVEL1A	10.533	340.663225806	9.940	-3.488
NUVEL 1A	10.355	340.305483871	9.749	-3.490
NUVEL 1	10.695	340.233548387	10.066	-3.617
Promedio Total	10.238	345.642	9.881	-2.533

Tabla 11 – Cuadro estadístico Modelos Cinemáticos Geotectónicos
Fuente. – Elaboración propia

Como puede observarse en la tabla 9, existen un número considerable de modelos globales geotectónicos, entre los cuales podemos ir descartando aquellos que se alejan del rumbo Norte; los más próximos y de reciente publicación son: GSRM v2.1 e ITRF2014[2016]; asimismo veremos los modelos que fueron empleados por el SIRGAS para elaboración de Vemos 2003 como fue NUVEL 1A; y el modelo APKIM2005-DGFI que fue elaborado por IERS con su marco de referencia ITRF2005; motivo por el cual nos concentraremos en

⁴¹ UNAVCO. <https://www.unavco.org/software/geodetic-utilities/plate-motion-calculator/plate-motion-calculator.html>

estudiar los cuatro modelos descritos, con el fin de analizar y ver la posibilidad que se incorporen a la formación del modelo de velocidades local MOVELP.

Con este fin calcularemos los valores de los vectores de desplazamientos y su dirección para un periodo de 14.8 años:

Promedios	Velocidad mm / año	Azimut (cw desde N)	N VEL. m / año	E VEL. m / año
GSRM v2.1	150.645	355.616774194	0.150	-0.012
ITRF2014	170.544	346.960967742	0.166	-0.038
NNR-MORVEL56	121.265	344.201290323	0.117	-0.033
GEODVEL 2010	162.079	347.291612903	0.158	-0.036
MORVEL 2010	121.265	344.206129032	0.117	-0.033
ITRF2008	161.864	344.945483871	0.156	-0.042
APKIM2005-DGFI	141.087	351.368387097	0.140	-0.021
APKIM2005-IGN	159.348	354.099677419	0.158	-0.016
GSRM v1.2	142.639	352.910645161	0.142	-0.018
CGPS 2004	159.711	344.146129032	0.154	-0.044
REVEL 2000	156.011	338.939032258	0.146	-0.056
ITRF2000	165.612	345.517096774	0.160	-0.041
HS3-NUVEL1A	153.194	340.292580645	0.144	-0.052
APKIM2000.0	128.999	344.342258065	0.124	-0.035
ITRF2000	165.612	345.517096774	0.160	-0.041
HS2-NUVEL1A	155.892	340.663225806	0.147	-0.052
NUVEL 1A	153.247	340.305483871	0.144	-0.052
NUVEL 1	158.279	340.233548387	0.149	-0.054

Tabla 12 – Cuadro estadístico Modelos Cinemáticos Geotectónicos para 14.8 años
Fuente. – Elaboración propia

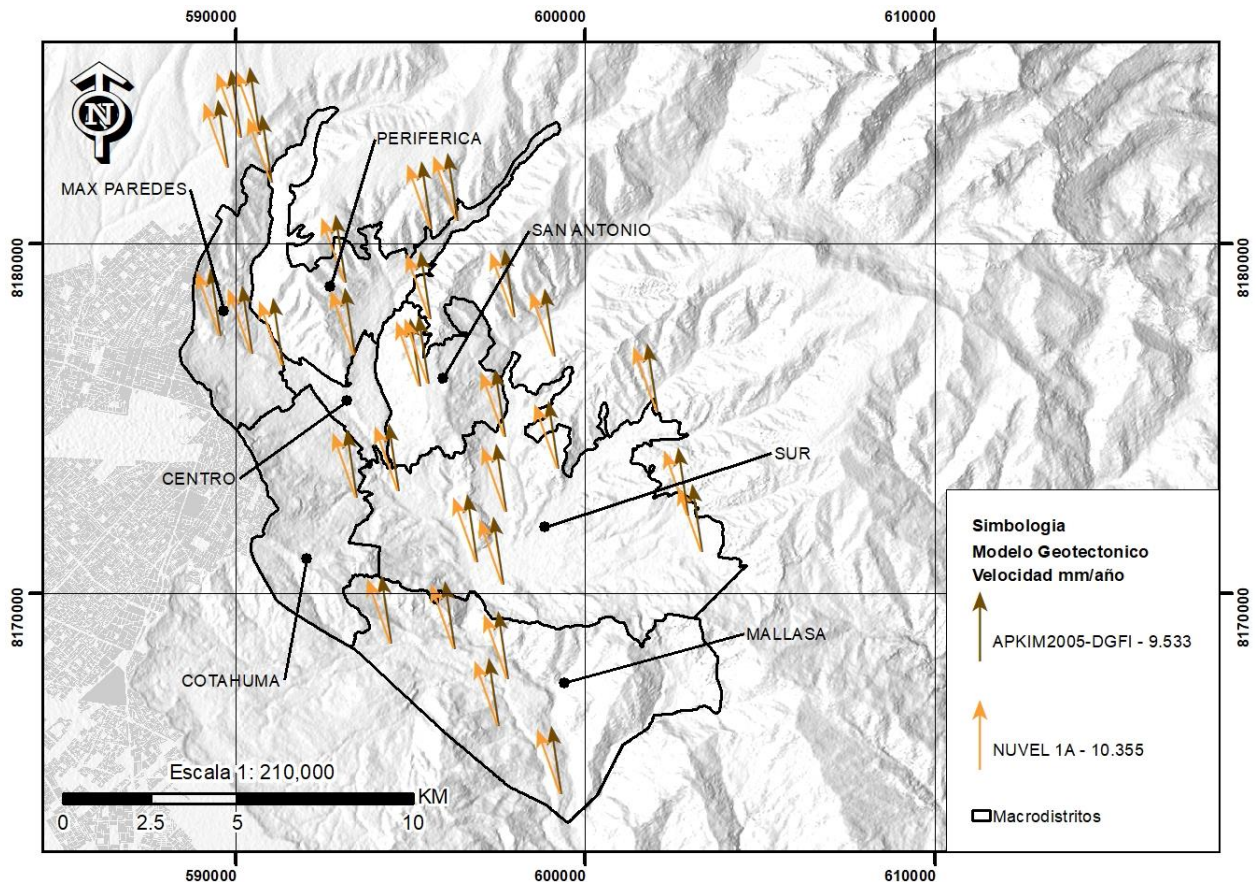


Figura 75 – Mapa de Vector de Velocidades NUVEL 1A vs APKIM2005-DGFI
Fuente. - Elaboración propia

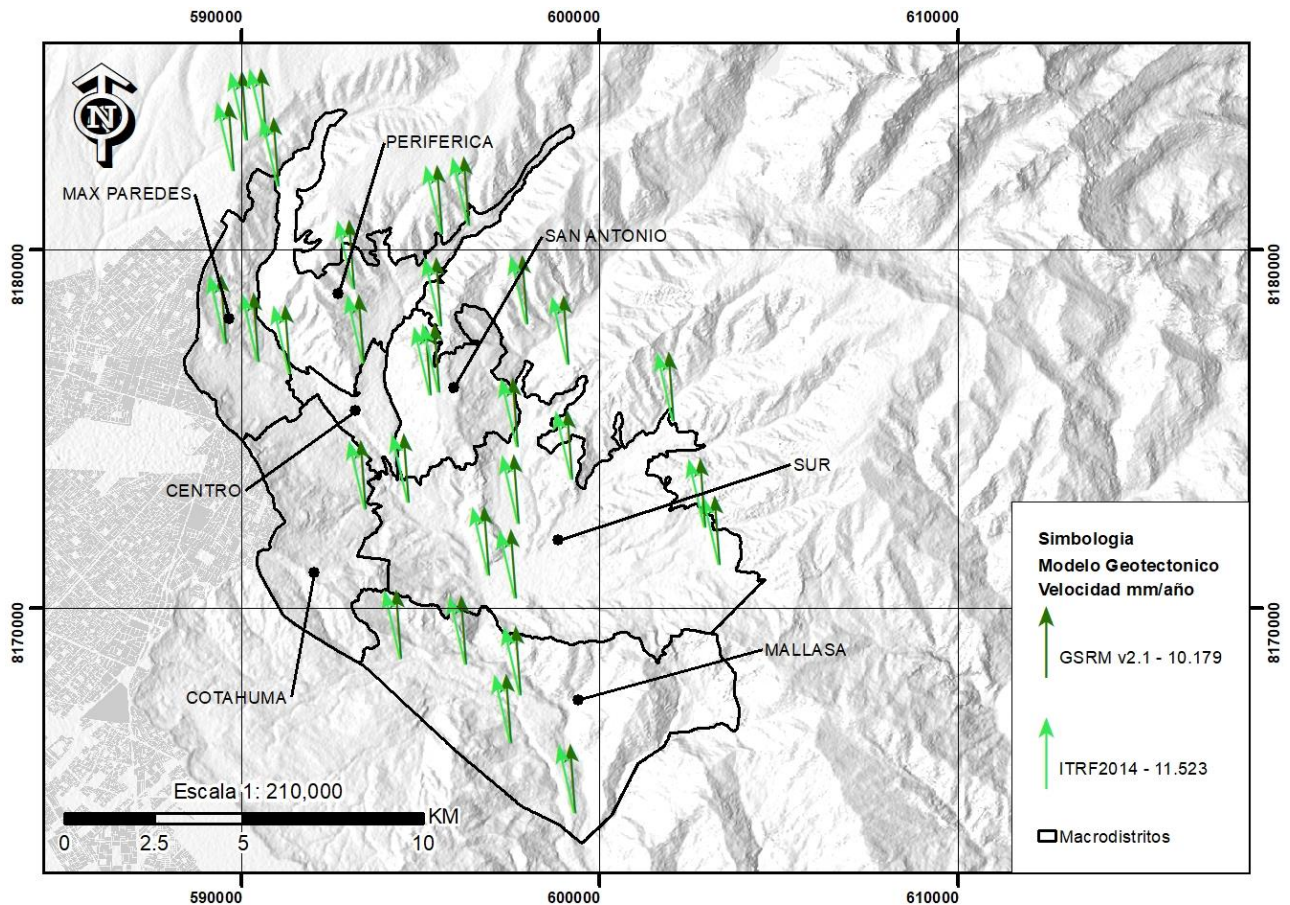


Figura 76 – Mapa de Vector de Velocidades GSRM v2.1 vs ITRF2014 [2016]
Fuente. - Elaboración propia

Los modelos geotectónicos APKIM2005 y NUVEL 1A no cumplen con la dirección o el tamaño de vector en un periodo de 14.8 años en comparación por los hallados con la diferencia de coordenadas de vértices de la Red 2005 vs Red 2013. Aunque los valores de los modelos GSRM v2.1 e ITRF2014 tienen mayor afinidad; de estos modelos descritos anteriormente; el correspondiente al ITRF2014 es el de más reciente publicación (2016) el mismo de acuerdo a una primera inspección superficial cuenta con mejor ajuste al área de estudio, razón por la cual a continuación se realizara un estudio más detallado para corroborar si cumple con el propósito:

Nro.	Vértice	Delta Norte	Delta Este
1	AFLO	0.1662	-0.0385
2	ARUN	0.1662	-0.0385
3	CHUQ	0.1662	-0.0386
4	HB83	0.1662	-0.0385
5	HUMB	0.1662	-0.0385
6	LACA	0.1662	-0.0385
7	LAGU	0.1661	-0.0386
8	MAME	0.1661	-0.0385
9	MUNA	0.1661	-0.0385
10	OVEJ	0.1662	-0.0385
11	PC01	0.1661	-0.0385
12	PC04	0.1661	-0.0385
13	PC13	0.1662	-0.0385

Nro.	Vértice	Delta Norte	Delta Este
14	PC14	0.1662	-0.0385
15	P-27	0.1662	-0.0385
16	PC29	0.1661	-0.0386
17	PC31	0.1661	-0.0385
18	PC37	0.1661	-0.0385
19	PC38	0.1661	-0.0385
20	PC42	0.1662	-0.0386
21	P043	0.1662	-0.0383
22	PC46	0.1662	-0.0385
23	PC48	0.1662	-0.0385
24	PC53	0.1662	-0.0385
25	PC54	0.1662	-0.0385
26	PC55	0.1662	-0.0385
27	PC60	0.1662	-0.0385
28	PC69	0.1662	-0.0383
29	PC73	0.1662	-0.0383
30	PC79	0.1662	-0.0383
31	ZOOL	0.1662	-0.0383

Tabla 13 – Tabla Modelo ITRF2014
Fuente. – Elaboración propia

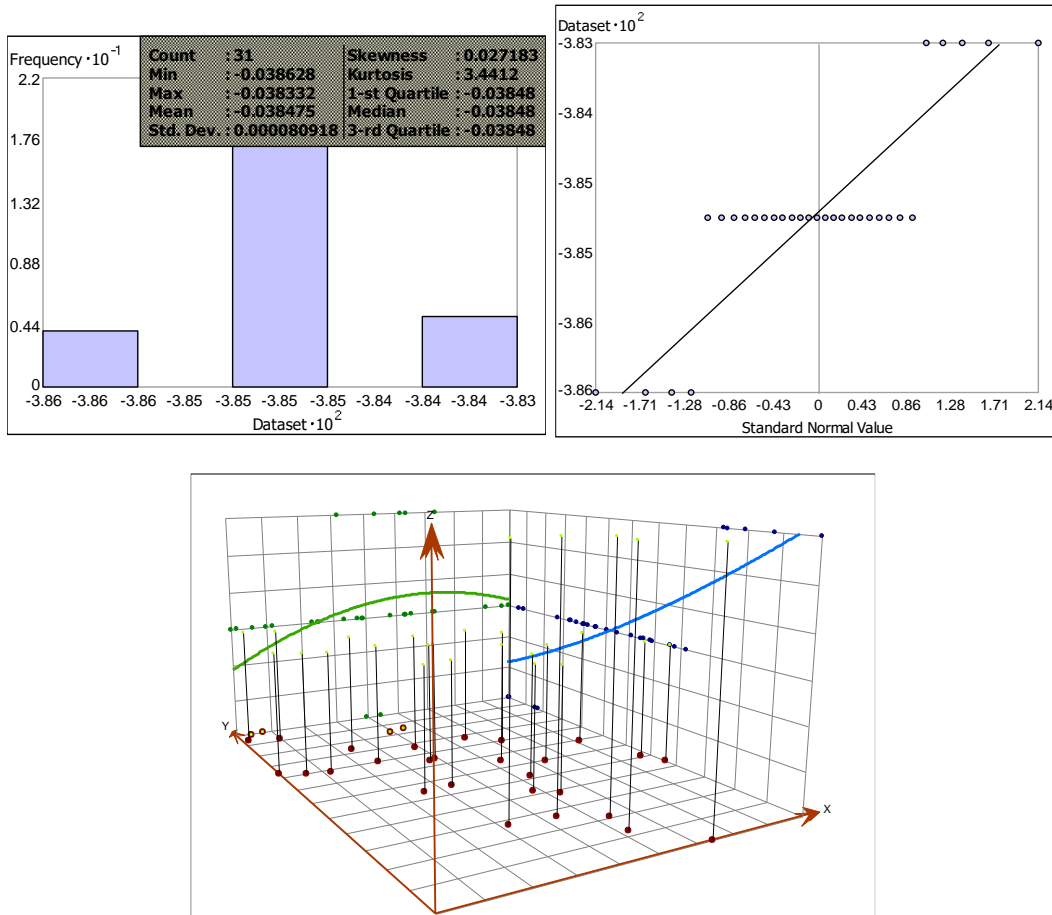


Figura 77 – Modelo ITRF2014 Delta X; Izquierda: Histograma; Derecha: Diagrama de dispersión; Abajo: Diagrama de tendencias
Fuente: Elaboración propia (Geostatistical Analyst – Arc Gis)

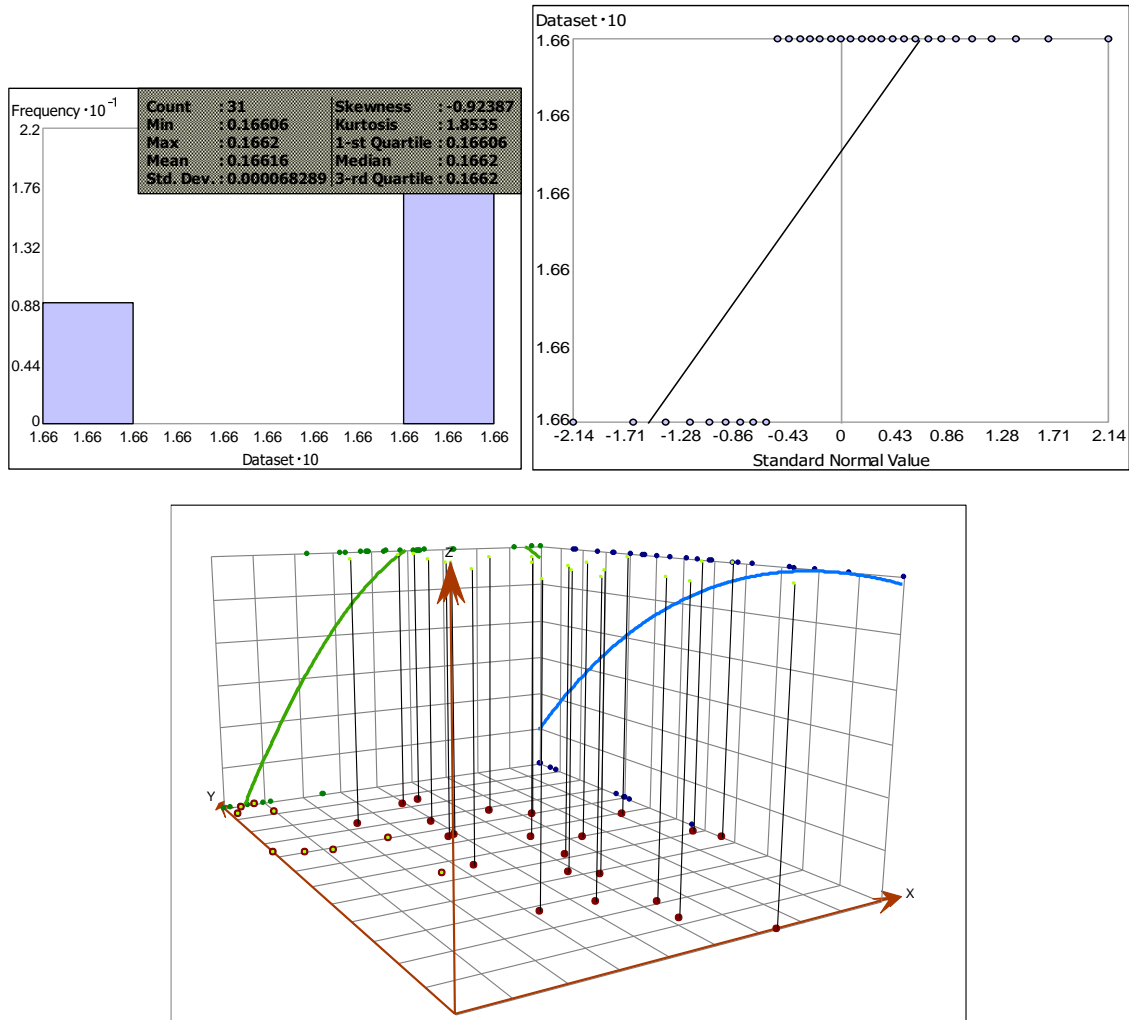


Figura 78 – Modelo ITRF2014 Delta Y; Izquierda: Histograma; Derecha: Diagrama de dispersión; Abajo: Diagrama de tendencias
Fuente: Elaboración propia (Geostatistical Analyst – Arc Gis)

Dados los comportamientos inusuales de los Delta X y Delta Y, en los histogramas, los mismos fueron sujetos a una transformación de Tipo Logaritmico (Log), Potencial (Cox Box) y Arco seno (Arcsin), sin mayores variaciones al respecto de su no transformación de la forma actual que se presentaron los datos.

Los polígonos de Voronio y el diagrama de dispersión no favorecen al modelo para realizar su aplicación al modelo local de velocidades MOVELP, debido a el comportamiento inusual en todos aspectos anteriormente analizados.

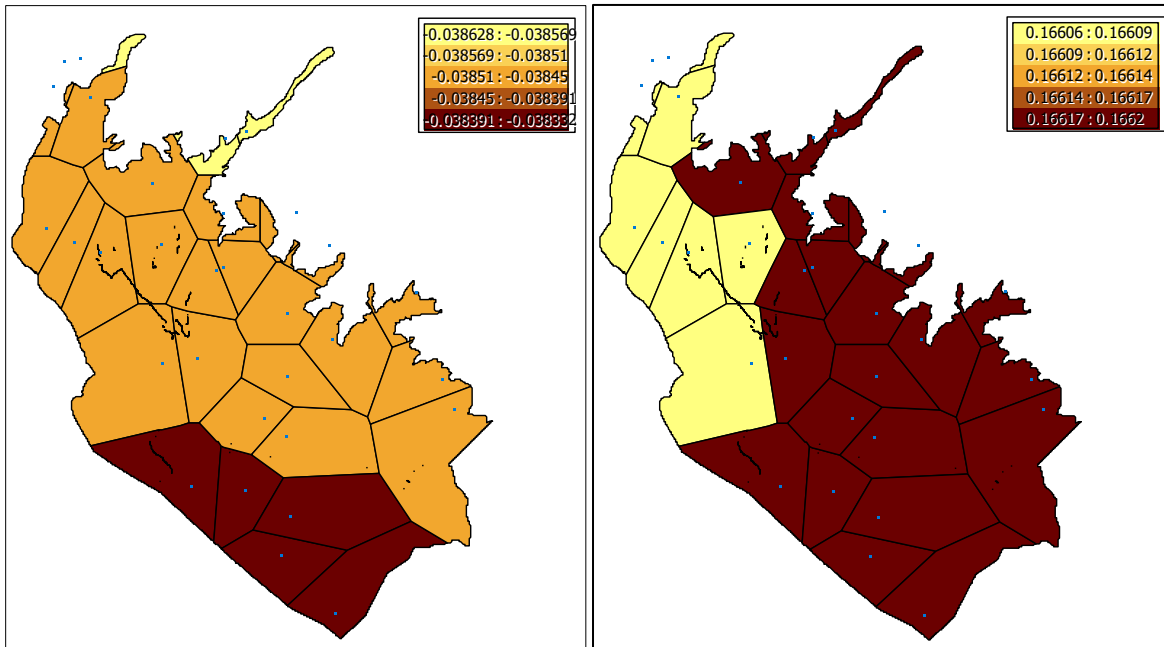


Figura 79 – Modelo ITRF2014 – Polígonos de Voronio Izquierda: Delta X; Derecha: Delta Y
Fuente: Elaboración propia (Geostatistical Analyst – Arc Gis)

4.4.1. ESTIMACION DE VELOCIDADES

El objetivo primordial del trabajo de investigación es la determinación de un modelo cinemático de velocidades local para el área urbana de la ciudad de La Paz; este objetivo no se llegó a realizar con el 100 % de los vértices geodésicos del marco de referencia de la Red Geodésica Municipal 2005; pero si se cuenta con un número considerable y suficiente de vértices que permitan elaborar el modelo de velocidades local.

Las velocidades de los puntos de la red Geodésica se calcularon de dos formas:

- Mediante la diferencia de coordenadas tomadas con receptores GNSS en la campaña de redes geodésicas 2005 y 2013.
- Mediante el modelo de velocidades VEMOS, el cual es de uso oficial por el SIRGAS, entidad de la cual también es miembro como estado Bolivia.

Si bien este modelo de velocidad nos ofrece vectores V_x ; V_y y V_z ; estos no son de uso cotidiano en su aplicación debido a la falta de conocimiento por parte de personal técnico del área; debido a que deben realizarse cálculos previos.

A continuación, se realizará un cruce de datos entre las velocidades estimadas anteriormente mencionadas:

Nro.	Estación		Diferencia Coordenadas 2005/2013			Vemos 2003/2009			Vemos 2009		
	Red 2005	Red 2013	Delta X UTM	Delta Y UTM	Delta Z h	Delta X UTM	Delta Y UTM	Delta Z h	Delta X UTM	Delta Y UTM	Delta Z h
1	AFLO	AFLO	0.0084	0.2195	2.4100	0.1259	0.2880	-0.0116	0.0885	0.2949	-0.0117
2	ARUN	ARUNTAYA	0.0332	0.2357	1.9648	0.1474	0.2169	-0.0119	0.1101	0.2237	-0.0120
3	CHUQ	CHUQ	0.0057	0.2126	2.2372	0.0826	0.1875	-0.0112	0.0446	0.1949	-0.0112

Nro.	Estación		Diferencia Coordenadas 2005/2013			Vemos 2003/2009			Vemos 2009		
	Red 2005	Red 2013	Delta X UTM	Delta Y UTM	Delta Z h	Delta X UTM	Delta Y UTM	Delta Z h	Delta X UTM	Delta Y UTM	Delta Z h
4	HB83	HB83	0.0187	0.2002	2.3135	0.1001	0.1912	-0.0115	0.0627	0.1981	-0.0116
5	HUMB	HUMB	0.0271	0.1871	2.1777	0.1257	0.1907	-0.0112	0.0883	0.1975	-0.0113
6	INGA	BLPZ	-0.0012	0.1924	1.3210	0.1007	0.2351	-0.0112	0.0637	0.2420	-0.0111
7	LACA	LACA	0.0055	0.2048	2.2121	0.1276	0.1883	-0.0113	0.0893	0.1952	-0.0113
8	LAGU	LAGU	0.0062	0.2092	2.1867	0.0980	0.2600	-0.0120	0.0596	0.2673	-0.0121
9	MAME	NAME	0.0161	0.2335	2.2835	0.1380	0.2474	-0.0112	0.1006	0.2542	-0.0113
10	MUNA	MUNA	0.0077	0.2090	2.2232	0.1288	0.2909	-0.0110	0.0908	0.2978	-0.0108
11	OVEJ	OVEJ	0.0074	0.2176	2.2709	0.1022	0.2807	-0.0113	0.0644	0.2875	-0.0116
12	P043	P43	0.0112	0.2093	2.2781	0.0645	0.2536	-0.0109	0.0276	0.2605	-0.0108
13	P-27	P-27	0.0136	0.1856	2.1806	0.0835	0.2022	-0.0108	0.0456	0.2092	-0.0106
14	PC01	PC-01	0.0126	0.1929	2.2904	0.1223	0.2704	-0.0114	0.0839	0.2778	-0.0115
15	PC04	PC04	0.0224	0.2045	2.2872	0.0561	0.1943	-0.0108	0.0181	0.2013	-0.0106
16	PC13	PC13	0.0146	0.1789	2.2319	0.1168	0.2510	-0.0110	0.0784	0.2579	-0.0110
17	PC14	PC14	0.0060	0.2041	2.2653	0.0622	0.2733	-0.0109	0.0242	0.2802	-0.0107
18	PC29	PC-29	0.0095	0.2112	2.2216	0.0971	0.2617	-0.0116	0.0588	0.2690	-0.0117
19	PC31	PC-31	0.0101	0.2056	2.2814	0.0538	0.2699	-0.0116	0.0158	0.2773	-0.0115
20	PC37	PC-37	-0.0022	0.2002	2.3174	0.0459	0.2415	-0.0104	0.0079	0.2485	-0.0102
21	PC38	PC-38	0.0242	0.1979	2.2878	0.1181	0.2284	-0.0109	0.0801	0.2353	-0.0107
22	PC42	PC-42	0.0072	0.1993	2.2305	0.1039	0.2632	-0.0119	0.0660	0.2706	-0.0119
23	PC46	PC46	0.0252	0.2175	2.2559	0.0711	0.2526	-0.0111	0.0332	0.2595	-0.0110
24	PC48	PC48	0.0069	0.2104	2.2746	0.1058	0.2226	-0.0117	0.0678	0.2296	-0.0115
25	PC53	PC53	-0.0006	0.2186	2.3472	0.1262	0.1829	-0.0103	0.0882	0.1899	-0.0102
26	PC54	PC-54	0.0156	0.1688	2.2928	0.0780	0.2655	-0.0111	0.0407	0.2723	-0.0112
27	PC55	PC-55	0.0149	0.1989	2.2571	0.0777	0.2464	-0.0120	0.0404	0.2532	-0.0121
28	PC60	PC60	-0.0104	0.2155	2.3250	0.1490	0.2821	-0.0115	0.1117	0.2889	-0.0116
29	PC69	PC69	0.0137	0.2030	2.2981	0.1014	0.2864	-0.0111	0.0645	0.2933	-0.0110
30	PC73	PC73	0.0094	0.2232	2.3557	0.0485	0.2067	-0.0111	0.0115	0.2136	-0.0111
31	PC79	PC-79	0.0412	0.2268	2.3971	0.1421	0.2050	-0.0109	0.1054	0.2118	-0.0113
32	ZOOL	ZOOL	0.0215	0.1880	2.2208	0.1279	0.2380	-0.0109	0.0910	0.2449	-0.0108

Tabla 14 – Tabla Comparación Modelo Vemos 2003/2009 vs Vemos 2009 vs Diferencia de coordenadas red 2005/2013

Fuente. – Elaboración propia

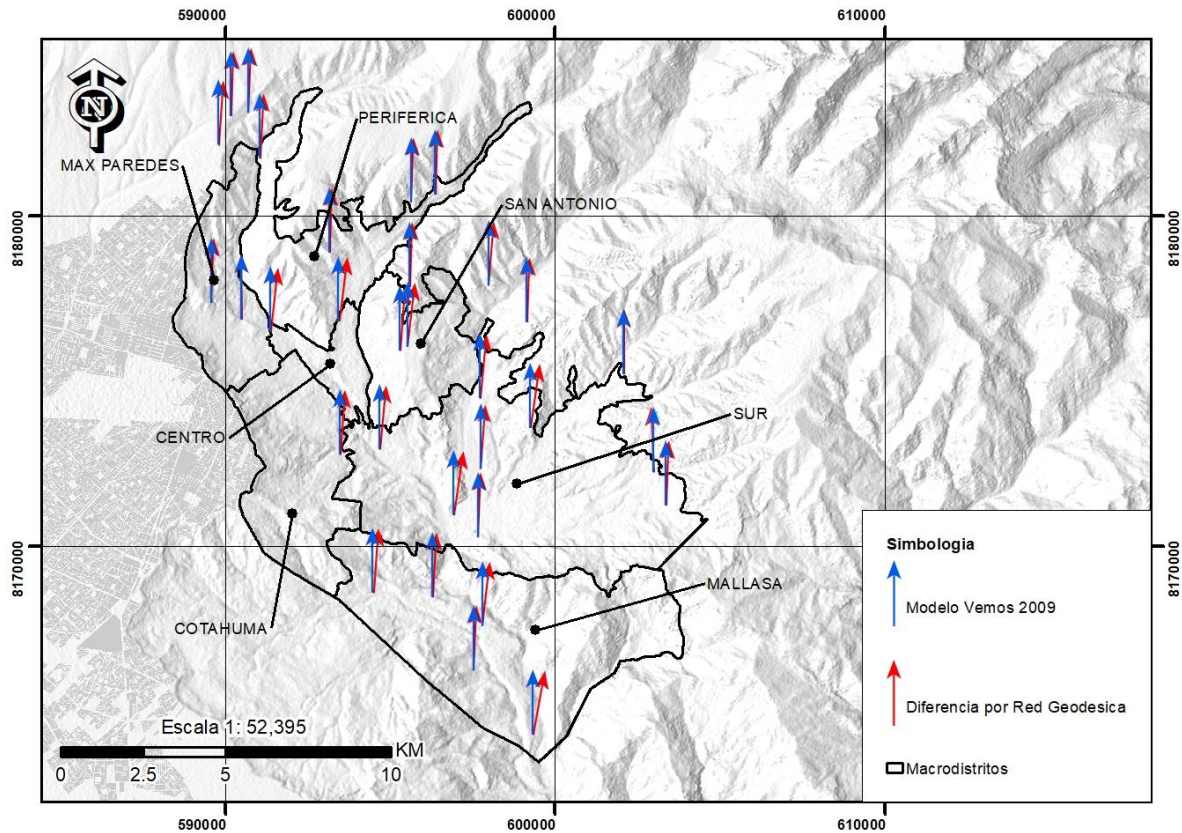


Figura 80 – Mapa de Vector de Velocidades Vemos 2009 vs Diferencia por Red Geodésica
Fuente. - Elaboración propia

Producto de la comparación de desplazamientos podemos obtener la siguiente tabla:

Nro.	Estación		Diferencia Red 2005/2013 vs Vemos 2009		
	Red 2005	Red 2005	Delta X UTM	Delta Y UTM	Longitud
1	AFLO	AFLO	-0.0801	-0.0754	0.1100
2	ARUN	ARUNTAYA	-0.0769	0.0120	0.0778
3	CHUQ	CHUQ	-0.0389	0.0177	0.0428
4	HB83	HB83	-0.0441	0.0022	0.0441
5	HUMB	HUMB	-0.0612	-0.0104	0.0621
6	INGA	BLPZ	-0.0649	-0.0497	0.0817
7	LACA	LACA	-0.0838	0.0096	0.0843
8	LAGU	LAGU	-0.0535	-0.0581	0.0790
9	MAME	NAME	-0.0845	-0.0207	0.0870
10	MUNA	MUNA	-0.0831	-0.0888	0.1216
11	OVEJ	OVEJ	-0.0570	-0.0700	0.0902
12	P043	P43	-0.0164	-0.0512	0.0538
13	P-27	P-27	-0.0320	-0.0236	0.0398
14	PC01	PC-01	-0.0713	-0.0849	0.1108

Nro.	Estación		Diferencia Red 2005/2013 vs Vemos 2009		
	Red 2005	Red 2005	Delta X UTM	Delta Y UTM	Longitud
15	PC04	PC04	0.0043	0.0033	0.0054
16	PC13	PC13	-0.0639	-0.0790	0.1016
17	PC14	PC14	-0.0183	-0.0761	0.0783
18	PC29	PC-29	-0.0493	-0.0578	0.0760
19	PC31	PC-31	-0.0058	-0.0717	0.0720
20	PC37	PC-37	-0.0101	-0.0482	0.0493
21	PC38	PC-38	-0.0559	-0.0374	0.0673
22	PC42	PC-42	-0.0588	-0.0713	0.0924
23	PC46	PC46	-0.0079	-0.0420	0.0428
24	PC48	PC48	-0.0610	-0.0192	0.0639
25	PC53	PC53	-0.0888	0.0287	0.0934
26	PC54	PC-54	-0.0251	-0.1036	0.1066
27	PC55	PC-55	-0.0254	-0.0543	0.0600
28	PC60	PC60	-0.1221	-0.0735	0.1425
29	PC69	PC69	-0.0508	-0.0903	0.1036
30	PC73	PC73	-0.0021	0.0096	0.0098
31	PC79	PC-79	-0.0642	0.0150	0.0659
32	ZOOL	ZOOL	-0.0695	-0.0569	0.0898

Tabla 15 – Tabla Resumen Modelo Vemos 2009 vs Diferencia de coordenadas 2005/2013
Fuente. – Elaboración propia

La componente vertical GPS siempre es del orden de 2 a 3 veces menor en exactitud que las componentes horizontales. Aun así, se presenta un comportamiento inusual entre las velocidades obtenidas de las coordenadas ajustadas y procesadas con VEMOS.

Nro.	Estación		Delta h
	Red 2005	Red 2013	
1	AFLO	AFLO	2.4217
2	ARUN	ARUNTAYA	1.9769
3	CHUQ	CHUQ	2.2484
4	HB83	HB83	2.3250
5	HUMB	HUMB	2.1890
6	INGA	BLPZ	1.3320
7	LACA	LACA	2.2234
8	LAGU	LAGU	2.1988
9	MAME	NAME	2.2948
10	MUNA	MUNA	2.2339
11	OVEJ	OVEJ	2.2825
12	P043	P43	2.2890
13	P-27	P-27	2.1912
14	PC01	PC-01	2.3019

Nro.	Estación		Delta h
	Red 2005	Red 2013	
15	PC04	PC04	2.2978
16	PC13	PC13	2.2430
17	PC14	PC14	2.2760
18	PC29	PC-29	2.2333
19	PC31	PC-31	2.2929
20	PC37	PC-37	2.3276
21	PC38	PC-38	2.2985
22	PC42	PC-42	2.2424
23	PC46	PC46	2.2669
24	PC48	PC48	2.2861
25	PC53	PC53	2.3574
26	PC54	PC-54	2.3040
27	PC55	PC-55	2.2691
28	PC60	PC60	2.3366
29	PC69	PC69	2.3092
30	PC73	PC73	2.3668
31	PC79	PC-79	2.4084
32	ZOOL	ZOOL	2.2316

Tabla 16 – Tabla Comparación Modelo Vemos 2009 vs Diferencia de coordenadas 2005/2013 – Componente Vertical

Fuente. – Elaboración propia

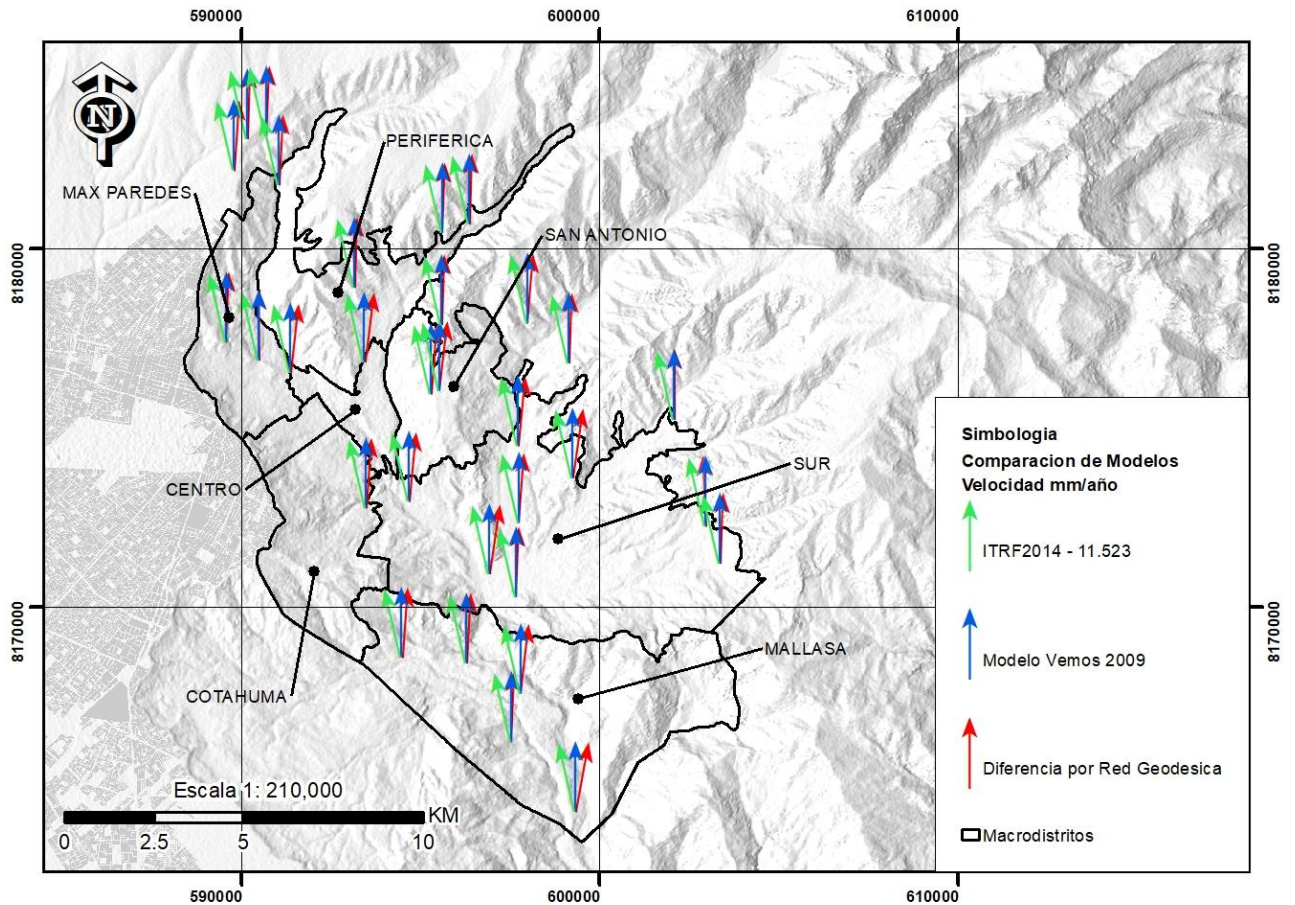


Figura 81 – Mapa de Vector de Velocidades ITRF2014 vs Vemos 2009 vs Diferencia por Red geodesica
Fuente. - Elaboración propia

De acuerdo al análisis realizado los modelos cinemáticos geotectónicos son muy variantes respecto al movimiento que realiza la placa Altiplano, en la que se encuentra ubicada el municipio de La Paz, toman una dirección de azimut 355° en promedio, por el contrario, los modelos que más se asemejan entre si son aquellos obtenidos por la diferencia de coordenadas como son:

- a) Obtenido mediante diferencia de coordenadas de los vértices
- b) Obtenido mediante el modelo cinemático geodésico Vemos 2009.

4.4. MODELO DE VELOCIDADES LOCAL MOVELP

El modelo de velocidades MOVELP se realiza mediante la interpolación kriging, teniendo como componentes de acuerdo al siguiente orden de prioridad:

Kriging MOVELP	Componente principal	Componente secundario	Componente terciario
Vector X	Delta X (Red2005 vs Red 2013)	Delta Y (Red2005 vs Red 2013)	Delta X (Vemos 2009)
Vector Y	Delta Y (Red2005 vs Red 2013)	Delta X (Red2005 vs Red 2013)	Delta Y (Vemos 2009)

Tabla 17 – Tabla de componentes Kriging MOVELP
Fuente. – Elaboración propia

4.5.1. MOVELP VECTOR X

Posterior a la interpolación efectuada los datos del vector X, son satisfactorios revisando los siguientes reportes geoestadísticos finales:

Transformation #1 [VEMOSvsREDGEOpoints - DeltaX]
View properties
Number of bins 5
Approximation method
Type Multiplicative Skewing
Number of modifiers 1
Base distribution Student's t
Diagnostic information -
AIC -196.06844523135527
Mean 0.012981290305633624
StdDev 0.010241237573951003
Beta (1, 1)
weight 1

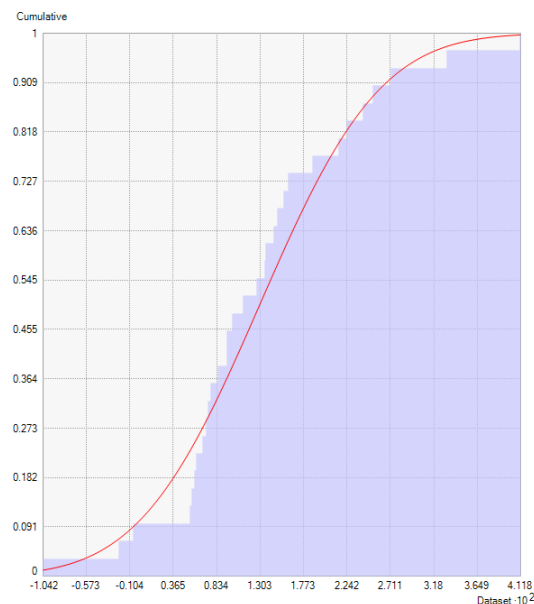
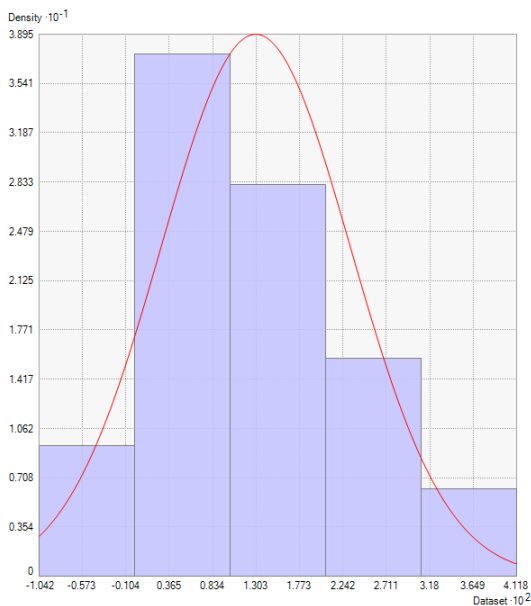
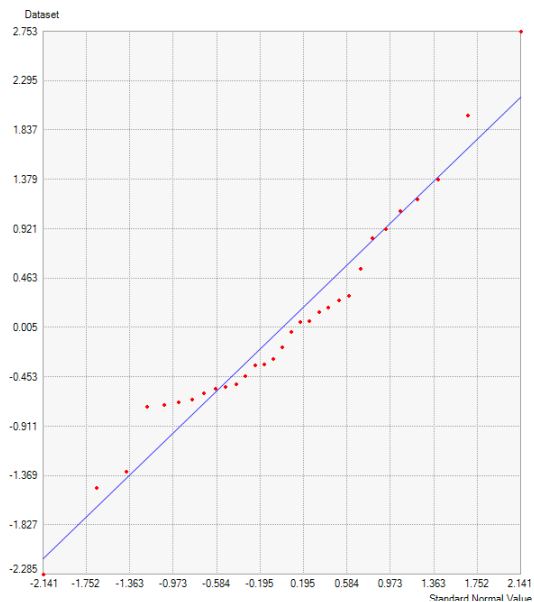


Figura 82 – Movelp Delta X; Izquierda: Histograma; Derecha: Distribución acumulativa; Arriba: Diagrama de dispersión

Fuente: Elaboración propia (Geostatistical Analyst – Arc Gis)

El análisis de la covarianza se resume en:

Model:

$$0 * \text{Nugget} + 0.99642 * \text{Stable}(3228.2, 0.2)$$

General
 Optimize model
 Examine bivariate distribution False
 Variable [0] Covariance
 Variable [1] Covariance
 Variable [2] Covariance
 Model Nugget
 Enable True
 Calculate Nugget False
 Nugget [0][0] 0.9615461668218738
 Nugget [1][1] 1.0863709043532688
 Nugget [2][2] 0.060680863045120804
 Measurement Error [0] 100
 Measurement Error [1] 100
 Measurement Error [2] 100
 Model #1
 Type Stable
 Parameter 2
 Major Range 8721.619780100616
 Anisotropy False
 Calculate Partial Sill False
 Partial Sill [0][0] 0.9964234532030873
 Partial Sill [0][1] 0.0005758888517065647
 Partial Sill [0][2] 0.20824909741008926
 Partial Sill [1][1] 0.9018651310011553
 Partial Sill [1][2] 0.27744009605472564
 Partial Sill [2][2] 0.9307702374879833
 Model #2
 Type <none>
 Model #3
 Type <none>
 Lag
 Lag Size 362.50336408067267
 Number of Lags 12
 Shifts
 Calculate False
 X[1] 0
 Y[1] 0
 X[2] 0
 Y[2] 0

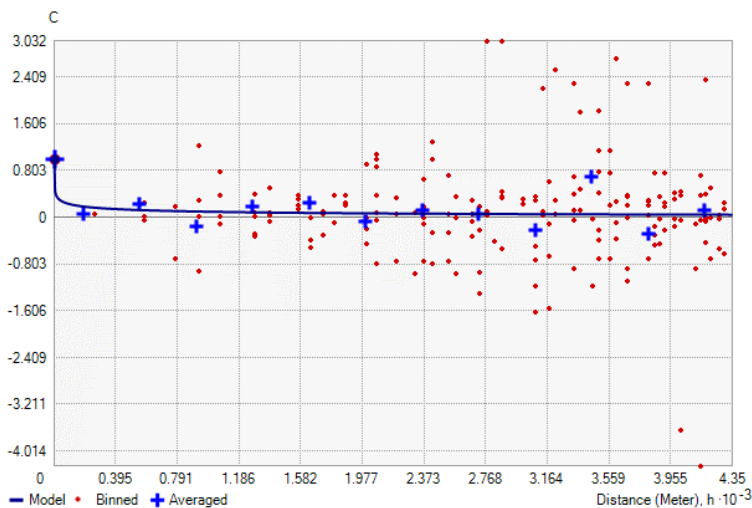


Figura 83 – Movelp Delta X; Diagrama de Semivarianza/Covarianza

Fuente: Elaboración propia (Geostatistical Analyst– Arc Gis)

La validación interna que realiza el módulo de Geoestadística se detalla a continuación:

Dataset #0 [VEMOSvsREDGEOpoints - DeltaX]
 Search Neighborhood
 Neighborhood type Standard
 Maximum neighbors 5
 Minimum neighbors 2
 Sector type 4 Sectors with 45° offset
 Copy from Variogram True
 Angle 0
 Major semiaxis 3228.2197891072715
 Minor semiaxis 3228.2197891072715
 Anisotropy factor 1

Regression function $0.128363492568764 * x + 0.0115650831617586$ (Prediction)
 Regression function $-0.871636507431236 * x + 0.0115650831617586$ (Error)

Prediction Errors
 Samples 31 of 31
 Mean 0.00010772047012384246
 Root-Mean-Square 0.009851539617922442

Mean Standardized 0.010501337989531167
 Root-Mean-Square Standardized 0.9972396443737472
 Average Standard Error 0.00986439407828465
 Export Result Table

Source ID	Included	Measured	Predicted	Error	Standard Error	Standardized Error	Normal Value
0	Yes	0.0084499999648	0.01536731585...	0.0069173158854156265	0.0098539496565...	0.7019840902932...	0.9252445453481996
1	Yes	0.0332100000232	0.01498231819...	-0.0182276818275593	0.0098716864908...	-1.846460768833...	-1.6606976232648707
2	Yes	0.00568999990355	0.00987746301...	0.004187463106999344	0.0098720734270...	0.4241726054752...	0.41598723510217983
3	Yes	0.0186599999433	0.01448266109...	-0.004174538845620611	0.0098665887614...	-0.423382279996...	-0.7000902096976331
4	Yes	0.0271300000604	0.01586331882...	-0.011266681236448303	0.0098480366752...	-1.144053541637...	-1.0574142144459429
5	Yes	0.00549000001047	0.01489811823...	0.009408118225384279	0.0098776815894...	0.952462188640781	1.2112321226221294
6	Yes	0.00616999994963	0.01174212268...	0.005572122738124782	0.0098234104241...	0.5672289457053...	0.7000902096976331
7	Yes	0.0160899999319	0.01591543099...	-0.0001745689408461...	0.0098893129674...	-0.017652281955...	-0.24500622487814816
8	Yes	0.00768999999855	0.01487646069...	0.007186460694619641	0.0098831391321...	0.7271435318825...	1.0574142144459433
9	Yes	0.00738999992609	0.01062278717...	0.0032327872517340225	0.0098984620382...	0.3265949032533...	0.3292913584568087
10	Yes	0.0135699999519	0.01571595337...	0.0021459534190129085	0.0097666958049...	0.2197215375464...	0.24500622487814816
11	Yes	0.0111500000348	0.01163299997...	0.0004829999380240122	0.0098694825959...	0.0489387293939...	-0.08094727646190547
12	Yes	0.0126399999717	0.01368428371...	0.001044283746092856	0.0098487223186...	0.1060324082969...	0.08094727646190525
13	Yes	0.0224000000162	0.00860699408...	-0.01379300592646342	0.0098524414199...	-1.399958176720...	-1.2112321226221294
14	Yes	0.0145599999232	0.01510180212...	0.0005418021974901762	0.0098733576964...	0.0548751715624...	0
15	Yes	0.00596999994013	0.01046428960...	0.004494289663899573	0.0098567633524...	0.4559599843458...	0.505933666430675
16	Yes	0.0095100000035	0.01112537129...	0.001615371293421975	0.0098302897340...	0.1643259087099...	0.1624293623295643
17	Yes	0.0100600000005	0.00773186821...	-0.0023281317840041...	0.0098596287699...	-0.236127732426...	-0.600178781454245
18	Yes	-0.0021799999522	0.00886590017...	0.011045900127428199	0.0098518735345...	1.1211979212593...	1.4007450630126113
19	Yes	0.02416000003	0.01457532795...	-0.009584672072842887	0.0098566641897...	-0.9724052568212	-0.9252445453481996
20	Yes	0.00720999995247	0.01180506672...	0.004595066776588448	0.0098636325950...	0.4658594825280...	0.600178781454245
21	Yes	0.0252199999522	0.01080552456...	-0.014414475390172671	0.0097653386230...	-1.476085566162...	-1.4007450630126113
22	Yes	0.00685000000522	0.01331096530...	0.006460965304148126	0.0098828552019...	0.6537549293286...	0.8075410318297
23	Yes	-0.00060999998...	0.01324259602...	0.013852596011715053	0.0099162754459...	1.3969555492051...	1.6606976232648707
24	Yes	0.0156000000425	0.01439609284...	-0.00120390719872282	0.0098704337838...	-0.121971052649...	-0.4159872351021803
25	Yes	0.0149499999825	0.01345861804...	-0.001491381940987713	0.0098601434429...	-0.151253574516...	-0.505933666430675
26	Yes	-0.0104200000642	0.01677123797...	0.027191238035241268	0.0098889489886...	2.7496590453125...	2.1411981307479437
27	Yes	0.01366000000551	0.01359709673...	-6.290332240607016e-05	0.0099109354205...	-0.006346860284...	-0.1624293623295643
28	Yes	0.00944000005256	0.00920020421...	-0.0002397958382778...	0.0098895289141...	-0.024247448018...	-0.3292913584568087
29	Yes	0.041179999942	0.01633095518...	-0.02484904475547527	0.0099288631148...	-2.502707960419...	-2.1411981307479433
30	Yes	0.0215299999109	0.01670818914...	-0.004821810761673921	0.0098671529006...	-0.488672954623...	-0.8075410318297

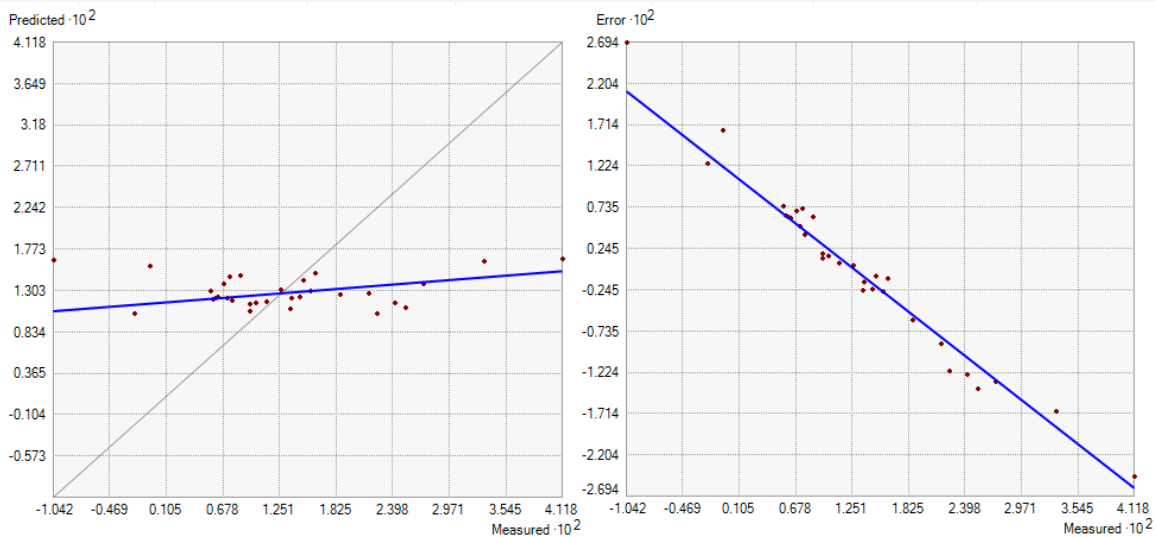


Figura 84 – Movelp Delta X; Izquierda: Diagrama de predicción; Derecha: Diagrama de errores; Arriba: Tabla resumen de validación Co-krigings

Fuente: Elaboración propia (Geostatistical Analyst – Arc Gis)

4.5.2. MOVELP VECTOR Y

Posterior a la interpolación efectuada los datos del vector Y, son satisfactorios revisando los siguientes reportes geoestadísticos finales:

Transformation #1 [VEMOSvsREDGEOpoints - DeltaY]
 View properties
 Number of bins 5
 Approximation method
 Type Multiplicative Skewing
 Number of modifiers 1
 Base distribution Student's t
 Diagnostic information -
 AIC -173.11255465215734
 Mean 0.2061022580751293
 StdDev 0.014830394670918696
 Beta (1, 1)
 weight 1

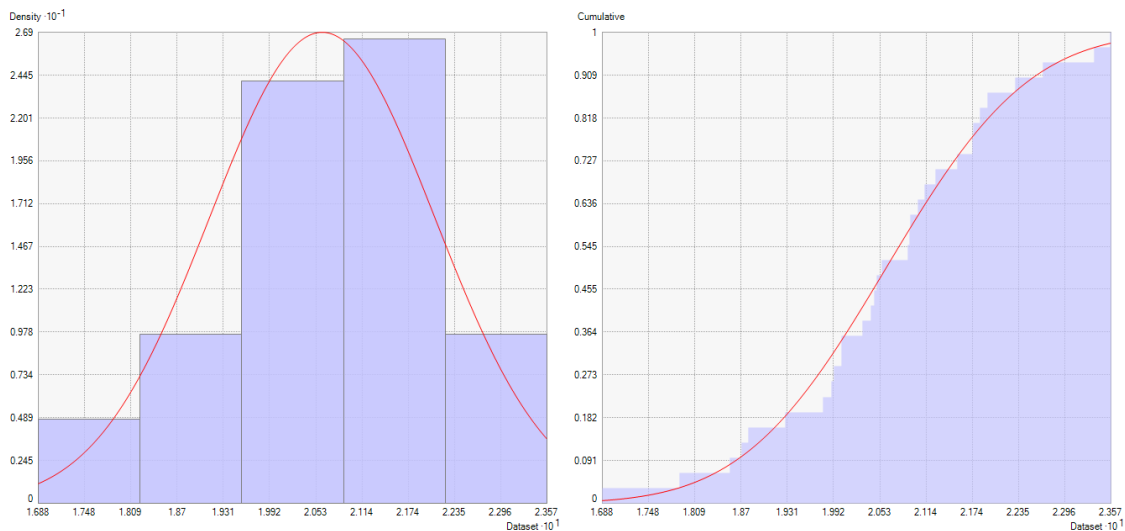
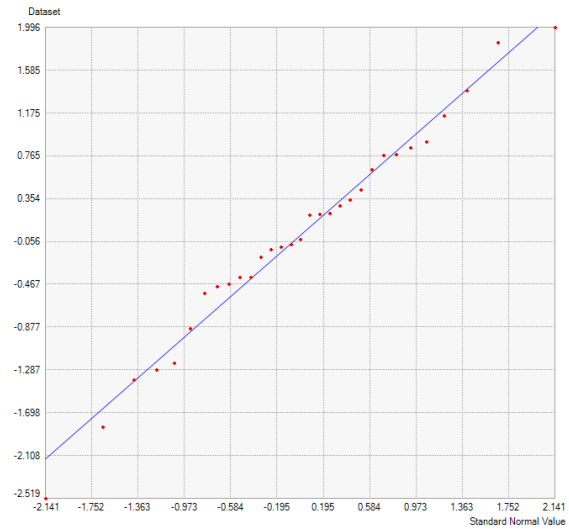


Figura 85 – Movelp Delta Y; Izquierda: Histograma; Derecha: Distribución acumulativa; Arriba: Diagrama de dispersión

Fuente: Elaboración propia (Geostatistical Analyst – Arc Gis)

El análisis de la covarianza se resume en:

Model:

$$1.0998 * \text{Nugget} + 0 * \text{Stable}(12129, 0.2) + 0 * \text{Stable}(12129, 0.2) + 0.015228 * \text{Circular}(9633.8)$$

General

Optimize model
 Examine bivariate distribution False
 Variable [0] Covariance
 Variable [1] Covariance
 Variable [2] Covariance
 Model Nugget
 Enable True
 Calculate Nugget True
 Nugget [0][0] 1.1935858709163565
 Nugget [1][1] 0.9248336846324637
 Nugget [2][2] 0.7841827396121023
 Measurement Error [0] 100

```

Measurement Error [1]      100
Measurement Error [2]      100
Model #1
Type      Stable
Parameter      0.2
Major Range    7352.315514936502
Anisotropy     False
Calculate Partial Sill      True
Partial Sill [0][0]  0
Partial Sill [0][1]  0
Partial Sill [0][2]  0
Partial Sill [1][1]  0
Partial Sill [1][2]  0
Partial Sill [2][2]  0
Model #2
Type      J-Bessel
Parameter      0.01
Major Range    7352.315514936502
Anisotropy     False
Calculate Partial Sill      True
Partial Sill [0][0]  0.002602955706828194
Partial Sill [0][1]  0.019223795851587844
Partial Sill [0][2]  -0.0196627387684537
Partial Sill [1][1]  0.1419748810838747
Partial Sill [1][2]  -0.1452166377538766
Partial Sill [2][2]  0.1485324144633902
Model #3
Type      J-Bessel
Parameter      0.01
Major Range    7352.315514936502
Anisotropy     False
Calculate Partial Sill      True
Partial Sill [0][0]  0
Partial Sill [0][1]  0
Partial Sill [0][2]  0
Partial Sill [1][1]  0
Partial Sill [1][2]  0
Partial Sill [2][2]  0
Lag
Lag Size  612.6929595780418
Number of Lags  12
Shifts
Calculate False
X[1]      0
Y[1]      0
X[2]      0
Y[2]      0

```

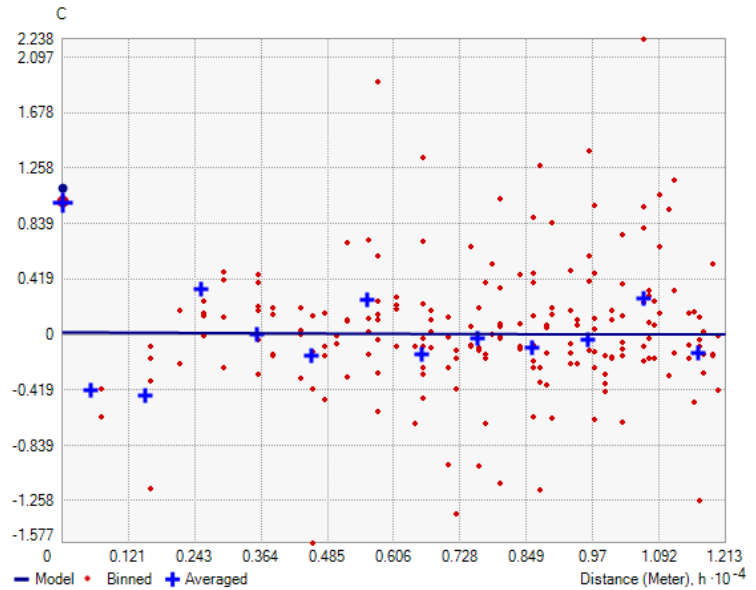


Figura 86 – Movelp Delta Y; Diagrama de Semivarianza/Covarianza

Fuente: Elaboración propia (Geostatistical Analyst – Arc Gis)

La validación interna que realiza el módulo de Geoestadística se detalla a continuación:

```

Dataset #0 [VEMOSvsREDGEOpoints - DeltaY]
Search Neighborhood
Neighborhood type Standard
Maximum neighbors      5
Minimum neighbors 2
Sector type      4 Sectors with 45° offset
Copy from Variogram      True
Angle      0
Major semiaxis  12129.282167271467
Minor semiaxis  12129.282167271467
Anisotropy factor  1

Regression function 0.00522797481684434 * x + 0.204986450467072 (Prediction)
Regression function -0.994772025183155 * x + 0.204986450467072 (Error)
Prediction Errors
Samples 31 of 31
Mean -4.0379640748346736e-05
Root-Mean-Square 0.014796353494330061
Mean Standardized -0.0024763904451291256

```

Root-Mean-Square Standardized 0.9126697167146723
Average Standard Error 0.016211919007926637
 Export Result Table

Source ID	Included	Measured	Predicted	Error	Standard Error	Standardized Error	Normal Value
0	Yes	0.219470000...	0.2060097253978...	-0.0134602754281...	0.01621131861...	-0.830301084463...	-1.0574142144459429
1	Yes	0.235700000...	0.2069000847861...	-0.0287999152908...	0.01621202609...	-1.776453795203...	-2.1411981307479433
2	Yes	0.212629999...	0.2058858531439...	-0.0067441468210...	0.01621190519...	-0.415999645850...	-0.505933666430675
3	Yes	0.200240000...	0.2070555250164...	0.00681552486542...	0.01621200539...	0.4203998641926...	0.600178781454245
4	Yes	0.187090000...	0.2061345422631...	0.01904454212516...	0.01621167077...	1.174742714034391	1.2112321226221294
5	Yes	0.204849999...	0.2064851475635...	0.00163514816559...	0.01621308286...	0.1008536241202...	0.08094727646190...
6	Yes	0.209180000...	0.2056736876949...	-0.0035063125430...	0.01621065971...	-0.216296721093...	-0.1624293623295643
7	Yes	0.233520000...	0.2058264867026...	-0.0276935135393...	0.01621191070...	-1.708220211524...	-1.6606976232648707
8	Yes	0.209010000...	0.2055683031586...	-0.0034416971823...	0.01621196571...	-0.212293638152...	-0.08094727646190...
9	Yes	0.217589999...	0.2051035025680...	-0.0124864969809...	0.01621260330...	-0.770172238653...	-0.9252445453481996
10	Yes	0.185560000...	0.2062905525753...	0.02073055244638...	0.01621047189...	1.2788370740556...	1.4007450630126113
11	Yes	0.209289999...	0.2057344126626...	-0.0035555870163...	0.01621224477...	-0.219314910789...	-0.24500622487814...
12	Yes	0.192879999...	0.2056493814527...	0.01276938146473...	0.01621092775...	0.7877020771804...	0.9252445453481996
13	Yes	0.204549999...	0.2065093416126...	0.00195934170469...	0.01621129645...	0.1208627397747...	0.24500622487814...
14	Yes	0.178899999...	0.2056287814805...	0.02672878177257...	0.01621215558...	1.6486877163520...	1.6606976232648707
15	Yes	0.204079999...	0.2059505991111...	0.00187059952317...	0.01621157394...	0.1153866694158...	0.1624293623295643
16	Yes	0.211210000...	0.2056710447374...	-0.0055389555915...	0.01621084969...	-0.341682002864...	-0.4159872351021803
17	Yes	0.205550000...	0.2057206489763...	0.00017064890436...	0.01621082397...	0.0105268495037...	0
18	Yes	0.200219999...	0.2058214866990...	0.00560148670007...	0.01621081078...	0.3455401937017...	0.41598723510217...
19	Yes	0.197879999...	0.2066222547009...	0.00874225482495...	0.01621135008...	0.5392675364818...	0.8075410318297
20	Yes	0.199289999...	0.205812055323124	0.00652205542112...	0.01621168432...	0.4023058485743...	0.505933666430675
21	Yes	0.217469999...	0.2061992995523...	-0.0112707000146...	0.01621043615...	-0.695274322570...	-0.7000902096976331
22	Yes	0.21035999991	0.2061328397856...	-0.0042271601243...	0.01621229729...	-0.260737885984...	-0.3292913584568087
23	Yes	0.218570000...	0.2062714870983...	-0.0122985133936...	0.01621405164...	-0.758509573156...	-0.8075410318297
24	Yes	0.168750000...	0.2060318719529...	0.03728187176690...	0.01621243235...	2.299585339548	2.1411981307479437
25	Yes	0.198900000...	0.2067520547644...	0.0078520545724787	0.01621072466...	0.4843740631982...	0.7000902096976331
26	Yes	0.215450000...	0.2050264398945...	-0.0104235601234...	0.01621250634...	-0.642933294991...	-0.600178781454245
27	Yes	0.203010000...	0.205676864387464	0.00266686409946...	0.01621349329...	0.1644842385908...	0.3292913584568087
28	Yes	0.22318000067	0.2064689452472...	-0.0167110554227...	0.01621306070...	-1.030715651133...	-1.2112321226221294
29	Yes	0.226779999...	0.2070657537153...	-0.0197142454956...	0.01621474832...	-1.215821861657...	-1.4007450630126113
30	Yes	0.188009999...	0.2062392574397...	0.01822925774772...	0.01621239978...	1.1244021855659...	1.0574142144459433

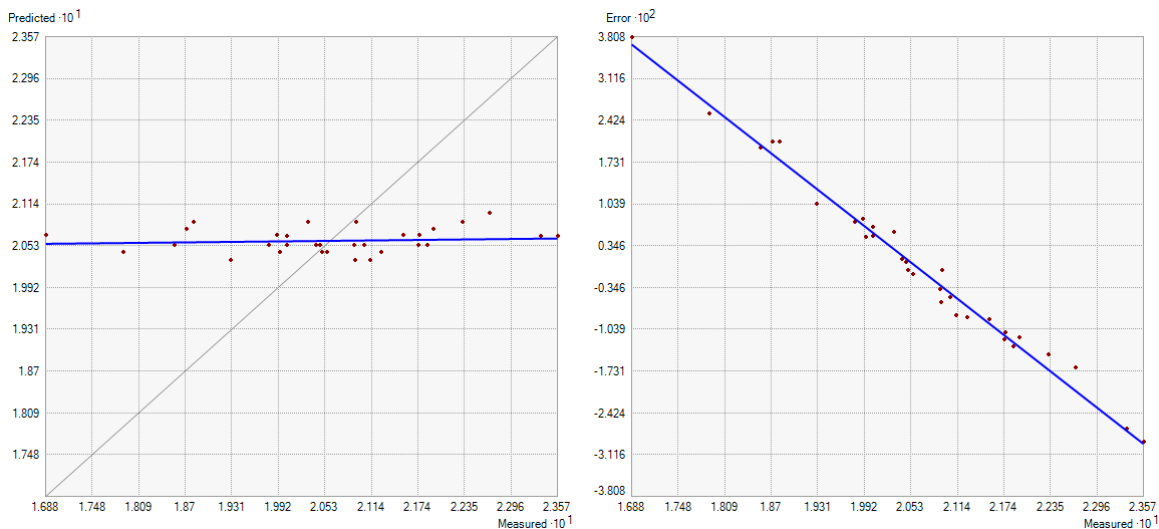


Figura 87 – Movelp Delta Y; Izquierda: Diagrama de predicción; Derecha: Diagrama de errores; Arriba: Tabla resumen de validación Co-krigings
 Fuente: Elaboración propia (Geostatistical Analyst – Arc Gis)

4.5.3. NORMALIZACION DE MOVELP

Mediante la herramienta de comparación de modelos geoestadísticos, verificamos que los valores obtenidos, tanto en el vector X, como en el vector Y, sean correlacionarlos entre si.

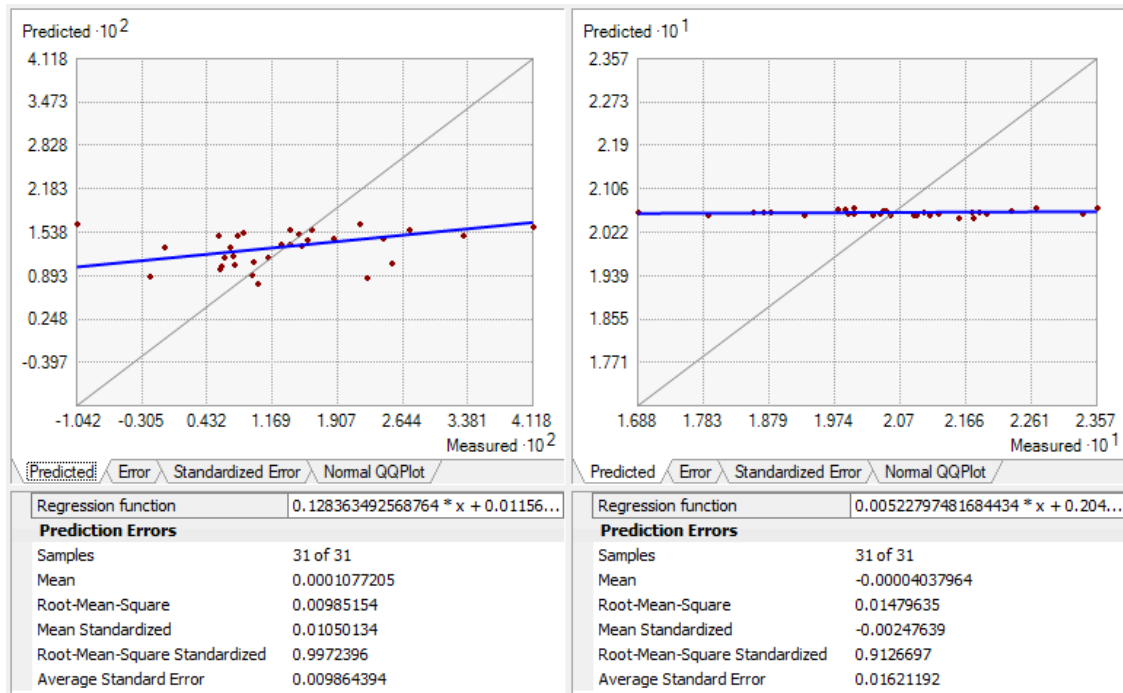


Figura 88 – Movelp Covalidación Predicción Delta X vs Delta Y
Fuente: Elaboración propia (Geostatistical Analyst – Arc Gis)

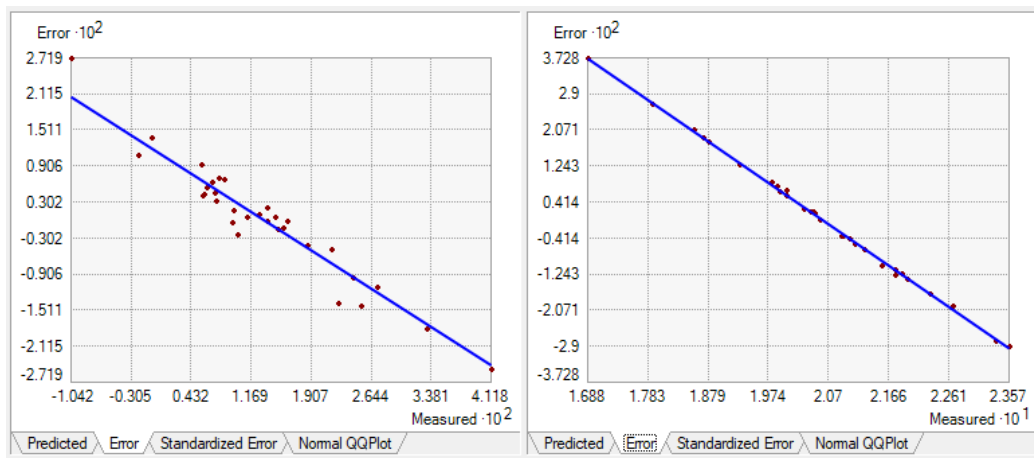


Figura 89 – Movelp Covalidación Error Delta X vs Delta Y
Fuente: Elaboración propia (Geostatistical Analyst – Arc Gis)

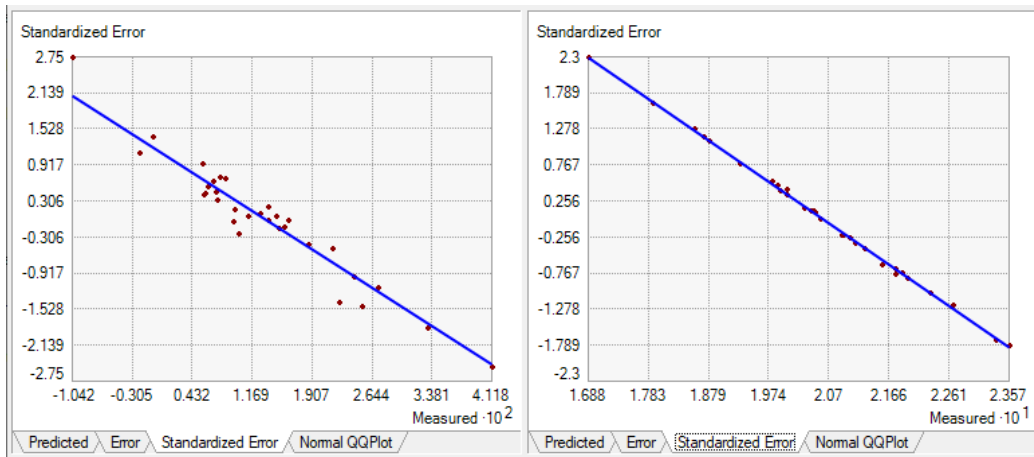


Figura 90 – Movelp Covalidación Error estandarizado Delta X vs Delta Y
Fuente: Elaboración propia (Geostatistical Analyst – Arc Gis)

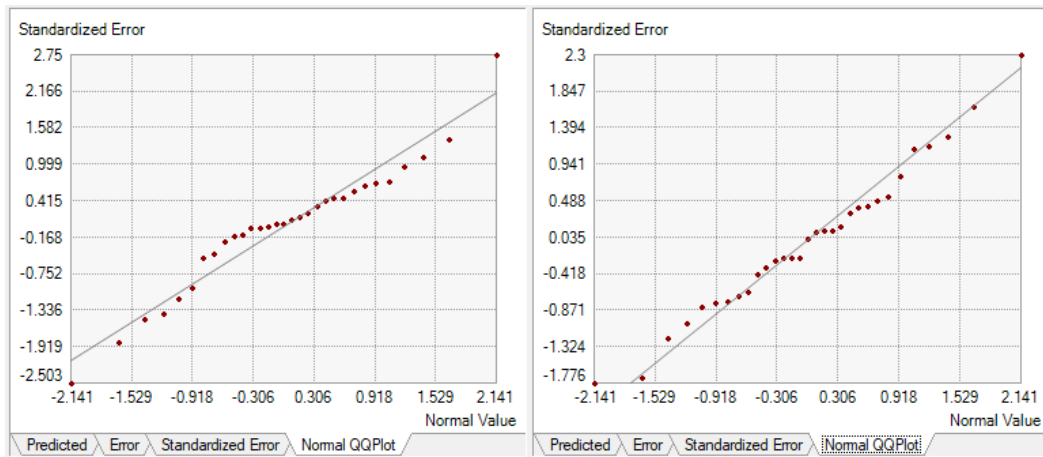


Figura 91 – Movelp Covalidación Distribución Normal Delta X vs Delta Y
Fuente: Elaboración propia (Geostatistical Analyst – Arc Gis)

La evaluación de los datos estadísticos comparados entre si, nos demuestran que conllevan una correlación proporcional entre si, es decir su modelamiento matemático es dependiente y proporcional entre los componentes X e Y.

4.5.4. GRILLA DEL MODELO DE VELOCIDADES LOCAL MOVELP

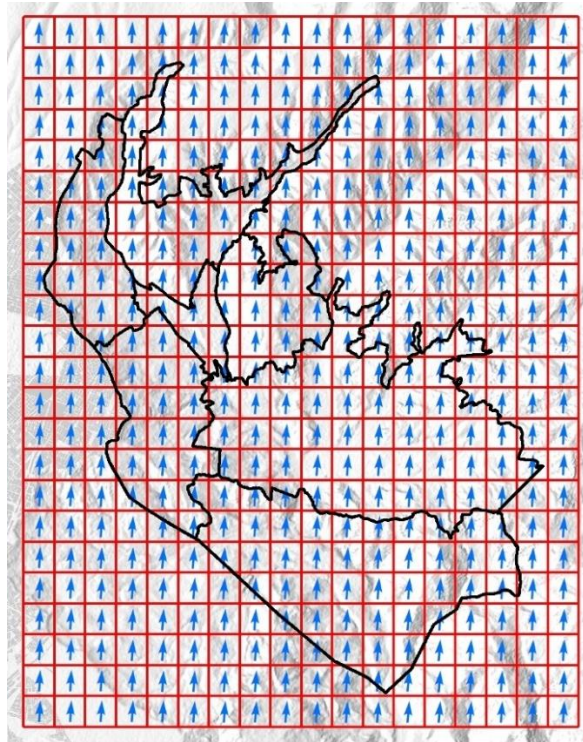


Figura 92 – Movelp Grilla
Fuente: Elaboración propia

Producto final del estudio es la generación de la grilla, la misma se encuentra en Anexo D; asimismo es conveniente recalcar que solo debe emplearse su uso dentro del área urbana del municipio de La Paz, su uso en otros municipios debe ser corroborado mediante una prueba de campo ya que implicaría una extrapolación del modelo matemático.

4.5. PARAMETROS DE TRANSFORMACION DE COORDENADAS LOCALES

Una vez realizada la validación de la metodología descrita, y la aceptación de precisiones alcanzadas, se realizará el cálculo de los parámetros de transformación de coordenadas locales, mediante el software Leica Infinity; para poder transformar información cartográfica con base en Red 2005 a base en Red 2013 y viceversa.

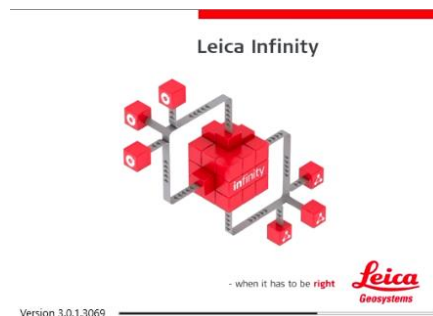


Figura 93 – Leica Infinity
Fuente: Elaboración propia (Determine transformation – Leica Infinity)

4.6.1. CALCULO DE PARAMETROS DE TRANSFORMACION ENTRE RED GEODESICA 2005 Y RED GEODESICA 2013

Con el fin de validar los valores obtenidos anteriormente en el modelo local de velocidades MOVELP, se realizó el proceso de cálculo de parámetros de transformación de coordenadas mediante el software Leica Infinity con datos provenientes de la Red Geodésica 2005, para transformación de coordenadas referidas a la Red geodésica 2013. Los parámetros obtenidos pueden ser empleados en softwares de CAD y SIG para empleo local de transformación automática de coordenadas en trabajos de gabinete y campo.

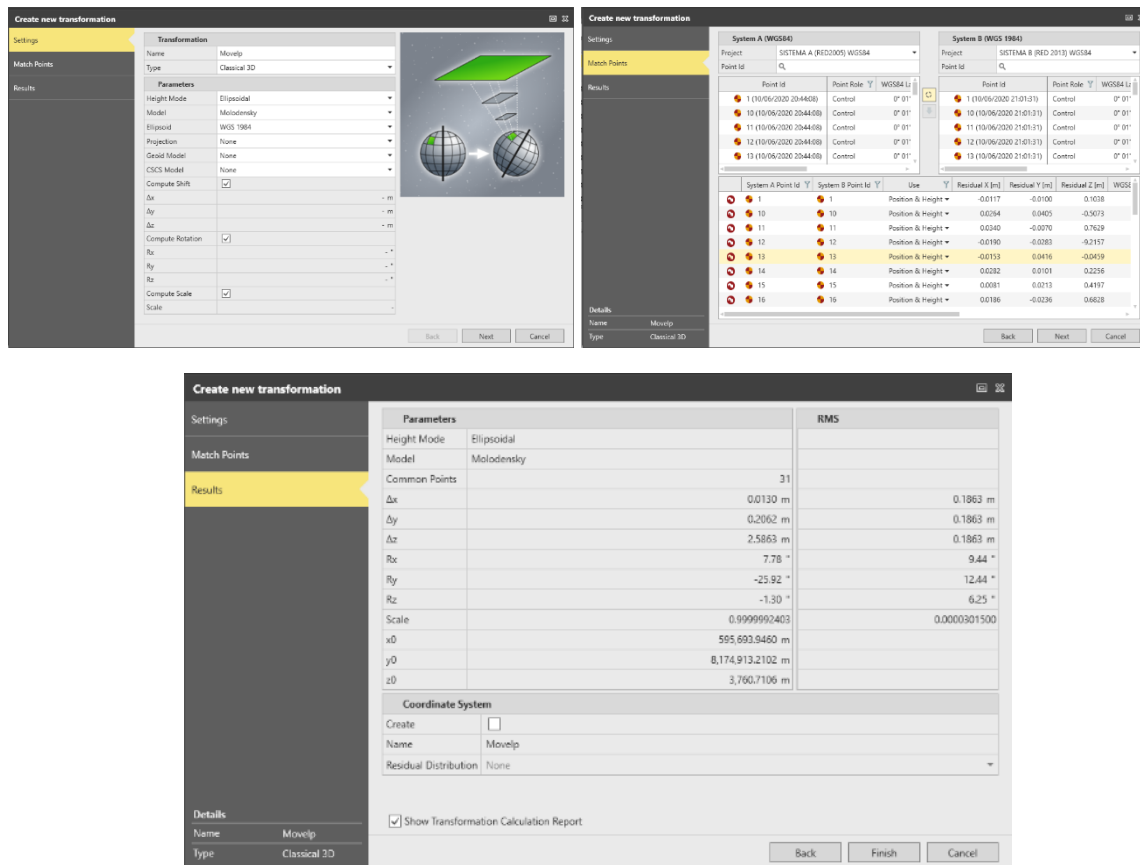


Figura 94 – Cálculo de parámetros de transformación de 3D Movelp mediante Leica Infinity
Fuente: Elaboración propia (Determine transformation – Leica Infinity)

Los resultados producto del cálculo de transformación son (Anexo E):

- Δx : 0.0130 m
- Δy : 0.2062 m
- Δz : 2.5863 m
- R_x : 7.77900 "
- R_y : -25.91617 "
- R_z : -1.30476 "
- Scale: 0.9999992403

En este caso nos es de mayor utilidad los valores referidos a Δx y Δy .

4.6. TEST DE VALIDACION DEL MODELO DE VELOCIDADES LOCAL MOVELP EN PLANIMETRIAS VIGENTES DEL GAMLP

Para realizar un segundo validado completo del MOVELP, se realizó un testeo con una muestra de 862 predios (Ver anexo F) de cartografía de planimetrías vigentes del GAMLP, se verifico dos situaciones:

- Cantidad de predios que cumplen con alta precisión lo calculado por el MOVELP (vector desplazamiento de red 2005 a red 2013), con un error lineal de 0.02 m.⁴² comparando con trazos lineales de planimetrías.
- Cantidad de predios que entran en tolerancias lineales vigentes del GAMLP para el no marcado de línea fuera de nivel, calculado por el MOVELP (vector desplazamiento de red 2005 a red 2013), con una tolerancia de 0.30 m⁴³ comparando con trazos lineales de planimetrías.

A continuación, vemos datos resultantes de las dos consultas anteriormente descritas.

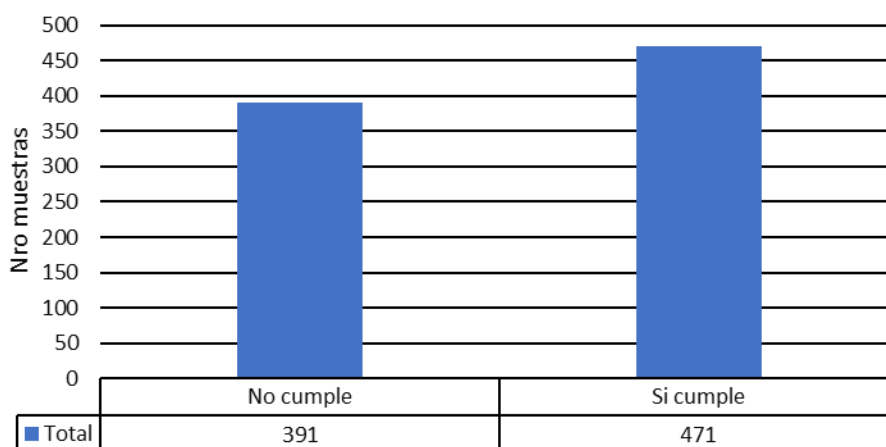


Figura 95 – Predios que cumplen tolerancia +/- 2 cm (Aplicando vector MOVELP)
Fuente: Elaboración propia

⁴² De acuerdo a informe de resultado de errores de vector X y vector Y (MOVELP; se obtuvo vector de error de componente X y componente Y).

⁴³ De acuerdo a normativa de Planimetrías de la ciudad de La Paz (GAMLP)

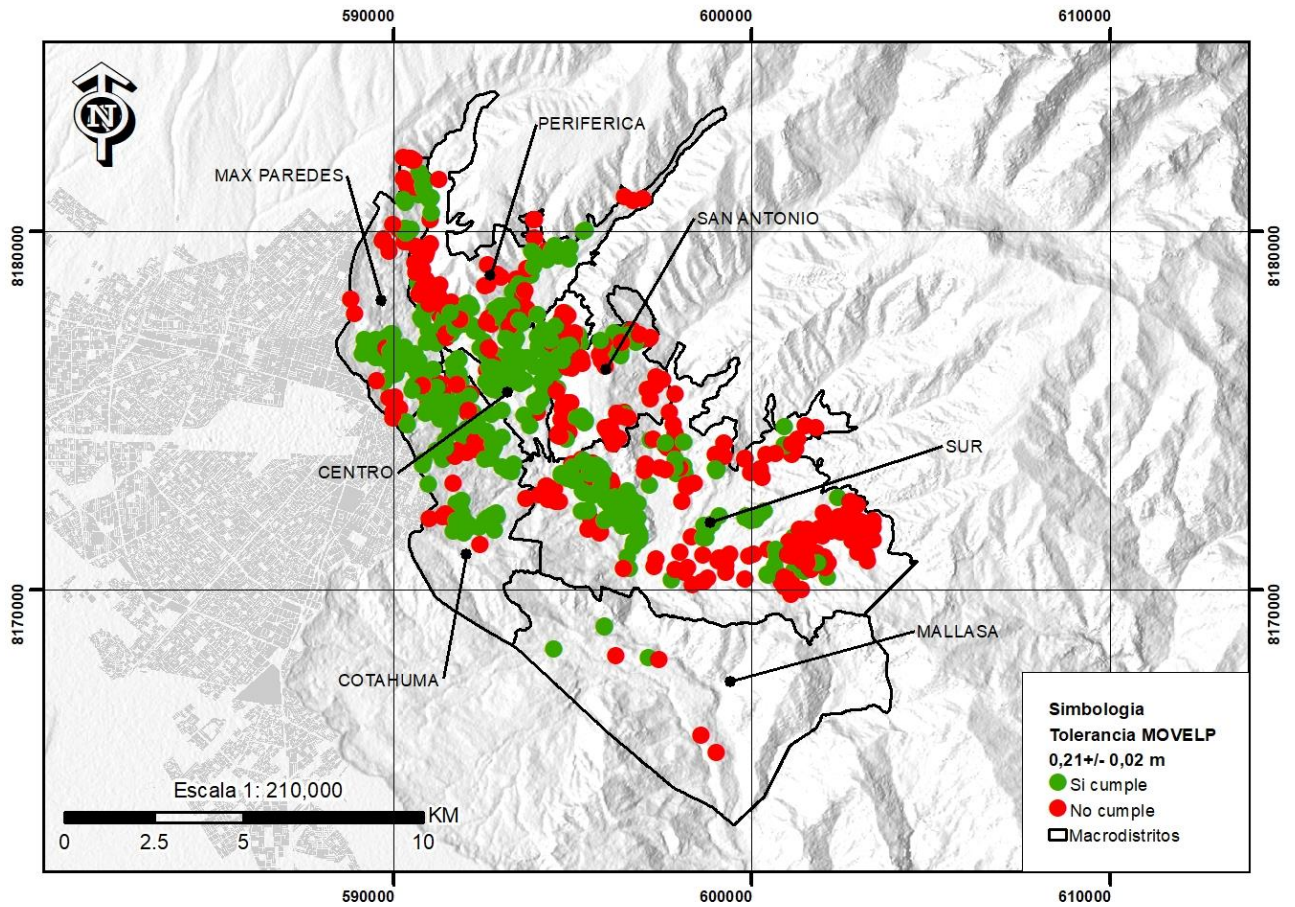


Figura 96 – Mapa de predios que cumplen tolerancia +/- 4 cm (Aplicando vector MOVELP)
 Fuente: Elaboración propia

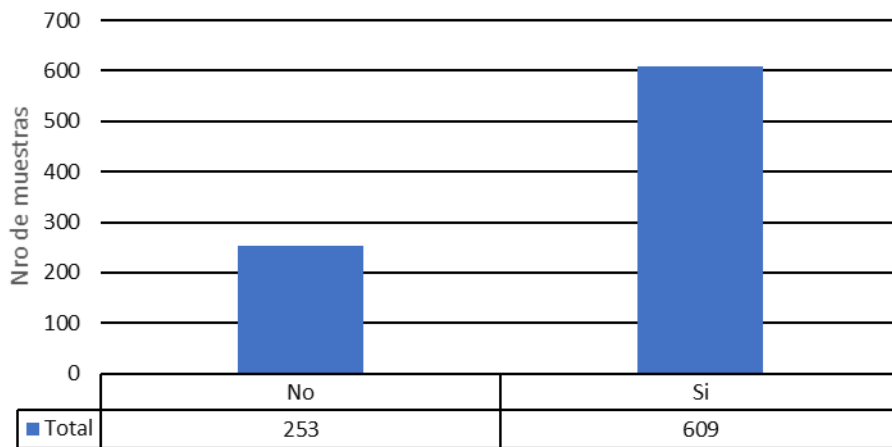


Figura 97 – Predios que cumplen tolerancia +/- 30 cm (Aplicando vector MOVELP)
 Fuente: Elaboración propia

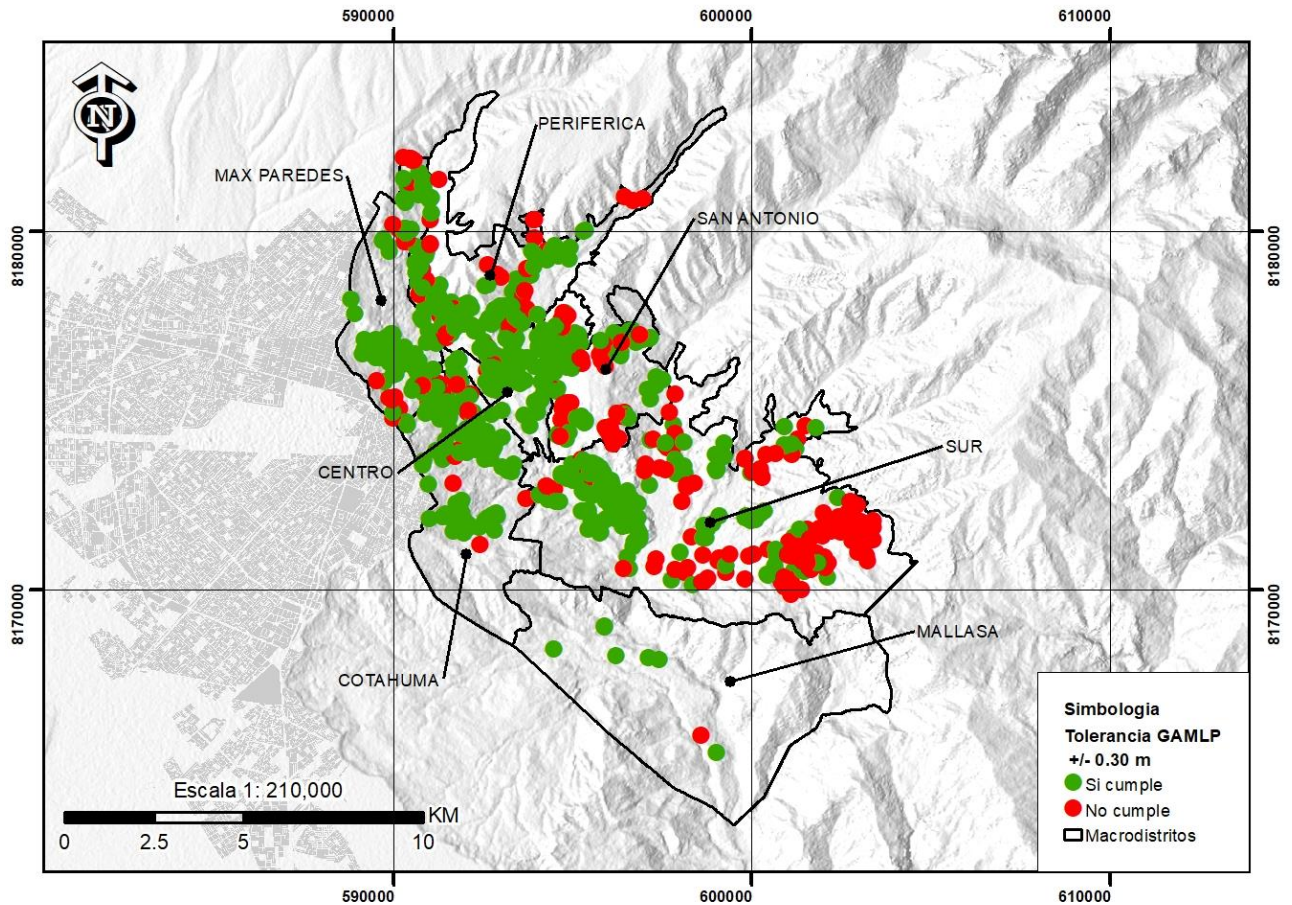


Figura 98 – Mapa de predios que cumplen tolerancia +/- 30 cm (Aplicando vector MOVELP)
Fuente: Elaboración propia

Es indudable sustentar que la aplicación del modelo de velocidades MOVELP a las planimetrías del GAMLP es factible en su aplicación.

Como es de advertirse, aun con la tolerancia de +/- 30 cm que maneja el GAMLP para el demarcado de área que se encuentra fuera de trazo municipal, existen predios aun no entran en tolerancia.

4.7. DISCUSION DE RESULTADOS

Los resultados presentados en este capítulo y que se complementan en los anexos respectivos, respondieron a un proceso estructurado tanto desde su captura, procesamiento y depuración para convertirse en los principales insumos que derivaron en los diferentes productos fundamentales de esta investigación.

La obtención de un modelo local de velocidades MOVELP, implica una serie de pasos que deben seguirse, los mismos pueden verse en la Fig. 53; a partir de ello se analizarán los resultados expuestos en cada uno de los pasos que se mencionan:

1. El cálculo del desplazamiento en función a la diferencia de coordenadas respecto a la Red 2005 y Red 2013 se dividió en 2 etapas:

Primera etapa (Mediante la diferencia de coordenadas de los vértices geodésicos): no todos los vértices entraron en dicho análisis, se realizó una depuración (test de Tukey) teniendo en un principio un universo de 40 puntos con datos en ambas redes geodésicas; en primera instancia con valores de límites externos significantes se descartaron 3 puntos: ACHA, PC21 y BAIR (Fig.54); posteriormente con límites internos leves, se excluyeron 6 puntos: FELC, LAIK, P028, PC33, PC47 y PC75.

Teniendo una muestra confiable de 31 datos; mismos presentan una distribución, dispersión y tendencias (Fig. 57, Fig. 58 y Fig. 59) favorables para ser base de un modelo matemático; teniendo como dato preliminar un vector promedio de $\Delta x = 0.013$ m. y $\Delta y = 0.206$ m. (diferencia de coordenadas UTM de red 2005 a red 2013), asimismo presenta una desviación estándar de 0.010409 en ΔX y 0.015068 en ΔY respectivamente.

- *Segunda etapa (Mediante la diferencia de coordenadas de estaciones base):* se realizó la verificación en función de los vértices de las bases empleadas; asimismo se denota que solo existía un punto base en común entre ambas redes geodésicas; la cual es el vértice geodésico BLPZ (Tabla 5); obteniendo una diferencia del vector de $\Delta x = -0.0013$ m. y $\Delta y = 0.1925$ m.

Dándonos un margen de diferencia muy pequeño con respecto a los calculados con los vértices geodésicos.

Dichos datos obtenidos nos servirán como parámetros de diferencia al momento de la comparación de distintos modelos de desplazamientos, los mismos que se agruparán en un análisis geoestadístico.

2. La transformación del marco global de referencia terrestre de ITRF; se transformó el valor de las coordenadas de los vértices de la Red Geodésica 2005 están enlazadas a la solución ITRF 94 (época 1995.4), a la solución ITRF 2005 (época 1995.4) de la cual está enlazada la red geodésica 2013 (época 2010.2).

Las residuales generadas son mínimas cumpliendo con lo requerido para la transformación de coordenadas (Fig. 63): dTx (m/año) = 0.0002; dTy (m/año) = 0.0005; dTz (m/año) = 0.0032; dRx (°/año) = 0.000; dRy (°/año) = 0.000; dRz (°/año) = -0.020 y dRS (ppb/año) = -0.090.

3. El cálculo del desplazamiento en función al modelo de velocidades Vemos, (conjuntamente el cálculo de épocas de medición) se dividió en dos etapas:
 - *Primera etapa (Vemos 2003 + Vemos 2009)*: los datos empleados en este caso fueron los 114 vértices de la red 2005 (tabla 6); el comportamiento de las coordenadas es normal (Fig. 65, Fig. 66 y Fig. 67), resultado del análisis estadístico (Tabla 8) se obtienen valores de delta X = 0.103 m. y delta Y = 0.236 m; si bien el vector Y se tiene semejanza por el calculado por la diferencia de coordenadas, el vector X difiere ≈10 cm. Situación que preliminarmente nos hace descartar su empleo en el MOVELP.
 - *Segunda etapa (Vemos 2009)*: si bien se explicó que lo correcto es emplear los modelos Vemos 2003 y Vemos 2009, existen precedentes en otros países de mejores resultados con el solo empleo del Vemos 2009 en la predicción de coordenadas; los datos empleados en este caso fueron los 114 vértices de la red 2005 (tabla 9); el comportamiento de las coordenadas es normal (Fig. 70, Fig. 71 y Fig. 72), resultado del análisis estadístico (Tabla 10) se obtienen valores de delta X = 0.066 m. y delta Y = 0.243 m; si bien el vector Y se tiene semejanza por el calculado por la diferencia de coordenadas, el vector X difiere ≈ 6 cm. que según las tolerancias⁴⁴ vigentes nos permiten adicionarlo como componente de elaboración del MOVELP.
4. El cálculo del desplazamiento en función a modelos Geotectónicos (calculadora UNAVCO), de 31 datos depurados en el punto 1, presentan variaciones de valores en los componentes X e Y; tendiendo una dirección Nor-Este. El modelo cinemático geotectónico ITRF2014 (Tabla 12); que es el que presentaba menores diferencia con respecto a sus pares respecto a los valores de delta X y delta Y de la diferencia de coordenadas de Red 2005 y red 2013; el análisis estadístico nos presenta datos inusuales no aptos para incorporarlos al MOVELP (Fig. 75 y Fig. 76).
5. En la estimación de velocidades hacemos una recapitulación de resultados obtenidos con Vemos 2009 y la diferencia de coordenadas red 2005/2013 (tabla 14) los mismos presentan una variación mínima que confirma su valides como componentes del MOVELP (tabla 15).
De acuerdo al orden de prioridad sugerido por el SIRGAS se tomará como componente principal y secundario a los valores obtenidos mediante la diferencia de coordenadas red 2005/2013, y como componente terciario al correspondiente del vector calculado mediante Vemos 2009 (tabla 17).
6. La validación del componente Vector X MOVELP, tuvo resultados satisfactorios y de alta precisión, según los reportes estadísticos distribución y dispersión normales (Fig. 83), en cuanto al modelo matemáticos empleado para la interpolación del vector X fue:
 - $y = 0.128363492568764 * x + 0.0115650831617586$

⁴⁴ Fuente. - Manual de Levantamientos topográficos externos y Guía de Levantamientos topográficos del GAMLP aprobados mediante Resolución Administrativa N° 319/2017 del 29 de noviembre de 2017; fija tolerancia de 8 cm.

Teniendo un valor promedio de $\Delta x = 0.0129$ m., error medio cuadrático de 0.009851539617922442, asimismo sus reportes estadísticos dan la fiabilidad del vector X calculado (Fig. 84)

7. La validación del componente Vector Y MOVELP, tuvo resultados satisfactorios y de alta precisión, según los reportes estadísticos distribución y dispersión normales (Fig. 85), en cuanto al modelo matemáticos empleado para la interpolación del vector X fue:

- $y = 0.00522797481684434 * x + 0.204986450467072$

Teniendo un valor promedio de $\Delta y = 0.2061$ m., error medio cuadrático de 0.014796353494330061, asimismo sus reportes estadísticos dan la fiabilidad del vector X calculado (Fig. 87). El proceso de normalización se realizó verificando que Vextor X vs Vector Y, deben tener un comportamiento casi igual en los datos estadísticos (Fig. 88); su covalidacion se verifica en Fig. 89, Fig. 90 y Fig. 91.

8. Ya como parte complementaria de aplicación del MOVELP se hizo el cálculo de parámetros de transformación de coordenadas, cuyos valores pueden ser introducidos en programas de ajuste de datos GNSS, así como colectores topográficos y geodésicos; para su cálculo automático de coordenadas (Fig. 94). Obteniéndose un valor: de $\Delta x = 0.0130$ m y $\Delta y = 0.2062$ m.; valores que se corroboran con los obtenidos en los promedios de la grilla MOVELP en Δx y Δy (expresados anteriormente en los puntos 6 y 7)

EL desarrollo del modelo local de velocidades MOVELP, de acuerdo a los resultados mencionados en los puntos 6, 7 y 8; determina un alto grado de confianza en los áreas que impliquen su aplicación dentro de la transformación de coordenadas de los marcos de referencia de la red geodésica 2005 a la red geodésica 2013.

La aplicación del modelo local de velocidades MOVELP, se suscribirá a toda la cartografía que cuente con base en la red geodésica 2005 del municipio de La Paz, dando solución a los problemas de inconsistencia cartográfica en la administración territorial del municipio.

El análisis del modelo cinemático local de velocidades, basado en la integración y homogenización de la red geodésica de La Paz, sienta las bases para su aplicación en futuros proyectos geodésicos donde se requiera actualizar el sistema de coordenadas cartográfico de la administración territorial del municipio de La Paz.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El planteamiento de este proyecto de investigación surgió a mediados del año 2013, al realizar un análisis de diferencia de coordenadas entre la red 2005 y red 2013.

Queda claro que cuando se realizó la transición de coordenadas entre la red 2005 y red 2013 en el municipio de La Paz, no se contaba con un conocimiento sólido de los problemas que conllevaría este fenómeno. Asimismo, no se establecieron informes técnicos al respecto, ni directrices para el correcto empleo de cartografía con base a distintas redes geodésicas.

Pese a eso cabe mencionar que en informe técnico de red 2013 elaborado por el IGM para el GAMLP ya se introduce los términos técnicos de actualización de coordenadas y dan datos técnicos como periodos de medición de las estaciones bases; previendo que en un futuro ya sea el GAMLP o cualquier otra empresa o institución que actualice la red geodésica deba tomar en cuenta el análisis temporal de la diferencia de coordenadas.

Un marco de referencia actualizado debe contar con todos los parámetros matemáticos calculados para poder replantear cartografía con distinta época de realización.

Los resultados obtenidos son de alta confiabilidad y pueden ser empleados en el área urbana de la ciudad de La Paz previendo que cumpla con las exigencias técnicas para su empleo. Posterior a todas las evaluaciones, cálculos, y análisis de resultados se llegaron a las siguientes conclusiones:

5.1. CONCLUSIONES

- a. Se desarrollo, aplico y analizo el modelo cinemático local de velocidades MOVELP, basado en la integración y homogenización de la red geodésica de La Paz en sus realizaciones 2005 y 2013.
- b. Producto del análisis la diferencia de coordenadas de los vértices de la red geodésica de La Paz (2005 vs 2013), se logró obtener un control de calidad para otros modelos cinemáticos con el fin de hacer la depuración de componentes del MOVELP.
- c. Al analizar la diferencia de coordenadas de la estación base continua BLPZ (2005 vs 2013) se afianzo el método de control anteriormente expuesto como base para la depuración de componentes del MOVELP.
- d. Se logro desarrollar y analizar el modelo geodésico cinemático Vemos 2003 en los componentes de la red 2005, basándonos en el control de calidad obtenido por la diferencia de coordenadas de la red 2005 y red 2013, se desechó esta posibilidad debido a que no cumple las precisiones requeridas.
- e. Se logro desarrollar y analizar el modelo geodésico cinemático Vemos 2009 en los componentes de la red 2005, basándonos en el control de calidad obtenido por la

- diferencia de coordenadas de la red 2005 y red 2013, se incorporó como componente del MOVELP debido a que cumple las precisiones requeridas.
- f. Se logro desarrollar y analizar el modelo geodésico cinemático compuesto por Vemos 2003 y Vemos 2009 en los componentes de la red 2005, basándonos en el control de calidad obtenido por la diferencia de coordenadas de la red 2005 y red 2013, se desechó esta posibilidad debido a que no cumple las precisiones requeridas.
 - g. Se consiguió desarrollar y analizar distintos modelos geotectónicos cinemáticos: GSRM v2.1, ITRF2014[2016], NNR-MORVEL56, GEODVEL 2010, MORVEL 2010, ITRF2008, APKIM2005-DGFI, APKIM2005-IGN, GSRM v1.2, CGPS 2004, REVEL 2000, ITRF2000 (AS&B [2002]), HS3-NUVEL1A, APKIM2000.0, ITRF2000 (D&A [2001]), HS2-NUVEL1A, NUVEL 1A y NUVEL 1; en los vértices de la red 2005, se desechó la posibilidad de incorporarlos como componentes del MOVELP debido a que no cumplen las precisiones requeridas.
 - h. Se logro desarrollar, implementar y analizar un modelo local de velocidades (MOVELP) basado en la integración y homogenización de modelos cinemáticos geodésicos, mediante la herramienta Geostatistical Analyst de ArcGis 10.7.1.
 - i. Se logro calcular los parámetros de transformación de coordenadas del modelo local de velocidades MOVELP, para la transformación de coordenadas de cartografía en base a red 2005 pase a red 2013, todo mediante el software Leica Infinity.
 - j. Con los dos productos anteriormente desarrollados se logró insertar herramientas cartográficas SIG y CAD, que permitirán la fácil implementación del modelo local de velocidades MOVELP ya sea en gabinete mediante el modelo matemático o en campo mediante los parámetros de transformación de coordenadas.

5.2. RECOMENDACIONES

La realización de este proyecto de investigación permitió dejar varias opciones para la realización de futuras investigaciones relacionadas con los resultados obtenidos. Considerando que desde el momento en que se planteó el tema y sus objetivos en el año 2020, el suscrito se ha podido desarrollar profesionalmente en una serie de aspectos vinculados con el procesamiento científico de redes GNSS, se propone las siguientes recomendaciones:

- a. Para el empleo del MOVELP y su correcta aplicación debe verificarse que las planimetrías posean las siguientes características:
 - Base cartográfica en red 2005.
 - Temática de trazos de línea municipal en base a levantamientos topográficos georreferenciados de red 2005.
 - Temática de trazos de línea municipal en base a levantamientos topográficos no uniendo levantamiento con distinto marco de referencia geodésica, es decir, no mezclar levantamientos de red 2005 con red 2013 dentro la misma planimetría.
- b. Futuras redes geodésicas del municipio de La Paz deben efectuar la lectura de la mayor cantidad de vértices de la red 2013, con el fin de poder realizar nuevamente

el cálculo de velocidades local que nos permitirá un adecuado manejo de cartografía en la administración territorial del municipio de La Paz.

- c. Futuras redes geodésicas del municipio de La Paz, deben contener vértices geodésicos que cumplan con los estándares de calidad requeridos mediante amojonamientos sólidos y de acuerdo a normas vigentes, debe desecharse el concepto de pines de acero, ya que estos son retirados o removidos por distintos factores (No son perdurables).
- d. Futuras redes geodésicas del municipio de La Paz, tener acompañamiento legal respecto a la no remoción de vértices de la red geodésica que se implemente (principalmente debido a obras civiles que el mismo municipio elabora o autoriza); asimismo asignar recursos para su mantenimiento.
- e. Futuras redes geodésicas del municipio de La Paz, deben implementar el establecimiento de mojones compuestos de columnas circulares como puntos de orientación azimutal; debido a la topografía del área urbana de la ciudad de La Paz esta contiene cerros y miradores que son visibles desde distintas partes de la ciudad y coadyubarían en la realización de obras civiles y de control territorial.
- f. Toda cartografía elaborada dentro de la jurisdicción del GAMLP debe contar como dato importante el marco de referencia de la red geodésica empleada para su elaboración, con el fin que posteriormente pueda ser transformado a otro sistema de coordenadas de distinto periodo.
- g. Toda depuración de vértices geodésicos en el proceso de comparación de coordenadas de redes de distinto periodo, debe estar acompañado de la monografía de las mismas, no solo remitirse al CAD o SIG; debido a que podríamos tomar en cuenta dentro del estudio puntos erróneos.
- h. Resguardar los datos de grilla de los modelos Vemos 2003 y Vemos 2009, debido a que son difíciles de hallarnos; y debido a su antigüedad están siendo depurados del repositorio de SIRGAS; en el entendido que los países componentes de este ente ya actualizaron sus estaciones bases continuas para análisis temporales. En caso de un terremoto o alguna falla geológica dentro del estado plurinacional de Bolivia, dichos modelos serían los únicos datos de acceso libre al público en general que sirvan de base para análisis de coordenadas.
- i. Por lo analizado en esta tesis los modelos cinemáticos geotectónicos no son aptos para el uso de sus componentes como parte de un Modelo local de velocidades.
- j. Toda prueba de datos debe realizarse con un software Geoestadístico, ya que las interpolaciones convencionales no realizan un análisis matemáticos adecuado para estos fines científicos; el empleo de otras herramientas de interpolación distintas a las mencionadas en esta tesis conllevara un grado de error alto en los resultados.
- k. Según resultados de testeado rápido de aplicación del MOVELP en planimetrías del GAMLP, en predios que no aplican con la tolerancia de 30 cm, se verifico lo siguiente:
 - Base cartográfica esta fuera de tolerancias lineales, debe verificarse y corregirse los trazos municipales, debido a que se evidencio diferencias desde 0.50 m hasta 2.00 m en diferencia de cartografía.

- I. Instrumentos cartográficos empleados para elaboración de planimetría debe reunir los siguientes requisitos:
- Levantamientos topográficos georreferenciados deben densificar puntos de control geodésicos con el fin de evitar en mayor número de cambios de estación del operador; en caso de tener limitado los puntos de control geodésicos debe emplearse poligonales cerradas o abiertas con control geodésicos para la corrección de errores debidos a excesivos cambios de estación.
 - Restitución fotogramétrica o digitalización de predios debe tener procesos de validación con levantamiento topográficos con el fin de establecer el grado de precisión del mismo.
 - Planimetrías elaboradas deben contener información marginal referente a fecha de elaboración de mapa base (levantamiento topográfico, restitución fotogramétrica.) además del marco de referencia empleado para su elaboración.
 - En procesos de digitalización de material cartográfico de planimetrías antiguas (No se cuenta con formato digital de líneas o polígonos; solo imagen escaneada de planos antiguos 1960,1970,1980) emplear herramientas de digitalización SIG que permitirán correcciones y establecimiento de grado de certidumbre de los trazos digitalizados, dato que será primordial para el establecimiento de tolerancias.
 - Debe realizarse un mantenimiento adecuado a la Red Geodésica empleada como mapa base para distintos productos cartográficos.
 - Planimetrías que están fuera de las tolerancias establecidas deben ser actualizadas de acuerdo a consolidaciones acordes a la realidad.

CAPITULO VI

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Para la realización de esta tesis se realizaron las siguientes consultas bibliográficas:

Alcaldía de Santiago de Cali (Departamento administrativo de planeación municipal), (2015), Lineamientos para el uso de la red de control geodésico de Cali, Cali-Colombia.

Altamimi Z., (2002), ITRF2000: A new release of the International Terrestrial Reference Frame for earth science applications, Paris-France, Editorial Institut Geographique National.

Altamimi Z., (2011), ITRF2008 plate motion model, (Ed.), Paris, France, editorial JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH VOL. 117.

Brunini C., Sánchez L., (2012) Geodetic activities in Latin America and The Caribbean: always IN. Coordinates, Vol. VIII, Issue 6, 14-21, June. ISSN 0973-2136.

Drewes H. and Sánchez L. (2020). Velocity model for SIRGAS 2017: VEMOS2017, Technische Universitaet Muenchen, Deutsches Geodaetisches Forschungsinstitut (DGFI-TUM), IGS RNAAC SIRGAS, 2020, in supplement to: Sánchez L., Drewes H. (2020). Geodetic monitoring of the variable surface deformation in Latin America. International Association of Geodesy Symposia Series, Vol 152.

Drewes H., (2009), The actual plate kinematic and crustal deformation model APKIM2005 as basis for a non-rotating ITRF, (Ed.): Geodetic Reference Frames, IAG Symposia.

Drewes H., Heidbach O., (2012), The 2009 horizontal velocity field for South America and the Caribbean. In: Kenyon S., M.C. Pacino, U. Marti (Eds.), Geodesy for Planet Earth, IAG Symposia 136: 657-664

Drewes H., Heidbach, O. (2005). Deformation of the South American crust estimated from finite element and collocation methods. Springer; IAG Symposia; Vol. 128: 544-549.

Furones A, (2011), Sistema y marco de referencia terrestre sistemas de coordenadas, Valencia-España.

GAML P, (2006), Norma técnica – Densificación de la red geodésica del GMLP, La Paz-Bolivia.

GAML P, (2007), Ordenanza Municipal N°367/2007 - Red geodésica Municipal de La Paz, La Paz-Bolivia.

GAML P, (2015), Decreto Municipal N°10/2015 - Red geodésica satelital La Paz, La Paz-Bolivia.

GAML P-IGM, (2005), Informe técnico final Establecimiento de puntos de la red geodésica municipal ciudad Nuestra Señora de La Paz, La Paz-Bolivia.

GAMLIP-IGM, (2013), Informe Técnico “Fortalecimiento y actualización de la base catastral, cartográfica y geodésica del municipio – Contratación de consultoría para la elaboración de la red geodésica y cartográfica”, La Paz-Bolivia.

Gemael C., (1999), Geodesia Física, Brasil -Curitiba, Editora da UFPR.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi, (2004), Procesamiento de información GPS considerando la variación de las coordenadas en el tiempo (velocidades) por efectos geodinámicos, Colombia.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi, (2014) Implementación de la Actualización del Marco Geocéntrico de Referencia MAGNA-SIRGAS. Resultados y Observaciones, Colombia.

Instituto Geográfico Nacional (Argentina), (2015), Aplicación práctica de modelos de velocidades geodésicos, Argentina.

Jekeli C. (2006). Geometric Reference System in Geodesy. Division of Geodesy and Geospatial Science. School of Earth Sciences, EEUU, Editorial Ohio State University.

Mamani H., (2017), Influencia de la adopción de un nuevo marco de referencia geodésico nacional en el catastro urbano del municipio de La Paz, Vol. 13, Nº 19, La Paz – Bolivia.

Moya J., (2014), Desarrollo, implementación y análisis de un modelo cinemático local de velocidades para costa rica basado en la integración y homogenización de datos de estaciones GNSS continuas, Madrid-España.

Norma Nacional de Generación, Intercambio y Difusión de Información Geográfica del Estado Plurinacional de Bolivia – NIG BOLIVIA, (2016), La Paz-Bolivia.

Rivas M., Moya J., (2016), Red geodésica GNSS de vínculo entre el datum dinámico SIRGAS y el sistema CR05 de Costa Rica, Heredia, Costa Rica.

Salazar R., (2016), Análisis de las metodologías empleadas en la georreferenciación de planos topográficos al sistema de coordenadas UTM y su aplicación en el catastro urbano del municipio de La Paz, La Paz – Bolivia.

Sánchez L., Drewes H. (2016): VEMOS2015: Velocity and deformation model for Latin America and the Caribbean, supplement to: Sánchez L. Drewes H. (2016): Crustal deformation and surface kinematics after the 2010 earthquakes in Latin America. Journal of Geodynamics.

Santa Cruz A., (2010), Transformación entre sistema PSAD56 y los marcos de referencia ITRF utilizando los modelos de Helmert y de velocidades de placas tectónicas VEMOS, Sangolquí-Ecuador.

SIRGAS Bolivia, (2013), Ajuste del Marco de Referencia Geocéntrico Nacional de Bolivia MARGEN – ROC en SIRGAS: MARGEN-ROC -SIRGAS, La Paz-Bolivia.

SIRGAS Bolivia, (2013), SIRGAS: Sistema de Referencia Geocéntrico para Las Américas, La Paz-Bolivia.

SIRGAS Reunión, (2013), Transformación de sistemas de referencia aplicando redes neuronales artificiales con aplicación en catastros, Ciudad de Panama-Panama.

SIRGAS Simposio, (2016), Aporte metodológico para el cálculo del modelo de velocidades para Ecuador continental, Quito-Ecuador.

SIRGAS Simposio, (2016), Posibilidad de obtener coordenadas en los marcos de referencia nacionales mediante procesamiento PPP en línea en Venezuela y Bolivia, Quito – Ecuador.

Sistema Nacional de Coordinación de Información Territorial de Chile (SNIT), (2018), Geodesia en Chile, teoría y aplicación del Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas (SIRGAS), Santiago de Chile – Chile.

Ticona R., (2012), Obtención de alturas pseudo ortométricas, aplicando la tecnología GPS, La Paz-Bolivia.

Torge W., (2001), Geodesy, Germany-Berlin, Editorial New York.

Asimismo, se hicieron las siguientes consultas a portales web:

ArcGeek, Geoestadística, interpolación con Kriging, 25 de abril de 2018, Recuperado el 02 de diciembre de 2020, de <https://acolita.com/geoestadistica-interpolacion-con-kriging/>

ArcMap, ¿Qué son las proyecciones cartográficas?, 2016, Recuperado el 02 de marzo de 2020, de <https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/guide-books/map-projections/what-are-map-projections.htm>

ArcMap, Bosquejo de coordenadas geocéntricas, 2017, Recuperado el 11 de febrero de 2020, de <https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/guide-books/>

ArcMap, Ejemplo de modelo de transformación geográfica, 2017, Recuperado el 02 de diciembre de 2020, de <https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/guide-books/>

ArcMap, Elegir una transformación adecuada, Recuperado el 02 de diciembre de 2019, de <https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/guide-books/map-projections/choosing-an-appropriate-transformation.htm>

Blog Geo Bolivia, Castro M., Instituciones presentaron experiencias sobre cartografía web, 28 de marzo de 2013, Recuperado el 02 de marzo de 2020, de <https://test.geo.gob.bo/blog/spip.php?article124>

Esri, Comparar métodos de interpolación, Recuperados el 02 de octubre de 2019, de <https://pro.arcgis.com/es/pro-app/tool-reference/3d-analyst/comparing-interpolation-methods.htm>

GAMLP, Leyes y Normas del GAMLP, 2020, Recuperado el 18 de diciembre de 2019, de https://www.lapaz.bo/gobierno/gobierno/leyes_municipales/

GAMLP, Ordenanza Municipal GMLP N° 630/2005, 22 de noviembre de 2005, Recuperado el 02 de marzo de 2020, de

http://wsservicios.lapaz.bo/normativa_externa/ConsultaExternaDocumento.aspx?archivo=2005/OM_2005_0630.pdf

GeoBolivia, Recuperado el 02 de diciembre de 2020, de <http://geo.gob.bo/portal/#institution>

International Earth Rotation Service (IERS), Recuperado el 02 de diciembre de 2020, de http://www.itrf.ensg.ign.fr/ITRF_solutions/2008

Modelo preciso de velocidades para la corteza terrestre para Ecuador, Recuperado el 20 de agosto de 2020, de http://www.sirgas.org/fileadmin/docs/Boletines/Bol21/11_Luna_et_al_2016_ModeloVelocidadesEcuador.pdf

SIRGAS, Estaciones SIRGAS de operación continua, Recuperado el 02 de marzo de 2020, de <http://www.Sirgas.org/es/Sirgas-con-network/stations/>

SIRGAS, Instalación de una Red de Correcciones GNSS en Tiempo Real mediante NTRIP en Bolivia, A. Echalar ; M. Sandoval, Recuperado el 02 de marzo de 2020, de http://www.sirgas.org/fileadmin/docs/Boletines/Bol21/39_Hoyer_et_al_2016_RedNtripBolivia.pdf

SIRGAS, Jerarquía de marcos geodésicos, Recuperado el 11 de febrero de 2020, de <http://www.sirgas.org/>

SIRGAS, Modelo de velocidades para SIRGAS: VEMOS, Recuperado el 02 de marzo de 2020, de <http://www.sirgas.org/es/sirgas-con-network/velocity-model/>

SIRGAS, Modelos de velocidades VEMOS 2015, 11 de abril de 2015, Recuperado el 10 de enero de 2020, de <https://doi.pangaea.de/10.1594/PANGAEA.863132>

SIRGAS, Uso de velocidades en el procesamiento de datos GNSS, 08 de julio de 2016, Recuperado el 02 de marzo de 2020, de <http://www.sirgas.org/en/sirgas-con-network/>

Sistema de Información territorial v2, Recuperado el 02 de marzo de 2020, de <http://sitservicios.lapaz.bo/mapas/municipio/mapa.html>

Sistema de Información territorial v2, Red geodésica satelital La Paz 2013, Recuperado el 02 de marzo de 2020, de <http://sitservicios.lapaz.bo/SITOL/msitolredgeo.html>

Sistema de Información territorial v3, Recuperado el 02 de marzo de 2020, de <http://sim.lapaz.bo/nuevocatastro/sitv3/pages/inicio.html>

UNAVCO, Calculadora de movimiento de placas, 24 de diciembre de 2019, Recuperado el 03 de marzo de 2020, de <https://www.unavco.org/software/geodetic-utilities/plate-motion-calculator/plate-motion-calculator.html>

VEC-EC, Campo de velocidades del Ecuador, Recuperado el 20 de agosto de 2020, de http://www.sirgas.org/fileadmin/docs/Boletines/Bol21/11_Luna_et_al_2016_ModeloVelocidadesEcuador.pdf

VEL-AR, Modelo de velocidades de Argentina, Recuperado el 20 de agosto de 2020, de <https://www.ign.gob.ar/NuestrasActividades/Geodesia/VEL-Ar>

VELMIC, Velocidad por Mínimos Cuadrados, Recuperado el 20 de agosto de 2020, de http://www.sirgas.org/fileadmin/docs/Boletines/Bol18/35k_Moya_et_al_2013_Comparacion_velocidades_PPP_con_SIRGAS.pdf

WIKIPEDIA, artículo: Cartografía, 12 de junio de 2020, Recuperado el 02 de marzo de 2020, de <https://es.wikipedia.org/wiki/Cartograf%C3%ADa>

WIKIPEDIA, artículo: Proyección cartográfica, 12 de junio de 2019, Recuperado el 02 de marzo de 2019, de https://es.wikipedia.org/wiki/Proyecci%C3%B3n_cartogr%C3%A1fica

WIKIPEDIA, artículo: Sistema de coordenadas, 11 de junio de 2019, Recuperado el 02 de diciembre de 2019, de https://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_de_coordenadas

WIKIPEDIA, artículo: Valor atípico, 11 de junio de 2019, Recuperado el 02 de diciembre de 2019, de https://es.wikipedia.org/wiki/Valor_at%C3%ADpico

ANEXOS

Anexo A – Red geodésica municipal La Paz 2005

Anexo B – Red geodésica satelital La Paz 2013

Anexo C – Reporte de interpolación kriging componente vector X y vector Y (MOVELP)

Anexo D – Grilla MOVELP

Anexo E – Reporte de parámetros de transformación

Anexo F – Validación MOVELP con planimetrías GAMLP

ANEXO A – RED GEODESICA MUNICIPAL LA PAZ 2005

Nº	ESTE	NORTE	ALTURA	DESC.	LATITUD	LONGITUD	h ELIP.	OBSERVACION
1	600085.966	8169107.842	3785.940	085X	16.557989	68.061931	3833.760	Muela del diablo
2	591213.178	8178692.407	4052.601	ACHA	16.471712	68.145466	4100.995	Achachicala
3	597672.300	8170253.273	3322.276	AFLO	16.547736	68.084600	3409.229	Alto Florida
4	590859.784	8170386.780	4001.143	ALAC	16.546800	68.148448	4049.455	Alpacoma
5	599246.172	8173542.594	3666.170	ARUN	16.517940	68.069993	3713.904	Aruntaya
6	591909.120	8173101.400	3774.021	BAIR	16.522223	68.138723	3821.916	Av. Buenos Aires
7	596706.068	8173120.005	3492.947	BEVI	16.521864	68.093776	3541.050	Cementerio Bella Vista
8	594444.113	8177535.495	3766.587	BPUL	16.482044	68.115152	3814.896	Bronco Pulmonar
9	590855.881	8174560.981	3929.102	CALV	16.509070	68.148650	3977.447	Calvario
10	601420.008	8164133.052	3712.250	CHAJ	16.512511	68.049651	3759.088	Chajllani
11	596359.121	8180612.610	3985.367	CHUQ	16.454154	68.097341	4033.741	Chuquiaguillo
12	598329.107	8174700.545	3555.979	CMAT	16.507511	68.078636	3603.732	Condominio Matilde
13	597948.742	8171789.800	3356.717	COL6	16.533837	68.082075	3404.560	EMI
14	593020.519	8173433.945	3579.350	FELC	16.519173	68.128323	3627.656	Fuerza Especial de Lucha Contra el Narcotráfico
15	597722.255	8174452.041	3495.592	HB83	16.509783	68.084311	3543.324	Alto Irpavi
16	600312.658	8173325.995	0.000	HUAC	16.519853	68.059991	3612.072	Huacollo (Sin Altura)
17	596931.142	8170900.732	3241.235	HUMB	16.541915	68.091573	3289.226	BM-A-I-11-R (Plaza Humbolt)
18	594196.788	8174522.075	3506.693	IGM1	16.509292	68.117346	3554.866	Patio de Honor IGM (S/Monografía)
19	588751.181	8172270.466	4040.941	INGA	16.529853	68.168282	4089.331	Estación permanente Ingavi
20	593673.237	8173091.328	3446.179	JARD	16.522245	68.122193	3494.414	Cementerio Jardín
21	599074.723	8165614.003	3174.695	JUPA	16.589612	68.071257	3222.523	Jupapina
22	593170.421	8178864.897	4067.061	LACA	16.470078	68.127138	4115.381	Calvario Santiago Lacaya
23	590169.314	8182988.746	4313.907	LAGU	16.432917	68.155413	4362.505	Siete Lagunas
24	593544.602	8174947.552	3579.595	LAIK	16.505472	68.123474	3627.719	Laikakota
25	593482.947	8172736.320	3511.060	MAME	16.525461	68.123961	3559.250	Mario Mercado
26	589571.325	8177342.266	4064.289	MUNA	16.483978	68.160794	4112.897	Munaypata línea férrea
27	603359.657	8171188.736	3734.089	OVEJ	16.539040	68.031345	3785.903	Ovejuyo
28	595442.053	8174868.639	3757.951	P028	16.506110	68.105693	3806.106	Cruz Villa Armonia
29	596271.576	8168418.133	3347.563	P043	16.564381	68.097650	3395.491	Mirador de Mallasilla
30	595288.695	8175890.002	3828.132	P-27	16.496884	68.107172	3876.274	Mirador Villa Copacabana
31	589804.984	8182138.836	4308.667	PC01	16.440613	68.158792	4357.131	Antenas radio continental (El alto)
32	588982.341	8179056.176	4114.173	PC02	16.468508	68.166378	4162.704	Alto Pura Pura
33	588655.830	8177087.146	4079.878	PC03	16.486319	68.169361	4128.484	Munaypata
34	591361.556	8176483.866	3688.942	PC04	16.491670	68.143989	3737.142	Puerta Estación ENFE
35	592151.440	8177132.830	3776.712	PC05	16.485773	68.136614	3825.020	Cancha Maracana Av. Periferica
36	592771.371	8181538.531	4324.138	PC06	16.445926	68.130984	4372.707	Cerrania Huaripampa
37	592976.097	8182789.885	4341.897	PC07	16.434607	68.129117	4390.479	Hauripampa
38	597081.058	8182386.140	4418.681	PC08	16.438094	68.090653	4467.485	Chuquiaguillo
39	598443.415	8179673.100	4194.934	PC09	16.462561	68.077778	4243.084	Canaitani
40	600514.072	8178320.897	3968.201	PC10	16.474697	68.058322	4016.306	Chinchaya
41	598299.396	8175753.484	3585.729	PC11	16.497995	68.078959	3633.817	Irpavi II
42	596977.025	8174169.317	3457.156	PC12	16.512369	68.091281	3505.129	Bologna
43	597993.173	8177865.794	3766.496	PC13	16.478915	68.081918	3814.590	Chinchaya (Villa Salomé)
44	595577.062	8177826.392	4027.806	PC14	16.479369	68.104551	4075.590	Villa San Antonio
45	602483.745	8177389.930	4206.299	PC15	16.483028	68.039830	4255.932	Alto Achumani
46	605056.067	8171364.647	4105.838	PC16	16.537376	68.015457	4158.582	Cerro Pararani (Palca)
47	603840.388	8169020.771	4190.316	PC17	16.558615	68.026742	4242.165	Apañá(Calvario Pajchaya)
48	601938.774	8167817.436	3646.952	PC18	16.569574	68.044510	3691.661	Pueblo escondido
49	600424.857	8168176.664	3701.442	PC19	16.566392	68.058714	3749.377	Muela del diablo (Cmdad.chiraque)
50	598846.822	8170695.924	3346.266	PC20	16.543687	68.073613	3394.005	Bosque los Pinos
51	600886.937	8170954.256	3530.576	PC21	16.541266	68.054506	3578.352	Cota Cota (calle 37)
52	601138.937	8167030.134	3723.802	PC22	16.576724	68.051971	3769.247	Huylum Pampa
53	599702.764	8162633.956	3005.850	PC23	16.616521	68.065240	3053.615	Urb. Umamanta bajo
54	595282.368	8167209.210	3321.783	PC24	16.575348	68.106870	3369.754	Mallasilla(cancha de Golf)
55	591961.420	8168548.034	3585.374	PC25	16.563378	68.138050	3633.443	Achocalla Urb. UMSA
56	589312.774	8175815.962	4079.714	PC26	16.497785	68.163157	4128.197	Ceja el alto (autopista)
57	595355.933	8171030.182	3298.139	PC27	16.540808	68.106340	3345.974	Villa Litoral (bajo Seguencoma)
58	595579.583	8169244.231	3301.564	PC28	16.556942	68.104170	3349.514	Aranjuez
59	590705.303	8183091.160	4213.609	PC29	16.431971	68.150397	4262.156	Sec. 7 lagunas
60	591579.587	8183176.162	4193.655	PC30	16.431170	68.142212	4242.154	Com. Orig. Achachicala

Nº	ESTE	NORTE	ALTURA	DESC.	LATITUD	LONGITUD	h ELIP.	OBSERVACION
61	591057.266	8181723.486	4006.610	PC31	16.444320	68.147047	4054.973	Limanu Pata
62	589427.012	8180756.494	4260.626	PC32	16.453123	68.162279	4309.099	Aguas del Illimani
63	590747.664	8180107.898	3900.040	PC33	16.458935	68.149883	3948.554	Ciudadela Ferroviaria
64	592121.462	8180356.428	4149.153	PC34	16.456636	68.137024	4197.728	Cerro Tancan Chico
65	594521.284	8180334.556	4241.249	PC35	16.456740	68.114544	4289.935	Alto Kalajahuria
66	591781.731	8178536.647	4075.450	PC36	16.473098	68.140134	4123.900	Cerro Killikilli
67	590487.067	8176840.537	3797.763	PC37	16.488479	68.152196	3845.969	Puente Villa Victoria
68	593434.804	8176784.820	3673.203	PC38	16.488869	68.124577	3721.326	Alto Miraflores
69	591901.952	8175003.477	3641.055	PC39	16.505030	68.138867	3688.907	San Pedro
70	590177.611	8173946.269	4060.139	PC40	16.514652	68.154981	4108.486	Villa Dolores
71	595208.321	8181493.306	4355.989	PC41	16.446239	68.108157	4404.486	Cerro Condoriri
72	595624.980	8180386.566	4058.557	PC42	16.456226	68.104208	4107.118	Chuquiaguillo
73	598090.267	8181460.296	4174.858	PC43	16.446421	68.081162	4223.030	Kalahaura
74	598387.636	8180477.034	4295.320	PC44	16.455296	68.078334	4343.755	Chuquiaguillo (Represa)
75	599836.307	8179174.627	3795.287	PC45	16.467008	68.064709	3843.159	Camino a Jampaturi
76	595532.826	8175988.994	3841.847	PC46	16.495979	68.104889	3889.916	Pampajasi
77	596842.752	8176695.979	3756.800	PC47	16.489536	68.092646	3804.810	Urb. Utama
78	599132.324	8176761.243	3845.947	PC48	16.488852	68.071199	3893.810	Cerro Chicani
79	601412.767	8178330.774	4010.741	PC49	16.474569	68.049904	4058.864	Chicani
80	600983.083	8176697.296	4123.806	PC50	16.489352	68.053858	4169.996	Cerro Aruntaya y cerro Coruraqui
81	600238.521	8175232.091	3678.790	PC51	16.502627	68.060769	3726.973	Jardines del Sur
82	603379.291	8175788.311	4104.499	PC52	16.497466	68.031368	4153.054	Killumani
83	602067.649	8175171.580	3843.376	PC53	16.503097	68.043629	3892.505	Khellumani
84	594680.366	8172920.575	3344.087	PC54	16.523748	68.112749	3392.240	Obrajes (calle 2)
85	597734.783	8172319.347	3297.565	PC55	16.529059	68.084103	3345.481	Irpavi
86	601606.780	8173906.752	3786.645	PC56	16.514549	68.047891	3833.459	Chajllani
87	603579.310	8174205.521	3958.401	PC57	16.511763	68.029423	4006.165	Huayllani (Achumani)
88	604015.177	8173332.713	4030.407	PC58	16.519633	68.025300	4081.080	Cerro Centro
89	602386.251	8173148.936	3821.243	PC59	16.521365	68.040554	3873.071	Sector Laurapata (Vilacota)
90	602961.078	8172223.323	3714.190	PC60	16.529706	68.035126	3765.979	Urbanización las Rosas (Cala calani)
91	599527.060	8171718.407	3433.914	PC61	16.534416	68.067282	3481.962	Urbanización las Kantutas
92	605001.677	8170369.006	3926.796	PC62	16.546378	68.015921	3978.590	Villa Apaña
93	602194.356	8170653.206	3617.787	PC63	16.543931	68.042241	3665.623	Codavisa (urb. Virg.Copacabana)
94	601652.291	8169377.663	3675.068	PC64	16.555484	68.047264	3722.769	Alto Pedregal
95	593454.029	8170162.507	3689.573	PC65	16.548727	68.124127	3737.762	Cerro Alpacoma
96	591885.034	8170269.057	3725.264	PC66	16.547825	68.138835	3773.549	San Miguel de Alpacoma
97	590007.686	8171354.938	4051.029	PC67	16.538081	68.156472	4099.365	Villa Exaltacion (El Alto)
98	591246.873	8169355.277	3764.738	PC68	16.556109	68.144779	3812.961	Alpacoma Bajo (areno Chico)
99	594453.414	8168569.568	3356.506	PC69	16.563085	68.114696	3404.493	Canchas de Golf Mallasilla
100	594067.491	8166942.902	3544.762	PC70	16.577804	68.118246	3592.744	Urb. Las lomas del Sol
101	595995.273	8165567.617	3667.636	PC71	16.590158	68.100119	3715.742	Cerro Taraqui
102	597187.761	8164734.981	3416.236	PC72	16.597635	68.088906	3462.955	Jupapina (cerro Kotaña)
103	597524.531	8166207.127	3296.035	PC73	16.584315	68.085813	3343.816	Cerro Llukunkari
104	598081.063	8168836.775	3478.636	PC74	16.560523	68.080709	3565.071	Alto Florida
105	599102.323	8169865.026	3401.318	PC75	16.551186	68.071182	3449.196	Barrio Auquisamaña
106	599229.319	8167400.540	3203.477	PC76	16.573457	68.069885	3251.566	Cerro Challayapu
107	600939.907	8165907.848	3223.309	PC77	16.586877	68.053787	3271.002	Lipari (Rio Acallani)
108	600738.293	8164698.951	3166.406	PC78	16.597812	68.055623	3214.208	Lipari
109	599323.422	8164274.580	3135.543	PC79	16.601708	68.068867	3183.227	Lipari
110	600638.043	8163568.259	3313.499	PC80	16.608036	68.056513	3359.874	Lipari (cerro Lincohana)
111	598038.011	8163945.405	3360.040	PC81	16.604737	68.080902	3376.411	Urb. Ananta
112	592177.913	8171395.289	3818.991	PFM1	16.537634	68.136136	3866.727	Alto Alpacoma
113	591104.498	8172237.546	4051.923	VIRG	16.530062	68.146228	4100.257	Virgen Ciudad Satelite
114	597810.816	8167541.373	3249.514	ZOOL	16.572243	68.083186	3297.443	Puerta Zoológico de Mallasa

ANEXO B – RED GEODESICA SATELITAL LA PAZ 2013

Nº	ESTE	NORTE	ALTURA	DESC.	LATITUD	LONGITUD	h ELIP.
1	590921.423	8171884.416	4017.247	M1-1	16.533261	68.147930	4066.584
2	591611.869	8171791.498	3877.865	M1-2	16.534074	68.141456	3878.582
3	591729.257	8171985.400	3853.472	M1-3	16.532317	68.140364	3854.172
4	592424.639	8171736.801	3735.297	M1-4	16.534537	68.133838	3735.921
5	592578.644	8171927.697	3716.983	M1-5	16.532806	68.132402	3717.498
6	593743.535	8172948.487	3456.870	M1-6	16.523533	68.121528	3507.328
7	593207.345	8173565.777	3564.412	M1-7	16.517975	68.126578	3614.914
8	593189.114	8174304.767	3539.900	M2-8	16.511296	68.126778	3590.574
9	593118.175	8174372.714	3546.434	M1-9	16.510684	68.127446	3596.951
10	592110.591	8175437.714	3592.977	M1-10	16.501097	68.136929	3666.689
11	591964.575	8175524.479	3611.389	M2-11	16.500318	68.138301	3685.250
12	591677.712	8175101.936	3640.431	M2-12	16.504149	68.140971	3714.096
13	591539.996	8175192.155	3660.775	M1-13	16.503339	68.142265	3734.422
14	591085.955	8175062.376	3732.678	M2-14	16.504529	68.146514	3809.294
15	590852.140	8174843.477	3788.039	M2-15	16.506517	68.148696	3864.649
16	590478.966	8174587.755	3912.391	M1-16	16.508842	68.152183	3988.938
17	590369.057	8174194.731	4066.681	M1-17	16.512399	68.153197	4116.069
18	590575.273	8173792.391	4067.989	M1-18	16.516028	68.151249	4114.740
19	590846.743	8173556.619	4003.642	M1-19	16.518149	68.148696	4052.695
20	591037.661	8173315.637	3991.044	M1-20	16.520320	68.146898	4040.373
21	590991.782	8172790.168	4058.636	M1-21	16.525071	68.147307	4107.974
22	591135.366	8172584.487	4057.354	M1-22	16.526925	68.145953	4106.607
23	591246.828	8173242.555	3944.932	M1-23	16.520972	68.144935	3994.242
24	591380.729	8173028.337	3906.775	M1-24	16.522903	68.143671	3956.098
25	591588.242	8173607.297	3760.466	M1-25	16.517662	68.141750	3809.813
26	591793.425	8173845.153	3691.858	M1-26	16.515504	68.139837	3741.189
27	592172.401	8174491.895	3633.458	M1-27	16.509644	68.136312	3707.139
28	592237.289	8174569.265	3620.394	M1-28	16.508942	68.135707	3694.014
29	591364.954	8174401.240	3721.803	M1-29	16.510494	68.143874	3798.493
30	591267.034	8174428.671	3738.579	M1-30	16.510250	68.144793	3815.293
31	589829.205	8175149.704	3970.703	M2-31	16.503787	68.158293	4047.288
32	590401.880	8175521.443	3794.504	M2-32	16.500406	68.152942	3845.799
33	589362.516	8175836.567	4062.456	M2-33	16.497596	68.162692	4108.330
34	589607.636	8175978.299	3905.154	M2-34	16.496306	68.160401	3955.661
35	589571.976	8176152.677	3898.807	M2-35	16.494731	68.160742	3949.353
36	588784.972	8176276.475	4066.607	M2-36	16.493642	68.168120	4117.452
37	588621.919	8176791.989	4036.677	M2-37	16.488988	68.169668	4087.533
38	589286.515	8176738.808	3919.191	M2-38	16.489444	68.163439	3969.787
39	588895.732	8177472.378	4069.458	M2-39	16.482828	68.167129	4120.334
40	589249.379	8177802.032	4140.127	M2-40	16.479835	68.163828	4190.994
41	588929.947	8179229.985	4180.869	M4-41	16.466939	68.166876	4231.800
42	589425.606	8180121.250	4193.054	M2-42	16.458865	68.162267	4244.001
43	589561.205	8179840.939	4086.255	M2-43	16.461393	68.160986	4137.180
44	590759.531	8181922.939	4092.411	M2-44	16.442529	68.149843	4143.078
45	590551.733	8180578.387	4004.953	M2-45	16.454690	68.151737	4055.767
46	590487.197	8176874.815	3795.250	M2-46	16.488169	68.152196	3845.778
47	590692.288	8176467.407	3767.814	M2-47	16.491844	68.150258	3818.328
48	591260.915	8176305.097	3689.625	M2-48	16.493289	68.144924	3740.102
49	591244.013	8175351.374	3688.648	M2-49	16.501911	68.145045	3762.290
50	590993.505	8175211.720	3725.961	M2-50	16.503183	68.147386	3799.577
51	590125.582	8176372.935	3804.198	M2-51	16.492719	68.155564	3854.746
52	590133.067	8176471.766	3792.068	M2-52	16.491826	68.155498	3842.440
53	590454.996	8176394.183	3761.071	M2-53	16.492515	68.152478	3811.590
54	590311.070	8176068.414	3774.963	M2-54	16.495465	68.153814	3825.471
55	589989.509	8175938.333	3816.289	M2-55	16.496653	68.156822	3866.814
56	589991.358	8175402.920	3878.925	M2-56	16.501492	68.156783	3929.432
57	590119.983	8175451.936	3849.308	M2-57	16.501045	68.155580	3899.804
58	590900.086	8175874.193	3751.984	M2-58	16.497198	68.148288	3802.472
59	591002.137	8175911.558	3739.367	M2-59	16.496856	68.147333	3790.046
60	591007.787	8176878.506	3720.181	M2-60	16.488116	68.147319	3770.694
61	590849.696	8176949.917	3730.056	M2-61	16.487477	68.148803	3780.555
62	591275.049	8181663.086	4036.780	M3-62	16.444858	68.145004	4087.390

Nº	ESTE	NORTE	ALTURA	DESC.	LATITUD	LONGITUD	h ELIP.
63	591175.478	8181149.689	3955.678	M3-63	16.449502	68.145917	4006.262
64	591070.753	8180436.209	3885.308	M3-64	16.455956	68.146869	3935.855
65	591085.205	8180109.499	3873.473	M3-65	16.458908	68.146721	3924.004
66	590437.334	8178524.292	3783.099	M3-66	16.473261	68.152728	3811.743
67	590839.269	8177947.136	3739.859	M3-67	16.478463	68.148940	3797.453
68	590946.756	8178062.771	3769.190	M3-68	16.477414	68.147937	3826.779
69	591380.590	8177331.424	3725.571	M3-69	16.484008	68.143844	3783.113
70	591102.852	8177127.515	3695.062	M3-70	16.485862	68.146438	3755.548
71	592253.606	8176485.713	3661.573	M7-71	16.491619	68.135631	3711.983
72	593134.989	8176067.398	3703.875	M3-72	16.495365	68.127357	3754.254
73	593067.778	8176435.633	3761.993	M3-73	16.492040	68.128002	3812.369
74	593071.550	8176895.444	3779.246	M3-74	16.487883	68.127985	3829.646
75	593593.581	8178089.541	3763.921	M3-75	16.477069	68.123143	3814.288
76	594284.641	8177829.913	3694.176	M3-76	16.479389	68.116658	3744.521
77	594527.130	8177826.004	3740.381	M3-77	16.479415	68.114386	3790.787
78	594883.985	8178237.666	3839.260	M3-78	16.475680	68.111060	3889.987
79	594866.012	8178738.449	3791.220	M3-79	16.471154	68.111249	3841.663
80	595293.046	8179242.211	3823.394	M3-80	16.466583	68.107270	3873.856
81	595828.119	8180095.097	3926.323	M3-81	16.458853	68.102293	3974.074
82	595970.183	8180300.227	3941.701	M3-82	16.456993	68.100971	3989.459
83	595536.256	8180391.247	4034.363	M3-83	16.456188	68.105039	4085.161
84	595005.159	8179591.735	3917.431	M3-84	16.463435	68.109981	3967.769
85	594582.874	8179417.711	3898.811	M3-85	16.465025	68.113930	3949.291
86	594115.149	8179523.219	3874.497	M3-86	16.464090	68.118315	3925.018
87	593922.690	8179745.432	3905.716	M3-87	16.462089	68.120127	3956.253
88	594358.901	8178911.569	3788.838	M3-88	16.469609	68.116007	3839.309
89	594172.120	8178914.403	3813.438	M3-89	16.469591	68.117757	3863.910
90	594301.289	8178592.424	3767.275	M3-90	16.472496	68.116534	3817.720
91	594143.553	8178344.343	3746.586	M3-91	16.474745	68.118001	3797.020
92	593209.306	8178311.667	3855.999	M3-92	16.475077	68.126752	3906.402
93	593125.877	8177992.704	3853.430	M3-93	16.477963	68.127520	3903.825
94	592886.981	8177988.815	3943.521	M3-94	16.478008	68.129758	3993.961
95	592933.795	8177472.031	3843.820	M3-95	16.482677	68.129299	3894.221
96	591595.016	8177253.232	3737.820	M3-96	16.484706	68.141832	3795.358
97	593156.354	8176713.376	3766.842	M3-97	16.489526	68.127183	3817.230
98	592243.177	8177012.202	3802.270	M3-98	16.486860	68.135750	3859.729
99	591809.636	8177595.268	3812.367	M3-99	16.481606	68.139835	3869.922
100	591999.874	8177824.237	3873.962	M3-100	16.479530	68.138062	3931.526
101	591615.236	8177854.867	3838.053	M3-101	16.479267	68.141667	3895.644
102	591415.585	8177938.826	3888.768	M3-102	16.478516	68.143540	3946.308
103	594742.941	8177360.143	3765.746	M4-103	16.483617	68.112346	3816.118
104	594236.859	8177292.830	3674.939	M4-104	16.484246	68.117084	3725.302
105	594406.349	8177077.447	3696.204	M4-105	16.486186	68.115487	3746.551
106	594434.282	8176951.052	3693.306	M4-106	16.487327	68.115220	3743.641
107	594344.830	8177368.776	3684.367	M4-107	16.483555	68.116076	3734.728
108	594071.488	8176140.457	3588.046	M4-108	16.494668	68.118586	3638.361
109	594429.331	8176197.963	3745.089	M4-109	16.494134	68.115236	3679.424
110	594646.040	8176417.133	3705.956	M4-110	16.492145	68.113215	3756.280
111	594076.294	8175887.224	3583.223	M4-111	16.496957	68.118531	3633.524
112	595180.370	8175523.250	3724.264	M4-112	16.500203	68.108172	3774.562
113	595234.293	8175255.696	3726.418	M4-113	16.502619	68.107655	3776.730
114	595166.755	8175033.785	3668.604	M4-114	16.504628	68.108279	3718.914
115	594813.650	8174595.474	3574.115	M5-115	16.508604	68.111569	3624.482
116	594864.793	8174218.874	3552.383	M4-116	16.512006	68.111074	3602.730
117	595202.453	8173959.607	3558.774	M4-117	16.514336	68.107900	3609.101
118	595262.399	8174108.060	3568.558	M4-118	16.512992	68.107344	3618.882
119	595709.938	8174365.172	3678.663	M4-119	16.510650	68.103162	3728.932
120	595550.973	8174757.369	3753.566	M4-120	16.507111	68.104667	3799.169
121	596364.132	8174590.984	3643.086	M4-121	16.508582	68.097042	3693.358
122	596585.818	8174957.702	3617.779	M4-122	16.505258	68.094980	3668.066
123	595818.215	8176034.364	3848.573	M4-123	16.495558	68.102217	3898.905
124	595921.368	8176217.235	3869.039	M4-124	16.493901	68.101258	3919.370
125	596385.760	8176864.562	3830.364	M4-125	16.488031	68.096934	3880.654
126	597046.332	8177069.319	3784.920	M4-126	16.486153	68.090755	3835.191
127	596586.929	8177500.617	3864.338	M4-127	16.482273	68.095077	3914.629

Nº	ESTE	NORTE	ALTURA	DESC.	LATITUD	LONGITUD	h ELIP.
128	596250.132	8178024.273	3925.441	M4-128	16.477554	68.098254	3975.785
129	595915.325	8176963.856	3900.503	M4-129	16.487152	68.101346	3950.875
130	595394.371	8176730.032	3930.864	M4-130	16.489287	68.106217	3981.220
131	595276.357	8176550.492	3901.242	M4-131	16.490914	68.107315	3951.593
132	595186.091	8177072.710	3869.151	M4-132	16.486197	68.108182	3914.461
133	594747.269	8176637.162	3708.570	M4-133	16.490152	68.112275	3758.895
134	594612.646	8176554.150	3687.105	M4-134	16.490907	68.113533	3737.423
135	594769.152	8176892.132	3803.147	M4-135	16.487846	68.112081	3853.469
136	594713.106	8177256.083	3781.799	M4-136	16.484559	68.112621	3832.163
137	595016.238	8177232.182	3929.324	M4-137	16.484763	68.109780	3974.952
138	595396.918	8175629.392	3808.685	M4-138	16.499235	68.106147	3858.987
139	594602.223	8173370.834	3432.069	M5-139	16.519682	68.113500	3487.384
140	594765.232	8173283.990	3427.248	M5-140	16.520460	68.111969	3482.575
141	594888.188	8172486.319	3310.706	M5-141	16.527665	68.110783	3362.144
142	595129.368	8172303.759	3301.131	M5-142	16.529306	68.108516	3352.546
143	595589.059	8171940.009	3358.533	M5-143	16.532575	68.104193	3409.882
144	595864.319	8171608.928	3346.494	M5-144	16.535557	68.101600	3397.823
145	596486.509	8171514.076	3253.557	M5-145	16.536389	68.095766	3304.879
146	596389.513	8171718.941	3259.973	M5-146	16.534541	68.096683	3311.297
147	596274.270	8170780.821	3248.173	M5-147	16.543025	68.097724	3298.374
148	596479.657	8170627.713	3236.820	M5-148	16.544401	68.095793	3287.008
149	596883.818	8170757.763	3235.141	M5-149	16.543209	68.092011	3285.312
150	596940.132	8170546.241	3232.988	M5-150	16.545118	68.091474	3283.156
151	599722.328	8170456.083	3320.676	M5-151	16.545818	68.065398	3443.869
152	600106.477	8170293.582	3345.732	M5-152	16.547271	68.061791	3468.916
153	601032.844	8170063.125	3557.530	M5-153	16.549315	68.053099	3607.461
154	600945.562	8170328.351	3511.667	M5-154	16.546921	68.053929	3561.672
155	601173.178	8170277.755	3545.110	M5-155	16.547369	68.051794	3595.107
156	603672.563	8171518.932	3781.614	M5-156	16.536042	68.028428	3835.684
157	603547.937	8171751.922	3768.930	M5-157	16.533942	68.029606	3823.021
158	602782.737	8171587.125	3650.191	M5-158	16.535465	68.036769	3704.304
159	602808.851	8171784.926	3659.513	M5-159	16.533676	68.036533	3713.625
160	602274.169	8172298.379	3672.559	M5-160	16.529058	68.041566	3726.656
161	602155.676	8172208.940	3666.214	M5-161	16.529871	68.042673	3720.314
162	601500.689	8171593.053	3568.656	M5-162	16.535466	68.048783	3618.674
163	601286.953	8171514.006	3556.547	M5-163	16.536190	68.050782	3606.553
164	600464.981	8172056.492	3551.494	M5-164	16.531321	68.058508	3596.849
165	599990.357	8171963.634	3536.743	M5-165	16.532180	68.062952	3582.105
166	600963.851	8173106.527	3581.423	M5-166	16.521809	68.053880	3636.652
167	601092.258	8173040.460	3606.469	M5-167	16.522401	68.052674	3651.864
168	601005.441	8174009.019	3615.554	M5-168	16.513650	68.053530	3664.669
169	601272.366	8174169.856	3645.983	M5-169	16.512185	68.051036	3695.101
170	601668.980	8174458.040	3638.074	M5-170	16.509563	68.047333	3687.187
171	601747.424	8175150.941	3723.104	M5-171	16.503297	68.046629	3739.727
172	601516.082	8174837.493	3682.561	M5-172	16.506140	68.048782	3699.191
173	601264.227	8174508.293	3605.617	M5-173	16.509126	68.051127	3654.720
174	600931.077	8174552.421	3583.269	M5-174	16.508741	68.054251	3632.393
175	600841.284	8174260.857	3560.471	M5-175	16.511381	68.055079	3609.625
176	600562.836	8174092.877	3537.530	M5-176	16.512911	68.057681	3586.661
177	600124.627	8173606.627	3492.328	M5-177	16.517324	68.061765	3541.452
178	599783.483	8173784.835	3481.817	M5-178	16.515728	68.064969	3530.960
179	598152.907	8174740.048	3531.523	M5-179	16.507162	68.080288	3581.569
180	598075.732	8175179.217	3456.154	M5-180	16.503195	68.081030	3506.211
181	597901.243	8175548.899	3460.416	M5-181	16.499861	68.082681	3510.492
182	597764.330	8175753.253	3475.013	M5-182	16.498019	68.083972	3520.838
183	597895.928	8175772.201	3481.573	M5-183	16.497843	68.082740	3527.399
184	597597.652	8174695.254	3419.303	M5-184	16.507589	68.085489	3469.532
185	597791.733	8174631.664	3505.481	M5-185	16.508156	68.083668	3555.495
186	597541.702	8174273.658	3387.667	M5-186	16.511402	68.085995	3437.712
187	597518.707	8173924.175	3369.146	M5-187	16.514562	68.086196	3419.187
188	597380.945	8174070.807	3376.372	M5-188	16.513242	68.087493	3426.404
189	596002.899	8171892.147	3345.778	M5-189	16.532991	68.100313	3397.109
190	596661.038	8174728.122	3544.089	M5-190	16.507330	68.094266	3594.414
191	597215.604	8174160.424	3377.658	M5-191	16.512439	68.089046	3427.627
192	597150.445	8173717.489	3367.307	M5-192	16.516445	68.089637	3417.338

Nº	ESTE	NORTE	ALTURA	DESC.	LATITUD	LONGITUD	h ELIP.
193	597725.426	8173497.560	3445.747	M5-193	16.518410	68.084241	3495.758
194	597758.672	8173294.676	3432.658	M5-194	16.520242	68.083921	3482.741
195	598953.742	8173353.453	3545.341	M5-195	16.519662	68.072725	3594.338
196	598857.345	8173177.429	3518.468	M5-196	16.521257	68.073621	3567.470
197	598804.851	8172621.624	3428.504	M5-197	16.526283	68.074089	3477.608
198	598583.815	8172323.827	3404.677	M5-198	16.528984	68.076147	3453.776
199	599552.895	8172934.479	3428.950	M5-199	16.523424	68.067093	3478.057
200	599424.847	8172649.257	3408.097	M5-200	16.526007	68.068281	3457.206
201	599112.317	8172389.365	3382.444	M5-201	16.528369	68.071198	3431.538
202	599337.348	8172035.140	3373.252	M5-202	16.531562	68.069074	3422.342
203	599163.561	8171833.739	3358.909	M5-203	16.533389	68.070694	3407.985
204	598826.447	8171592.727	3334.621	M5-204	16.535582	68.073842	3386.338
205	597751.225	8172212.832	3294.283	M5-205	16.530021	68.083944	3344.467
206	597399.838	8172170.273	3292.036	M5-206	16.530420	68.087235	3342.234
207	597051.308	8173020.223	3335.589	M5-207	16.522752	68.090537	3385.605
208	597087.160	8173210.004	3344.198	M5-208	16.521035	68.090209	3394.211
209	596719.717	8172650.591	3393.041	M5-209	16.526107	68.093628	3448.203
210	596381.441	8172844.046	3421.630	M5-210	16.524372	68.096806	3476.839
211	596453.336	8172594.571	3370.651	M5-211	16.526624	68.096122	3425.872
212	596833.159	8172067.017	3388.525	M5-212	16.531377	68.092541	3443.652
213	596848.063	8171859.502	3392.850	M5-213	16.533252	68.092392	3447.991
214	596469.086	8172265.849	3361.634	M5-214	16.529594	68.095961	3412.886
215	596479.896	8172368.441	3357.636	M5-215	16.528667	68.095864	3416.852
216	596137.791	8172636.453	3331.437	M5-216	16.526258	68.099081	3386.700
217	596217.807	8172705.762	3357.044	M5-217	16.525628	68.098334	3412.594
218	596233.436	8172985.298	3345.763	M5-218	16.523101	68.098199	3401.022
219	596052.190	8172980.081	3363.764	M5-219	16.523155	68.099897	3419.002
220	595836.639	8173039.911	3391.528	M5-220	16.522623	68.101919	3446.775
221	595696.980	8173305.756	3410.063	M5-221	16.520226	68.103239	3465.327
222	595556.527	8173316.284	3413.362	M5-222	16.520136	68.104555	3468.636
223	595263.474	8173293.350	3432.069	M5-223	16.520356	68.107300	3473.820
224	596855.894	8169879.847	3209.561	M5-224	16.551145	68.092235	3259.745
225	596716.771	8170047.429	3266.873	M5-225	16.549636	68.093546	3316.922
226	596662.258	8168974.343	3190.863	M6-226	16.559338	68.094012	3241.043
227	595768.827	8168688.591	3384.968	M6-227	16.561957	68.102373	3435.204
228	595555.330	8168985.118	3317.452	M6-228	16.559285	68.104386	3367.687
229	594337.236	8168247.020	3365.843	M6-229	16.566006	68.115772	3416.124
230	595207.631	8167838.509	3346.138	M6-230	16.569663	68.107597	3396.409
231	595784.314	8168008.018	3300.667	M6-231	16.568108	68.102199	3350.898
232	596199.505	8168128.237	3299.204	M6-232	16.567004	68.098313	3348.974
233	596637.265	8168196.554	3301.242	M6-233	16.566369	68.094213	3351.431
234	597376.682	8168100.248	3274.175	M6-234	16.567209	68.087279	3324.355
235	597520.723	8167943.070	3265.724	M6-235	16.568624	68.085922	3315.881
236	597368.695	8167782.143	3259.464	M6-236	16.570085	68.087340	3309.621
237	598712.770	8165782.477	3195.402	M6-237	16.588104	68.074657	3245.493
238	598775.279	8165605.392	3192.163	M6-238	16.589702	68.074063	3242.234
239	598917.543	8165269.142	3185.339	M6-239	16.592735	68.072715	3235.419
240	599029.031	8165009.368	3174.531	M6-240	16.595079	68.071659	3224.606
241	593736.445	8177195.229	3680.115	M7-241	16.485147	68.121768	3729.561
242	593765.261	8176749.743	3647.060	M7-242	16.489173	68.121480	3696.479
243	593993.068	8174260.121	3468.137	M6-243	16.511668	68.119244	3518.531
244	594063.350	8173732.520	3464.881	M6-244	16.516434	68.118564	3515.254
245	593343.749	8174865.355	3529.148	M7-245	16.506222	68.125352	3579.487
246	592996.518	8175228.890	3535.154	M7-246	16.502950	68.128620	3585.513
247	592847.236	8175515.270	3586.529	M7-247	16.500367	68.130031	3636.938
248	591393.388	8176369.124	3686.186	M6-248	16.492706	68.143686	3736.811
249	591861.615	8176553.789	3641.077	M7-249	16.491018	68.139306	3691.522
250	592044.673	8176412.334	3630.497	M7-250	16.492290	68.137586	3680.941
251	599152.283	8164277.268	3143.154	M6-251	16.601691	68.070472	3193.223
252	597911.203	8170507.596	3285.254	M5-252	16.545428	68.082372	3335.385
253	598611.914	8170021.076	3337.228	M5-253	16.549796	68.075785	3387.332
254	598754.181	8170089.422	3367.185	M5-254	16.549173	68.074455	3417.399
255	598969.086	8171003.245	3370.087	M5-255	16.540904	68.072480	3419.147
256	598900.471	8171158.701	3362.925	M5-256	16.539502	68.073130	3411.991
257	600891.893	8170980.678	3542.343	M5-257	16.541027	68.054461	3592.346

Nº	ESTE	NORTE	ALTURA	DESC.	LATITUD	LONGITUD	h ELIP.
258	603310.316	8170997.456	3704.538	M5-258	16.540771	68.031799	3741.087
259	602474.837	8172490.927	3691.876	M5-259	16.527309	68.039695	3746.007
260	599446.492	8171626.691	3406.207	M5-260	16.535249	68.068033	3455.246
261	595382.089	8172516.982	3309.843	M5-261	16.527368	68.106157	3361.224
262	595533.900	8172428.229	3303.317	M5-262	16.528164	68.104731	3354.680
263	596530.262	8172934.763	3458.330	M5-263	16.523546	68.095416	3513.515
264	598154.033	8174095.323	3497.951	M5-264	16.512989	68.080250	3573.983
265	598264.162	8174204.690	3528.007	M5-265	16.511996	68.079223	3604.042
266	594272.445	8172687.522	3403.848	M1-266	16.525871	68.116562	3454.248
267	594133.113	8172647.260	3400.294	M1-267	16.526240	68.117865	3450.695
268	593381.363	8172428.724	3550.161	M1-268	16.528245	68.124901	3600.631
269	591153.450	8172825.535	3999.988	M1-269	16.524745	68.145793	4049.210
270	591062.492	8173307.368	3987.865	M1-270	16.520393	68.146665	4037.184
271	591858.367	8173351.416	3769.323	M1-271	16.519965	68.139209	3818.598
272	592403.285	8173908.220	3649.509	M2-272	16.514911	68.134125	3696.803
273	592594.538	8173762.046	3614.900	M1-273	16.516224	68.132327	3665.452
274	593141.146	8174762.307	3540.652	M7-274	16.507162	68.127246	3590.999
275	592980.673	8174893.865	3553.032	M7-275	16.505979	68.128755	3603.394
276	591359.614	8174171.979	3717.697	M2-276	16.512567	68.143915	3794.402
277	591259.203	8174174.226	3785.658	M1-277	16.512550	68.144856	3862.451
278	591146.987	8174768.630	3772.854	M1-278	16.507182	68.145931	3849.424
279	590948.259	8174593.937	3884.493	M2-279	16.508768	68.147786	3961.047
280	591799.709	8174899.840	3650.998	M1-280	16.505971	68.139820	3724.622
281	593464.192	8175629.879	3579.140	M7-281	16.499307	68.124255	3629.468
282	593462.143	8175880.339	3597.245	M7-282	16.497043	68.124284	3647.574
283	591265.864	8181573.097	4010.397	M2-283	16.445672	68.145087	4060.944
284	590572.699	8181365.003	4071.739	M2-284	16.447579	68.151571	4122.395
285	590300.859	8180075.447	4042.046	M2-285	16.459246	68.154067	4092.810
286	590511.021	8180048.596	3980.130	M2-286	16.459480	68.152097	4030.904
287	589989.132	8179541.246	3976.601	M2-287	16.464086	68.156966	4027.494
288	589909.954	8179748.822	4015.961	M2-288	16.462213	68.157716	4066.866
289	588964.954	8178324.349	4135.436	M2-289	16.475124	68.166513	4186.159
290	588842.898	8177350.014	4065.079	M2-290	16.483936	68.167619	4115.956
291	589119.694	8177330.785	4072.453	M2-291	16.484099	68.165025	4123.356
292	590750.945	8180227.895	3910.080	M2-292	16.457851	68.149857	3960.867
293	594179.909	8178843.162	3804.327	M3-293	16.470234	68.117681	3854.795
294	591019.331	8178446.902	3927.151	M3-294	16.473939	68.147272	3955.404
295	593167.233	8179083.598	3968.422	M3-295	16.468101	68.127177	4018.940
296	593338.884	8179092.800	3924.097	M3-296	16.468011	68.125569	3974.608
297	593609.818	8179042.771	3886.351	M3-297	16.468453	68.123029	3936.811
298	592384.823	8175824.052	3570.965	M7-298	16.497594	68.134375	3652.508
299	592454.007	8175772.696	3574.885	M7-299	16.498056	68.133725	3648.589
300	593478.033	8176685.627	3658.539	M7-300	16.489764	68.124168	3708.953
301	596820.817	8176838.749	3798.232	M4-301	16.488246	68.092858	3848.505
302	597859.050	8177605.499	3707.435	M4-302	16.481273	68.083164	3757.733
303	599129.466	8176871.357	3871.690	M5-303	16.487857	68.071231	3921.829
304	591820.601	8173061.549	3780.406	M1-304	16.522586	68.139551	3829.693
305	594776.472	8172882.824	3339.213	M5-305	16.524086	68.111847	3392.264
306	599407.689	8173759.077	3657.022	M5-306	16.515976	68.068489	3706.729
307	597485.722	8167676.164	3256.279	M6-307	16.571038	68.086239	3306.384
308	596168.883	8180559.920	4003.966	M3-308	16.454637	68.099121	4054.583
309	595195.450	8179895.702	3833.138	M3-309	16.460680	68.108211	4052.085
310	597716.328	8171182.888	3276.233	M5-310	16.539332	68.084227	3326.368
311	593837.462	8175057.769	3542.518	M2-311	16.504464	68.120734	3592.834
312	597631.208	8166433.684	3269.505	M6-312	16.582263	68.084822	3319.635
313	595660.210	8174451.441	3695.690	M4-313	16.509872	68.103631	3745.966
314	591140.766	8174734.687	3778.097	M1-314	16.507489	68.145988	3854.679
315	590856.692	8174558.693	3903.202	M2-315	16.509091	68.148642	3979.734
316	599226.603	8169802.963	3425.896	M5-316	16.551742	68.070015	3476.117
317	597184.493	8172656.634	3317.143	M5-317	16.526033	68.089274	3367.146
318	594781.008	8175701.476	3646.122	M4-322	16.498608	68.111921	3696.435
319	597718.129	8167640.300	3413.910	M6-325	16.571353	68.084059	3305.480
320	597789.284	8170950.673	3280.444	M5-326	16.541428	68.083534	3330.581
321	595812.690	8172038.436	3357.442	M5-327	16.531676	68.102102	3408.790
322	591213.618	8178693.877	4052.601	ACHA	16.471699	68.145462	4103.346

Nº	ESTE	NORTE	ALTURA	DESC.	LATITUD	LONGITUD	h ELIP.
323	597672.308	8170253.492	3322.276	AFLO	16.547734	68.084600	3411.639
324	599246.205	8173542.830	3666.170	ARUNTAYA	16.517938	68.069993	3715.869
325	591909.796	8173101.323	3777.609	BAIR	16.522223	68.138717	3823.309
326	596359.127	8180612.822	3985.367	CHUQ	16.454152	68.097341	4035.978
327	593020.591	8173434.095	3579.350	FELC	16.519172	68.128322	3629.864
328	597722.273	8174452.241	3495.592	HB83	16.509781	68.084311	3545.637
329	596931.169	8170900.919	3241.235	HUMB	16.541913	68.091573	3291.404
330	593170.427	8178865.102	4067.061	LACA	16.470076	68.127138	4117.593
331	590169.321	8182988.955	4313.907	LAGU	16.432915	68.155413	4364.692
332	593544.608	8174947.685	3579.595	LAIK	16.505470	68.123474	3629.978
333	593482.963	8172736.553	3511.060	NAME	16.525459	68.123961	3561.533
334	589571.332	8177342.475	4064.284	MUNA	16.483977	68.160794	4115.120
335	603359.664	8171188.954	3734.089	OVEJ	16.539038	68.031345	3788.174
336	589804.996	8182139.029	4308.667	PC-01	16.440612	68.158792	4359.421
337	588672.753	8177092.078	4079.878	PC-03	16.486274	68.169203	4127.950
338	591361.578	8176484.071	3688.942	PC04	16.491668	68.143988	3749.429
339	597993.188	8177865.973	3771.303	PC13	16.478914	68.081918	3816.822
340	595577.068	8177826.597	4027.806	PC14	16.479367	68.104551	4077.855
341	600886.272	8170954.159	3530.576	PC21	16.541267	68.054512	3580.591
342	595288.708	8175890.188	3832.840	P-27	16.496882	68.107172	3878.455
343	595442.076	8174868.806	3757.951	PO-28	16.506108	68.105692	3808.238
344	590705.312	8183091.371	4213.609	PC-29	16.431969	68.150397	4264.377
345	591057.276	8181723.692	4260.626	PC-31	16.444318	68.147047	4057.254
346	590747.715	8180108.137	4062.456	PC-33	16.458933	68.149882	3950.736
347	590487.065	8176840.737	3797.763	PC-37	16.488477	68.152196	3848.286
348	593434.828	8176785.018	3673.203	PC-38	16.488867	68.124577	3723.614
349	591896.985	8175005.450	3642.055	PC-39	16.505012	68.138913	3691.945
350	595624.987	8180386.765	4058.557	PC-42	16.456224	68.104208	4109.349
351	596271.587	8168418.343	4174.858	P43	16.564379	68.097650	3397.769
352	595532.851	8175989.211	3841.847	PC46	16.495977	68.104889	3892.172
353	596842.755	8176696.249	3761.499	PC47	16.489533	68.092646	3807.061
354	599132.331	8176761.454	3845.947	PC48	16.488850	68.071199	3896.085
355	602067.648	8175171.799	3842.376	PC53	16.503095	68.043629	3894.852
356	594680.381	8172920.744	3344.087	PC-54	16.523747	68.112749	3394.533
357	597734.798	8172319.546	3297.565	PC-55	16.529057	68.084103	3347.738
358	602961.068	8172223.539	3722.980	PC60	16.529704	68.035127	3768.304
359	599526.132	8171731.080	3433.914	PC-61	16.534302	68.067292	3580.591
360	594453.428	8168569.771	3356.506	PC69	16.563084	68.114696	3406.791
361	597524.540	8166207.351	3296.035	PC73	16.584313	68.085812	3346.172
362	599102.317	8169865.281	3401.318	PC-75	16.551184	68.071182	3451.532
363	599323.463	8164274.807	3135.455	PC-79	16.601706	68.068867	3185.624
364	591094.592	8172241.495	4051.923	VIRG	16.530027	68.146321	4103.926
365	597810.837	8167541.561	3254.164	ZOOL	16.572241	68.083186	3299.664

ANEXO C – REPORTE DE INTERPOLACION KRIGING COMPONENTE VECTOR X Y VECTOR Y (MOVELP)

Input datasets

<input checked="" type="checkbox"/> Dataset	F:\2018 TESIS MAESTRIA RON\05 DESARROLLO DEL PROYECTO\B - PRUEBA DE DATOS\06 MXD DE MAPAS\SHAPES\VEMOSvsREDGEOpoints	
Type		Feature Class
Data field 1		DeltaX
Records		31
<input checked="" type="checkbox"/> Dataset 2	F:\2018 TESIS MAESTRIA RON\05 DESARROLLO DEL PROYECTO\B - PRUEBA DE DATOS\06 MXD DE MAPAS\SHAPES\VEMOSvsREDGEOpoints	
Type		Feature Class
Data field 1		DeltaY
Records		31
<input checked="" type="checkbox"/> Dataset 3	F:\2018 TESIS MAESTRIA RON\05 DESARROLLO DEL PROYECTO\B - PRUEBA DE DATOS\06 MXD DE MAPAS\SHAPES\VEMOS2009_R2005points	
Type		Feature Class
Data field 1		Delta_Este
Records		31

<input checked="" type="checkbox"/> Method		CoKriging
Type		Simple
Output type		Prediction
<input checked="" type="checkbox"/> Dataset #		1
Trend type		None
<input checked="" type="checkbox"/> Transformation		Normal Score Transformation
Approximation		DensitySkew
Kernels		1
BaseDistribution		Student's t-distribution
<input checked="" type="checkbox"/> Searching neighborhood		Standard
Neighbors to include		5
Include at least		2
Sector type		Four and 45 degree
Major semiaxis		3,228.219789107272
Minor semiaxis		3,228.219789107272
Angle		0
<input checked="" type="checkbox"/> Dataset #		2
Trend type		None
<input checked="" type="checkbox"/> Transformation		Normal Score Transformation
Approximation		DensitySkew
Kernels		1
BaseDistribution		Student's t-distribution
<input checked="" type="checkbox"/> Searching neighborhood		Standard
Neighbors to include		5
Include at least		2
Sector type		Four and 45 degree
Major semiaxis		3,228.219789107272
Minor semiaxis		3,228.219789107272
Angle		0
<input checked="" type="checkbox"/> Dataset #		3
Trend type		None
<input checked="" type="checkbox"/> Transformation		Normal Score Transformation
Approximation		DensitySkew
Kernels		1
BaseDistribution		Log-empirical
<input checked="" type="checkbox"/> Searching neighborhood		Standard
Neighbors to include		5
Include at least		2
Sector type		Four and 45 degree
Major semiaxis		3,228.219789107272
Minor semiaxis		3,228.219789107272
Angle		0
<input checked="" type="checkbox"/> Variogram		[Covariance; Covariance; Covariance]
Number of lags		12
Lag size		362.503364080673
Nugget		[0; 0; 0]
Measurement error: %		[100; 100; 100]
Shift		[0; 0; 0; 0; 0]
<input checked="" type="checkbox"/> Model type		Stable
Parameter		0.2
Range		3,228.219789107272
Anisotropy		No
Partial sill	[0.996423453203; 0.000575888852; 0.20824909741; 0.000575888852; 0.901865131001; 0.277440096055; 0.20824909741; 0.277440096055; 0.930770237468]	

Input datasets

<input type="checkbox"/> Dataset	F:\2018 TESIS MAESTRIA RON\05 DESARROLLO DEL PROYECTO\B - PRUEBA DE DATOS\06 MXD DE MAPAS\SHAPES\VEMOSvsREDGE\Opoints
Type	Feature Class
Data field 1	DeltaY
Records	31
<input type="checkbox"/> Dataset 2	F:\2018 TESIS MAESTRIA RON\05 DESARROLLO DEL PROYECTO\B - PRUEBA DE DATOS\06 MXD DE MAPAS\SHAPES\VEMOSvsREDGE\Opoints
Type	Feature Class
Data field 1	DeltaX
Records	31
<input type="checkbox"/> Dataset 3	F:\2018 TESIS MAESTRIA RON\05 DESARROLLO DEL PROYECTO\B - PRUEBA DE DATOS\06 MXD DE MAPAS\SHAPES\VEMOS2009_R2005\points
Type	Feature Class
Data field 1	Delta_Nort
Records	31

Method

Type	CoKriging
Output type	Simple
Prediction	Prediction
<input type="checkbox"/> Dataset #	1
Trend type	None
<input type="checkbox"/> Transformation	Normal Score Transformation
Approximation	DensitySkew
Kernels	1
BaseDistribution	Student's t-distribution
<input type="checkbox"/> Searching neighborhood	Standard
Neighbors to include	5
Include at least	2
Sector type	Four and 45 degree
Major semiaxis	7,352.315514936502
Minor semiaxis	7,352.315514936502
Angle	0
<input type="checkbox"/> Dataset #	2
Trend type	None
<input type="checkbox"/> Transformation	Normal Score Transformation
Approximation	DensitySkew
Kernels	1
BaseDistribution	Student's t-distribution
<input type="checkbox"/> Searching neighborhood	Standard
Neighbors to include	5
Include at least	2
Sector type	Four and 45 degree
Major semiaxis	7,352.315514936502
Minor semiaxis	7,352.315514936502
Angle	0
<input type="checkbox"/> Dataset #	3
Trend type	None
<input type="checkbox"/> Transformation	Normal Score Transformation
Approximation	DensitySkew
Kernels	6
BaseDistribution	Log-normal
<input type="checkbox"/> Searching neighborhood	Standard
Neighbors to include	5
Include at least	2
Sector type	Four and 45 degree
Major semiaxis	7,352.315514936502
Minor semiaxis	7,352.315514936502
Angle	0
<input type="checkbox"/> Variogram	[Covariance; Covariance; Covariance]
Number of lags	12
Lag size	612.692959578042
Nugget	[1.193585870916; 0.924833684632; 0.784182739612]
Measurement error %	[100; 100; 100]
Shift	[0; 0; 0; 0]
<input type="checkbox"/> Model type	Stable
Parameter	0.2
Range	7,352.315514936502
Anisotropy	No
Partial sill	[0; 0; 0; 0; 0; 0]
<input type="checkbox"/> Model type	J-Bessel
Parameter	0.01
Range	7,352.315514936502
Anisotropy	No
Partial sill	[0.002602955707; 0.019223795852; -0.019662738768; 0.019223795852; 0.141974881084; -0.145216637754; -0.019662738768; -0.145216637754; 0.148532414463]
<input type="checkbox"/> Model type	J-Bessel
Parameter	0.01
Range	7,352.315514936502
Anisotropy	No
Partial sill	[0; 0; 0; 0; 0; 0]

ANEXO D – GRILLA MOVELP

DATUM: WGS-84 – PROYECCION UTM – ZONA 19 SUR – RED 2005 A RED 2013

Nro.	Latitud	Longitud	Este	Norte	Vx (Este)	Vy (Norte)
1	-16.497305	-68.173146	588246.847	8175873.427	0.0123	0.2055
2	-16.497268	-68.163777	589246.847	8175873.427	0.0121	0.2056
3	-16.497230	-68.154408	590246.847	8175873.427	0.0125	0.2058
4	-16.497192	-68.145039	591246.847	8175873.427	0.0133	0.2064
5	-16.497153	-68.135670	592246.847	8175873.427	0.0133	0.2066
6	-16.497114	-68.126301	593246.847	8175873.427	0.0140	0.2066
7	-16.497075	-68.116932	594246.847	8175873.427	0.0141	0.2065
8	-16.497035	-68.107563	595246.847	8175873.427	0.0149	0.2064
9	-16.496995	-68.098194	596246.847	8175873.427	0.0144	0.2061
10	-16.496954	-68.088825	597246.847	8175873.427	0.0138	0.2062
11	-16.496913	-68.079457	598246.847	8175873.427	0.0136	0.2066
12	-16.496872	-68.070088	599246.847	8175873.427	0.0130	0.2068
13	-16.496830	-68.060719	600246.847	8175873.427	0.0129	0.2063
14	-16.496788	-68.051350	601246.847	8175873.427	0.0117	0.2063
15	-16.496745	-68.041982	602246.847	8175873.427	0.0112	0.2063
16	-16.496702	-68.032613	603246.847	8175873.427	0.0107	0.2061
17	-16.496658	-68.023244	604246.847	8175873.427	0.0110	0.2062
18	-16.496614	-68.013876	605246.847	8175873.427	0.0112	0.2063
19	-16.488266	-68.173185	588246.847	8176873.427	0.0121	0.2056
20	-16.488229	-68.163816	589246.847	8176873.427	0.0117	0.2055
21	-16.488191	-68.154447	590246.847	8176873.427	0.0111	0.2058
22	-16.488153	-68.145079	591246.847	8176873.427	0.0128	0.2064
23	-16.488114	-68.135710	592246.847	8176873.427	0.0132	0.2067
24	-16.488075	-68.126342	593246.847	8176873.427	0.0145	0.2068
25	-16.488036	-68.116973	594246.847	8176873.427	0.0142	0.2065
26	-16.487996	-68.107605	595246.847	8176873.427	0.0137	0.2062
27	-16.487956	-68.098236	596246.847	8176873.427	0.0134	0.2060
28	-16.487916	-68.088868	597246.847	8176873.427	0.0133	0.2059
29	-16.487875	-68.079499	598246.847	8176873.427	0.0130	0.2060
30	-16.487833	-68.070131	599246.847	8176873.427	0.0117	0.2062
31	-16.487791	-68.060763	600246.847	8176873.427	0.0127	0.2064
32	-16.487749	-68.051394	601246.847	8176873.427	0.0126	0.2064
33	-16.487706	-68.042026	602246.847	8176873.427	0.0126	0.2063
34	-16.487663	-68.032658	603246.847	8176873.427	0.0118	0.2063
35	-16.487620	-68.023290	604246.847	8176873.427	0.0112	0.2063
36	-16.487576	-68.013921	605246.847	8176873.427	0.0113	0.2064
37	-16.479227	-68.173223	588246.847	8177873.427	0.0118	0.2057
38	-16.479189	-68.163855	589246.847	8177873.427	0.0119	0.2057
39	-16.479152	-68.154487	590246.847	8177873.427	0.0119	0.2059
40	-16.479114	-68.145118	591246.847	8177873.427	0.0123	0.2062
41	-16.479075	-68.135750	592246.847	8177873.427	0.0125	0.2067
42	-16.479036	-68.126382	593246.847	8177873.427	0.0130	0.2067
43	-16.478997	-68.117014	594246.847	8177873.427	0.0132	0.2064
44	-16.478957	-68.107646	595246.847	8177873.427	0.0124	0.2060
45	-16.478917	-68.098278	596246.847	8177873.427	0.0126	0.2057
46	-16.478877	-68.088910	597246.847	8177873.427	0.0128	0.2055
47	-16.478836	-68.079542	598246.847	8177873.427	0.0121	0.2058
48	-16.478794	-68.070174	599246.847	8177873.427	0.0121	0.2059
49	-16.478752	-68.060806	600246.847	8177873.427	0.0120	0.2059
50	-16.478710	-68.051438	601246.847	8177873.427	0.0127	0.2061
51	-16.478668	-68.042071	602246.847	8177873.427	0.0127	0.2061
52	-16.478625	-68.032703	603246.847	8177873.427	0.0114	0.2062
53	-16.478581	-68.023335	604246.847	8177873.427	0.0115	0.2063
54	-16.478537	-68.013967	605246.847	8177873.427	0.0115	0.2064
55	-16.470188	-68.173261	588246.847	8178873.427	0.0122	0.2058
56	-16.470150	-68.163894	589246.847	8178873.427	0.0122	0.2057
57	-16.470113	-68.154526	590246.847	8178873.427	0.0122	0.2059
58	-16.470075	-68.145158	591246.847	8178873.427	0.0123	0.2062
59	-16.470036	-68.135790	592246.847	8178873.427	0.0121	0.2064
60	-16.469997	-68.126423	593246.847	8178873.427	0.0109	0.2065

Nro.	Latitud	Longitud	Este	Norte	Vx (Este)	Vy (Norte)
61	-16.469958	-68.117055	594246.847	8178873.427	0.0126	0.2062
62	-16.469919	-68.107687	595246.847	8178873.427	0.0124	0.2059
63	-16.469878	-68.098320	596246.847	8178873.427	0.0122	0.2055
64	-16.469838	-68.088952	597246.847	8178873.427	0.0115	0.2055
65	-16.469797	-68.079585	598246.847	8178873.427	0.0116	0.2056
66	-16.469756	-68.070217	599246.847	8178873.427	0.0122	0.2057
67	-16.469714	-68.060850	600246.847	8178873.427	0.0120	0.2057
68	-16.469671	-68.051482	601246.847	8178873.427	0.0122	0.2059
69	-16.469629	-68.042115	602246.847	8178873.427	0.0128	0.2060
70	-16.469586	-68.032748	603246.847	8178873.427	0.0118	0.2061
71	-16.469542	-68.023380	604246.847	8178873.427	0.0117	0.2062
72	-16.469498	-68.014013	605246.847	8178873.427	0.0118	0.2061
73	-16.461149	-68.173300	588246.847	8179873.427	0.0116	0.2058
74	-16.461111	-68.163932	589246.847	8179873.427	0.0119	0.2057
75	-16.461074	-68.154565	590246.847	8179873.427	0.0118	0.2058
76	-16.461036	-68.145198	591246.847	8179873.427	0.0114	0.2059
77	-16.460997	-68.135830	592246.847	8179873.427	0.0120	0.2062
78	-16.460959	-68.126463	593246.847	8179873.427	0.0117	0.2063
79	-16.460919	-68.117096	594246.847	8179873.427	0.0118	0.2060
80	-16.460880	-68.107729	595246.847	8179873.427	0.0116	0.2058
81	-16.460839	-68.098362	596246.847	8179873.427	0.0110	0.2057
82	-16.460799	-68.088995	597246.847	8179873.427	0.0115	0.2058
83	-16.460758	-68.079627	598246.847	8179873.427	0.0121	0.2057
84	-16.460717	-68.070260	599246.847	8179873.427	0.0123	0.2060
85	-16.460675	-68.060893	600246.847	8179873.427	0.0121	0.2059
86	-16.460633	-68.051526	601246.847	8179873.427	0.0121	0.2059
87	-16.460590	-68.042159	602246.847	8179873.427	0.0124	0.2060
88	-16.460547	-68.032792	603246.847	8179873.427	0.0129	0.2060
89	-16.460504	-68.023425	604246.847	8179873.427	0.0118	0.2060
90	-16.460460	-68.014059	605246.847	8179873.427	0.0119	0.2059
91	-16.452109	-68.173338	588246.847	8180873.427	0.0119	0.2059
92	-16.452072	-68.163971	589246.847	8180873.427	0.0115	0.2057
93	-16.452035	-68.154604	590246.847	8180873.427	0.0113	0.2057
94	-16.451997	-68.145237	591246.847	8180873.427	0.0115	0.2059
95	-16.451958	-68.135870	592246.847	8180873.427	0.0120	0.2061
96	-16.451920	-68.126504	593246.847	8180873.427	0.0115	0.2063
97	-16.451880	-68.117137	594246.847	8180873.427	0.0114	0.2062
98	-16.451841	-68.107770	595246.847	8180873.427	0.0110	0.2060
99	-16.451801	-68.098403	596246.847	8180873.427	0.0107	0.2060
100	-16.451760	-68.089037	597246.847	8180873.427	0.0118	0.2060
101	-16.451719	-68.079670	598246.847	8180873.427	0.0121	0.2060
102	-16.451678	-68.070303	599246.847	8180873.427	0.0123	0.2062
103	-16.451636	-68.060937	600246.847	8180873.427	0.0124	0.2062
104	-16.451594	-68.051570	601246.847	8180873.427	0.0122	0.2061
105	-16.451551	-68.042204	602246.847	8180873.427	0.0122	0.2060
106	-16.451508	-68.032837	603246.847	8180873.427	0.0124	0.2061
107	-16.451465	-68.023471	604246.847	8180873.427	0.0119	0.2058
108	-16.451421	-68.014104	605246.847	8180873.427	0.0120	0.2058
109	-16.443070	-68.173376	588246.847	8181873.427	0.0118	0.2060
110	-16.443033	-68.164010	589246.847	8181873.427	0.0117	0.2057
111	-16.442996	-68.154643	590246.847	8181873.427	0.0116	0.2056
112	-16.442958	-68.145277	591246.847	8181873.427	0.0114	0.2058
113	-16.442919	-68.135910	592246.847	8181873.427	0.0117	0.2061
114	-16.442881	-68.126544	593246.847	8181873.427	0.0116	0.2060
115	-16.442841	-68.117178	594246.847	8181873.427	0.0115	0.2063
116	-16.442802	-68.107811	595246.847	8181873.427	0.0117	0.2064
117	-16.442762	-68.098445	596246.847	8181873.427	0.0117	0.2063
118	-16.442721	-68.089079	597246.847	8181873.427	0.0120	0.2062
119	-16.442680	-68.079713	598246.847	8181873.427	0.0122	0.2062
120	-16.442639	-68.070346	599246.847	8181873.427	0.0123	0.2063
121	-16.442597	-68.060980	600246.847	8181873.427	0.0124	0.2063
122	-16.442555	-68.051614	601246.847	8181873.427	0.0124	0.2061
123	-16.442513	-68.042248	602246.847	8181873.427	0.0123	0.2061
124	-16.442470	-68.032882	603246.847	8181873.427	0.0123	0.2061
125	-16.442426	-68.023516	604246.847	8181873.427	0.0124	0.2061

Nro.	Latitud	Longitud	Este	Norte	Vx (Este)	Vy (Norte)
126	-16.442382	-68.014150	605246.847	8181873.427	0.0120	0.2059
127	-16.434031	-68.173414	588246.847	8182873.427	0.0119	0.2061
128	-16.433994	-68.164048	589246.847	8182873.427	0.0120	0.2058
129	-16.433957	-68.154682	590246.847	8182873.427	0.0111	0.2057
130	-16.433919	-68.145316	591246.847	8182873.427	0.0115	0.2057
131	-16.433880	-68.135950	592246.847	8182873.427	0.0116	0.2060
132	-16.433842	-68.126584	593246.847	8182873.427	0.0115	0.2061
133	-16.433802	-68.117219	594246.847	8182873.427	0.0119	0.2062
134	-16.433763	-68.107853	595246.847	8182873.427	0.0121	0.2064
135	-16.433723	-68.098487	596246.847	8182873.427	0.0121	0.2064
136	-16.433682	-68.089121	597246.847	8182873.427	0.0121	0.2064
137	-16.433641	-68.079755	598246.847	8182873.427	0.0123	0.2063
138	-16.433600	-68.070389	599246.847	8182873.427	0.0124	0.2063
139	-16.433558	-68.061024	600246.847	8182873.427	0.0124	0.2062
140	-16.433516	-68.051658	601246.847	8182873.427	0.0125	0.2061
141	-16.433474	-68.042292	602246.847	8182873.427	0.0125	0.2061
142	-16.433431	-68.032927	603246.847	8182873.427	0.0123	0.2061
143	-16.433387	-68.023561	604246.847	8182873.427	0.0124	0.2062
144	-16.433344	-68.014195	605246.847	8182873.427	0.0123	0.2061
145	-16.424992	-68.173453	588246.847	8183873.427	0.0123	0.2060
146	-16.424955	-68.164087	589246.847	8183873.427	0.0121	0.2058
147	-16.424918	-68.154721	590246.847	8183873.427	0.0118	0.2057
148	-16.424880	-68.145356	591246.847	8183873.427	0.0118	0.2058
149	-16.424841	-68.135990	592246.847	8183873.427	0.0118	0.2059
150	-16.424803	-68.126625	593246.847	8183873.427	0.0120	0.2061
151	-16.424763	-68.117259	594246.847	8183873.427	0.0122	0.2064
152	-16.424724	-68.107894	595246.847	8183873.427	0.0122	0.2064
153	-16.424684	-68.098529	596246.847	8183873.427	0.0122	0.2064
154	-16.424643	-68.089163	597246.847	8183873.427	0.0123	0.2063
155	-16.424603	-68.079798	598246.847	8183873.427	0.0122	0.2062
156	-16.424561	-68.070432	599246.847	8183873.427	0.0124	0.2062
157	-16.424520	-68.061067	600246.847	8183873.427	0.0125	0.2061
158	-16.424478	-68.051702	601246.847	8183873.427	0.0125	0.2061
159	-16.424435	-68.042337	602246.847	8183873.427	0.0125	0.2060
160	-16.424392	-68.032971	603246.847	8183873.427	0.0126	0.2060
161	-16.424349	-68.023606	604246.847	8183873.427	0.0124	0.2062
162	-16.424305	-68.014241	605246.847	8183873.427	0.0124	0.2062
163	-16.415953	-68.173491	588246.847	8184873.427	0.0124	0.2061
164	-16.415916	-68.164126	589246.847	8184873.427	0.0122	0.2060
165	-16.415879	-68.154760	590246.847	8184873.427	0.0121	0.2059
166	-16.415841	-68.145395	591246.847	8184873.427	0.0120	0.2060
167	-16.415802	-68.136030	592246.847	8184873.427	0.0122	0.2061
168	-16.415764	-68.126665	593246.847	8184873.427	0.0123	0.2062
169	-16.415724	-68.117300	594246.847	8184873.427	0.0123	0.2064
170	-16.415685	-68.107935	595246.847	8184873.427	0.0123	0.2064
171	-16.415645	-68.098570	596246.847	8184873.427	0.0123	0.2063
172	-16.415605	-68.089205	597246.847	8184873.427	0.0124	0.2062
173	-16.415564	-68.079840	598246.847	8184873.427	0.0124	0.2061
174	-16.415522	-68.070475	599246.847	8184873.427	0.0123	0.2061
175	-16.415481	-68.061111	600246.847	8184873.427	0.0125	0.2061
176	-16.415439	-68.051746	601246.847	8184873.427	0.0125	0.2060
177	-16.415396	-68.042381	602246.847	8184873.427	0.0126	0.2060
178	-16.415353	-68.033016	603246.847	8184873.427	0.0126	0.2060
179	-16.415310	-68.023651	604246.847	8184873.427	0.0126	0.2061
180	-16.415266	-68.014287	605246.847	8184873.427	0.0125	0.2062
181	-16.578656	-68.172800	588246.847	8166873.427	0.0132	0.2063
182	-16.578618	-68.163427	589246.847	8166873.427	0.0131	0.2062
183	-16.578581	-68.154054	590246.847	8166873.427	0.0131	0.2062
184	-16.578542	-68.144681	591246.847	8166873.427	0.0131	0.2061
185	-16.578504	-68.135308	592246.847	8166873.427	0.0131	0.2058
186	-16.578464	-68.125935	593246.847	8166873.427	0.0132	0.2057
187	-16.578425	-68.116562	594246.847	8166873.427	0.0131	0.2055
188	-16.578385	-68.107189	595246.847	8166873.427	0.0131	0.2056
189	-16.578344	-68.097816	596246.847	8166873.427	0.0130	0.2059
190	-16.578304	-68.088444	597246.847	8166873.427	0.0138	0.2062

Nro.	Latitud	Longitud	Este	Norte	Vx (Este)	Vy (Norte)
191	-16.578262	-68.079071	598246.847	8166873.427	0.0143	0.2065
192	-16.578221	-68.069698	599246.847	8166873.427	0.0149	0.2068
193	-16.578179	-68.060325	600246.847	8166873.427	0.0148	0.2068
194	-16.578136	-68.050953	601246.847	8166873.427	0.0136	0.2065
195	-16.578093	-68.041580	602246.847	8166873.427	0.0135	0.2064
196	-16.578050	-68.032207	603246.847	8166873.427	0.0133	0.2062
197	-16.578006	-68.022835	604246.847	8166873.427	0.0132	0.2061
198	-16.577962	-68.013462	605246.847	8166873.427	0.0131	0.2063
199	-16.569617	-68.172838	588246.847	8167873.427	0.0130	0.2063
200	-16.569579	-68.163466	589246.847	8167873.427	0.0133	0.2064
201	-16.569542	-68.154093	590246.847	8167873.427	0.0131	0.2062
202	-16.569503	-68.144721	591246.847	8167873.427	0.0131	0.2060
203	-16.569465	-68.135348	592246.847	8167873.427	0.0131	0.2057
204	-16.569426	-68.125976	593246.847	8167873.427	0.0131	0.2055
205	-16.569386	-68.116603	594246.847	8167873.427	0.0137	0.2056
206	-16.569346	-68.107231	595246.847	8167873.427	0.0137	0.2056
207	-16.569306	-68.097859	596246.847	8167873.427	0.0141	0.2058
208	-16.569265	-68.088486	597246.847	8167873.427	0.0145	0.2060
209	-16.569224	-68.079114	598246.847	8167873.427	0.0142	0.2063
210	-16.569182	-68.069742	599246.847	8167873.427	0.0144	0.2063
211	-16.569140	-68.060369	600246.847	8167873.427	0.0138	0.2062
212	-16.569097	-68.050997	601246.847	8167873.427	0.0133	0.2060
213	-16.569055	-68.041625	602246.847	8167873.427	0.0131	0.2059
214	-16.569011	-68.032253	603246.847	8167873.427	0.0131	0.2060
215	-16.568967	-68.022880	604246.847	8167873.427	0.0130	0.2062
216	-16.568923	-68.013508	605246.847	8167873.427	0.0130	0.2064
217	-16.560578	-68.172877	588246.847	8168873.427	0.0130	0.2062
218	-16.560540	-68.163505	589246.847	8168873.427	0.0130	0.2063
219	-16.560503	-68.154133	590246.847	8168873.427	0.0134	0.2063
220	-16.560464	-68.144761	591246.847	8168873.427	0.0131	0.2061
221	-16.560426	-68.135388	592246.847	8168873.427	0.0132	0.2059
222	-16.560387	-68.126016	593246.847	8168873.427	0.0132	0.2057
223	-16.560347	-68.116644	594246.847	8168873.427	0.0137	0.2056
224	-16.560307	-68.107273	595246.847	8168873.427	0.0142	0.2056
225	-16.560267	-68.097901	596246.847	8168873.427	0.0135	0.2056
226	-16.560226	-68.088529	597246.847	8168873.427	0.0131	0.2059
227	-16.560185	-68.079157	598246.847	8168873.427	0.0130	0.2061
228	-16.560143	-68.069785	599246.847	8168873.427	0.0141	0.2060
229	-16.560101	-68.060413	600246.847	8168873.427	0.0132	0.2057
230	-16.560059	-68.051041	601246.847	8168873.427	0.0129	0.2055
231	-16.560016	-68.041669	602246.847	8168873.427	0.0128	0.2055
232	-16.559973	-68.032298	603246.847	8168873.427	0.0126	0.2056
233	-16.559929	-68.022926	604246.847	8168873.427	0.0120	0.2060
234	-16.559885	-68.013554	605246.847	8168873.427	0.0128	0.2063
235	-16.551539	-68.172915	588246.847	8169873.427	0.0130	0.2062
236	-16.551502	-68.163544	589246.847	8169873.427	0.0130	0.2062
237	-16.551464	-68.154172	590246.847	8169873.427	0.0130	0.2062
238	-16.551425	-68.144800	591246.847	8169873.427	0.0135	0.2060
239	-16.551387	-68.135429	592246.847	8169873.427	0.0132	0.2059
240	-16.551348	-68.126057	593246.847	8169873.427	0.0137	0.2057
241	-16.551308	-68.116686	594246.847	8169873.427	0.0137	0.2056
242	-16.551268	-68.107314	595246.847	8169873.427	0.0137	0.2055
243	-16.551228	-68.097943	596246.847	8169873.427	0.0135	0.2058
244	-16.551187	-68.088571	597246.847	8169873.427	0.0134	0.2059
245	-16.551146	-68.079200	598246.847	8169873.427	0.0135	0.2060
246	-16.551105	-68.069828	599246.847	8169873.427	0.0135	0.2059
247	-16.551063	-68.060457	600246.847	8169873.427	0.0135	0.2054
248	-16.551020	-68.051086	601246.847	8169873.427	0.0133	0.2052
249	-16.550977	-68.041714	602246.847	8169873.427	0.0123	0.2051
250	-16.550934	-68.032343	603246.847	8169873.427	0.0126	0.2053
251	-16.550890	-68.022972	604246.847	8169873.427	0.0126	0.2056
252	-16.550846	-68.013600	605246.847	8169873.427	0.0118	0.2060
253	-16.542500	-68.172954	588246.847	8170873.427	0.0129	0.2062
254	-16.542463	-68.163583	589246.847	8170873.427	0.0130	0.2063
255	-16.542425	-68.154211	590246.847	8170873.427	0.0130	0.2062

Nro.	Latitud	Longitud	Este	Norte	Vx (Este)	Vy (Norte)
256	-16.542387	-68.144840	591246.847	8170873.427	0.0130	0.2059
257	-16.542348	-68.135469	592246.847	8170873.427	0.0140	0.2057
258	-16.542309	-68.126098	593246.847	8170873.427	0.0137	0.2057
259	-16.542269	-68.116727	594246.847	8170873.427	0.0137	0.2056
260	-16.542230	-68.107356	595246.847	8170873.427	0.0139	0.2056
261	-16.542189	-68.097985	596246.847	8170873.427	0.0144	0.2057
262	-16.542148	-68.088614	597246.847	8170873.427	0.0147	0.2061
263	-16.542107	-68.079243	598246.847	8170873.427	0.0136	0.2062
264	-16.542066	-68.069872	599246.847	8170873.427	0.0137	0.2060
265	-16.542024	-68.060501	600246.847	8170873.427	0.0129	0.2056
266	-16.541981	-68.051130	601246.847	8170873.427	0.0123	0.2051
267	-16.541939	-68.041759	602246.847	8170873.427	0.0118	0.2050
268	-16.541895	-68.032388	603246.847	8170873.427	0.0118	0.2051
269	-16.541852	-68.023017	604246.847	8170873.427	0.0119	0.2054
270	-16.541808	-68.013646	605246.847	8170873.427	0.0116	0.2058
271	-16.533461	-68.172992	588246.847	8171873.427	0.0130	0.2062
272	-16.533424	-68.163622	589246.847	8171873.427	0.0130	0.2063
273	-16.533386	-68.154251	590246.847	8171873.427	0.0130	0.2063
274	-16.533348	-68.144880	591246.847	8171873.427	0.0131	0.2060
275	-16.533309	-68.135509	592246.847	8171873.427	0.0136	0.2058
276	-16.533270	-68.126139	593246.847	8171873.427	0.0139	0.2056
277	-16.533231	-68.116768	594246.847	8171873.427	0.0140	0.2056
278	-16.533191	-68.107397	595246.847	8171873.427	0.0140	0.2058
279	-16.533150	-68.098027	596246.847	8171873.427	0.0150	0.2060
280	-16.533110	-68.088656	597246.847	8171873.427	0.0154	0.2065
281	-16.533069	-68.079285	598246.847	8171873.427	0.0139	0.2066
282	-16.533027	-68.069915	599246.847	8171873.427	0.0141	0.2064
283	-16.532985	-68.060544	600246.847	8171873.427	0.0131	0.2060
284	-16.532943	-68.051174	601246.847	8171873.427	0.0118	0.2054
285	-16.532900	-68.041803	602246.847	8171873.427	0.0111	0.2052
286	-16.532857	-68.032433	603246.847	8171873.427	0.0103	0.2051
287	-16.532813	-68.023063	604246.847	8171873.427	0.0108	0.2053
288	-16.532769	-68.013692	605246.847	8171873.427	0.0115	0.2057
289	-16.524422	-68.173031	588246.847	8172873.427	0.0124	0.2061
290	-16.524385	-68.163661	589246.847	8172873.427	0.0130	0.2062
291	-16.524347	-68.154290	590246.847	8172873.427	0.0130	0.2062
292	-16.524309	-68.144920	591246.847	8172873.427	0.0130	0.2061
293	-16.524270	-68.135550	592246.847	8172873.427	0.0140	0.2062
294	-16.524231	-68.126179	593246.847	8172873.427	0.0139	0.2058
295	-16.524192	-68.116809	594246.847	8172873.427	0.0143	0.2062
296	-16.524152	-68.107439	595246.847	8172873.427	0.0145	0.2061
297	-16.524112	-68.098069	596246.847	8172873.427	0.0152	0.2064
298	-16.524071	-68.088698	597246.847	8172873.427	0.0151	0.2068
299	-16.524030	-68.079328	598246.847	8172873.427	0.0148	0.2068
300	-16.523988	-68.069958	599246.847	8172873.427	0.0144	0.2067
301	-16.523946	-68.060588	600246.847	8172873.427	0.0129	0.2064
302	-16.523904	-68.051218	601246.847	8172873.427	0.0118	0.2058
303	-16.523861	-68.041848	602246.847	8172873.427	0.0109	0.2053
304	-16.523818	-68.032478	603246.847	8172873.427	0.0103	0.2052
305	-16.523774	-68.023108	604246.847	8172873.427	0.0116	0.2054
306	-16.523730	-68.013738	605246.847	8172873.427	0.0120	0.2057
307	-16.515383	-68.173069	588246.847	8173873.427	0.0126	0.2060
308	-16.515346	-68.163699	589246.847	8173873.427	0.0132	0.2060
309	-16.515308	-68.154329	590246.847	8173873.427	0.0132	0.2062
310	-16.515270	-68.144960	591246.847	8173873.427	0.0130	0.2064
311	-16.515231	-68.135590	592246.847	8173873.427	0.0142	0.2063
312	-16.515192	-68.126220	593246.847	8173873.427	0.0144	0.2063
313	-16.515153	-68.116850	594246.847	8173873.427	0.0144	0.2064
314	-16.515113	-68.107480	595246.847	8173873.427	0.0149	0.2064
315	-16.515073	-68.098111	596246.847	8173873.427	0.0154	0.2067
316	-16.515032	-68.088741	597246.847	8173873.427	0.0153	0.2069
317	-16.514991	-68.079371	598246.847	8173873.427	0.0153	0.2070
318	-16.514949	-68.070001	599246.847	8173873.427	0.0151	0.2070
319	-16.514908	-68.060632	600246.847	8173873.427	0.0129	0.2066
320	-16.514865	-68.051262	601246.847	8173873.427	0.0118	0.2061

Nro.	Latitud	Longitud	Este	Norte	Vx (Este)	Vy (Norte)
321	-16.514822	-68.041893	602246.847	8173873.427	0.0109	0.2058
322	-16.514779	-68.032523	603246.847	8173873.427	0.0109	0.2055
323	-16.514736	-68.023153	604246.847	8173873.427	0.0114	0.2055
324	-16.514692	-68.013784	605246.847	8173873.427	0.0115	0.2059
325	-16.506344	-68.173108	588246.847	8174873.427	0.0124	0.2056
326	-16.506307	-68.163738	589246.847	8174873.427	0.0127	0.2057
327	-16.506269	-68.154369	590246.847	8174873.427	0.0129	0.2060
328	-16.506231	-68.144999	591246.847	8174873.427	0.0132	0.2063
329	-16.506192	-68.135630	592246.847	8174873.427	0.0135	0.2066
330	-16.506153	-68.126261	593246.847	8174873.427	0.0140	0.2066
331	-16.506114	-68.116891	594246.847	8174873.427	0.0141	0.2066
332	-16.506074	-68.107522	595246.847	8174873.427	0.0149	0.2064
333	-16.506034	-68.098152	596246.847	8174873.427	0.0151	0.2065
334	-16.505993	-68.088783	597246.847	8174873.427	0.0151	0.2068
335	-16.505952	-68.079414	598246.847	8174873.427	0.0139	0.2070
336	-16.505911	-68.070045	599246.847	8174873.427	0.0136	0.2070
337	-16.505869	-68.060675	600246.847	8174873.427	0.0129	0.2067
338	-16.505826	-68.051306	601246.847	8174873.427	0.0112	0.2066
339	-16.505784	-68.041937	602246.847	8174873.427	0.0105	0.2062
340	-16.505741	-68.032568	603246.847	8174873.427	0.0113	0.2059
341	-16.505697	-68.023199	604246.847	8174873.427	0.0116	0.2059
342	-16.505653	-68.013830	605246.847	8174873.427	0.0118	0.2061
343	-16.614812	-68.172645	588246.847	8162873.427	0.0131	0.2060
344	-16.614774	-68.163270	589246.847	8162873.427	0.0129	0.2061
345	-16.614736	-68.153896	590246.847	8162873.427	0.0129	0.2062
346	-16.614698	-68.144521	591246.847	8162873.427	0.0131	0.2062
347	-16.614659	-68.135146	592246.847	8162873.427	0.0136	0.2062
348	-16.614620	-68.125772	593246.847	8162873.427	0.0137	0.2059
349	-16.614580	-68.116397	594246.847	8162873.427	0.0137	0.2059
350	-16.614540	-68.107022	595246.847	8162873.427	0.0142	0.2059
351	-16.614500	-68.097648	596246.847	8162873.427	0.0144	0.2061
352	-16.614459	-68.088273	597246.847	8162873.427	0.0146	0.2064
353	-16.614417	-68.078899	598246.847	8162873.427	0.0147	0.2066
354	-16.614376	-68.069524	599246.847	8162873.427	0.0150	0.2067
355	-16.614333	-68.060150	600246.847	8162873.427	0.0148	0.2065
356	-16.614291	-68.050775	601246.847	8162873.427	0.0146	0.2063
357	-16.614248	-68.041401	602246.847	8162873.427	0.0143	0.2059
358	-16.614204	-68.032027	603246.847	8162873.427	0.0138	0.2056
359	-16.614160	-68.022652	604246.847	8162873.427	0.0133	0.2054
360	-16.614116	-68.013278	605246.847	8162873.427	0.0132	0.2055
361	-16.605773	-68.172684	588246.847	8163873.427	0.0131	0.2060
362	-16.605735	-68.163309	589246.847	8163873.427	0.0131	0.2061
363	-16.605697	-68.153935	590246.847	8163873.427	0.0129	0.2062
364	-16.605659	-68.144561	591246.847	8163873.427	0.0132	0.2064
365	-16.605620	-68.135187	592246.847	8163873.427	0.0131	0.2061
366	-16.605581	-68.125812	593246.847	8163873.427	0.0131	0.2059
367	-16.605541	-68.116438	594246.847	8163873.427	0.0137	0.2058
368	-16.605501	-68.107064	595246.847	8163873.427	0.0141	0.2059
369	-16.605461	-68.097690	596246.847	8163873.427	0.0144	0.2063
370	-16.605420	-68.088316	597246.847	8163873.427	0.0148	0.2067
371	-16.605379	-68.078942	598246.847	8163873.427	0.0155	0.2070
372	-16.605337	-68.069568	599246.847	8163873.427	0.0166	0.2070
373	-16.605295	-68.060194	600246.847	8163873.427	0.0156	0.2068
374	-16.605252	-68.050820	601246.847	8163873.427	0.0148	0.2064
375	-16.605209	-68.041446	602246.847	8163873.427	0.0140	0.2060
376	-16.605166	-68.032072	603246.847	8163873.427	0.0134	0.2056
377	-16.605122	-68.022698	604246.847	8163873.427	0.0132	0.2055
378	-16.605078	-68.013324	605246.847	8163873.427	0.0131	0.2056
379	-16.596734	-68.172722	588246.847	8164873.427	0.0131	0.2061
380	-16.596696	-68.163348	589246.847	8164873.427	0.0131	0.2062
381	-16.596658	-68.153975	590246.847	8164873.427	0.0131	0.2062
382	-16.596620	-68.144601	591246.847	8164873.427	0.0129	0.2063
383	-16.596581	-68.135227	592246.847	8164873.427	0.0131	0.2061
384	-16.596542	-68.125853	593246.847	8164873.427	0.0131	0.2058
385	-16.596502	-68.116480	594246.847	8164873.427	0.0131	0.2057

Nro.	Latitud	Longitud	Este	Norte	Vx (Este)	Vy (Norte)
386	-16.596462	-68.107106	595246.847	8164873.427	0.0141	0.2059
387	-16.596422	-68.097732	596246.847	8164873.427	0.0143	0.2063
388	-16.596381	-68.088358	597246.847	8164873.427	0.0147	0.2068
389	-16.596340	-68.078985	598246.847	8164873.427	0.0153	0.2070
390	-16.596298	-68.069611	599246.847	8164873.427	0.0162	0.2071
391	-16.596256	-68.060238	600246.847	8164873.427	0.0154	0.2070
392	-16.596213	-68.050864	601246.847	8164873.427	0.0143	0.2067
393	-16.596170	-68.041491	602246.847	8164873.427	0.0140	0.2062
394	-16.596127	-68.032117	603246.847	8164873.427	0.0133	0.2059
395	-16.596083	-68.022744	604246.847	8164873.427	0.0131	0.2057
396	-16.596039	-68.013370	605246.847	8164873.427	0.0130	0.2058
397	-16.587695	-68.172761	588246.847	8165873.427	0.0131	0.2061
398	-16.587657	-68.163388	589246.847	8165873.427	0.0131	0.2062
399	-16.587619	-68.154014	590246.847	8165873.427	0.0131	0.2062
400	-16.587581	-68.144641	591246.847	8165873.427	0.0131	0.2062
401	-16.587542	-68.135267	592246.847	8165873.427	0.0132	0.2060
402	-16.587503	-68.125894	593246.847	8165873.427	0.0131	0.2057
403	-16.587464	-68.116521	594246.847	8165873.427	0.0131	0.2056
404	-16.587424	-68.107148	595246.847	8165873.427	0.0131	0.2057
405	-16.587383	-68.097774	596246.847	8165873.427	0.0142	0.2061
406	-16.587342	-68.088401	597246.847	8165873.427	0.0141	0.2065
407	-16.587301	-68.079028	598246.847	8165873.427	0.0147	0.2068
408	-16.587259	-68.069655	599246.847	8165873.427	0.0149	0.2070
409	-16.587217	-68.060282	600246.847	8165873.427	0.0152	0.2070
410	-16.587175	-68.050908	601246.847	8165873.427	0.0140	0.2067
411	-16.587132	-68.041535	602246.847	8165873.427	0.0136	0.2064
412	-16.587088	-68.032162	603246.847	8165873.427	0.0135	0.2061
413	-16.587045	-68.022789	604246.847	8165873.427	0.0134	0.2060
414	-16.587000	-68.013416	605246.847	8165873.427	0.0133	0.2061

ANEXO E – REPORTE DE PARAMETROS DE TRANSFORMACION

DATUM: WGS-84 – PROYECCION UTM – ZONA 19 SUR – RED 2005 A RED 2013

Leica Geosystems AG
 Heinrich Wild Strasse
 CH-9435 Heerbrugg
 St. Gallen, Switzerland

Phone: + 41 71 727 3131
 Fax: + 41 71 727 4674

- when it has to be right



Transformation Calculation Report

Report created: 13/06/2020 12:09:58

Transformation: Movelp - Classical 3D

Parameters

Height Mode:	Ellipsoidal		
Model:	Molodensky		
Common Points:	31		
Δx:	0.0130 m	RMS Δx:	0.1863 m
Δy:	0.2062 m	RMS Δy:	0.1863 m
Δz:	2.5863 m	RMS Δz:	0.1863 m
Rx:	7.77900 "	RMS Rx:	9.44056 "
Ry:	-25.91617 "	RMS Ry:	12.44342 "
Rz:	-1.30476 "	RMS Rz:	6.25485 "
Scale:	0.9999992403	RMS Scale:	0.0000301500
x0:	595,693.9460 m		
y0:	8,174,913.2102 m		
z0:	3,760.7106 m		

Common Points

System A

#	Point Id	Point Role	Use	WGS84 Cartesian X [m]	WGS84 Cartesian Y [m]	WGS84 Cartesian Z [m]	Date/Time
1	1	Control	Position & Height	597,672.2996	8,170,253.2730	3,409.2290	10/06/2020 20:44:08
2	10	Control	Position & Height	603,359.6567	8,171,188.7360	3,785.9030	10/06/2020 20:44:08
3	11	Control	Position & Height	589,804.9836	8,182,138.8360	4,357.1306	10/06/2020 20:44:08
4	12	Control	Position & Height	591,361.5559	8,176,483.8660	3,737.1420	10/06/2020 20:44:08
5	13	Control	Position & Height	597,993.1730	8,177,865.7940	3,814.5896	10/06/2020 20:44:08
6	14	Control	Position & Height	595,577.0617	8,177,826.3920	4,075.5896	10/06/2020 20:44:08
7	15	Control	Position & Height	595,288.6949	8,175,890.0020	3,876.2740	10/06/2020 20:44:08
8	16	Control	Position & Height	590,705.3027	8,183,091.1600	4,262.1555	10/06/2020 20:44:08
9	17	Control	Position & Height	591,057.2659	8,181,723.4860	4,054.9730	10/06/2020 20:44:08
10	18	Control	Position & Height	590,487.0670	8,176,840.5370	3,845.9688	10/06/2020 20:44:08
11	19	Control	Position & Height	593,434.8036	8,176,784.8200	3,721.3262	10/06/2020 20:44:08
12	2	Control	Position & Height	599,246.1716	8,173,542.5940	3,713.9040	10/06/2020 20:44:08
13	20	Control	Position & Height	595,624.9799	8,180,386.5660	4,107.1183	10/06/2020 20:44:08
14	21	Control	Position & Height	596,271.5761	8,168,418.1330	3,395.4910	10/06/2020 20:44:08
15	22	Control	Position & Height	595,532.8256	8,175,988.9940	3,889.9159	10/06/2020 20:44:08
16	23	Control	Position & Height	599,132.3239	8,176,761.2430	3,893.8104	10/06/2020 20:44:08
17	24	Control	Position & Height	602,067.6487	8,175,171.5800	3,892.5045	10/06/2020 20:44:08
18	25	Control	Position & Height	594,680.3659	8,172,920.5750	3,392.2397	10/06/2020 20:44:08
19	26	Control	Position & Height	597,734.7827	8,172,319.3470	3,345.4808	10/06/2020 20:44:08
20	27	Control	Position & Height	602,961.0782	8,172,223.3230	3,765.9790	10/06/2020 20:44:08

21	28	Control	Position & Height	594,453.4142	8,168,569.5680	3,404.4931	10/06/2020 20:44:08
22	29	Control	Position & Height	597,524.5308	8,166,207.1270	3,343.8162	10/06/2020 20:44:08
23	3	Control	Position & Height	596,359.1215	8,180,612.6100	4,033.7410	10/06/2020 20:44:08
24	30	Control	Position & Height	599,323.4220	8,164,274.5800	3,183.2268	10/06/2020 20:44:08
25	31	Control	Position & Height	597,810.8159	8,167,541.3730	3,297.4430	10/06/2020 20:44:08
26	4	Control	Position & Height	597,722.2547	8,174,452.0410	3,543.3240	10/06/2020 20:44:08
27	5	Control	Position & Height	596,931.1419	8,170,900.7320	3,289.2260	10/06/2020 20:44:08
28	6	Control	Position & Height	593,170.4215	8,178,864.8970	4,115.3810	10/06/2020 20:44:08
29	7	Control	Position & Height	590,169.3144	8,182,988.7460	4,362.5050	10/06/2020 20:44:08
30	8	Control	Position & Height	593,482.9472	8,172,736.3200	3,559.2500	10/06/2020 20:44:08
31	9	Control	Position & Height	589,571.3246	8,177,342.2660	4,112.8970	10/06/2020 20:44:08

System B

#	Point Id	Point Role	Use	X [m]	Y [m]	Z [m]	Date/Time
1	1	Control	Position & Height	597,672.3081	8,170,253.4920	3,411.6390	10/06/2020 21:01:31
2	10	Control	Position & Height	603,359.6641	8,171,188.9540	3,788.1739	10/06/2020 21:01:31
3	11	Control	Position & Height	589,804.9963	8,182,139.0290	4,359.4210	10/06/2020 21:01:31
4	12	Control	Position & Height	591,361.5783	8,176,484.0710	3,749.4292	10/06/2020 21:01:31
5	13	Control	Position & Height	597,993.1876	8,177,865.9730	3,816.8215	10/06/2020 21:01:31
6	14	Control	Position & Height	595,577.0677	8,177,826.5970	4,077.8549	10/06/2020 21:01:31
7	15	Control	Position & Height	595,288.7084	8,175,890.1880	3,878.4546	10/06/2020 21:01:31
8	16	Control	Position & Height	590,705.3122	8,183,091.3710	4,264.3771	10/06/2020 21:01:31
9	17	Control	Position & Height	591,057.2760	8,181,723.6920	4,057.2544	10/06/2020 21:01:31
10	18	Control	Position & Height	590,487.0648	8,176,840.7370	3,848.2862	10/06/2020 21:01:31
11	19	Control	Position & Height	593,434.8277	8,176,785.0180	3,723.6140	10/06/2020 21:01:31
12	2	Control	Position & Height	599,246.2048	8,173,542.8300	3,715.8688	10/06/2020 21:01:31
13	20	Control	Position & Height	595,624.9871	8,180,386.7650	4,109.3488	10/06/2020 21:01:31
14	21	Control	Position & Height	596,271.5873	8,168,418.3430	3,397.7691	10/06/2020 21:01:31
15	22	Control	Position & Height	595,532.8508	8,175,989.2110	3,892.1718	10/06/2020 21:01:31
16	23	Control	Position & Height	599,132.3307	8,176,761.4540	3,896.0850	10/06/2020 21:01:31
17	24	Control	Position & Height	602,067.6481	8,175,171.7990	3,894.8517	10/06/2020 21:01:31
18	25	Control	Position & Height	594,680.3815	8,172,920.7440	3,394.5325	10/06/2020 21:01:31
19	26	Control	Position & Height	597,734.7977	8,172,319.5460	3,347.7379	10/06/2020 21:01:31
20	27	Control	Position & Height	602,961.0678	8,172,223.5390	3,768.3040	10/06/2020 21:01:31
21	28	Control	Position & Height	594,453.4279	8,168,569.7710	3,406.7912	10/06/2020 21:01:31
22	29	Control	Position & Height	597,524.5403	8,166,207.3510	3,346.1719	10/06/2020 21:01:31
23	3	Control	Position & Height	596,359.1272	8,180,612.8220	4,035.9782	10/06/2020 21:01:31
24	30	Control	Position & Height	599,323.4632	8,164,274.8070	3,185.6239	10/06/2020 21:01:31
25	31	Control	Position & Height	597,810.8374	8,167,541.5610	3,299.6638	10/06/2020 21:01:31
26	4	Control	Position & Height	597,722.2733	8,174,452.2410	3,545.6375	10/06/2020 21:01:31
27	5	Control	Position & Height	596,931.1691	8,170,900.9190	3,291.4037	10/06/2020 21:01:31

28	6	Control	Position & Height	593,170.4270	8,178,865.1020	4,117.5931	10/06/2020 21:01:31
29	7	Control	Position & Height	590,169.3205	8,182,988.9550	4,364.6917	10/06/2020 21:01:31
30	8	Control	Position & Height	593,482.9633	8,172,736.5530	3,561.5335	10/06/2020 21:01:31
31	9	Control	Position & Height	589,571.3323	8,177,342.4750	4,115.1202	10/06/2020 21:01:31

Residuals

#	Point Id (A)	Point Id (B)	Use	Residual X [m]	Residual Y [m]	Residual Z [m]
1	1	1	Position & Height	-0.0117	-0.0100	0.1038
2	10	10	Position & Height	0.0264	0.0405	-0.5073
3	11	11	Position & Height	0.0340	-0.0070	0.7629
4	12	12	Position & Height	-0.0190	-0.0283	-9.2157
5	13	13	Position & Height	-0.0153	0.0416	-0.0459
6	14	14	Position & Height	0.0282	0.0101	0.2256
7	15	15	Position & Height	0.0081	0.0213	0.4197
8	16	16	Position & Height	0.0186	-0.0236	0.6828
9	17	17	Position & Height	0.0003	-0.0232	0.6305
10	18	18	Position & Height	0.0177	-0.0250	0.8504
11	19	19	Position & Height	-0.0262	-0.0090	0.5118
12	2	2	Position & Height	-0.0201	-0.0080	0.2269
13	20	20	Position & Height	0.0147	0.0157	0.1578
14	21	21	Position & Height	-0.0034	-0.0090	0.4808
15	22	22	Position & Height	-0.0027	-0.0077	0.3100
16	23	23	Position & Height	0.0086	0.0206	-0.1901
17	24	24	Position & Height	0.0236	0.0323	-0.5716
18	25	25	Position & Height	-0.0355	0.0184	0.4963
19	26	26	Position & Height	-0.0393	0.0064	0.1710
20	27	27	Position & Height	0.0355	0.0384	-0.5503
21	28	28	Position & Height	-0.0044	-0.0132	0.6836
22	29	29	Position & Height	0.0048	-0.0153	0.3293
23	3	3	Position & Height	0.0050	0.0044	0.0504
24	30	30	Position & Height	-0.0362	-0.0115	0.1348
25	31	31	Position & Height	-0.0217	0.0197	0.3779
26	4	4	Position & Height	-0.0316	0.0112	0.0356
27	5	5	Position & Height	-0.0490	0.0123	0.4049
28	6	6	Position & Height	0.0290	-0.0044	0.5420
29	7	7	Position & Height	0.0356	-0.0212	0.7888
30	8	8	Position & Height	-0.0129	-0.0467	0.6629
31	9	9	Position & Height	0.0389	-0.0301	1.0405

ANEXO F – VALIDACION MOVELP CON PLANIMETRIAS GAMLP

Nro. de muestra	Este (Coordenada)	Norte (Coordenada)	Delta X (m.) sin MOVELP	Delta Y (m.) sin MOVELP	Longitud (m.)	Cumple tolerancia 0.21 +/- 0.02 m	Cumple tolerancia +/- 0.30 m
1	601548.154	8171678.583	1.97	-5.56	5.899	No	No
2	603231.679	8170804.576	2.02	-2.04	2.871	No	No
3	603102.235	8171172.789	2.58	0.90	2.732	No	No
4	602980.650	8171057.206	2.19	-1.56	2.689	No	No
5	590303.046	8182033.187	-2.61	-0.49	2.656	No	No
6	603040.512	8171907.561	2.50	0.72	2.602	No	No
7	603014.188	8171885.789	2.50	0.72	2.602	No	No
8	603208.653	8170955.603	1.70	-1.92	2.564	No	No
9	603177.233	8170993.708	1.70	-1.92	2.564	No	No
10	602971.734	8171864.862	2.13	0.71	2.245	No	No
11	602965.625	8171907.572	2.13	0.71	2.245	No	No
12	602822.047	8171371.431	1.91	1.09	2.199	No	No
13	602866.765	8171357.801	1.91	1.09	2.199	No	No
14	602947.903	8171385.449	1.91	1.09	2.199	No	No
15	603010.155	8171620.810	1.84	0.72	1.976	No	No
16	602922.697	8171537.898	1.58	1.01	1.875	No	No
17	600312.378	8173139.520	1.40	-0.67	1.552	No	No
18	602759.506	8171756.239	1.36	0.72	1.539	No	No
19	602891.407	8171774.163	1.36	0.72	1.539	No	No
20	601521.246	8170893.316	1.39	0.41	1.449	No	No
21	594752.690	8175153.497	1.16	0.81	1.415	No	No
22	594738.740	8175056.531	1.16	0.81	1.415	No	No
23	594960.207	8175219.783	1.16	0.81	1.415	No	No
24	594876.524	8175208.451	1.16	0.81	1.415	No	No
25	594828.731	8175195.565	1.16	0.81	1.415	No	No
26	602646.495	8171726.439	1.36	0.07	1.362	No	No
27	602706.314	8171817.533	1.14	0.66	1.317	No	No
28	591701.078	8172966.459	0.66	-1.11	1.291	No	No
29	602756.377	8171761.783	1.11	0.66	1.291	No	No
30	601062.077	8171343.245	0.45	1.18	1.263	No	No
31	594520.234	8172813.919	0.95	-0.82	1.255	No	No
32	594278.689	8172904.763	0.95	-0.82	1.255	No	No
33	594291.288	8172889.267	0.95	-0.82	1.255	No	No
34	590825.519	8178921.086	-1.22	-0.25	1.245	No	No
35	601144.063	8170938.455	1.13	0.46	1.220	No	No
36	590405.097	8179778.708	-0.44	1.13	1.213	No	No
37	595265.014	8173645.755	0.26	-1.15	1.179	No	No
38	601837.626	8171024.184	1.14	-0.09	1.144	No	No
39	590430.677	8179697.041	0.09	1.11	1.114	No	No
40	590339.755	8179682.537	0.09	1.11	1.114	No	No
41	601387.510	8171327.499	1.06	0.28	1.096	No	No
42	603404.081	8171392.019	1.06	0.23	1.085	No	No
43	590942.667	8178617.181	0.98	0.38	1.051	No	No
44	601571.644	8170756.236	1.05	-0.04	1.051	No	No
45	600076.127	8170991.982	0.91	-0.49	1.034	No	No
46	602491.768	8171603.934	0.88	0.49	1.007	No	No
47	601833.353	8170923.814	0.93	0.31	0.980	No	No
48	602008.728	8172138.674	0.89	0.21	0.914	No	No
49	602048.008	8170925.969	0.91	-0.03	0.910	No	No
50	601451.295	8170888.593	0.57	0.71	0.910	No	No
51	601979.579	8170855.330	0.91	-0.03	0.910	No	No
52	602043.687	8170834.097	0.91	-0.03	0.910	No	No
53	600456.092	8171135.652	0.90	0.09	0.904	No	No
54	600402.824	8173771.039	0.24	-0.85	0.883	No	No
55	599825.824	8173663.807	0.24	-0.85	0.883	No	No
56	599830.539	8173634.509	0.24	-0.85	0.883	No	No
57	600672.427	8173800.195	0.24	-0.85	0.883	No	No
58	601018.755	8170967.639	0.75	0.45	0.875	No	No
59	601017.808	8170986.202	0.75	0.45	0.875	No	No
60	601637.691	8171434.035	0.86	0.09	0.865	No	No
61	601618.170	8170610.861	0.55	-0.66	0.859	No	No

Nro. de muestra	Este (Coordenada)	Norte (Coordenada)	Delta X (m.) sin MOVELP	Delta Y (m.) sin MOVELP	Longitud (m.)	Cumple tolerancia 0.21 +/- 0.02 m	Cumple tolerancia +/- 0.30 m
62	601668.228	8170567.592	0.55	-0.66	0.859	No	No
63	601626.418	8171546.939	0.84	0.07	0.843	No	No
64	601903.494	8171705.314	0.84	0.07	0.843	No	No
65	595897.161	8176843.462	0.14	-0.78	0.792	No	No
66	596145.366	8174075.065	-0.12	0.78	0.789	No	No
67	596149.246	8174084.406	-0.12	0.78	0.789	No	No
68	591139.099	8174995.862	-0.74	-0.23	0.775	No	No
69	602384.753	8171783.839	0.67	0.35	0.756	No	No
70	602159.015	8170768.958	0.66	-0.36	0.752	No	No
71	590505.466	8182011.934	-0.52	0.54	0.750	No	No
72	590532.009	8181971.755	-0.52	0.54	0.750	No	No
73	593735.322	8177826.397	0.11	-0.74	0.748	No	No
74	602767.175	8172454.897	0.70	0.26	0.747	No	No
75	602066.554	8171796.375	0.70	0.26	0.747	No	No
76	601290.954	8174191.627	-0.24	-0.70	0.740	No	No
77	596056.648	8174265.579	-0.35	0.65	0.738	No	No
78	591802.202	8173878.626	-0.72	0.05	0.722	No	No
79	593611.415	8178574.787	-0.72	0.03	0.721	No	No
80	601237.822	8171075.267	0.70	0.17	0.720	No	No
81	601079.879	8171191.754	0.70	0.17	0.720	No	No
82	602438.146	8172044.502	0.62	0.35	0.712	No	No
83	602717.383	8172096.689	0.62	0.35	0.712	No	No
84	591575.665	8173816.997	-0.70	0.11	0.709	No	No
85	592440.826	8171264.639	-0.55	-0.44	0.704	No	No
86	600912.390	8170096.620	0.05	-0.70	0.702	No	No
87	601061.921	8170023.096	0.05	-0.70	0.702	No	No
88	601099.806	8169879.741	0.05	-0.70	0.702	No	No
89	596023.646	8174428.023	-0.31	0.61	0.684	No	No
90	596072.810	8174510.762	-0.31	0.61	0.684	No	No
91	595980.319	8174429.331	-0.31	0.61	0.684	No	No
92	596062.500	8174537.487	-0.31	0.61	0.684	No	No
93	598189.992	8172866.412	0.38	-0.56	0.677	No	No
94	598207.860	8172914.874	0.38	-0.56	0.677	No	No
95	593951.542	8180312.370	-0.63	0.24	0.674	No	No
96	593924.085	8180320.255	-0.63	0.24	0.674	No	No
97	603371.448	8171878.572	0.63	0.23	0.671	No	No
98	603087.665	8171796.077	0.63	0.23	0.671	No	No
99	603407.347	8171753.052	0.63	0.23	0.671	No	No
100	594759.711	8177714.650	-0.34	-0.55	0.647	No	No
101	594894.725	8177639.485	-0.34	-0.55	0.647	No	No
102	591329.987	8175349.579	-0.62	-0.18	0.646	No	No
103	593706.238	8172541.332	0.01	0.64	0.640	No	No
104	595930.857	8174522.811	-0.01	0.61	0.610	No	No
105	592160.783	8175464.694	0.02	-0.61	0.610	No	No
106	598602.310	8165943.274	-0.36	-0.49	0.608	No	No
107	594809.114	8177548.936	-0.36	-0.49	0.608	No	No
108	594702.886	8177537.073	-0.36	-0.49	0.608	No	No
109	598401.060	8172961.412	-0.51	-0.33	0.607	No	No
110	594694.953	8174750.830	0.39	-0.45	0.595	No	No
111	594766.176	8174667.390	0.39	-0.45	0.595	No	No
112	594711.354	8174734.351	0.39	-0.45	0.595	No	No
113	593751.911	8178952.992	0.57	0.17	0.595	No	No
114	601418.901	8170813.650	0.58	-0.08	0.585	No	No
115	601430.578	8170816.140	0.58	-0.08	0.585	No	No
116	590607.079	8181960.721	-0.44	0.38	0.581	No	No
117	596878.833	8177099.126	0.11	-0.56	0.571	No	No
118	593969.715	8179791.003	-0.36	-0.44	0.569	No	No
119	601510.658	8174573.898	-0.30	-0.48	0.566	No	No
120	594313.744	8179447.405	-0.50	-0.24	0.555	No	No
121	594674.989	8177360.545	0.50	0.24	0.555	No	No
122	594728.647	8177319.385	0.50	0.24	0.555	No	No
123	602713.683	8172160.898	0.54	0.11	0.551	No	No
124	602957.899	8172359.739	0.54	0.04	0.541	No	No
125	596107.098	8174393.768	-0.22	0.49	0.537	No	No

Nro. de muestra	Este (Coordenada)	Norte (Coordenada)	Delta X (m.) sin MOVELP	Delta Y (m.) sin MOVELP	Longitud (m.)	Cumple tolerancia 0.21 +/- 0.02 m	Cumple tolerancia +/- 0.30 m
126	601112.285	8170274.351	0.15	-0.51	0.532	No	No
127	600840.695	8170237.334	0.15	-0.51	0.532	No	No
128	601180.051	8170095.688	0.15	-0.51	0.532	No	No
129	601386.838	8170003.738	0.15	-0.51	0.532	No	No
130	592641.908	8179046.900	-0.14	-0.51	0.529	No	No
131	593255.726	8177351.788	-0.38	-0.35	0.517	No	No
132	596475.384	8174837.269	-0.44	-0.25	0.506	No	No
133	596466.948	8174945.908	-0.44	-0.25	0.506	No	No
134	602233.320	8171648.891	-0.49	-0.07	0.495	No	No
135	594670.559	8174265.582	0.49	0.07	0.495	No	No
136	593649.182	8178204.442	0.32	-0.37	0.489	No	No
137	596439.633	8170600.591	-0.09	-0.48	0.488	No	No
138	589998.666	8180180.740	-0.34	-0.35	0.488	No	No
139	591285.253	8181431.770	-0.39	-0.29	0.486	No	No
140	592608.923	8176751.601	0.33	-0.34	0.474	No	No
141	592631.748	8176774.037	0.33	-0.34	0.474	No	No
142	597276.551	8174194.314	-0.34	-0.32	0.467	No	No
143	591496.254	8177022.722	-0.22	-0.41	0.465	No	No
144	591443.050	8177171.770	-0.22	-0.41	0.465	No	No
145	591498.677	8177128.067	-0.22	-0.41	0.465	No	No
146	590207.210	8175060.438	-0.04	-0.46	0.462	No	No
147	597872.919	8175450.319	0.37	-0.27	0.458	No	No
148	602188.378	8171717.291	0.45	0.03	0.451	No	No
149	602089.971	8171649.995	0.45	0.03	0.451	No	No
150	598639.427	8170978.557	0.38	-0.24	0.449	No	No
151	596309.718	8174833.701	-0.30	-0.33	0.446	No	No
152	594423.432	8175632.392	0.12	-0.43	0.446	No	No
153	596247.559	8174924.552	-0.30	-0.33	0.446	No	No
154	593703.236	8178342.331	0.29	-0.33	0.439	No	No
155	599291.311	8170872.332	0.40	-0.17	0.435	No	No
156	599068.528	8170802.048	0.40	-0.17	0.435	No	No
157	599098.087	8170890.450	0.40	-0.17	0.435	No	No
158	599340.548	8170934.987	0.40	-0.17	0.435	No	No
159	599390.573	8171009.377	0.40	-0.17	0.435	No	No
160	599938.103	8170948.690	0.40	-0.17	0.435	No	No
161	592817.653	8176580.730	0.10	-0.42	0.432	No	No
162	590091.717	8175023.794	-0.10	-0.42	0.432	No	No
163	593022.267	8178709.905	-0.10	-0.42	0.432	No	No
164	592921.870	8178795.806	-0.10	-0.42	0.432	No	No
165	598668.116	8170216.662	-0.01	-0.43	0.430	No	No
166	598623.879	8170225.922	-0.01	-0.43	0.430	No	No
167	590722.024	8178229.593	0.02	-0.43	0.430	No	No
168	592098.919	8174956.934	0.42	-0.06	0.424	No	No
169	592126.845	8174988.825	0.42	-0.06	0.424	No	No
170	596499.938	8174798.939	-0.25	-0.34	0.422	No	No
171	591055.234	8180307.370	0.12	0.40	0.418	No	No
172	600999.345	8173891.976	0.17	-0.38	0.416	No	No
173	595782.036	8176537.149	0.04	-0.41	0.412	No	No
174	595944.716	8176220.075	0.04	-0.41	0.412	No	No
175	595825.507	8176397.554	0.04	-0.41	0.412	No	No
176	590009.474	8174792.845	-0.37	-0.18	0.411	No	No
177	601993.612	8171501.656	0.30	0.28	0.410	No	No
178	597051.439	8173499.238	-0.38	-0.13	0.402	No	No
179	597070.410	8173433.026	-0.38	-0.13	0.402	No	No
180	597079.735	8173473.852	-0.38	-0.13	0.402	No	No
181	597026.744	8173309.188	-0.38	-0.13	0.402	No	No
182	600039.118	8173288.966	0.15	-0.37	0.399	No	No
183	600241.749	8173374.776	0.15	-0.37	0.399	No	No
184	600258.226	8173293.713	0.15	-0.37	0.399	No	No
185	600265.119	8173221.322	0.15	-0.37	0.399	No	No
186	598234.040	8170618.732	-0.25	-0.30	0.391	No	No
187	591394.734	8175476.083	0.37	-0.12	0.389	No	No
188	597879.689	8174349.965	-0.27	-0.28	0.389	No	No
189	591279.514	8175737.577	0.37	-0.12	0.389	No	No

Nro. de muestra	Este (Coordenada)	Norte (Coordenada)	Delta X (m.) sin MOVELP	Delta Y (m.) sin MOVELP	Longitud (m.)	Cumple tolerancia 0.21 +/- 0.02 m	Cumple tolerancia +/- 0.30 m
190	603397.174	8171925.653	0.34	0.17	0.380	No	No
191	601480.182	8171110.640	0.32	0.20	0.377	No	No
192	601111.982	8173796.771	0.29	-0.24	0.376	No	No
193	601137.904	8173776.218	0.29	-0.24	0.376	No	No
194	592856.150	8176228.622	0.29	-0.23	0.370	No	No
195	592843.659	8176240.207	0.29	-0.23	0.370	No	No
196	592885.020	8176248.745	0.29	-0.23	0.370	No	No
197	597874.605	8170576.513	-0.01	-0.37	0.370	No	No
198	598134.472	8170497.022	-0.01	-0.37	0.370	No	No
199	592823.483	8176274.042	0.29	-0.23	0.370	No	No
200	592629.227	8176108.784	0.13	-0.34	0.364	No	No
201	601766.333	8171542.058	0.33	0.15	0.362	No	No
202	596294.716	8174235.121	-0.07	0.35	0.357	No	No
203	589911.988	8175355.626	0.19	-0.30	0.355	No	No
204	597788.460	8173908.136	-0.10	-0.34	0.354	No	No
205	597672.327	8173956.158	-0.10	-0.34	0.354	No	No
206	598796.273	8170332.374	-0.15	-0.32	0.353	No	No
207	599301.851	8170487.122	-0.15	-0.32	0.353	No	No
208	595856.026	8176761.769	0.04	-0.35	0.352	No	No
209	596395.908	8176899.622	0.04	-0.35	0.352	No	No
210	597457.868	8173386.526	-0.02	-0.35	0.351	No	No
211	597614.452	8173349.388	-0.02	-0.35	0.351	No	No
212	597713.345	8174947.098	-0.01	-0.35	0.350	No	No
213	590082.164	8174851.906	-0.26	-0.23	0.347	No	No
214	598335.831	8171480.686	0.34	-0.04	0.342	No	No
215	596456.891	8180952.773	0.02	-0.34	0.341	No	No
216	596980.278	8180891.515	0.02	-0.34	0.341	No	No
217	596703.198	8180853.370	0.02	-0.34	0.341	No	No
218	596262.048	8174217.924	0.14	0.31	0.340	No	No
219	590169.314	8180048.674	-0.17	-0.29	0.336	No	No
220	591061.806	8179636.182	-13.00	-31.00	33.615	No	No
221	591049.587	8179619.775	-13.00	-31.00	33.615	No	No
222	592940.605	8176316.348	0.04	-0.33	0.332	No	No
223	591705.164	8177830.404	-0.03	-0.33	0.331	No	No
224	600921.115	8170370.716	-0.11	-0.31	0.329	No	No
225	591753.394	8173721.740	-0.07	-0.32	0.328	No	No
226	590485.492	8181355.466	-0.28	0.17	0.328	No	No
227	590857.448	8175651.752	0.24	-0.22	0.326	No	No
228	591684.697	8175917.524	0.31	0.10	0.326	No	No
229	593767.093	8178942.436	0.31	-0.10	0.326	No	No
230	595303.965	8176314.403	0.24	-0.22	0.326	No	No
231	590842.172	8175696.823	0.24	-0.22	0.326	No	No
232	595253.921	8176450.153	0.24	-0.22	0.326	No	No
233	595246.077	8176459.768	0.24	-0.22	0.326	No	No
234	590841.744	8175686.802	0.24	-0.22	0.326	No	No
235	591798.195	8175719.711	0.31	0.10	0.326	No	No
236	602067.954	8170617.477	-0.32	0.06	0.324	No	No
237	591329.495	8177637.161	-0.12	-0.30	0.323	No	No
238	591328.112	8177735.566	-0.12	-0.30	0.323	No	No
239	597336.593	8170863.879	-0.04	-0.32	0.322	No	No
240	597305.097	8170659.398	-0.04	-0.32	0.322	No	No
241	595383.480	8173032.825	0.24	-0.21	0.319	No	No
242	595336.984	8173124.357	0.24	-0.21	0.319	No	No
243	599818.631	8170316.846	0.05	-0.31	0.314	No	No
244	590076.976	8175121.746	0.02	-0.31	0.311	No	No
245	590098.086	8175157.452	0.02	-0.31	0.311	No	No
246	598059.586	8172454.073	0.13	-0.28	0.309	No	No
247	591001.583	8175249.519	0.06	-0.30	0.306	No	No
248	589555.029	8175814.957	-0.26	-0.16	0.305	No	No
249	594653.529	8174279.896	-0.17	0.25	0.302	No	No
250	594701.445	8174336.024	-0.17	0.25	0.302	No	No
251	590056.062	8175378.083	0.28	-0.11	0.301	No	No
252	589984.390	8175347.423	0.28	-0.11	0.301	No	No
253	589978.477	8175302.062	0.28	-0.11	0.301	No	No

Nro. de muestra	Este (Coordenada)	Norte (Coordenada)	Delta X (m.) sin MOVELP	Delta Y (m.) sin MOVELP	Longitud (m.)	Cumple tolerancia 0.21 +/- 0.02 m	Cumple tolerancia +/- 0.30 m
254	596973.592	8176964.269	-0.20	-0.22	0.297	No	Si
255	597169.239	8176993.694	-0.20	-0.22	0.297	No	Si
256	597191.244	8177027.741	-0.20	-0.22	0.297	No	Si
257	595517.902	8173541.261	-0.28	-0.10	0.297	No	Si
258	595579.038	8173541.053	-0.28	-0.10	0.297	No	Si
259	596026.840	8172850.808	0.06	-0.29	0.296	No	Si
260	596114.269	8172938.945	0.06	-0.29	0.296	No	Si
261	596092.579	8172983.697	0.06	-0.29	0.296	No	Si
262	596092.579	8173063.739	0.06	-0.29	0.296	No	Si
263	599024.991	8165477.796	-0.14	-0.26	0.295	No	Si
264	590831.849	8178402.944	-0.27	-0.12	0.295	No	Si
265	589834.727	8176737.528	-0.29	-0.05	0.294	No	Si
266	590019.193	8174954.592	-0.17	-0.24	0.294	No	Si
267	593232.254	8177166.979	-0.15	-0.25	0.292	No	Si
268	594036.052	8174950.218	0.03	-0.29	0.292	No	Si
269	594992.782	8176182.061	-0.03	-0.29	0.292	No	Si
270	594931.155	8176220.035	-0.03	-0.29	0.292	No	Si
271	594869.827	8176197.697	-0.03	-0.29	0.292	No	Si
272	594894.354	8176196.106	-0.03	-0.29	0.292	No	Si
273	594985.558	8176249.782	-0.03	-0.29	0.292	No	Si
274	597355.811	8175925.191	-0.06	-0.28	0.286	No	Si
275	599225.897	8173721.165	-0.12	-0.26	0.286	No	Si
276	597337.981	8175686.561	-0.06	-0.28	0.286	No	Si
277	597113.270	8175591.919	-0.06	-0.28	0.286	No	Si
278	599003.238	8173775.398	-0.12	-0.26	0.286	No	Si
279	597180.663	8175324.731	-0.06	-0.28	0.286	No	Si
280	597536.178	8175847.709	-0.06	-0.28	0.286	No	Si
281	592687.683	8176733.479	-0.20	-0.20	0.283	No	Si
282	592695.504	8176696.259	-0.20	-0.20	0.283	No	Si
283	596691.618	8177246.556	-0.13	-0.25	0.282	No	Si
284	599301.108	8170683.291	0.26	-0.11	0.282	No	Si
285	599247.281	8174102.694	0.03	-0.28	0.282	No	Si
286	595455.242	8171687.522	-0.17	-0.22	0.278	No	Si
287	596582.299	8174774.482	-0.14	-0.24	0.278	No	Si
288	595763.192	8171583.736	-0.17	-0.22	0.278	No	Si
289	595540.493	8171958.539	-0.17	-0.22	0.278	No	Si
290	595808.134	8171602.018	-0.17	-0.22	0.278	No	Si
291	594336.904	8172523.800	0.27	-0.01	0.270	No	Si
292	601236.584	8173932.426	-0.17	-0.21	0.270	No	Si
293	594093.708	8172652.598	0.27	-0.01	0.270	No	Si
294	601138.686	8174066.582	-0.17	-0.21	0.270	No	Si
295	591865.338	8177545.594	-0.21	-0.17	0.270	No	Si
296	597434.055	8168054.328	-0.10	-0.25	0.269	No	Si
297	593426.608	8177586.090	-0.07	-0.26	0.269	No	Si
298	598370.996	8170136.946	-0.06	-0.26	0.267	No	Si
299	594655.523	8172455.188	-0.06	-0.26	0.267	No	Si
300	594550.066	8172459.434	-0.06	-0.26	0.267	No	Si
301	592577.861	8178474.883	0.05	-0.26	0.265	No	Si
302	592641.831	8178488.072	0.05	-0.26	0.265	No	Si
303	597834.863	8174604.047	-0.26	-0.03	0.262	No	Si
304	590927.168	8179353.420	-0.01	-0.26	0.260	No	Si
305	590925.418	8179303.326	-0.01	-0.26	0.260	No	Si
306	590771.675	8179467.681	-0.01	-0.26	0.260	No	Si
307	590662.854	8179570.457	-0.01	-0.26	0.260	No	Si
308	590941.349	8179439.812	-0.01	-0.26	0.260	No	Si
309	590897.240	8179387.699	-0.01	-0.26	0.260	No	Si
310	590723.281	8179509.912	-0.01	-0.26	0.260	No	Si
311	590670.038	8179545.331	-0.01	-0.26	0.260	No	Si
312	590634.170	8179117.758	-0.01	-0.26	0.260	No	Si
313	590944.407	8179398.420	-0.01	-0.26	0.260	No	Si
314	590805.766	8179366.537	-0.01	-0.26	0.260	No	Si
315	592806.165	8177507.494	-0.06	-0.25	0.257	No	Si
316	592762.804	8177402.046	-0.06	-0.25	0.257	No	Si
317	592714.306	8177549.596	-0.06	-0.25	0.257	No	Si

Nro. de muestra	Este (Coordenada)	Norte (Coordenada)	Delta X (m.) sin MOVELP	Delta Y (m.) sin MOVELP	Longitud (m.)	Cumple tolerancia 0.21 +/- 0.02 m	Cumple tolerancia +/- 0.30 m
318	592674.326	8177556.482	-0.06	-0.25	0.257	No	Si
319	592626.656	8177464.224	-0.06	-0.25	0.257	No	Si
320	595030.065	8176853.810	0.24	0.09	0.256	No	Si
321	595078.902	8177157.790	0.24	0.09	0.256	No	Si
322	595006.773	8176925.337	0.24	0.09	0.256	No	Si
323	596212.260	8168169.559	-0.05	-0.25	0.255	No	Si
324	598011.122	8171045.699	-0.05	-0.25	0.255	No	Si
325	591142.317	8178072.583	-0.03	-0.25	0.252	No	Si
326	591284.524	8178176.350	-0.03	-0.25	0.252	No	Si
327	591101.412	8178049.264	-0.03	-0.25	0.252	No	Si
328	594930.222	8174398.097	0.21	0.14	0.252	No	Si
329	591314.063	8177787.215	-0.03	-0.25	0.252	No	Si
330	591023.806	8177966.477	-0.03	-0.25	0.252	No	Si
331	591144.440	8178082.536	-0.03	-0.25	0.252	No	Si
332	589906.541	8179438.570	-0.02	-0.25	0.251	No	Si
333	601343.370	8171683.591	0.23	0.10	0.251	No	Si
334	591022.287	8171974.714	-0.24	-0.07	0.250	No	Si
335	593450.436	8178658.648	0.20	-0.15	0.250	No	Si
336	594578.710	8175541.810	0.25	-0.01	0.250	No	Si
337	590645.182	8178843.332	-0.07	-0.24	0.250	No	Si
338	594995.013	8173509.671	-0.01	-0.25	0.250	No	Si
339	590778.669	8179008.582	-0.07	-0.24	0.250	No	Si
340	594652.771	8177383.212	0.05	0.24	0.245	No	Si
341	590831.596	8178346.442	-0.08	-0.23	0.244	No	Si
342	590872.192	8178293.443	-0.08	-0.23	0.244	No	Si
343	590983.253	8178499.691	-0.08	-0.23	0.244	No	Si
344	593603.438	8177990.194	0.04	-0.24	0.243	No	Si
345	591259.960	8178385.775	0.21	0.12	0.242	No	Si
346	599999.033	8173267.982	-0.03	-0.24	0.242	No	Si
347	591199.127	8178238.263	0.21	0.12	0.242	No	Si
348	591170.549	8178432.846	-0.02	-0.24	0.241	No	Si
349	591314.201	8178496.000	-0.02	-0.24	0.241	No	Si
350	591273.085	8178453.965	-0.02	-0.24	0.241	No	Si
351	591204.929	8178436.974	-0.02	-0.24	0.241	No	Si
352	591095.865	8178450.614	-0.02	-0.24	0.241	No	Si
353	591299.062	8178477.740	-0.02	-0.24	0.241	No	Si
354	591242.965	8178443.318	-0.02	-0.24	0.241	No	Si
355	591217.174	8178440.998	-0.02	-0.24	0.241	No	Si
356	591454.212	8177910.250	-0.02	-0.24	0.241	No	Si
357	591628.615	8178002.299	-0.02	-0.24	0.241	No	Si
358	591485.390	8177848.655	-0.02	-0.24	0.241	No	Si
359	591512.507	8177855.290	-0.02	-0.24	0.241	No	Si
360	590542.292	8181256.699	-0.01	0.24	0.240	No	Si
361	590654.683	8181263.160	-0.01	0.24	0.240	No	Si
362	590418.491	8181266.200	-0.01	0.24	0.240	No	Si
363	590419.502	8181242.214	-0.01	0.24	0.240	No	Si
364	590623.260	8181273.141	-0.01	0.24	0.240	No	Si
365	590620.378	8181226.100	-0.01	0.24	0.240	No	Si
366	590436.918	8181212.464	-0.01	0.24	0.240	No	Si
367	590492.415	8181256.398	-0.01	0.24	0.240	No	Si
368	590459.427	8181232.045	-0.01	0.24	0.240	No	Si
369	594469.529	8176849.021	-0.01	-0.24	0.240	No	Si
370	594712.948	8176906.806	-0.01	-0.24	0.240	No	Si
371	594485.475	8176842.543	-0.01	-0.24	0.240	No	Si
372	594635.602	8174368.570	0.22	-0.09	0.238	No	Si
373	594603.869	8174301.813	0.22	-0.09	0.238	No	Si
374	589715.009	8179720.459	-0.05	-0.23	0.235	No	Si
375	589882.048	8179580.750	-0.05	-0.23	0.235	No	Si
376	588937.992	8177679.651	-0.05	-0.23	0.235	No	Si
377	589754.983	8179762.024	-0.05	-0.23	0.235	No	Si
378	588844.718	8178090.460	-0.05	-0.23	0.235	No	Si
379	598024.393	8173405.092	0.15	-0.18	0.234	No	Si
380	590309.591	8181443.728	0.15	-0.18	0.234	No	Si
381	594640.858	8177197.769	-0.03	-0.23	0.232	No	Si

Nro. de muestra	Este (Coordenada)	Norte (Coordenada)	Delta X (m.) sin MOVELP	Delta Y (m.) sin MOVELP	Longitud (m.)	Cumple tolerancia 0.21 +/- 0.02 m	Cumple tolerancia +/- 0.30 m
382	594730.795	8177190.404	-0.03	-0.23	0.232	No	Si
383	592318.272	8173911.943	-0.02	-0.23	0.231	No	Si
384	592123.452	8173870.153	-0.02	-0.23	0.231	No	Si
385	591387.524	8172035.042	0.02	-0.23	0.231	No	Si
386	592301.499	8174141.295	-0.02	-0.23	0.231	No	Si
387	591879.329	8173820.949	-0.02	-0.23	0.231	No	Si
388	591476.478	8172121.784	0.02	-0.23	0.231	No	Si
389	592065.720	8173814.353	-0.02	-0.23	0.231	No	Si
390	591557.773	8172040.291	0.02	-0.23	0.231	No	Si
391	601788.272	8174523.275	0.07	-0.22	0.231	No	Si
392	593074.206	8177802.644	-0.11	-0.20	0.228	Si	Si
393	590599.545	8175705.173	0.14	-0.18	0.228	Si	Si
394	593424.418	8177020.220	-0.06	-0.22	0.228	Si	Si
395	593310.133	8177045.711	-0.06	-0.22	0.228	Si	Si
396	593228.772	8177173.798	-0.06	-0.22	0.228	Si	Si
397	593219.850	8177174.556	-0.06	-0.22	0.228	Si	Si
398	593270.201	8177139.055	-0.06	-0.22	0.228	Si	Si
399	593229.103	8177106.561	-0.06	-0.22	0.228	Si	Si
400	593249.556	8176951.633	-0.06	-0.22	0.228	Si	Si
401	593256.244	8177821.784	-0.11	-0.20	0.228	Si	Si
402	593377.103	8177064.670	-0.06	-0.22	0.228	Si	Si
403	593444.103	8177012.531	-0.06	-0.22	0.228	Si	Si
404	593400.816	8176902.932	-0.06	-0.22	0.228	Si	Si
405	593342.936	8177193.571	-0.06	-0.22	0.228	Si	Si
406	593128.420	8177910.036	-0.11	-0.20	0.228	Si	Si
407	593256.036	8176934.459	-0.06	-0.22	0.228	Si	Si
408	593156.435	8176999.593	-0.06	-0.22	0.228	Si	Si
409	590545.855	8175550.526	0.14	-0.18	0.228	Si	Si
410	596406.642	8171780.342	-0.05	-0.22	0.226	Si	Si
411	596211.817	8171973.260	-0.05	-0.22	0.226	Si	Si
412	597900.729	8173240.353	-0.05	-0.22	0.226	Si	Si
413	597887.949	8173639.006	-0.05	-0.22	0.226	Si	Si
414	597867.634	8173392.199	-0.05	-0.22	0.226	Si	Si
415	590862.481	8173595.581	-0.08	-0.21	0.225	Si	Si
416	589759.410	8175811.177	0.22	0.04	0.224	Si	Si
417	592145.147	8177950.308	-0.03	-0.22	0.222	Si	Si
418	592138.150	8177944.207	-0.03	-0.22	0.222	Si	Si
419	591990.023	8177930.960	-0.03	-0.22	0.222	Si	Si
420	592153.382	8177929.673	-0.03	-0.22	0.222	Si	Si
421	592094.723	8177985.802	-0.03	-0.22	0.222	Si	Si
422	592079.260	8177956.677	-0.03	-0.22	0.222	Si	Si
423	594489.533	8168353.517	0.03	-0.22	0.222	Si	Si
424	595916.253	8169000.292	-0.02	-0.22	0.221	Si	Si
425	595903.863	8168968.054	-0.02	-0.22	0.221	Si	Si
426	590826.397	8175539.587	0.01	-0.22	0.220	Si	Si
427	590854.435	8175491.330	0.01	-0.22	0.220	Si	Si
428	602416.732	8172567.615	0.01	-0.22	0.220	Si	Si
429	600346.216	8172184.945	0.01	-0.22	0.220	Si	Si
430	590952.095	8175525.537	0.01	-0.22	0.220	Si	Si
431	590972.327	8175523.929	0.01	-0.22	0.220	Si	Si
432	600930.403	8174546.049	-0.01	-0.22	0.220	Si	Si
433	599999.305	8171941.001	0.01	-0.22	0.220	Si	Si
434	590868.107	8175773.511	0.01	-0.22	0.220	Si	Si
435	590863.847	8175790.364	0.01	-0.22	0.220	Si	Si
436	599814.118	8172002.708	0.01	-0.22	0.220	Si	Si
437	599993.294	8172019.901	0.01	-0.22	0.220	Si	Si
438	599863.692	8172073.265	0.01	-0.22	0.220	Si	Si
439	600260.464	8172117.192	0.01	-0.22	0.220	Si	Si
440	600112.765	8171958.877	0.01	-0.22	0.220	Si	Si
441	591048.090	8176962.892	-0.09	-0.20	0.219	Si	Si
442	591006.952	8177220.528	-0.09	-0.20	0.219	Si	Si
443	590939.484	8176891.064	-0.09	-0.20	0.219	Si	Si
444	590785.280	8177595.334	-0.09	-0.20	0.219	Si	Si
445	593413.334	8177272.874	0.09	-0.20	0.219	Si	Si

Nro. de muestra	Este (Coordenada)	Norte (Coordenada)	Delta X (m.) sin MOVELP	Delta Y (m.) sin MOVELP	Longitud (m.)	Cumple tolerancia 0.21 +/- 0.02 m	Cumple tolerancia +/- 0.30 m
446	590831.181	8177518.713	-0.09	-0.20	0.219	Si	Si
447	596602.850	8177103.495	-0.06	-0.21	0.218	Si	Si
448	598690.254	8171790.768	0.06	-0.21	0.218	Si	Si
449	599107.898	8172064.680	0.06	-0.21	0.218	Si	Si
450	598917.333	8171858.193	0.06	-0.21	0.218	Si	Si
451	598775.758	8171730.226	0.06	-0.21	0.218	Si	Si
452	592991.198	8177896.331	0.05	-0.21	0.216	Si	Si
453	592439.208	8176737.678	0.05	-0.21	0.216	Si	Si
454	590991.451	8172933.130	-0.05	-0.21	0.216	Si	Si
455	591222.840	8176866.663	0.05	-0.21	0.216	Si	Si
456	592970.824	8177593.561	0.05	-0.21	0.216	Si	Si
457	592847.614	8177803.946	0.05	-0.21	0.216	Si	Si
458	592856.787	8177788.272	0.05	-0.21	0.216	Si	Si
459	592847.716	8177758.350	0.05	-0.21	0.216	Si	Si
460	592961.472	8177586.387	0.05	-0.21	0.216	Si	Si
461	592950.643	8177804.078	0.05	-0.21	0.216	Si	Si
462	592901.508	8177647.972	0.05	-0.21	0.216	Si	Si
463	598106.423	8174111.061	0.08	-0.20	0.215	Si	Si
464	590363.397	8180791.596	-0.10	0.19	0.215	Si	Si
465	594843.550	8176791.857	0.08	-0.20	0.215	Si	Si
466	591207.597	8173873.591	-0.17	-0.13	0.214	Si	Si
467	591339.833	8173880.267	-0.17	-0.13	0.214	Si	Si
468	600914.094	8174051.280	-0.03	-0.21	0.212	Si	Si
469	600970.979	8174024.207	-0.03	-0.21	0.212	Si	Si
470	600935.396	8174015.120	-0.03	-0.21	0.212	Si	Si
471	593620.216	8177420.412	-0.18	0.11	0.211	Si	Si
472	593660.898	8177586.449	-0.18	0.11	0.211	Si	Si
473	591812.373	8176433.195	-0.02	-0.21	0.211	Si	Si
474	591715.221	8176101.169	-0.02	-0.21	0.211	Si	Si
475	591841.196	8176411.365	-0.02	-0.21	0.211	Si	Si
476	593567.761	8177460.231	-0.18	0.11	0.211	Si	Si
477	591745.488	8176193.731	-0.02	-0.21	0.211	Si	Si
478	591846.218	8176014.581	-0.02	-0.21	0.211	Si	Si
479	591701.882	8176292.659	-0.02	-0.21	0.211	Si	Si
480	593532.918	8177493.572	-0.18	0.11	0.211	Si	Si
481	593476.230	8178403.888	-0.01	-0.21	0.210	Si	Si
482	590152.523	8176768.078	-0.01	-0.21	0.210	Si	Si
483	589925.665	8176558.602	-0.01	-0.21	0.210	Si	Si
484	595315.141	8179997.016	-0.01	-0.21	0.210	Si	Si
485	591658.424	8175677.197	-0.01	-0.21	0.210	Si	Si
486	591899.627	8175772.398	-0.01	-0.21	0.210	Si	Si
487	594811.511	8177718.473	-0.01	-0.21	0.210	Si	Si
488	589972.094	8177122.403	-0.01	-0.21	0.210	Si	Si
489	589159.070	8176563.178	-0.01	-0.21	0.210	Si	Si
490	592862.555	8176108.871	-0.01	-0.21	0.210	Si	Si
491	593879.325	8179431.885	-0.01	-0.21	0.210	Si	Si
492	589904.625	8176336.674	-0.01	-0.21	0.210	Si	Si
493	591390.234	8173649.506	-0.01	-0.21	0.210	Si	Si
494	590717.491	8181008.160	-0.01	-0.21	0.210	Si	Si
495	593853.605	8178772.065	-0.01	-0.21	0.210	Si	Si
496	591055.246	8180905.660	-0.01	-0.21	0.210	Si	Si
497	591047.332	8180898.393	-0.01	-0.21	0.210	Si	Si
498	591062.884	8180912.481	-0.01	-0.21	0.210	Si	Si
499	591071.689	8180920.406	-0.01	-0.21	0.210	Si	Si
500	591011.641	8180862.518	-0.01	-0.21	0.210	Si	Si
501	590681.789	8181026.432	-0.01	-0.21	0.210	Si	Si
502	590746.210	8181609.605	-0.01	-0.21	0.210	Si	Si
503	593963.440	8179318.612	-0.01	-0.21	0.210	Si	Si
504	590838.908	8181195.802	-0.01	-0.21	0.210	Si	Si
505	592875.733	8176073.133	-0.01	-0.21	0.210	Si	Si
506	590867.335	8181211.426	-0.01	-0.21	0.210	Si	Si
507	592170.531	8175419.312	-0.01	-0.21	0.210	Si	Si
508	590721.987	8181602.628	-0.01	-0.21	0.210	Si	Si
509	593417.949	8177797.689	-0.01	-0.21	0.210	Si	Si

Nro. de muestra	Este (Coordenada)	Norte (Coordenada)	Delta X (m.) sin MOVELP	Delta Y (m.) sin MOVELP	Longitud (m.)	Cumple tolerancia 0.21 +/- 0.02 m	Cumple tolerancia +/- 0.30 m
510	592932.886	8176113.277	-0.01	-0.21	0.210	Si	Si
511	589655.891	8176475.599	-0.01	-0.21	0.210	Si	Si
512	590862.078	8181152.730	-0.01	-0.21	0.210	Si	Si
513	592598.737	8176572.508	-0.01	-0.21	0.210	Si	Si
514	590885.003	8181404.110	-0.01	-0.21	0.210	Si	Si
515	591074.490	8180495.959	-0.01	-0.21	0.210	Si	Si
516	590006.996	8176685.850	-0.01	-0.21	0.210	Si	Si
517	593077.362	8176039.381	-0.01	-0.21	0.210	Si	Si
518	590075.862	8176812.057	-0.01	-0.21	0.210	Si	Si
519	593310.581	8177892.965	-0.01	-0.21	0.210	Si	Si
520	595361.207	8180010.450	-0.01	-0.21	0.210	Si	Si
521	590848.377	8181274.115	-0.01	-0.21	0.210	Si	Si
522	592928.044	8176138.199	-0.01	-0.21	0.210	Si	Si
523	592779.972	8176187.547	-0.01	-0.21	0.210	Si	Si
524	593323.453	8177887.842	-0.01	-0.21	0.210	Si	Si
525	592671.513	8176200.615	-0.01	-0.21	0.210	Si	Si
526	591085.992	8180496.541	-0.01	-0.21	0.210	Si	Si
527	593958.799	8179335.902	-0.01	-0.21	0.210	Si	Si
528	589920.433	8176662.771	-0.01	-0.21	0.210	Si	Si
529	593941.435	8178988.527	-0.01	-0.21	0.210	Si	Si
530	600701.127	8170943.749	0.20	0.06	0.209	Si	Si
531	591574.531	8174870.015	-0.06	-0.20	0.209	Si	Si
532	600670.139	8171120.481	0.20	0.06	0.209	Si	Si
533	594231.748	8177201.836	0.19	-0.08	0.206	Si	Si
534	600770.533	8170428.998	0.05	-0.20	0.206	Si	Si
535	601196.725	8170552.320	0.16	-0.13	0.206	Si	Si
536	601466.736	8170525.381	0.16	-0.13	0.206	Si	Si
537	594767.799	8176512.571	-0.08	-0.19	0.206	Si	Si
538	601431.454	8170554.021	0.16	-0.13	0.206	Si	Si
539	594654.198	8176458.344	-0.08	-0.19	0.206	Si	Si
540	600445.703	8170424.748	0.05	-0.20	0.206	Si	Si
541	600468.129	8170400.281	0.05	-0.20	0.206	Si	Si
542	594725.146	8176378.585	-0.08	-0.19	0.206	Si	Si
543	594617.751	8176479.478	-0.08	-0.19	0.206	Si	Si
544	594421.032	8176958.161	0.19	-0.08	0.206	Si	Si
545	591849.050	8171691.329	0.04	-0.20	0.204	Si	Si
546	591981.316	8171589.499	0.04	-0.20	0.204	Si	Si
547	592843.897	8173978.224	-0.11	-0.17	0.202	Si	Si
548	598740.670	8171445.086	0.07	-0.19	0.202	Si	Si
549	598657.046	8171449.055	0.07	-0.19	0.202	Si	Si
550	590093.037	8176011.941	-0.02	-0.20	0.201	Si	Si
551	590606.571	8176200.298	-0.02	-0.20	0.201	Si	Si
552	595190.548	8177044.667	0.09	-0.18	0.201	Si	Si
553	590282.857	8176282.146	-0.02	-0.20	0.201	Si	Si
554	591466.606	8177373.953	-0.02	-0.20	0.201	Si	Si
555	595196.932	8177099.289	0.09	-0.18	0.201	Si	Si
556	591420.471	8177545.298	-0.02	-0.20	0.201	Si	Si
557	594073.680	8176796.120	-0.02	-0.20	0.201	Si	Si
558	594212.349	8176812.985	-0.02	-0.20	0.201	Si	Si
559	591927.778	8172485.530	-0.02	-0.20	0.201	Si	Si
560	591959.650	8177486.692	-0.02	-0.20	0.201	Si	Si
561	591426.034	8177974.692	-0.02	-0.20	0.201	Si	Si
562	592204.470	8177361.818	-0.02	-0.20	0.201	Si	Si
563	591701.885	8177486.255	-0.02	-0.20	0.201	Si	Si
564	594072.846	8176710.457	-0.02	-0.20	0.201	Si	Si
565	594027.950	8177053.113	-0.02	-0.20	0.201	Si	Si
566	590672.333	8176302.180	-0.02	-0.20	0.201	Si	Si
567	591371.622	8177349.523	-0.02	-0.20	0.201	Si	Si
568	592280.120	8177310.163	-0.02	-0.20	0.201	Si	Si
569	590664.826	8176295.814	-0.02	-0.20	0.201	Si	Si
570	590081.459	8176088.384	-0.02	-0.20	0.201	Si	Si
571	591482.919	8174162.366	-0.02	-0.20	0.201	Si	Si
572	591459.322	8177589.488	-0.02	-0.20	0.201	Si	Si
573	591480.968	8173960.751	-0.02	-0.20	0.201	Si	Si

Nro. de muestra	Este (Coordenada)	Norte (Coordenada)	Delta X (m.) sin MOVELP	Delta Y (m.) sin MOVELP	Longitud (m.)	Cumple tolerancia 0.21 +/- 0.02 m	Cumple tolerancia +/- 0.30 m
574	591993.578	8177402.901	-0.02	-0.20	0.201	Si	Si
575	591760.726	8172416.318	-0.02	-0.20	0.201	Si	Si
576	590619.828	8176574.441	-0.02	-0.20	0.201	Si	Si
577	594547.066	8176651.646	-0.02	-0.20	0.201	Si	Si
578	591972.534	8177434.869	-0.02	-0.20	0.201	Si	Si
579	590732.302	8176381.705	-0.02	-0.20	0.201	Si	Si
580	590688.539	8176072.531	-0.02	-0.20	0.201	Si	Si
581	594049.971	8177655.188	0.02	-0.20	0.201	Si	Si
582	591686.116	8177666.617	-0.02	-0.20	0.201	Si	Si
583	591877.840	8177723.344	-0.02	-0.20	0.201	Si	Si
584	591124.893	8176140.474	-0.02	-0.20	0.201	Si	Si
585	591750.157	8177280.721	-0.02	-0.20	0.201	Si	Si
586	590152.758	8176438.280	-0.02	-0.20	0.201	Si	Si
587	590015.640	8175980.372	-0.02	-0.20	0.201	Si	Si
588	591490.701	8177624.886	-0.02	-0.20	0.201	Si	Si
589	591618.688	8177717.220	-0.02	-0.20	0.201	Si	Si
590	594191.500	8177239.746	-0.02	-0.20	0.201	Si	Si
591	590452.252	8176333.455	-0.02	-0.20	0.201	Si	Si
592	590670.443	8176397.705	-0.02	-0.20	0.201	Si	Si
593	601721.525	8170638.222	0.20	-0.01	0.200	Si	Si
594	598138.376	8173256.219	-0.01	-0.20	0.200	Si	Si
595	590320.511	8176752.757	0.00	-0.20	0.200	Si	Si
596	594447.943	8179463.098	-0.01	-0.20	0.200	Si	Si
597	598120.790	8173450.126	-0.01	-0.20	0.200	Si	Si
598	594526.458	8179585.867	-0.01	-0.20	0.200	Si	Si
599	591642.679	8177132.742	0.00	-0.20	0.200	Si	Si
600	591234.994	8175648.467	-0.01	-0.20	0.200	Si	Si
601	593221.670	8173316.161	-0.06	-0.19	0.199	Si	Si
602	593037.507	8173433.857	-0.06	-0.19	0.199	Si	Si
603	593309.593	8173284.640	-0.06	-0.19	0.199	Si	Si
604	593378.575	8173513.155	-0.06	-0.19	0.199	Si	Si
605	594981.000	8176756.827	-0.07	-0.18	0.193	Si	Si
606	590342.549	8179951.008	-0.07	-0.18	0.193	Si	Si
607	590405.866	8179962.836	-0.07	-0.18	0.193	Si	Si
608	590325.228	8180062.532	-0.07	-0.18	0.193	Si	Si
609	590310.578	8180043.498	-0.07	-0.18	0.193	Si	Si
610	590484.458	8180021.112	-0.07	-0.18	0.193	Si	Si
611	590380.582	8180041.880	-0.07	-0.18	0.193	Si	Si
612	590387.043	8179944.097	-0.07	-0.18	0.193	Si	Si
613	590354.923	8180068.960	-0.07	-0.18	0.193	Si	Si
614	590515.024	8180033.251	-0.07	-0.18	0.193	Si	Si
615	594936.066	8176816.521	-0.07	-0.18	0.193	Si	Si
616	593446.958	8178207.903	0.03	-0.19	0.192	Si	Si
617	596901.877	8171548.146	-0.03	-0.19	0.192	Si	Si
618	596785.766	8171333.651	-0.03	-0.19	0.192	Si	Si
619	596848.640	8171365.922	-0.03	-0.19	0.192	Si	Si
620	596881.702	8171424.349	-0.03	-0.19	0.192	Si	Si
621	596862.390	8171376.210	-0.03	-0.19	0.192	Si	Si
622	597119.287	8168121.236	-0.12	-0.15	0.192	Si	Si
623	591225.714	8177980.636	0.00	-0.19	0.190	Si	Si
624	595464.075	8172213.508	-0.01	-0.19	0.190	Si	Si
625	595257.723	8172193.485	-0.01	-0.19	0.190	Si	Si
626	595463.986	8172200.734	-0.01	-0.19	0.190	Si	Si
627	595337.573	8172207.308	-0.01	-0.19	0.190	Si	Si
628	591054.580	8177885.290	-0.05	-0.18	0.187	Si	Si
629	593253.191	8177292.747	-0.11	-0.15	0.186	Si	Si
630	593207.747	8177301.839	-0.11	-0.15	0.186	Si	Si
631	590707.275	8178549.354	-0.13	0.13	0.184	Si	Si
632	594849.473	8174198.148	0.09	0.16	0.184	Si	Si
633	596651.149	8172551.938	-0.03	-0.18	0.182	Si	Si
634	592656.887	8172009.895	-0.01	-0.18	0.180	Si	Si
635	590896.004	8177852.709	-0.15	-0.10	0.180	Si	Si
636	592882.389	8172156.706	-0.01	-0.18	0.180	Si	Si
637	592839.668	8171657.800	-0.01	-0.18	0.180	Si	Si

Nro. de muestra	Este (Coordenada)	Norte (Coordenada)	Delta X (m.) sin MOVELP	Delta Y (m.) sin MOVELP	Longitud (m.)	Cumple tolerancia 0.21 +/- 0.02 m	Cumple tolerancia +/- 0.30 m
638	592416.252	8171749.664	-0.01	-0.18	0.180	Si	Si
639	592557.554	8171927.026	-0.01	-0.18	0.180	Si	Si
640	592926.988	8172071.834	-0.01	-0.18	0.180	Si	Si
641	590937.203	8177816.603	-0.15	-0.10	0.180	Si	Si
642	592792.046	8172101.917	-0.01	-0.18	0.180	Si	Si
643	590932.487	8177889.236	-0.15	-0.10	0.180	Si	Si
644	590749.716	8181258.839	0.14	-0.11	0.178	Si	Si
645	596504.594	8174899.997	0.05	-0.17	0.177	Si	Si
646	600661.650	8170674.032	0.17	0.04	0.175	Si	Si
647	592186.241	8177845.626	0.14	0.10	0.172	Si	Si
648	595873.718	8173212.630	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
649	596549.126	8172335.304	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
650	592786.709	8173870.840	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
651	591844.849	8172119.643	0.06	-0.16	0.171	Si	Si
652	590914.820	8174919.417	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
653	593002.970	8175809.516	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
654	594585.711	8175625.017	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
655	591703.892	8175075.892	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
656	593319.032	8176310.384	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
657	592510.636	8173858.258	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
658	592772.290	8175596.961	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
659	593041.552	8174998.177	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
660	590833.350	8173491.312	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
661	596161.308	8177167.540	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
662	592693.358	8175639.021	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
663	593670.244	8174861.642	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
664	589222.593	8176694.867	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
665	592062.197	8174494.127	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
666	596336.376	8172381.140	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
667	590375.654	8174665.480	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
668	591572.517	8174776.337	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
669	596617.089	8172287.690	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
670	596686.806	8177007.498	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
671	596345.990	8176526.371	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
672	593207.282	8175729.597	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
673	596671.052	8172186.571	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
674	593418.585	8176304.565	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
675	595943.666	8172497.814	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
676	591935.363	8175184.072	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
677	595053.849	8173064.276	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
678	593525.348	8176277.545	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
679	592923.183	8176524.833	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
680	595238.393	8174739.238	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
681	596538.670	8170926.440	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
682	596339.105	8172480.248	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
683	589409.519	8176583.913	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
684	595958.328	8171977.619	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
685	594229.832	8175529.066	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
686	594271.530	8176293.795	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
687	589463.999	8176910.669	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
688	593061.356	8174242.326	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
689	594140.284	8175789.117	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
690	592213.346	8174875.263	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
691	592366.136	8174657.643	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
692	595275.974	8173550.229	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
693	591956.558	8174257.297	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
694	596354.952	8171958.473	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
695	594301.510	8176156.614	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
696	593034.441	8175932.593	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
697	592243.804	8174932.559	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
698	589530.070	8176975.822	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
699	594296.782	8176263.426	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
700	592884.625	8175567.976	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
701	596601.885	8170603.032	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si

Nro. de muestra	Este (Coordenada)	Norte (Coordenada)	Delta X (m.) sin MOVELP	Delta Y (m.) sin MOVELP	Longitud (m.)	Cumple tolerancia 0.21 +/- 0.02 m	Cumple tolerancia +/- 0.30 m
702	596506.015	8171793.605	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
703	596073.632	8172354.961	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
704	593959.229	8175245.471	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
705	592960.379	8176463.517	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
706	595478.051	8173346.668	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
707	589967.610	8177127.495	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
708	591153.406	8174933.862	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
709	589812.363	8177007.359	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
710	595456.889	8173491.323	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
711	596556.581	8172753.612	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
712	591058.013	8175047.093	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
713	593696.786	8175812.924	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
714	593527.383	8176480.961	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
715	597183.134	8174162.553	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
716	594525.555	8176073.623	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
717	596174.084	8172607.496	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
718	593819.815	8176392.689	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
719	592559.056	8173631.438	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
720	592589.940	8175812.108	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
721	593294.782	8175916.367	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
722	594226.668	8179211.930	0.02	-0.17	0.171	Si	Si
723	591977.074	8175362.587	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
724	596377.799	8172021.834	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
725	594616.385	8179293.928	0.02	-0.17	0.171	Si	Si
726	592329.389	8174703.143	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
727	591690.324	8175195.733	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
728	592791.115	8175764.857	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
729	589541.524	8176474.988	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
730	589810.705	8177024.700	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
731	594952.732	8179523.831	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
732	591078.774	8175062.961	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
733	591932.284	8172144.619	0.06	-0.16	0.171	Si	Si
734	596233.162	8176589.585	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
735	596608.467	8172337.750	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
736	591337.969	8174782.607	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
737	595351.252	8172709.003	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
738	592616.821	8174252.493	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
739	594315.296	8176322.275	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
740	594281.194	8175910.941	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
741	593960.210	8176225.214	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
742	593734.532	8176476.455	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
743	594367.288	8176046.348	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
744	590966.176	8175050.472	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
745	595807.497	8173392.365	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
746	596595.437	8177205.061	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
747	595381.870	8174673.323	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
748	596341.971	8171962.510	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
749	596571.070	8172208.417	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
750	595370.714	8174735.514	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
751	596359.544	8176629.984	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
752	596779.204	8176892.824	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
753	595273.892	8174838.981	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
754	593287.915	8176441.183	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
755	595120.210	8174792.348	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
756	592631.350	8174412.539	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
757	592718.189	8173662.006	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
758	594297.725	8179190.268	0.02	-0.17	0.171	Si	Si
759	593329.518	8176692.356	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
760	595015.428	8173049.957	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
761	596829.794	8172398.565	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
762	594861.089	8173109.768	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
763	592030.678	8175307.371	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
764	594698.770	8173192.257	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
765	594691.429	8173227.255	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si

Nro. de muestra	Este (Coordenada)	Norte (Coordenada)	Delta X (m.) sin MOVELP	Delta Y (m.) sin MOVELP	Longitud (m.)	Cumple tolerancia 0.21 +/- 0.02 m	Cumple tolerancia +/- 0.30 m
766	591882.724	8175132.809	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
767	594536.947	8176557.877	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
768	596723.951	8171342.086	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
769	596701.422	8171215.679	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
770	593563.008	8175894.288	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
771	592224.166	8174910.366	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
772	596184.333	8172214.987	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
773	591624.056	8175109.597	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
774	593827.003	8174580.203	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
775	592131.541	8175393.653	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
776	592902.168	8176501.943	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
777	594929.791	8179220.069	0.02	-0.17	0.171	Si	Si
778	593154.274	8176173.304	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
779	596061.353	8172420.989	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
780	595458.141	8173517.819	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
781	597155.576	8172906.261	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
782	595540.921	8172673.263	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
783	595353.057	8174645.676	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
784	592211.741	8174908.450	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
785	594093.195	8175310.900	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
786	591599.088	8174427.935	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
787	594222.857	8176023.762	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
788	595822.602	8173018.758	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
789	595145.387	8173058.147	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
790	596180.074	8172083.998	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
791	594044.045	8175104.371	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
792	595675.455	8173348.548	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
793	595034.711	8173413.566	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
794	592308.918	8174571.792	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
795	594135.903	8175288.528	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
796	595550.367	8172623.478	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
797	594392.312	8176391.441	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
798	595772.604	8173357.306	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
799	595872.053	8173270.674	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
800	595665.561	8173299.360	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
801	595512.353	8173228.751	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
802	591312.399	8174750.786	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
803	595694.876	8173482.492	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
804	596127.264	8172406.862	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
805	595801.826	8176958.902	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
806	592767.054	8174891.518	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
807	595478.170	8173410.063	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
808	595910.429	8171929.610	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
809	595298.870	8172755.394	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
810	595115.216	8173051.487	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
811	595010.109	8173193.212	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
812	595801.086	8173353.404	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
813	591249.377	8175225.492	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
814	595324.712	8173607.661	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
815	591495.280	8175237.740	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
816	595827.165	8172912.416	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
817	593555.282	8175743.566	-0.02	-0.17	0.171	Si	Si
818	593391.176	8178372.597	-0.09	-0.14	0.166	Si	Si
819	593519.126	8178275.919	-0.09	-0.14	0.166	Si	Si
820	593332.477	8178313.196	-0.09	-0.14	0.166	Si	Si
821	593655.118	8178340.755	-0.09	-0.14	0.166	Si	Si
822	596563.085	8171822.716	-0.04	-0.16	0.165	Si	Si
823	596843.154	8172014.847	-0.04	-0.16	0.165	Si	Si
824	596784.623	8171753.049	-0.04	-0.16	0.165	Si	Si
825	596781.813	8171775.521	-0.04	-0.16	0.165	Si	Si
826	596667.921	8171840.869	-0.04	-0.16	0.165	Si	Si
827	596828.402	8171677.021	-0.04	-0.16	0.165	Si	Si
828	601864.432	8170751.651	0.16	0.03	0.163	Si	Si
829	592007.984	8171938.376	0.02	-0.16	0.161	Si	Si

Nro. de muestra	Este (Coordenada)	Norte (Coordenada)	Delta X (m.) sin MOVELP	Delta Y (m.) sin MOVELP	Longitud (m.)	Cumple tolerancia 0.21 +/- 0.02 m	Cumple tolerancia +/- 0.30 m
830	595229.638	8176857.593	0.08	-0.14	0.161	Si	Si
831	597785.034	8170267.647	0.14	-0.08	0.161	Si	Si
832	592113.008	8171824.690	0.02	-0.16	0.161	Si	Si
833	591699.585	8171632.240	0.02	-0.16	0.161	Si	Si
834	592086.899	8171711.860	0.02	-0.16	0.161	Si	Si
835	601188.894	8171486.768	0.13	0.09	0.158	Si	Si
836	589831.134	8176960.538	0.14	0.07	0.157	Si	Si
837	589885.286	8176965.390	0.14	0.07	0.157	Si	Si
838	589998.178	8177098.068	0.14	0.07	0.157	Si	Si
839	597578.451	8174046.082	-0.04	-0.15	0.155	Si	Si
840	597600.952	8174080.002	-0.04	-0.15	0.155	Si	Si
841	602121.729	8170348.756	-0.12	-0.09	0.150	Si	Si
842	590408.535	8174595.769	-0.01	-0.15	0.150	Si	Si
843	592550.799	8176919.950	-0.05	-0.14	0.149	Si	Si
844	592544.879	8176813.152	-0.05	-0.14	0.149	Si	Si
845	594524.386	8177078.848	-0.02	-0.14	0.141	Si	Si
846	594518.975	8177126.545	-0.02	-0.14	0.141	Si	Si
847	594552.582	8177336.770	-0.02	-0.14	0.141	Si	Si
848	593526.952	8178506.643	0.00	-0.14	0.140	Si	Si
849	593547.067	8178470.980	0.00	-0.14	0.140	Si	Si
850	593587.327	8178481.314	0.00	-0.14	0.140	Si	Si
851	591801.736	8171960.049	0.11	-0.08	0.136	Si	Si
852	599055.622	8173373.789	0.11	-0.08	0.136	Si	Si
853	599033.822	8173313.427	0.11	-0.08	0.136	Si	Si
854	599005.347	8173359.346	0.11	-0.08	0.136	Si	Si
855	591774.229	8171941.572	0.11	-0.08	0.136	Si	Si
856	589304.495	8176775.055	0.09	-0.10	0.135	Si	Si
857	589206.109	8176977.746	0.09	-0.10	0.135	Si	Si
858	589548.780	8176679.208	0.09	-0.10	0.135	Si	Si
859	592347.166	8177218.675	0.06	0.09	0.108	Si	Si
860	592288.567	8177201.476	0.06	0.09	0.108	Si	Si
861	590290.202	8180877.491	0.10	-0.02	0.102	Si	Si
862	594343.150	8179285.502	-0.03	0.09	0.095	Si	Si