



## TRABAJO FIN DE GRADO

# Reposición de la Red Básica Municipal de Donostia/San Sebastián

(Red Urbana de Referencias Topográficas)

**Autor:** Asier Izquierdo Pérez

**Tutora:** Karmele Artano Pérez

~JULIO 2014~

# Contenido

---

## ~ÍNDICE~

<b>I. AGRADECIMIENTOS.....</b>	<b>10</b>
<b>II. RESUMEN.....</b>	<b>11</b>
<b>III. MEMORIA.....</b>	<b>12</b>
<b>1. ANTECEDENTES.....</b>	<b>12</b>
<b>2. OBJETIVOS .....</b>	<b>14</b>
<b>3. RED BÁSICA MUNICIPAL DE DONOSTIA/SAN SEBASTIÁN.....</b>	<b>15</b>
<b>4. REPOSICIÓN DE LA RED BÁSICA MUNICIPAL DE DONOSTIA/SAN SEBASTIÁN.....</b>	<b>22</b>
4.1. Introducción.....	22
4.2. Revisión de los vértices que componen la RBM.....	22
4.3. Análisis y valoración de la RBM .....	22
4.3.1. Eliminación de vértices .....	23
4.3.2. Reposición de vértices.....	23
4.3.3. Ampliación de la RBM .....	24
4.3.4. Resumen de la futura RBM.....	25
4.4. Materialización de los vértices.....	26
4.5. Observación de los vértices.....	26
4.5.1. Metodología clásica .....	26
4.5.1.1. Elección del instrumental .....	26
4.5.1.2. Cálculo de la constante de los prismas .....	30
4.5.1.3. Metodología de observación en planimetría.....	34
4.5.1.4. Vértices observados .....	36
4.5.1.5. Cálculo de poligonales.....	37
4.5.1.6. Factor de escala y convergencia de los meridianos .....	37
4.5.1.7. Determinación de la cota .....	38
4.5.1.1. Elección del instrumental .....	41
4.5.1.1. Resultados obtenidos. ....	44
4.5.1. Observaciones GNSS.....	45
4.5.1.1. Instrumentos empleados.....	46
4.5.1.1. Metodología de observación GNSS .....	47
4.5.1.1. Metodología de cálculo .....	48
4.5.1.1. Coordenadas finales.....	52

## Contenido

---

<b>5. RTK EN RED COMO METODOLOGÍA ALTERNATIVA.....</b>	<b>54</b>
5.1. Introducción.....	54
5.2. Concepto de RTK en RED (NRTK).....	54
5.3. Componentes de RTK en RED.....	55
5.3.1. Segmento de adquisición de datos.....	55
5.3.2. Red de transmisión de datos.....	55
5.3.3. Centro de control.....	55
5.3.4. Red de difusión de datos.....	55
5.1. Formato de envío de correcciones.....	56
5.1.1. Formato RTCM SC-104.....	56
5.1.2. Formato CMR y CMR+.....	57
5.1.3. Formato LEICA.....	58
5.2. Protocolos de comunicación.....	58
5.2.1. Protocolo NMEA 0183.....	58
5.2.2. Protocolo NTRIP.....	59
5.2.2.1. Servidores NTRIP.....	59
5.2.2.2. Caster NTRIP.....	59
5.2.2.3. Clientes NTRIP.....	59
5.3. Fuentes de error y correcciones RTK.....	60
5.3.1. Fuentes de error.....	60
5.3.2. Correcciones RTK.....	60
5.3.2.1. Base simple.....	61
5.3.2.2. Estación de referencia virtual (VRS).....	61
5.3.2.3. Solución Master-Auxiliary (MAX).....	62
5.3.2.4. Solución MAX individualizada (iMAX).....	64
5.3.2.5. Solución FKP (Flechen Korrektur Parameter).....	65
5.3.1. Estado actual de las redes GNSS a nivel estatal.....	66
<b>6. ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS SOLUCIONES RTK EN RED.....</b>	<b>69</b>
6.1. Introducción.....	69
6.2. Red de estaciones GNSS de Euskadi.....	69
6.2.1. Centro de Control.....	70
6.2.2. Soluciones.....	72
6.2.2.1. Puerto 2101.....	72
6.2.2.2. Puerto 2102.....	72
6.2.2.3. Puerto 2103.....	72

## Contenido

---

6.2.3.	Aplicaciones ofrecidas por la Red GNSS de Euskadi .....	72
6.2.3.1.	Aplicaciones en tiempo real .....	73
6.2.3.2.	Aplicaciones en Post-proceso .....	73
6.3.	Estudio comparativo .....	74
6.3.1.	Metodología de trabajo .....	74
6.3.2.	Instrumentos empleados.....	74
6.3.3.	Estudio en zona 1 .....	75
6.3.3.1.	Estudio de la planimetría.....	79
6.3.3.2.	Estudio de la altimetría .....	83
6.3.4.	Estudio en zona 2.....	88
6.3.4.1.	Estudio de la planimetría.....	92
6.3.4.1.	Estudio de la planimetría.....	97
6.3.5.	Estudio en zona 3.....	102
6.3.5.1.	Estudio de la planimetría.....	106
6.3.5.2.	Estudio de la altimetría .....	110
6.3.6.	Resumen de los resultados obtenidos en cada zona .....	115
<b>IV.</b>	<b>ESTUDIO ECONÓMICO .....</b>	<b>117</b>
<b>1.</b>	<b>Introducción .....</b>	<b>117</b>
<b>2.</b>	<b>Conceptos de la valoración económica .....</b>	<b>118</b>
2.1.	Gastos por mano de obra.....	118
2.2.	Coste económico por alquiler de material.....	120
2.3.	Coste económico del material empleado .....	121
2.4.	Coste final .....	122
<b>V.</b>	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>124</b>
<b>VI.</b>	<b>ANEXOS.....</b>	<b>127</b>
<b>VII.</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>192</b>

## Contenido

---

### ~ÍNDICE TABLAS~

<b>TABLA 1:</b> VÉRTICES INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL .....	<b>16</b>
<b>TABLA 2:</b> SEÑALES DE NIVELACIÓN DE PRECISIÓN .....	<b>17</b>
<b>TABLA 3:</b> RELACIÓN DE VÉRTICES A NO REPONER.....	<b>23</b>
<b>TABLA 4:</b> RELACIÓN DE VÉRTICES A REPONER .....	<b>24</b>
<b>TABLA 5:</b> RELACIÓN DE VÉRTICES NUEVOS.....	<b>25</b>
<b>TABLA 6A:</b> ESPECIFICACIONES TÉCNICAS (MEDIDAS ANGULARES) ESTACIONES TOTALES LEICA .....	<b>27</b>
<b>TABLA 6B:</b> ESPECIFICACIONES TÉCNICAS (MEDIDA DE DISTANCIAS) ESTACIONES TOTALES LEICA .....	<b>27</b>
<b>TABLA 7:</b> FORMULARIO CÁLCULO ERRORES.....	<b>28</b>
<b>TABLA 8:</b> ERRORES ACCIDENTALES (LEICA TCRP 1203).....	<b>28</b>
<b>TABLA 9:</b> ERRORES COMETIDOS PARA POLIGONALES (LEICA TCRP 1203).....	<b>28</b>
<b>TABLA 10:</b> ERRORES ACCIDENTALES (LEICA TCRP 1205).....	<b>29</b>
<b>TABLA 11:</b> ERRORES COMETIDOS PARA POLIGONALES (LEICA TCRP 1205) ...	<b>29</b>
<b>TABLA 12:</b> LISTADO DE POLIGONALES .....	<b>37</b>
<b>TABLA 13:</b> RELACIÓN DE VÉRTICES A NIVELAR .....	<b>40</b>
<b>TABLA 14:</b> FORMULARIO CÁLCULO ERRORES.....	<b>42</b>
<b>TABLA 15:</b> ERRORES ACCIDENTALES NIKON AZ-1 .....	<b>42</b>
<b>TABLA 16:</b> ERROR KILOMÉTRICO Y TOLERANCIA .....	<b>42</b>
<b>TABLA 17:</b> COTAS OBTENIDAS POR NIVELACIÓN GEOMÉTRICA .....	<b>44</b>
<b>TABLA 18:</b> VÉRTICES OBSERVADOS MEDIANTE TÉCNICA GNSS .....	<b>46</b>
<b>TABLA 19:</b> COORDENADAS ESPACIALES DE LOS NUEVOS VÉRTICES DE LA RBM .....	<b>53</b>
<b>TABLA20:</b> MENSAJES RTCM 3.1 .....	<b>57</b>
<b>TABLA 21:</b> REDES GNSS PERMANENTES A NIVEL ESTATAL .....	<b>68</b>
<b>TABLA22:</b> DISTANCIAS EN METROS DE LÍNEA BASE “VÉRTICE-ESTACIÓN” EN ZONA 1.....	<b>76</b>
<b>TABLA23:</b> OBSERVACIÓN BASE SIMPLE EN PRIMERA VUELTA (ZONA1) .....	<b>77</b>
<b>TABLA24:</b> OBSERVACIÓN VRS EN PRIMERA VUELTA (ZONA1) .....	<b>77</b>
<b>TABLA25:</b> OBSERVACIÓN IMAX EN PRIMERA VUELTA (ZONA1).....	<b>77</b>
<b>TABLA26:</b> OBSERVACIÓN BASE SIMPLE EN SEGUNDA VUELTA (ZONA1).....	<b>78</b>
<b>TABLA27:</b> OBSERVACIÓN VRS EN SEGUNDA VUELTA (ZONA1) .....	<b>78</b>
<b>TABLA28:</b> OBSERVACIÓN IMAX EN SEGUNDA VUELTA (ZONA1).....	<b>78</b>
<b>TABLA29:</b> DIFERENCIAS RESPECTO SOLUCIÓN ESTÁTICA (M) (ZONA1) .....	<b>79</b>

## Contenido

---

<b>TABLA30:</b> COMPONENTE CUADRÁTICA DE DIFERENCIAS RESPECTO SOLUCIÓN ESTÁTICA (M) .....	<b>79</b>
<b>TABLA 31:</b> RESUMEN ESTUDIO ESTADÍSTICO PARA PLANIMETRÍA EN ZONA 1 .....	<b>83</b>
<b>TABLA 32:</b> DIFERENCIAS (DH) RESPECTO SOLUCIÓN ESTÁTICA (M) (ZONA1).	<b>83</b>
<b>TABLA 33:</b> RESUMEN ESTUDIO ESTADÍSTICO PARA ALTIMETRÍA EN ZONA 1..	<b>87</b>
<b>TABLA 34:</b> DISTANCIAS EN METROS DE LINEAS BASE “VÉRTICE-ESTACIÓN” EN ZONA 2.....	<b>90</b>
<b>TABLA35:</b> OBSERVACIÓN BASE SIMPLE EN PRIMERA VUELTA (ZONA2) .....	<b>90</b>
<b>TABLA36:</b> OBSERVACIÓN VRS EN PRIMERA VUELTA (ZONA2) .....	<b>90</b>
<b>TABLA37:</b> OBSERVACIÓN IMAX EN PRIMERA VUELTA (ZONA2).....	<b>91</b>
<b>TABLA38:</b> OBSERVACIÓN BASE SIMPLE EN SEGUNDA VUELTA (ZONA2).....	<b>91</b>
<b>TABLA39:</b> OBSERVACIÓN VRS EN SEGUNDA VUELTA (ZONA2).....	<b>91</b>
<b>TABLA40:</b> OBSERVACIÓN IMAX EN SEGUNDA VUELTA (ZONA2).....	<b>92</b>
<b>TABLA 41:</b> DIFERENCIAS RESPECTO SOLUCIÓN ESTÁTICA (M) (ZONA 2) .....	<b>92</b>
<b>TABLA 42:</b> COMPONENTE CUADRÁTICA DE DIFERENCIAS RESPECTO SOLUCIÓN ESTÁTICA (M) (ZONA2) .....	<b>93</b>
<b>TABLA 43:</b> RESUMEN ESTUDIO ESTADÍSTICO PARA PLANIMETRÍA EN ZONA 2 .....	<b>97</b>
<b>TABLA 44:</b> DIFERENCIAS (DH) RESPECTO SOLUCIÓN ESTÁTICA (M) (ZONA2).	<b>97</b>
<b>TABLA 45:</b> RESUMEN ESTUDIO ESTADÍSTICO PARA ALTIMETRÍA EN ZONA 2	<b>101</b>
<b>TABLA 46:</b> DISTANCIAS EN METROS DE LÍNEA BASE “VÉRTICE-ESTACIÓN” EN ZONA 3.....	<b>104</b>
<b>TABLA47:</b> OBSERVACIÓN BASE SIMPLE EN PRIMERA VUELTA (ZONA3) .....	<b>104</b>
<b>TABLA48:</b> OBSERVACIÓN VRS EN PRIMERA VUELTA (ZONA3) .....	<b>104</b>
<b>TABLA49:</b> OBSERVACIÓN IMAX EN PRIMERA VUELTA (ZONA3).....	<b>105</b>
<b>TABLA50:</b> OBSERVACIÓN BASE SIMPLE EN SEGUNDA VUELTA (ZONA3).....	<b>105</b>
<b>TABLA51:</b> OBSERVACIÓN VRS EN SEGUNDA VUELTA (ZONA3).....	<b>105</b>
<b>TABLA52:</b> OBSERVACIÓN IMAX EN SEGUNDA VUELTA (ZONA3).....	<b>105</b>
<b>TABLA53:</b> DIFERENCIAS RESPECTO SOLUCIÓN ESTÁTICA (M) (ZONA3) .....	<b>106</b>
<b>TABLA54:</b> COMPONENTE CUADRÁTICA DE DIFERENCIAS RESPECTO SOLUCIÓN ESTÁTICA (M)(ZONA3) .....	<b>106</b>
<b>TABLA 55:</b> RESUMEN ESTUDIO ESTADÍSTICO PARA PLANIMETRÍA EN ZONA 3 .....	<b>110</b>

## Contenido

---

<b>TABLA 56:</b> DIFERENCIAS (DH) RESPECTO SOLUCIÓN ESTÁTICA (M) (ZONA3)	<b>110</b>
<b>TABLA 57:</b> RESUMEN ESTUDIO ESTADÍSTICO PARA ALTIMETRÍA EN ZONA 3	<b>114</b>
<b>TABLA58:</b> RESUMEN DIFERENCIAS (M) OBTENIDAS EN PLANTA RESPECTO SOLUCIÓN ESTÁTICA.....	<b>115</b>
<b>TABLA59:</b> RESUMEN DIFERENCIAS (M) OBTENIDAS EN ALTIMETRÍA RESPECTO SOLUCIÓN ESTÁTICA.....	<b>115</b>
<b>TABLA 60:</b> DESGLOSE HORAS EMPLEADAS.....	<b>119</b>
<b>TABLA 61:</b> COSTE TOTAL MANO DE OBRA .....	<b>120</b>
<b>TABLA62:</b> COSTE KILOMETRAJE.....	<b>120</b>
<b>TABLA 63:</b> COSTE POR ALQUILER DE MATERIAL.....	<b>121</b>
<b>TABLA 64:</b> COSTE MATERIAL .....	<b>122</b>
<b>TABLA 65:</b> COSTE FINAL .....	<b>123</b>

## Contenido

---

### ~ÍNDICE DE FIGURAS~

<b>FIGURA 1: VÉRTICE TIPO .....</b>	<b>15</b>
<b>FIGURA 2: INFRAESTRUCTURA TOPOGRÁFICA .....</b>	<b>16</b>
<b>FIGURA 3: DISTRIBUCIÓN DE PUNTOS DE CONTROL PARA TRABAJO CAMBIO DE DATUM.....</b>	<b>18</b>
<b>FIGURA 5: ESQUEMA DE OBSERVACIÓN PARA METODOLOGÍA 2.....</b>	<b>32</b>
<b>FIGURA 6: ESQUEMA DE OBSERVACIÓN POLIGONAL MEDIANTE MÉTODO MOINOT .....</b>	<b>35</b>
<b>FIGURA 7: CENTRADO FORZOSO .....</b>	<b>36</b>
<b>FIGURA 8: CÁLCULO FACTOR DE ESCALA Y CONVERGENCIA DE MERIDIANOS CON SOFTWARE PAG.....</b>	<b>38</b>
<b>FIGURA 9: MODELO GEOIDE EGM08-REDNAP.....</b>	<b>39</b>
<b>FIGURA 10: ESQUEMA OBSERVACIÓN NIVELACIÓN GEOMÉTRICA. ....</b>	<b>41</b>
<b>FIGURA 11: METODOLOGÍA SEGUIDA EN CAMPO PARA NIVELACIÓN DE VÉRTICES.....</b>	<b>43</b>
<b>FIGURA 12: ERROR SISTEMÁTICO EN NIVEL.....</b>	<b>44</b>
<b>FIGURA 13: FICHA TÉCNICA RECEPTORES GNSS SERIE HIPER .....</b>	<b>47</b>
<b>FIGURA 14: LÍNEA BASE OBTENIDA CON PINNACLE.....</b>	<b>50</b>
<b>FIGURA 15: DETERMINACIÓN DE LA ONDULACIÓN DEL GEOIDE .....</b>	<b>51</b>
<b>FIGURA 16: DETERMINACIÓN DE LA ONDULACIÓN DEL GEOIDE USANDO SOFTWARE PAG.....</b>	<b>51</b>
<b>FIGURA 17: COMPONENTES PROTOCOLO NTRIP .....</b>	<b>60</b>
<b>FIGURA 18: METODOLOGÍA VRS .....</b>	<b>62</b>
<b>FIGURA 19: SOLUCIÓN MAX.....</b>	<b>62</b>
<b>FIGURA 20: SOLUCIÓN IMAX.....</b>	<b>64</b>
<b>FIGURA 21: SOLUCIÓN FKP .....</b>	<b>65</b>
<b>FIGURA 22: REDES DE ESTACIONES PERMANENTES EN LA PENÍNSULA IBÉRICA .....</b>	<b>67</b>
<b>FIGURA 23: RED ESTACIONES GNSS PERMANENTES EUSKADI .....</b>	<b>70</b>
<b>FIGURA 24: ANÁLISIS EFECTO MULTIPATH.....</b>	<b>71</b>
<b>FIGURA 25: GESTIÓN DE RED VRS .....</b>	<b>71</b>
<b>FIGURA 26: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS LEICA GS14 .....</b>	<b>75</b>
<b>FIGURA 27: ZONA DE ESTUDIO ZONA1.....</b>	<b>76</b>
<b>FIGURA 28: ZONA DE ESTUDIO ZONA2.....</b>	<b>88</b>
<b>FIGURA 29: ZONA DE ESTUDIO ZONA3.....</b>	<b>102</b>



## Contenido

---

**FIGURA 30: DETALLE DE ELECCIÓN DE PUNTOS PARA ESTUDIO EN ZONA 3 103**

## Contenido

---

### ~ÍNDICE DE GRÁFICOS~

<b>GRÁFICO 1A:</b> ERROR MEDIO CUADRÁTICO OBTENIDO TRAS AJUSTE.....	<b>19</b>
<b>GRAFICO 1B:</b> ERROR MEDIO CUADRÁTICO OBTENIDO TRAS AJUSTE .....	<b>20</b>
<b>GRAFICO 1C:</b> ERROR MEDIO CUADRÁTICO OBTENIDO TRAS AJUSTE.....	<b>20</b>
<b>GRAFICO 1D:</b> ERROR MEDIO CUADRÁTICO OBTENIDO TRAS AJUSTE .....	<b>21</b>
<b>GRÁFICO 2:</b> RESUMEN DE LA 6ª REPOSICIÓN DE LA RBM.....	<b>25</b>
<b>GRÁFICO 3:</b> RELACIÓN DE VÉRTICES NUEVOS, REPUESTOS Y ELIMINADOS EN LA 6ª REPOSICIÓN DE LA RBM.....	<b>25</b>
<b>GRÁFICO 4:</b> DISPERSIÓN DE ERRORES SEGÚN INSTRUMENTO.....	<b>30</b>
<b>GRÁFICO5:</b> DIFERENCIAS EN PLANIMETRÍA (ZONA 1).....	<b>80</b>
<b>GRÁFICO 6:</b> <i>DIFERENCIAS EN PLANIMETRÍA CON BASE SIMPLE (ZONA 1)</i> .....	<b>81</b>
<b>GRÁFICO 7:</b> <i>DIFERENCIAS EN PLANIMETRÍA CON VRS (ZONA 1)</i> .....	<b>82</b>
<b>GRÁFICO 8:</b> <i>DIFERENCIAS EN PLANIMETRÍA CON IMAX (ZONA 1)</i> .....	<b>82</b>
<b>GRÁFICO9:</b> DIFERENCIAS EN ALTIMETRÍA (ZONA 1).....	<b>84</b>
<b>GRÁFICO 10:</b> <i>DIFERENCIAS EN ALTIMETRÍA CON BASE SIMPLE (ZONA 1)</i> .....	<b>85</b>
<b>GRÁFICO 11:</b> <i>DIFERENCIAS EN ALTIMETRÍA CON VRS (ZONA 1)</i> .....	<b>86</b>
<b>GRÁFICO 12:</b> <i>DIFERENCIAS EN ALTIMETRÍA CON IMAX (ZONA 1)</i> .....	<b>87</b>
<b>GRÁFICO13:</b> DIFERENCIA EN PLANIMETRÍA (ZONA 2) .....	<b>94</b>
<b>GRÁFICO 14:</b> <i>DIFERENCIAS EN PLANIMETRÍA CON BASE SIMPLE (ZONA 2)</i> ...	<b>95</b>
<b>GRÁFICO 15:</b> <i>PRECISIÓN PLANIMETRÍA CON VRS (ZONA 2)</i> .....	<b>95</b>
<b>GRÁFICO 16:</b> DIFERENCIAS EN PLANIMETRÍA CON IMAX .....	<b>96</b>
<b>GRÁFICO17:</b> DIFERENCIAS EN ALTIMETRÍA (ZONA 2).....	<b>98</b>
<b>GRÁFICO 18:</b> <i>DIFERENCIAS EN ALTIMETRÍA CON BASE SIMPLE (ZONA 2)</i> .....	<b>99</b>
<b>GRÁFICO 19:</b> <i>DIFERENCIAS EN ALTIMETRÍA CON VRS (ZONA 2)</i> .....	<b>100</b>
<b>GRÁFICO 20:</b> <i>DIFERENCIAS EN ALTIMETRÍA CON IMAX (ZONA 2)</i> .....	<b>101</b>
<b>GRÁFICO21:</b> DIFERENCIAS EN PLANIMETRÍA (ZONA 3).....	<b>107</b>
<b>GRÁFICO 22:</b> <i>DIFERENCIAS EN PLANIMETRÍA CON BASE SIMPLE (ZONA 3)</i> ..	<b>108</b>
<b>GRÁFICO 23:</b> <i>DIFERENCIAS EN PLANIMETRÍA CON VRS (ZONA 3)</i> .....	<b>109</b>
<b>GRÁFICO 24:</b> <i>DIFERENCIAS EN PLANIMETRÍA CON IMAX (ZONA 3)</i> .....	<b>109</b>
<b>GRÁFICO25:</b> DIFERENCIAS EN ALTIMETRÍA (ZONA 3).....	<b>111</b>
<b>GRÁFICO 26:</b> <i>DIFERENCIAS EN ALTIMETRÍA CON BASE SIMPLE (ZONA 3)</i> ....	<b>112</b>
<b>GRÁFICO 27:</b> <i>DIFERENCIAS EN ALTIMETRÍA CON VRS (ZONA 3)</i> .....	<b>113</b>
<b>GRÁFICO 28:</b> <i>DIFERENCIAS EN ALTIMETRÍA CON IMAX (ZONA 3)</i> .....	<b>113</b>

## **I. AGRADECIMIENTOS**

---

### **I. AGRADECIMIENTOS**

Agradezco tanto a la empresa Geograma S.L. por haberme concedido la oportunidad de realizar prácticas, como a empleados de la empresa por no haber dudado en ningún momento en ofrecerse a ayudarme cuando lo he necesitado, en especial a mi tutor de prácticas.

Una mención especial a mi tutora en el Trabajo Fin de Grado por la dedicación que ha tenido dirigiéndome el trabajo.

Mi más sincero agradecimiento a mis padres, ya que si no hubiera sido por ellos, ahora mismo no estaría escribiendo estas líneas.

Y por último, me gustaría agradecer a Vanessa por estos últimos cuatro años en los que en más de una ocasión me ha ayudado a levantar el ánimo y a continuar el camino.

En general me gustaría agradecer a todas aquellas personas que han confiado en mí y han sabido estar cuando se les ha necesitado.

## II. RESUMEN

---

### II. RESUMEN

En el presente Trabajo Fin de Grado, se trabajará sobre la Red Básica Municipal de Donostia/San Sebastián, donde el autor ha sido partícipe en la campaña de reposición de la Red. Nos remontaremos a los orígenes de la Red, explicando cómo nació la Red Básica Municipal de Donostia/San Sebastián y la metodología que se usó para los trabajos previos a su implantación.

A lo largo del trabajo, se explicará la metodología de observación y cálculo que se ha empleado en la actual reposición de la Red, el cual ha sido desarrollado por la empresa Geograma S.L. para el Ayuntamiento de San Sebastián entre enero y mayo de 2014.

Finalmente, se estudiará como metodología alternativa las observaciones RTK en Red (NRTK), con el fin de validar el método para trabajos de observación de Redes Urbanas de Referencias Topográficas.

### III. MEMORIA

#### 1. Antecedentes

---

### III. MEMORIA

#### 1. ANTECEDENTES

El Trabajo Fin de Grado cuya memoria a continuación se expone, ha sido realizado por el alumno Asier Izquierdo Perez, estudiante de Grado en Ingeniería en Topografía y Geomática durante el curso 2013-2014. El trabajo ha sido tutelado por la profesora Karmele Artano Pérez.

El mencionado trabajo trata sobre la reposición de la Red Urbana Municipal del municipio gipuzkoano de Donostia/San Sebastián. Dicho trabajo se ha llevado a cabo gracias a un convenio empresa-universidad, el cual se firmó en junio de 2013 con la empresa Geograma, con una duración de 750 horas, donde se ha tenido la oportunidad de aplicar y ampliar los conocimientos adquiridos durante los años de formación. Durante este periodo se han realizado diferentes tareas tales como levantamientos de zonas urbanas para la actualización de cartografía de los ayuntamientos de Donostia/San Sebastián, Renteria y Astigarraga para su posterior integración en la cartografía existente de los municipios, revisión de vértices de la Red Urbana de Referencias Topográficas de los municipios de Hernani y Donostia/San Sebastián. En este último municipio además de realizarse la revisión, también se ha realizado la posterior reposición de los vértices. La mencionada reposición, será la base del presente Trabajo Fin de Grado.

Geograma es una empresa de Vitoria-Gasteiz, especializada en la captura, tratamiento y gestión de Geoinformación, entendiéndose como Geoinformación, todos aquellos datos con una componente geográfica o territorial. Entre las tareas que desempeña Geograma, destacan las siguientes:

**Inventarios activos:** Recopilación y georreferenciación de una base de datos de elementos de un territorio, desde mobiliario urbano, hasta patrimonio histórico cultural.

**Topografía industrial:** Campo de la topografía en el que se realizan proyectos de modificación de líneas de montaje, montaje y desmontaje de estructuras,

### III. MEMORIA

#### 1. Antecedentes

---

control de deformación de estructuras y proyectos para modificar y adaptar maquinaria de calderería, forja y laminado, entre otros.

**Servicios topográficos:** Soluciones propuestas por la empresa, usando desde métodos de topografía clásica, hasta metodología basada en GPS.

Entre las diferentes soluciones cabría mencionar:

- ✓ Actualización de cartografía urbana y municipal
- ✓ Control cartográfico y topográfico
- ✓ Apoyo de vuelos fotogramétricos
- ✓ Levantamientos taquimétricos

**Servicios GIS:** Consultoría que dispone de un equipo de consultores con amplia experiencia, capaces de analizar la situación actual de una organización y proyectarla al futuro atendiendo a las necesidades expuesta por la dirección.

**Mobile Mapping:** *Solución de Geograma compuesta por datos y herramientas* que permiten la realización de mediciones, inventarios y gestiones completas del territorio, desde la oficina y con precisión topográfica.

Mediante este sistema, no sólo se aceleran los procesos de captura, sino también en el conjunto de soluciones derivadas que se han desarrollado, posibilitando visualizaciones a pie de calle, mediciones en panoramas, o dicho de otra manera, mediciones sobre la misma fotografía, además de digitalizaciones cartográficas y la opción de poder realizar inventarios. [1]

### III. MEMORIA

#### 2. Objetivos

---

#### 2. OBJETIVOS

En el presente Trabajo de Fin de Grado se alcanzarán los siguientes objetivos:

*a) Aplicación y profundización de conocimientos adquirido en los estudios*

Mediante este trabajo se pretende poner en práctica los conocimientos adquiridos durante los estudios del grado en Ingeniería en Topografía y Geomática.

*b) Trabajo en una de las empresas del sector de la topografía.*

Realizándose prácticas en una de las empresas líderes en el sector de la topografía en el País Vasco, donde se enfocará desde un punto de vista práctico lo estudiado en el Grado

*c) Reposición de una Red Urbana de Referencias Topográficas*

Al formar parte en la reposición de la Red Urbana de Referencias Topográficas de Donostia/San Sebastián se tratará de comprender la importancia del mantenimiento de una Red de estas características así como la necesidad de este tipo de Red.

*d) Investigación de la metodología de observación GNSS RTK en Red.*

Se investigará la metodología RTK en Red como metodología alternativa para trabajos de precisión, como es el caso de la observación de una Red Urbana de Referencias Topográficas

*e) Estudio comparativo de métodos de observación RTK en diferentes zonas de la Red GNSS de estaciones permanentes de Euskadi para futura validación para trabajos de precisión*

En el estudio se elegirá una zona muy próxima a una estación de referencia, otra zona interpolada de la Red y finalmente se escogerá una zona extrapolada de la red. Una vez realizado el estudio comparativo y habiendo analizado las precisiones obtenidas se estudiará la validación del RTK en Red para trabajos que se requiera una precisión centimétrica similar a la exigida en una Red Urbana de Referencias Topográficas.

### III. MEMORIA

#### 3. Red Básica Municipal de Donostia/San Sebastián

---

#### 3. RED BÁSICA MUNICIPAL DE DONOSTIA/SAN SEBASTIÁN

La Red Básica Municipal (RBM) de Donostia/San Sebastián, está clasificada como una Red Urbana de Referencias Topográficas (R.U.R.T.).

Una Red Urbana de Referencias Topográficas constituye la infraestructura topográfica de un término municipal (Donostia/San Sebastián en nuestro caso) y está formado por puntos de coordenadas conocidas, tanto planimetrías (X, Y) como altimétricas (Cotas), ambas referidas a un sistema de referencia.

Los vértices estarán materializados de tal manera, que se garantice su perdurabilidad (dentro de la medida de lo posible). Su materialización se basa en la colocación de clavos de latón dorado (*Figura 1*) repartidos por el municipio de la forma más homogénea posible. En los vértices aparecerá reflejado tanto su número como la descripción “RBM D-SS”



**Figura 1:** Vértice tipo

La Red Básica Municipal de Donostia/San Sebastián (RBM) nace en el verano de 2001, colocando un total de 548 vértices, siendo Omega la empresa encargada de su materialización y respectivo cálculo. El paso previo a la creación de la red existente será la creación de una infraestructura topográfica (*Figura 2*) que permita realizar todas las mediciones necesarias para poder confeccionar la nueva red. También será necesario que la red esté en un sistema de coordenadas absoluto, utilizándose el sistema de referencia ED50.

Los vértices usados para la creación de la red, desde la cual se observarán los vértices que formarán la RBM, son propiedad del Instituto Geográfico Nacional (*Tabla 1*)

<b>VERTICE</b>
SAN TELMO

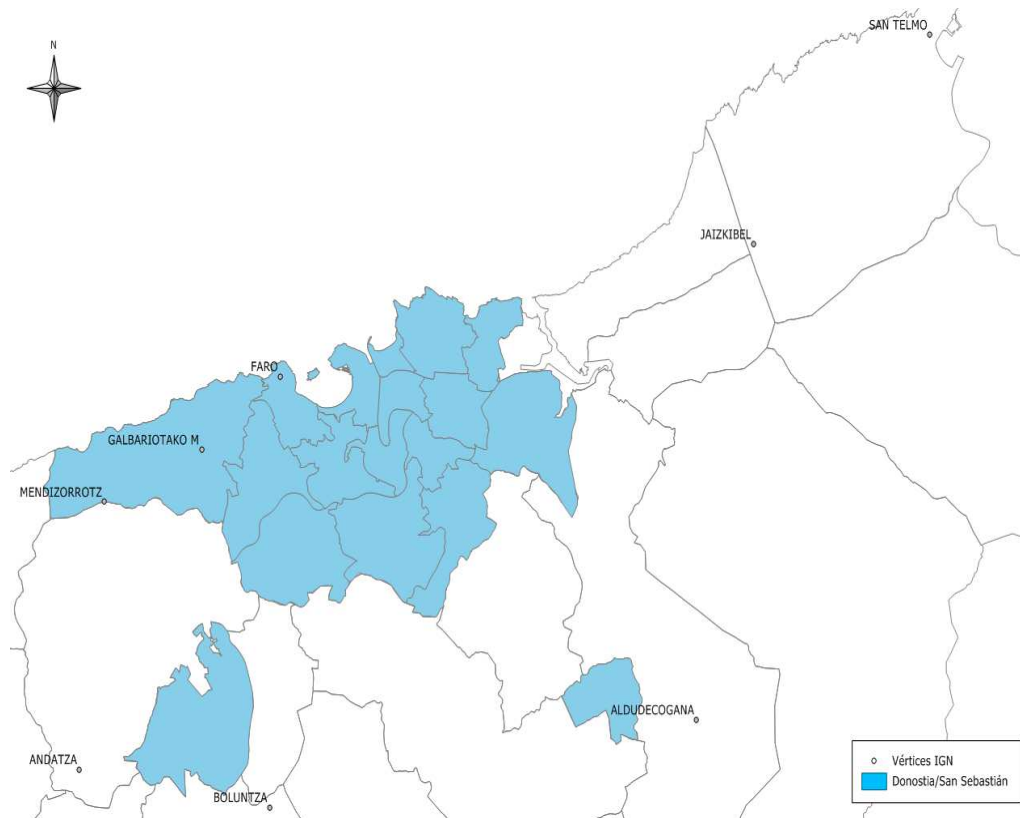


### III. MEMORIA

#### 3. Red Básica Municipal de Donostia/San Sebastián

FARO
MENDIZORROTZ
ALDUDECOGAÑA
JAIZKIBEL
ANDATZA
TXORITOKIETA
BOLUNTZA

**Tabla 1:** Vértices Instituto Geográfico Nacional



**Figura 2:** Infraestructura topográfica

Así mismo, para dotar de cota a los vértices se calcularán a partir de vértices del Instituto Geográfico Nacional (IGN) o señales homologadas por la sección de Cartografía del Gobierno Vasco. (Tabla 2)

### III. MEMORIA

#### 3. Red Básica Municipal de Donostia/San Sebastián

---

SEÑALES DE NIVELACIÓN DE PRECISIÓN
NPH-1,NPH-2, NPH-8, R8-2, NPE-19, NPE-20, A8-5, A8-7, A8-8, A34-1, NAPE-544, NAPE-561, NPF-3, NPE-22, GI-552-A, GI-722-A, GI-728-A, DONO-2, DONO-3, DONO-4, DONO-5, DONO-8, DONO-9, DONO-10, DONO-11, DONO-13, DONO-14, DONO-15, DONO-17, DONO-18 y AYT. SS.

**Tabla 2: Señales de nivelación de precisión**

De acuerdo con la dirección técnica de los trabajos se toma el vértice de San Telmo como origen de coordenadas en planimetría y las señales de nivelación NAPE544 y NAPE561 en altimetría.

El sistema de referencia que se usa en esta primera fase es el denominado ED50 empleando el sistema de proyección Universal Transverse Mercator (UTM) en el huso 30 zona Norte. [2]

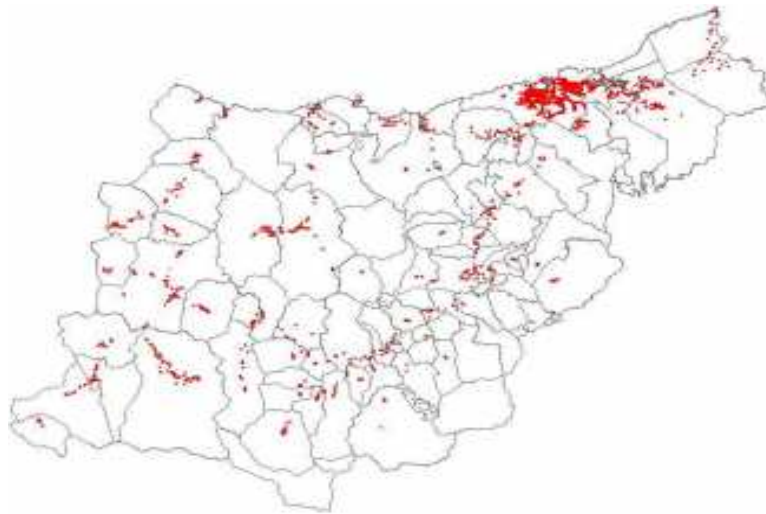
A consecuencia del Real Decreto 1071/2007, que regula como único sistema geodésico oficial el *Terrestrial Reference System 1989* (ETRS89), la Diputación Foral de Gipuzkoa (DFG) tuvo que transformar las bases de sus municipios, entre los que se incluyen Donostia/San Sebastián.

Los organismos encargados de realizar la transformación de un sistema de referencia ED50 al sistema de referencia ETRS89 en los municipios de Gipuzkoa, fueron la empresa Geograma S.L., el Departamento de Movilidad y Ordenación del Territorio de la Diputación Foral de Gipuzkoa y la Universidad de Jaén conjunto con el Departamento de Geodesia Aplicada de Aranzadi. Para el cambio de Datum, se analizaron bases urbanas de un total de un total de 81 municipios las cuales incluyeron tanto bases con coordenadas conocidas en el sistema de referencia ED50, como bases que fueron transformadas por cada ayuntamiento a ETRS89 y bases con origen ETRS89. Para realizar los ajustes individuales se realizó una observación GNSS en ETRS89 de puntos de control distribuidos uniformemente por las zonas objeto de estudio (*Figura 3*).

### III. MEMORIA

#### 3. Red Básica Municipal de Donostia/San Sebastián

---



**Figura 3:** Distribución de puntos de control para trabajo cambio de Datum [3]

El método que se empleó fue RTK, realizándose observaciones de los puntos de control durante al menos 10 épocas distribuidas en 2 sesiones (mañana y tarde).

El método RTK (Real Time Kinematic) consiste en la obtención de coordenadas en tiempo real con precisión centimétrica (1 o 2 cm + 1ppm). Se trata de un método diferencial o relativo. Existirá un receptor fijo que estará en modo estático en un punto de coordenadas conocidas, mientras que el receptor móvil (rover) será el receptor en movimiento, del cual se determinarán las coordenadas en tiempo real. [4]

Los puntos de control que se observaron fueron vértices de Redes Urbanas de Referencia Topográfica, clavos de poligonales de relleno y puntos claramente identificables a la escala del levantamiento de cartografía (1:5000)

Además en cada sesión de trabajo se realizaron observaciones de la red pasiva IGG (Infraestructura Geodésica de Gipuzkoa), para comprobar el correcto funcionamiento del sistema. Para garantizar el correcto cálculo de las coordenadas, se realizaron observaciones en estático de al menos 4 horas a las bases de referencia situadas a menos de 7 km de los puntos de control que se observaron.

En el cálculo de soluciones del ajuste, se ajustaron 90 áreas mediante un ajuste general seguido de un ajuste individual.

### III. MEMORIA

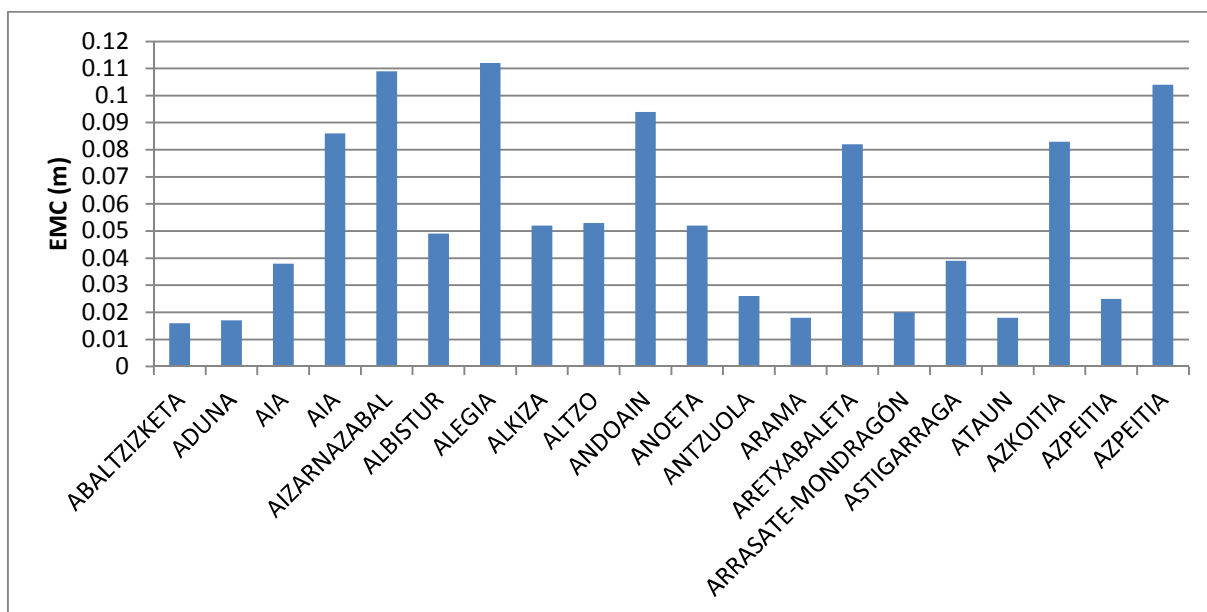
#### 3. Red Básica Municipal de Donostia/San Sebastián

El ajuste general se hizo mediante una rejilla de mínima curvatura denominada MINCURV, desarrollada por el Instituto Geográfico Nacional, con la cual se obtuvo un mínimo ajuste a coordenadas ETRS89, que incluyó el cambio de elipsoide y Datum.

El ajuste individual se obtuvo mediante una transformación Helmert 2D utilizando los puntos de control para eliminar el error de posicionamiento de cada antiguo levantamiento. Desde coordenadas ETRS89 obtenidas aplicando la rejilla MINCURV se obtuvieron coordenadas finales ajustadas al nuevo marco geodésico.

Tras esta metodología se consiguieron precisiones por debajo de 10 cm. A destacar Donostia/San Sebastián, el cual disponía de una red geodésica en ED50 y WGS84, y que a petición del ayuntamiento, se incluyó la reobservación de San Telmo a fin de cotejar su base de partida, obteniéndose una precisión de 3 mm. [3]

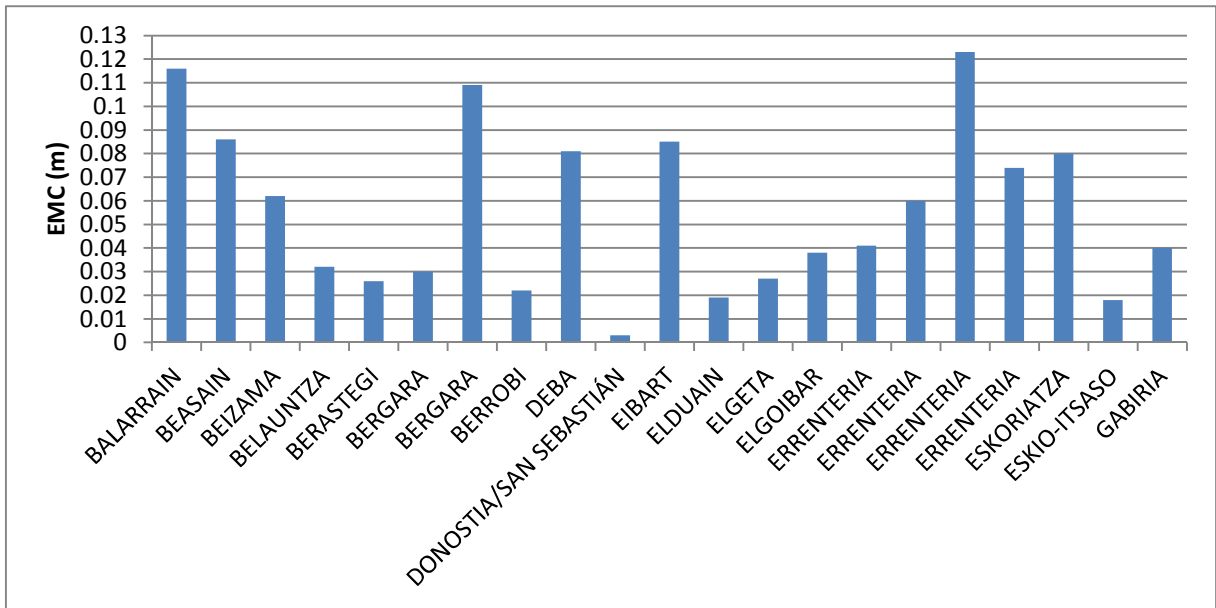
A continuación a modo de resumen (*Gráfico 1*) se muestran de manera gráfica los errores mínimos cuadráticos obtenidos en cada municipio donde se realizó el cambio de Datum.



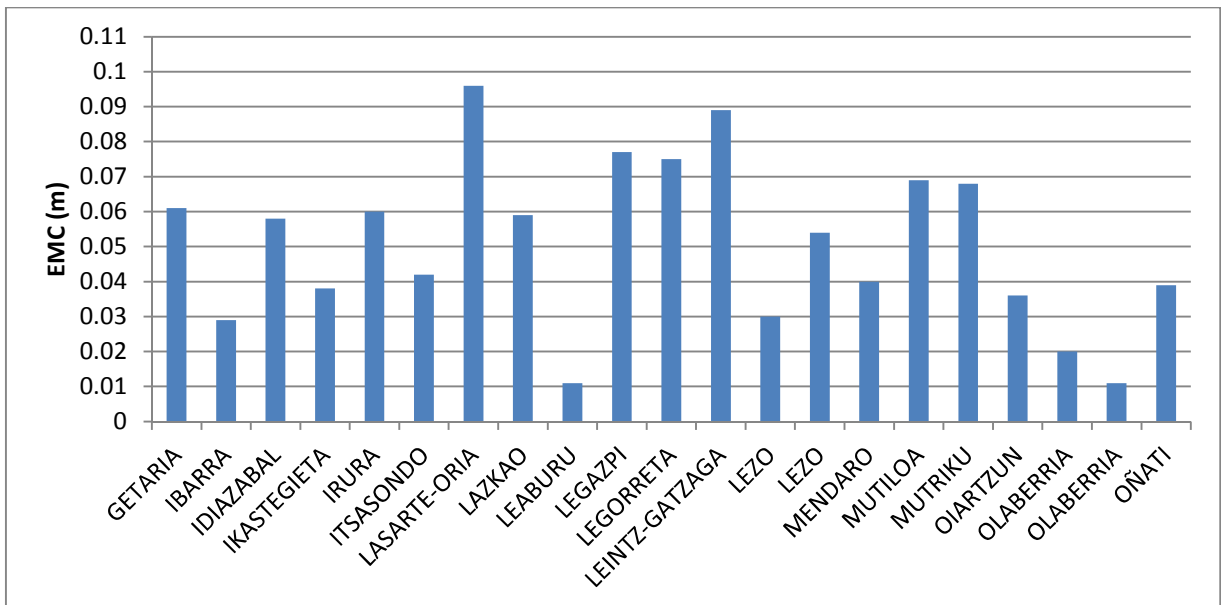
**Gráfico 1a:** Error medio cuadrático obtenido tras ajuste

### III. MEMORIA

#### 3. Red Básica Municipal de Donostia/San Sebastián



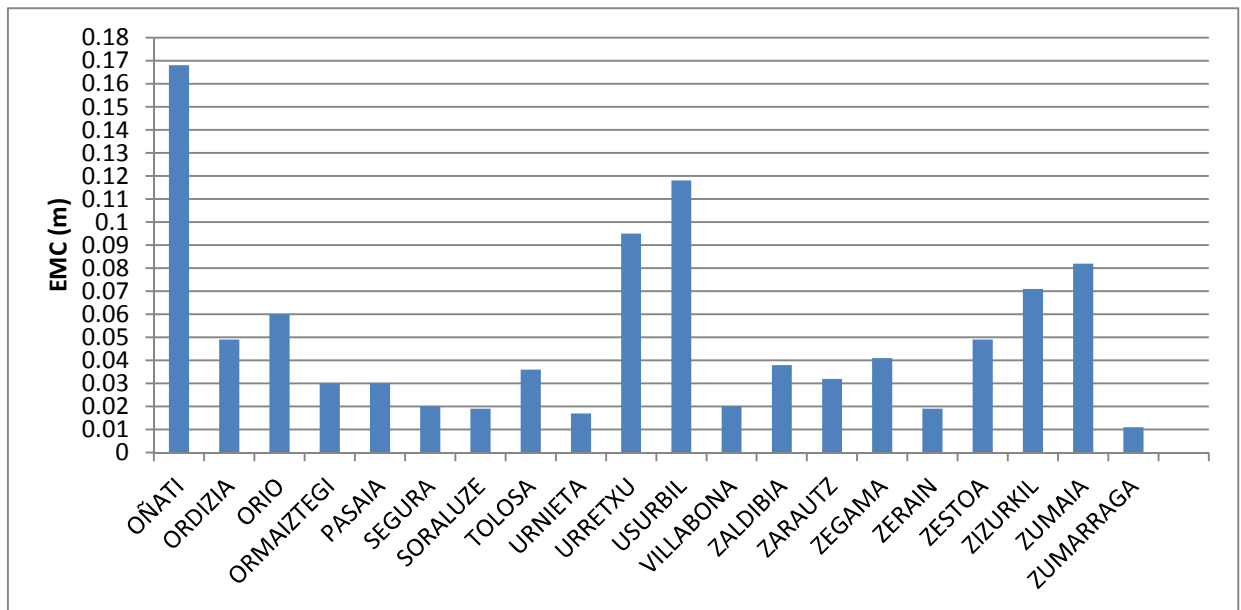
**Grafico 1b:** Error medio cuadrático obtenido tras ajuste



**Grafico 1c:** Error medio cuadrático obtenido tras ajuste

### III. MEMORIA

#### 3. Red Básica Municipal de Donostia/San Sebastián



**Grafico 1d:** Error medio cuadrático obtenido tras ajuste

### **III. MEMORIA**

#### 4. Reposición de las Red Básica Municipal de Donostia/San Sebastián

---

#### **4. REPOSICIÓN DE LA RED BÁSICA MUNICIPAL DE DONOSTIA/SAN SEBASTIÁN**

##### **4.1.Introducción**

Por motivos de construcciones de nuevos barrios, por el crecimiento de vegetación, o simplemente por el transcurso del tiempo, los vértices que componen la Red Urbana Municipal de Donostia/San Sebastián van desapareciendo o quedando inservibles, por lo que surge la necesidad de realizar campañas periódicas para actualizar la extensa Red de vértices de Donostia/San Sebastián, incluso llegando a la decisión de ampliar si se viera oportuno y/o viable, hasta poder abarcar todos los barrios nuevos que ha ido construyéndose en los últimos años.

Este año (2014) se procederá a realizar la sexta campaña de reposición de la RBM, después de 7 años desde que se hizo la última reposición.

##### **4.2.Revisión de los vértices que componen la RBM**

En esta fase de trabajo se comprobará in-situ la existencia de los vértices que componen la red. Además se comprobará las visuales con respecto a vértices cercanos de la red, prestando especial atención a que ninguno se quede “colgado” (sin visuales para orientar), o que no puedan tener visuales con otros vértices, a causa de ramas, mobiliario urbano, etc.

##### **4.3.Análisis y valoración de la RBM**

Una vez recorridos todos los vértices que componen la extensa red del municipio, tras realizar un análisis de los vértices que han desaparecido, y del estado de estos, en cuanto a orientaciones con otros vértices se refiere, ha de tomarse la decisión de qué vértices se deben eliminar de la lista de la RBM, cuales se repondrán, tanto por haber desaparecido del terreno, como por no poderse observar desde vértices cercanos de la RBM. Finalmente, se valorará en que zonas sería conveniente colocar nuevos vértices.

### III. MEMORIA

#### 4. Reposición de las Red Básica Municipal de Donostia/San Sebastián

---

##### 4.3.1. Eliminación de vértices

Con la reciente desanexión de Igeldo de Donostia/San Sebastián, todos los vértices que estén localizados en dicha localidad, se eliminarán definitivamente de la RBM.

Por otra parte, no se repondrán aquellos vértices que por su localización se consideren prescindibles, siempre que no sean vértices que se consideren necesarios, para que otros vértices se puedan orientar sobre estos. Los vértices que se mencionan en este apartado, son básicamente, todos aquellos que se encuentran en zonas de polígonos con poca actividad, zonas que se prevén una inmediata construcción o vértices que han desaparecido, pero no se considera oportuna su reposición, por encontrarse muy próximo a otro vértice de la red.

A continuación se nombran aquellos vértices que van a ser eliminados de la RBM (*Tabla 3*)

Vértice	Localización/Barrio
<b>362</b>	Barrio Loiola
<b>518</b>	Barrio Txomin-Enea
<b>519</b>	Barrio Txomin-Enea
<b>865</b>	Bº Intxaurreondo (Cuartel Guardia Civil)
<b>036</b>	Barrio Amara Viejo
<b>118*</b>	Paseo Nuevo
<b>119*</b>	Paseo Nuevo
<b>234</b>	Igeldo
<b>314</b>	El infierno (Polígono)

**Tabla 3:** Relación de vértices a no reponer

*\* Los vértices 118 y 119, no se repondrán en la campaña actual, puesto que se encuentran en el Paseo Nuevo, el cual se encuentra temporalmente cerrado por obras, no teniendo acceso a él, por motivos de seguridad.*

##### 4.3.2. Reposición de vértices

Tras realizar el análisis y la valoración oportuna, se decidirá reponer todos aquellos vértices, que estén situados en zonas céntricas del municipio, o se



### III. MEMORIA

#### 4. Reposición de las Red Básica Municipal de Donostia/San Sebastián

---

prevea que puedan ser útiles tanto para futuros trabajos, como para futuras campañas de actualización de cartografía.

Además, se repondrán todos aquellos vértices que puedan servir de orientación para otros vértices de la Red Básica Municipal, y así evitar, que ninguno se quede sin orientaciones.

A continuación se listan aquellos vértices que van a ser repuestos. (*Tabla 4*)

BARRIO	VÉRTICE(S)
ALTZA	1329
MIRAMON-ZORROAGA	1330, 1348
AÑORGA	1342, 1343
IBAETA	1333, 1334, 1335
AIETE	1337, 1338, 1336, 1347
INTXAURRONDO	1305, 1306, 1307, 1322, 1323, 1320, 1321, 1324
CENTRO	1344, 1345, 1346
LOIOLA	1302, 1303, 1304
AMARA BERRI	1301, 1319
EGIA	1308, 1319
GROS	1317
ATEGORRIETA-ULIA	1318
ANTIGUO	1332, 1339, 1340, 1341

**Tabla 4:** Relación de vértices a reponer

#### 4.3.3. Ampliación de la RBM

Con la reciente construcción de nuevas zonas urbanas, se ve la necesidad de ampliar la red geodésica del municipio.

Además, debido a las necesidades surgidas en la zona del parking del Monte Ulía, se deciden colocar nuevos vértices, ya que la zona carecía de ellos.

A continuación se muestran los nuevos vértices que se incorporarán en la RBM de Donostia/San Sebastián (*Tabla 5*).

### III. MEMORIA

#### 4. Reposición de las Red Básica Municipal de Donostia/San Sebastián

BARRIO	VÉRTICE(S)
IBAETA	1310, 1311, 1312, 1313, 1314, 1315, 1316
AÑORGA	1349, 1350, 1351
ATEGORRIETA-ULIA	1326, 1327, 1328

Tabla 5: Relación de vértices nuevos

#### 4.3.4. Resumen de la futura RBM

Con respecto a la quita reposición del año 2007 que la red contaba con 1014 vértices, en la sexta reposición se han contabilizado 937, lo que supone una pérdida del 6.3% (Gráfico 2)

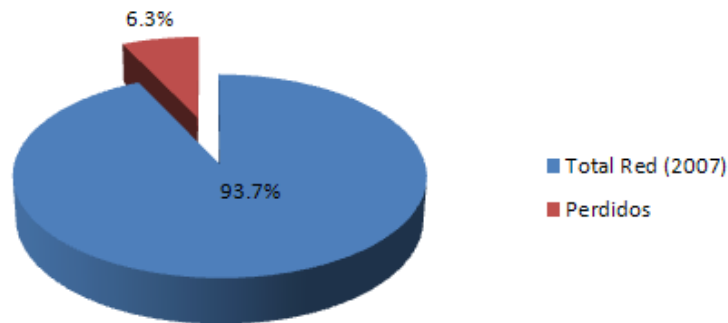


Gráfico 2: Resumen de la 6ª reposición de la RBM

Por otra parte, de los vértices que se han perdido, se reponen el 54.55%, de los cuales el 7.8% corresponden a vértices nuevos (Gráfico 3)

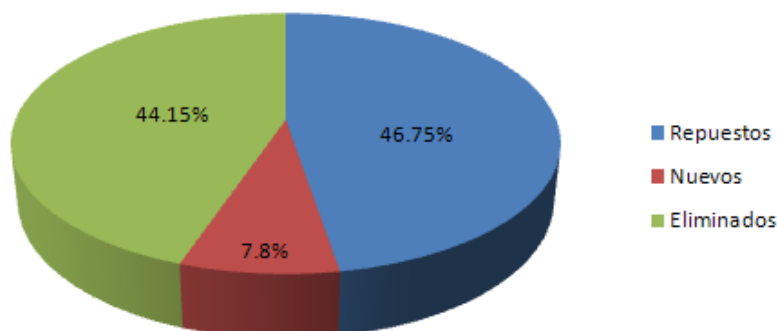


Gráfico 3: Relación de vértices nuevos, repuestos y eliminados en la 6ª reposición de la RBM

### III. MEMORIA

#### 4. Reposición de las Red Básica Municipal de Donostia/San Sebastián

---

##### 4.4. Materialización de los vértices

Bien los vértices a reponer, como los que se haya decidido ampliar, se materializaran con clavos de latón dorado, en los cuales aparecerá el número de vértice y la inscripción “RBM D-SS”. Para garantizar su durabilidad, estos clavos irán anclados al terreno usándose resina *epoxi*. [5]

##### 4.5. Observación de los vértices

Tras la materialización de los vértices, el siguiente paso será su observación, que se realizará por observaciones GNSS o empleando metodología clásica (uso de estación total), según se requiera. Para ello se establece un criterio, decidiendo realizar observaciones GNSS en aquellas zonas que se decida ampliar la red y no dispongamos de vértices de la RBM para poder realizar una poligonal de precisión.

Por otra parte, se decide reobservar los vértices 1173, 1174, 1163, 1157, 1159, 1154, 1155, 1156 ya que se detectan errores en el cálculo de sus coordenadas.

###### 4.5.1. Metodología clásica

Como ya se comentará más adelante, los vértices se observarán empleando el método de poligonal, por lo tanto, para poder observar con estación total, necesitaremos además del vértice a observar, que se puedan visar cuatro puntos conocidos de la red, de los cuales, dos de ellos se usarán a modo de orientación.

###### 4.5.1.1. Elección del instrumental

Antes de salir a campo, deberemos de elegir el instrumento que se usará. Para ello se dispone de dos estaciones totales de la casa Leica, siendo estas los modelos TCRP 1203, y TCRP 1205, cuyas especificaciones se muestran a continuación (*Tabla 6*), sólo mostrándose las referentes a las mediciones angulares, y a las mediciones de distancias en modo infra rojos (IR).

### III. MEMORIA

#### 4. Reposición de las Red Básica Municipal de Donostia/San Sebastián

Angle measurement					
		Type 1201+	Type 1202+	Type 1203+	Type 1205+
Accuracy (std.dev., ISO 17123-3)	H <sub>z</sub> , V	1" (0.3 mgon)	2" (0.6 mgon)	3" (1 mgon)	5" (1.5 mgon)
	Display resolution:	0.1" (0.1 mgon)	0.1" (0.1 mgon)	0.1" (0.1 mgon)	0.1" (0.1 mgon)
Method	absolute, continuous, diametrical				
Compensator	Working range:	4' (0.07 gon)	4' (0.07 gon)	4' (0.07 gon)	4' (0.07 gon)
	Setting accuracy:	0.5" (0.2 mgon)	0.5" (0.2 mgon)	1.0" (0.3 mgon)	1.5" (0.5 mgon)
	Method:	centralized dual axis compensator			

**Tabla 6a:** Especificaciones técnicas (medidas angulares) Estaciones Totales Leica

Distance measurement (IR-Mode)	
Range	Round prism (GPR1): 3000 m
(average atmospheric conditions)	360° reflector (GRZ4): 1500 m
	Mini prism (GMP101): 1200 m
	Reflective tape (60 mm x 60mm): 250 m
	Shortest measurable distance: 1.5 m
Accuracy / Measurement time (standard deviation, ISO 17123-4)	Standard mode: 1 mm + 1.5 ppm / typ. 2.4 s
	Fast mode: 3 mm + 1.5 ppm / typ. 0.8 s
	Tracking mode: 3 mm + 1.5 ppm / typ. <0.15 s
	Display resolution: 0.1 mm
Method	Special phase shift analyzer (coaxial, visible red laser)

**Tabla 6b:** Especificaciones técnicas (medida de distancias) Estaciones Totales Leica

Las poligonales con las que se trabajarán, no tendrán tramos mayores de 150 metros. Además de usar centrado forzoso, se aplicará el método de Bessel en las observaciones. Con el centrado forzoso, se conseguirá afinar más en las observaciones, consiguiendo eliminar el error de estacionamiento y dirección.

Para la definición del cálculo de los errores, nos basaremos en las siguientes fórmulas (*Tabla 7*).

<b>Error de verticalidad</b>	<b><math>e_v = \text{Precisión compensador}</math></b>
<b>Error de puntería</b>	<b><math display="block">e_p = \frac{\beta}{A} \left( 1 + \frac{4A}{100} \right) * \frac{1}{\sqrt{2}}</math></b>
<b><math>\beta</math> tomará valores entre 10", 20" y 50" dependiendo la calidad de las visuales <math>A</math> son los aumentos del anteojo</b>	
<b>Error de lectura</b>	<b><math>e_l = \text{desv. Tip.} / \sqrt{2}</math></b>
<b>Error de dirección</b>	<b><math display="block">e_d = \frac{e_e + e_s}{D} r'' = 0</math></b>
<b>Error Total Angular</b>	<b><math display="block">e_a = \sqrt{e_p^2 + e_l^2 + e_d^2 + e_v^2}</math></b>

### III. MEMORIA

#### 4. Reposición de las Red Básica Municipal de Donostia/San Sebastián

<b>Error Transversal</b>	$etr = \frac{L e_a}{N r''} \sqrt{2} \sqrt{\frac{N(N+1)(2N+1)}{6}}$ <p>N equivale al número de tramos de la poligonal</p>
<b>Error Longitudinal</b>	$El = e_{abs} \sqrt{n}, e_{abs} = \frac{(ee+es)+a(mm)+b(\frac{mm}{km}) \times L(km)}{\sqrt{N}}$ <p>a, referido a la parte fija del error propio del distanciómetro.  b, referido a la parte móvil del error del distanciómetro.  N se refiere al número de veces que se observa cada punto.  n corresponde al número de tramos.</p>
<b>Tolerancia</b>	$T = e_a \sqrt{2} \sqrt{n}$ <p>e<sub>a</sub> se refiere al error angular  n corresponde al número de tramos</p>

**Tabla 7:** Formulario cálculo errores

En las tablas que se presentan a continuación (*Tablas 8-11*), se muestran los resultados del estudio de errores para ambos instrumentos. Además se estudian los errores cometidos para poligonales con diferentes tramos.

Modelo	Leica TCRP1203
Ev	0.772 <sup>cc</sup>
Ed	0 <sup>cc</sup>
Ep	1.5556 <sup>cc</sup>
El	0.7071 <sup>cc</sup>
Ea	1.8749 <sup>cc</sup>

**Tabla 8:** Errores accidentales (Leica TCRP 1203)

NºTramos	Et(m)	El(m)	T(cc)
2	0.0014	0.0012	4.5926
3	0.0023	0.0015	5.3031
4	0.0034	0.0017	5.9291
5	0.0046	0.0019	6.495

**Tabla 9:** Errores cometidos para poligonales (Leica TCRP 1203)

### III. MEMORIA

#### 4. Reposición de las Red Básica Municipal de Donostia/San Sebastián

---

Modelo	Leica TCRP1203
Ev	1.286 <sup>cc</sup>
Ed	0 <sup>cc</sup>
Ep	1.5556 <sup>cc</sup>
El	0.7071 <sup>cc</sup>
Ea	2.1386 <sup>cc</sup>

**Tabla 10:** Errores accidentales (Leica TCRP 1205)

NºTramos	Et(m)	El(m)	T(cc)
2	0.0016	0.0012	5.2386
3	0.0027	0.0015	6.0490
4	0.0039	0.0017	6.7630
5	0.0053	0.0019	7.4085

**Tabla 11:** Errores cometidos para poligonales (Leica TCRP 1205)

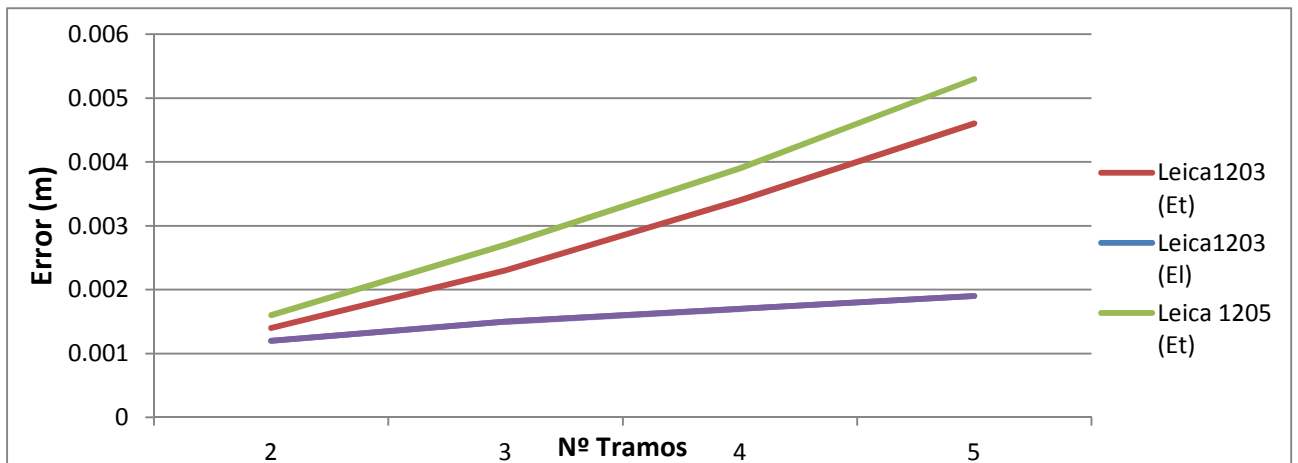
En el caso más desfavorable, usando la estación total Leica 1205, y con una poligonal compuesta por 5 tramos, el error estimado, será de 0.0053m. Siendo el error máximo tolerable para poligonales de precisión estipulado en el pliego de condiciones del Ayuntamiento de San Sebastián de 0.05m [5], se daría por válida dicha observación.

En función de los datos obtenidos, se decide hacer uso del instrumento Leica TCRP1205, considerándose dicho instrumento más que funcional, para las precisiones exigidas en las observaciones de poligonales

A continuación se muestra (*Gráfico 4*), de forma gráfica, el comportamiento de los errores, tanto longitudinales, como transversales, en función de los tramos de la poligonal.

### III. MEMORIA

#### 4. Reposición de las Red Básica Municipal de Donostia/San Sebastián



*\*Nótese que el error longitudinal (EL) es el mismo para ambos instrumentos*

**Gráfico 4:** Dispersión de errores según instrumento

##### 4.5.1.2. Cálculo de la constante de los prismas

Se denomina constante de prisma a la magnitud que se añadirá o se sustraerá a las distancias medidas con una estación total a un prisma. Esta magnitud será el incremento de distancia entre el centro óptico del prisma y el centro físico del mismo.

Antes de empezar las observaciones de las poligonales, se deberá calcular la constante de los prismas que se van a emplear en las observaciones de las poligonales.

La propia casa, estipula unos valores por defecto, pero en el presente trabajo se decidirá calcular dicha constante, para acercarnos lo máximo posible a la "realidad", ya que para las observaciones nos vamos a apoyar en poligonales de precisión, y deberemos tener en cuenta todos estos detalles, por muy pequeños e insignificantes que puedan parecer, para así poder obtener las precisiones que se nos exigen en las observaciones. Una mala elección, o bien un mal cálculo de la constante del prisma que se va a utilizar, podría causarnos errores en la medida de la distancia, tanto por exceso, como por defecto.

Debido a la metodología que se va a emplear en las observaciones, se usarán siempre dos prismas, por lo tanto se calculará la constante de ambos prismas.

### III. MEMORIA

#### 4. Reposición de las Red Básica Municipal de Donostia/San Sebastián

---

Para el cálculo, se procederá de dos metodologías diferentes, las cuales se explican a continuación.

##### Metodología 1:

###### *Observación en campo*

Se estaciona el instrumento en un punto "A", configurando el instrumento con una constante de prisma  $K=0$ , y se observa a un punto "B", obteniendo una distancia  $d'_A{}^B$ .

Sin mover el instrumento, ni cambiar la configuración, observamos a un punto "C", obteniendo una distancia  $d'_A{}^C$ , de tal manera que "C" se encontrará en la misma alineación que "A" y "B", y aproximadamente se cumpla que  $d'_A{}^C = 2 \times d'_A{}^B$

Al disponer de dos prismas ( $P_1$ ,  $P_2$ ), realizaremos las acciones hasta ahora descritas en la metodología 1, para cada uno de los prismas.

Se miden las distancias  $d_A^B$  y  $d_A^C$  con cinta métrica, considerándose estas mediciones como verdaderas.

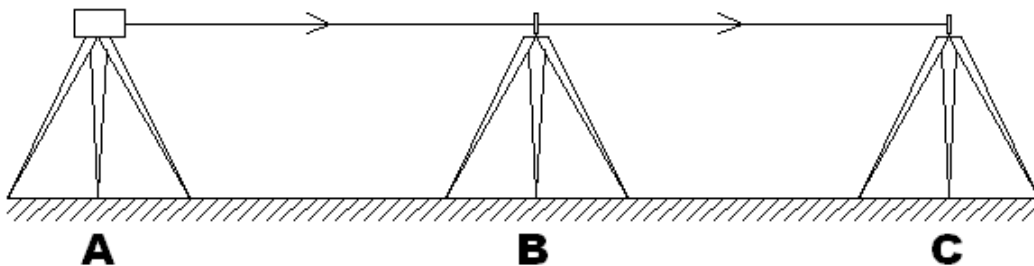


Figura 4: Esquema de observación para metodología 1

Una vez se realizan las mediciones, se procede al cálculo de la constante de ambos prismas, siendo la constante del prisma la diferencia obtenida entre la distancia verdadera ( $d$ ) y la distancia medida ( $d'$ ).

Nótese que se han medido los prismas a diferentes distancias, por lo que la constante del prisma será la media aritmética de las dos constantes obtenidas para cada prisma.

Ya que se dispone de dos prismas, el cálculo se realizará para cada prisma.

##### *Cálculo numérico de la constante del prisma*



### III. MEMORIA

#### 4. Reposición de las Red Básica Municipal de Donostia/San Sebastián

---

$$d_A^C = 18.035m$$

$$d_A^B = 9.020m$$

#### Prisma 1 (P1)

$$d_A'^C = 18.031$$

$$K'_{p1} = d_A^C - d_A'^C = 18.035 - 18.032 \Rightarrow K'_{p1} = 0.003m$$

$$d_A'^B = 9.015$$

$$K''_{p1} = d_A^B - d_A'^B = 9.020 - 9.015 \Rightarrow K''_{p1} = 0.005m$$

$$K_{p1} = \frac{K'_{p1} + K''_{p1}}{2} = \frac{0.003 + 0.005}{2} \Rightarrow K_{p1} = \mathbf{0.004m}$$

#### Prisma 2 (P2).

$$d_A'^C = 18.0325$$

$$K'_{p2} = d_A^C - d_A'^C = 18.035 - 18.033 \Rightarrow K'_{p2} = 0.002m$$

$$d_A'^B = 9.015$$

$$K''_{p2} = d_A^B - d_A'^B = 9.020 - 9.017 \Rightarrow K''_{p2} = 0.003m$$

$$K_{p2} = \frac{K'_{p2} + K''_{p2}}{2} = \frac{0.002 + 0.003}{2} \Rightarrow K_{p2} = \mathbf{0.0025m}$$

#### Metodología 2:

##### *Observación en campo*

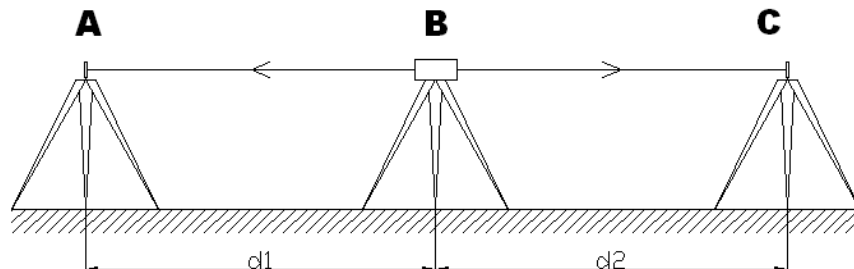


Figura 5: Esquema de observación para metodología 2

### III. MEMORIA

#### 4. Reposición de las Red Básica Municipal de Donostia/San Sebastián

---

Para la obtención de valor de la constante de los prismas (P1, P2) calculado por un segundo método, se mantendrán los puntos "A", "B" y "C" del método descrito anteriormente.

Estacionando en "B", se observa tanto a "A", como a "C", con una constante de prisma  $k=0$ , obteniendo  $d'_1=d'_B^A$  y  $d'_2=d'_B^C$ .

De igual manera que en la primera metodología descrita, se mide con cinta métrica la distancia de "A" a "C", asumiéndose esta distancia como la "verdadera" ( $d$ ).

Como ya se ha comentado en el anterior método, al disponer de dos prismas, repetiremos todos los pasos para cada prisma.

Finalmente, la constante de cada prisma, se obtendrá, estudiando la diferencia de la distancia "verdadera" ( $d$ ), con la suma de las distancias  $d'_1$  y  $d'_2$ , tal que;

$$d + k = (d'_1 + k) + (d'_2 + k) \Rightarrow$$

$$d + k = d'_1 + k + d'_2 + k \Rightarrow (\text{Agrupando términos})$$

$$d + k = d'_1 + d'_2 + 2k \Rightarrow$$

$$k = d - (d'_1 + d'_2)$$

*\*K, representaría la constante que debería tener nuestro prisma*

*Cálculo numérico de la constante del prisma*

$$d_A^C = d = 18.035m$$

#### Prisma 1 (P1)

$$d'_1 = 9.011m$$

$$d'_2 = 9.017m$$

$$K_{p1} = d - (d'_1 + d'_2) = 18.035 - (9.011 + 9.017) \Rightarrow K_{p1} = \mathbf{0.003m}$$

#### Prisma 2 (P2)

$$d'_1 = 9.012m$$

$$d'_2 = 9.018m$$

### III. MEMORIA

#### 4. Reposición de las Red Básica Municipal de Donostia/San Sebastián

---

$$K_{p2} = d - (d'_1 + d'_2) = 18.035 - (9.012 + 9.018) \Rightarrow K_{p2} = \mathbf{0.0025m}$$

Al ser prismas de la misma casa, y de las mismas características, consideraremos un único valor para la constante de ambos prismas. De esta manera, se agilizará el trabajo en campo, ya que no se tendrá que cambiar la constante del prisma dependiendo a cual se mire.

Para obtener el valor final de nuestro prisma, bastará con calcular la media aritmética de las constantes de ambos prismas, obtenidos por ambos métodos, tal que;

$$K = \frac{(K_{p1} + K_{p2})_{m1} + (K_{p1} + K_{p2})_{m2}}{4} =$$
$$= \frac{(0.004 + 0.0025)_{m1} + (0.003 + 0.0025)_{m2}}{4} \Rightarrow$$

$$\mathbf{K = 0.003m}$$

*\*m1, m2 hace referencia a los valores obtenidos por los métodos 1, y 2 respectivamente*

Por lo tanto, utilizaremos  $K=0.003$  como único valor de constante de prisma, mientras realicemos las observaciones necesarias durante el trabajo de reposición de la RBM de Donostia/San Sebastián.

##### 4.5.1.3. Metodología de observación en planimetría.

Para conseguir las precisiones en planta que se requieren (5 cm), se decide observar los vértices mediante poligonales, usando *el método de Moinot*. Además, para evitar o anular tanto el error de estacionamiento, como el error de dirección (ee+es), aplicaremos también el método de *centrado forzoso*.

El método Moinot, consiste en estacionar en un punto "A" (conocido) y observar tanto a una referencia (referencia 1) como a un vértice "B" (desconocido) en círculo directo y en círculo inverso. La medición a cada vértice se realizará dos veces (tanto en círculo directo como en círculo inverso), y nunca de forma consecutiva, es decir, no se realizará la observación al mismo vértice dos veces seguidas en círculo directo, o en círculo inverso.

### III. MEMORIA

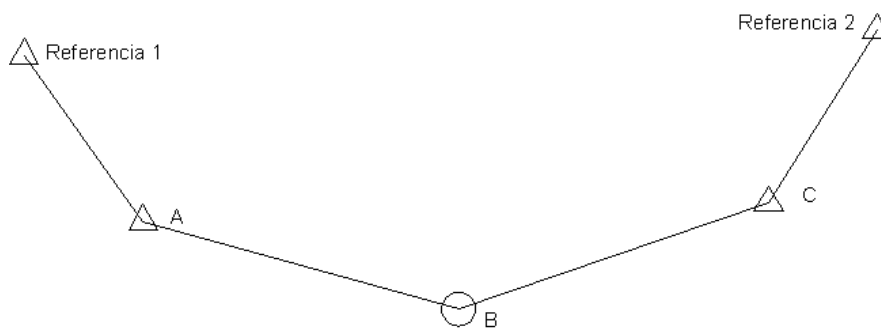
#### 4. Reposición de las Red Básica Municipal de Donostia/San Sebastián

---

Estacionando en “B” observamos a los vértices “A” y “C”, ambos conocidos, y se observará de la misma manera a la explicada en el párrafo anterior.

Si en nuestra poligonal, sólo existe un vértice desconocido, finalizaremos la observación, estacionándonos en “C”, y observado a los puntos “B” y “D” (referencia 2), y observando de la misma manera que se ha ido observando durante la poligonal. En el caso de que la poligonal posea más de un punto desconocido, se repetirá el proceso hasta que podamos estacionarnos en un punto conocido, y observar a uno desconocido y a un vértice conocido, el cual se usará de referencia.

El esquema de medición se corresponde a la siguiente figura (*Figura 6*).



**Figura 6:** Esquema de observación poligonal mediante método Moinot

Tanto los prismas que son observado, como la estación total, irán montados sobre un equipo de centrado forzoso (*Figura 7*) en el cuál se incluye un trípode y una base, por lo tanto, cuando se hacen los cambios de estación y de prisma, lo único que se moverá a otro vértice será el instrumental, sin mover el trípode del vértice a medir o a estacionar.

### III. MEMORIA

#### 4. Reposición de las Red Básica Municipal de Donostia/San Sebastián

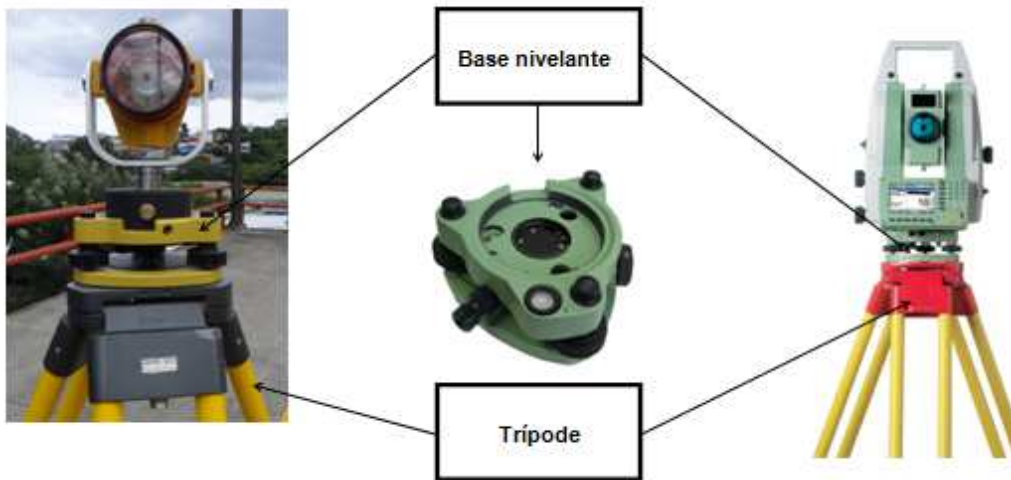


Figura 7: Centrado forzoso

#### 4.5.1.4. Vértices observados

Utilizando el método descrito en el apartado anterior, se han realizado las siguientes poligonales, citándose en la siguiente tabla (*Tabla 8*) la relación de poligonales y vértices observados

NºPoligonal	Vértice
1	1335, 1334
2	1308
4	1333
5	1330
6	1346
7	1319
8	1336
9	1337, 1338
10	1304, 1303, 1302
11	1339
12	1306
13	1323
14	1320, 1321, 1318
16	1322
20	1344
21	1307
22	1332
23	1324
24	1345
25	1347

### III. MEMORIA

#### 4. Reposición de las Red Básica Municipal de Donostia/San Sebastián

---

NºPoligonal	Vértice
27	1317
29	1301
30	1305
32	1316, 1315, 1314, 1313, 1312, 1311, 1310
34	1309

Tabla 12: Listado de poligonales

##### 4.5.1.5. Cálculo de poligonales.

Para calcular las poligonales y así obtener las coordenadas planimétricas de los vértices observados, se utilizará el software *Topcal*. Durante el proceso de cálculo, tendremos la posibilidad de ver los errores cometidos, así como el cierre angular. En el caso de que los errores cometidos en las observaciones sean inferiores al error máximo admitido, el mismo programa nos dará la posibilidad (y se hará) de compensar las poligonales. Finalmente, nos ofrecerá unas coordenadas finales, que serán las buscadas.

En el anexo nº1 se muestran los cálculos de todas las poligonales

##### 4.5.1.6. Factor de escala y convergencia de los meridianos

Para el cálculo de las coordenadas, se ha utilizado la proyección UTM. Dicha proyección es conforme, pero no equidistante, es decir, las distancias no se conservan, por lo que nos vemos obligados a obtener una relación entre la distancia sobre el plano de proyección y sobre la superficie de referencia. Dicha relación se obtiene aplicando un factor de escala -k- (Coeficiente de anamorfosis). De la misma manera, se deberá establecer la convergencia de meridianos ( $\omega$ ), siendo el ángulo correspondiente entre el norte de la cuadrícula y el norte geográfico. Ambos valores serán calculados mediante el software *PAG* proporcionado por el Instituto Geográfico Nacional (IGN) (*Figura 8*).

### III. MEMORIA

#### 4. Reposición de las Red Básica Municipal de Donostia/San Sebastián

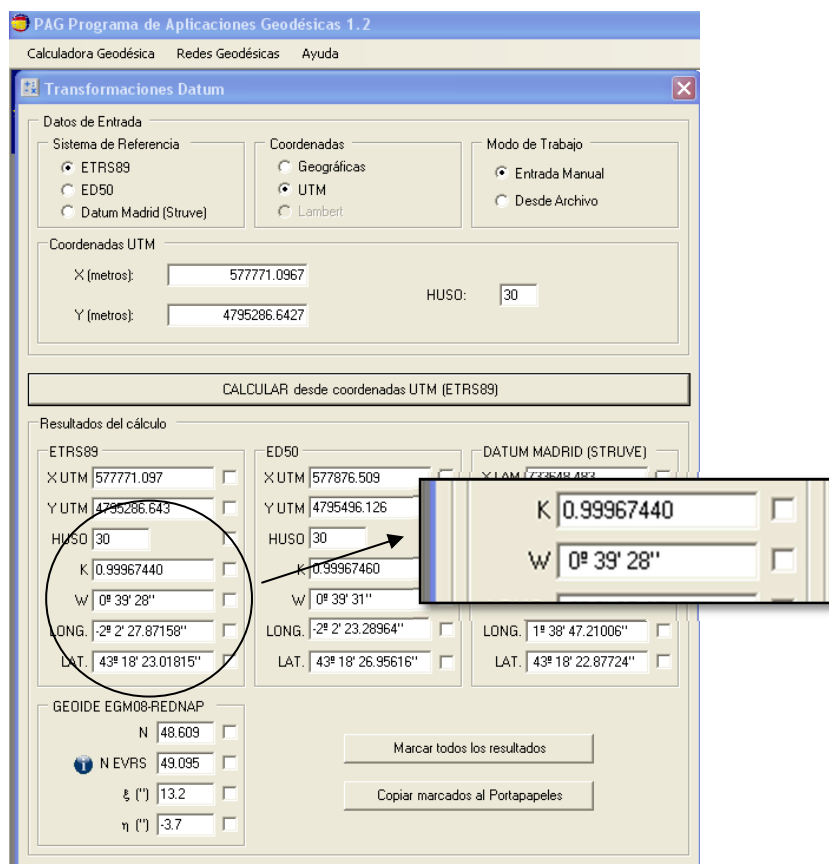


Figura 8: Cálculo factor de escala y convergencia de meridianos con software PAG

#### 4.5.1.7. Determinación de la cota

Las cotas que se obtendrán en la reposición de vértices de la RBM, serán ortométricas, las cuales estarán referidas al Datum de Alicante, estipulándose el origen en el mareógrafo situado en la mencionada localidad. Dicho Datum estará basado en el modelo de geoides EGM08-REDNAP.

El modelo de geoides EGM08-REDNAP (Figura 9) ha sido publicado por el Centro de Observaciones Geodésicas a finales de 2009 adaptando el modelo gravimétrico mundial Earth Gravitational Model 2008 (EGM08) al marco de referencia vertical dado por la Red Española de Nivelación de Alta Precisión (REDNAP).

Las fuentes de datos que se han utilizado para la creación de una superficie de corrección a la ondulación gravimétrica han sido señales de REDNAP (con

### III. MEMORIA

#### 4. Reposición de las Red Básica Municipal de Donostia/San Sebastián

altitud ortométrica) en donde se ha determinado la altitud elipsoidal mediante GPS (casi 14.000 señales).

Las diferencias entre los valores observados y los calculados por el modelo generaron una superficie de corrección y adaptación a REDNAP del modelo original EGM2008 gravimétrico. Para la generación de la superficie de corrección se eligió el algoritmo de superficie de mínima curvatura. [6]

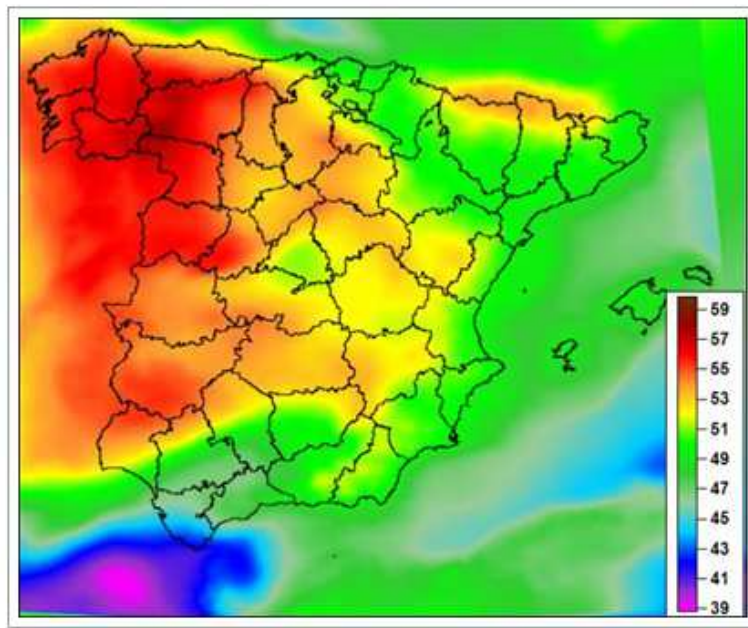


Figura 9: Modelo geoide EGM08-REDNAP [6]

En aquellos vértices que se haya conseguido un error de cierre inferior a un centímetro en altimetría en las poligonales de precisión, se dará como válida la coordenada obtenida mediante nivelación trigonométrica, en cambio si este error es mayor al centímetro, el cálculo se hará recurriendo a la nivelación geométrica.

En la tabla que se muestra a continuación (*Tabla 13*) se muestran aquellos vértices que por tener errores de cierre superiores al centímetro, se decide recurrir a la nivelación geométrica para la obtención de sus respectivas cotas.

NºVértice	z<1cm
1335, 1334	NO
1330	0,011
1346	NO



### III. MEMORIA

#### 4. Reposición de las Red Básica Municipal de Donostia/San Sebastián

---

NºVértice	z<1cm
1336	NO
1337, 1338	NO
1304, 1303, 1302	NO
1339	NO
1306	NO
1322	0,013
1307	NO
1345	NO
1301	NO
1305	NO
1316, 1315, 1314, 1313, 1312, 1311, 1310	NO
1309	0.012

**Tabla 13:** Relación de vértices a nivelar

La nivelación geométrica es el método de obtención desniveles entre dos puntos, que utiliza visuales horizontales. Para ello utilizaremos un *nivel óptico automático*.

El método que se usará será el *método del punto medio*, el cual se explica a continuación:

Sean A y B dos puntos cuyo desnivel se quiere determinar, este método consiste en estaciona el nivel en E entre los puntos A y B, tal que  $dist_E^B = dist_E^A$ . Tanto en A como en B se sitúan miras verticales, sobre las que se efectúan las observaciones con el nivel, registrando las lecturas  $m_a$  y  $m_b$ . A la mira situada en A se le denomina *mira de espalda*, y a la mira situada en B *mira de frente*.

En la siguiente figura, se ilustra el esquema de observación (*Figura 10*)

### III. MEMORIA

#### 4. Reposición de las Red Básica Municipal de Donostia/San Sebastián

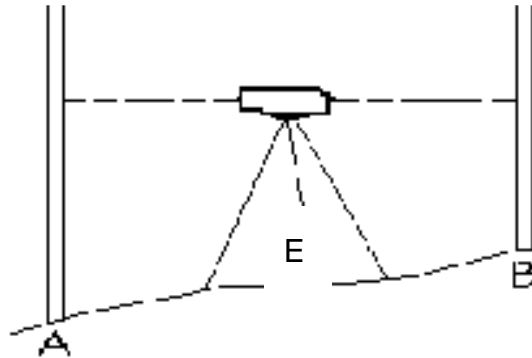


Figura 10: Esquema observación nivelación geométrica. [7]

De la figura 12 se puede deducir fácilmente que el desnivel de B respecto de A vendrá dado por la diferencia de lecturas, tal que;

$$\Delta H_A^B = m_a - m_b = \text{lectura}_{\text{espalda}} - \text{lectura}_{\text{frente}}$$

##### 4.5.1.1. Elección del instrumental

El nivel óptico elegido para campo es un Nikon Z1, cuyas características se muestran a continuación:

**Aumentos (A):** 22x, **Sensibilidad (S):** 10'

Para asegurarnos que las precisiones que se van a obtener con el instrumento disponible cumplen con las exigencias propuestas por el pliego de condiciones técnicas, se realizará un estudio de errores.

En el cálculo nos basaremos en las fórmulas que se presentan en la siguiente tabla (Tabla 14).

<b>Error de verticalidad</b>	<b>Precisión compensador = 16'</b>
<b>Error de puntería</b>	$e_p = \frac{50''}{A} \left( 1 + \frac{4A}{100} \right)$
<b>Incertidumbre</b>	$e_i = \frac{\sqrt{e_v^2 + e_p^2}}{r''} L$
$r''$ siendo los segundos sexagesimales de un radián $L$ = Distancia de tramo de nivelación	
<b>Error Verticalidad mira</b>	$e_m = \frac{m\beta}{r''} \text{tg}\beta$

### III. MEMORIA

#### 4. Reposición de las Red Básica Municipal de Donostia/San Sebastián

$r''$ siendo los segundos sexagesimales de un radián $\beta$ = Inclinación de la mira en segundos $m$ = Longitud mira	
<b>Error(De un tramo)</b>	$E = \sqrt{e_l^2 + e_m^2}$
<b>Error kilométrico</b>	$E_k = E \sqrt{\frac{1000}{L}}$
L= Distancia de tramo de nivelación	
<b>Tolerancia</b>	$T = e_k \sqrt{K}$
K= Longitud total de la línea de nivelación en kilómetros	

**Tabla 14:** Formulario cálculo errores

Para el cálculo, se ha estipulado que las líneas de nivelación no deben ser mayores a 400 metros, ya que superando esta distancia, podría darse el caso que el error de cierre fuese mayor al estipulado.

Por otra parte, la altura de la mira (m) se estipula en 2.00 para el cálculo. Finalmente, para la inclinación de la mira, se acuerda el valor  $\beta=10''$ , suponiéndose siempre que se usa un nivel para garantizar la verticalidad de la mira.

En las siguientes tablas (*Tabla 15, tabla 16*), se reflejan el estudio de errores para el nivel óptico que se empleará en la nivelación geométrica de los vértices.

Modelo	Nikon AZ-1
Eh	200''
Ep	4.2727''
El	0.00785m
Em	0.00098m
E	0.0079

**Tabla 15:** Errores accidentales Nikon AZ-1

E <sub>k</sub>	0.05
T	0.01

**Tabla 16:** Error kilométrico y tolerancia

Visto los resultados, utilizando el nivel óptico Nikon AZ1, se estima un error de aproximadamente un centímetro para líneas de nivelación de 400 metros.

### III. MEMORIA

#### 4. Reposición de las Red Básica Municipal de Donostia/San Sebastián

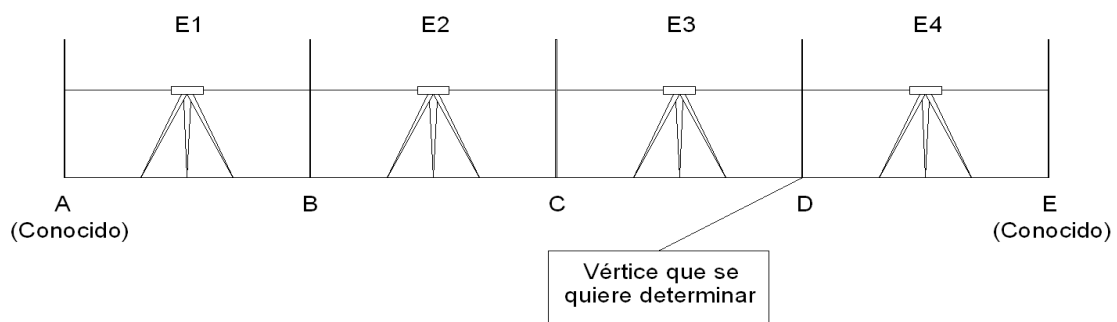
La forma de operar en campo, basándose en el método del punto medio, exigido en el pliego de condiciones del ayuntamiento de Donostia/San Sebastián [5] es la que se describe a continuación;

Estacionando en E1, observamos a un vértice conocido de la red municipal. Esta observación será la que hemos denominado como *lectura de espalda*(A). A continuación observaremos la *lectura de frente* (B). Para asegurarnos una buena lectura y poder leer e interpretar de forma inequívoca las lecturas a la mira, estipulamos una distancia aproximada entre mira y nivel de aproximadamente 15 metros.

El siguiente paso será trasladar el nivel a E2, que se encontrará a una distancia de unos veinte metros por delante de la mira que hemos utilizado en la observación anterior para realizar la lectura de frente (B), aunque en este caso será utilizada para observar la *lectura de espala* .Sin mover la estación de E2 observamos a C (Lectura de frente).

Seguiremos el proceso hasta que con la mira que realizamos la lectura de espalda se sitúe sobre uno de los vértices que queremos calcular su cota, y la mira que con la que realizamos la lectura de frente se sitúe sobre un vértice conocido de la red municipal.

En la siguiente figura (*Figura 11*) se representa la forma de operar;



**Figura 11:** Metodología seguida en campo para nivelación de vértices

Como bien es sabido, las visuales de los niveles son estrictamente horizontales ( $HV=100^{\circ}$ ). Si existiera algún error sistemático, gracias a la metodología seguida, desaparecería.

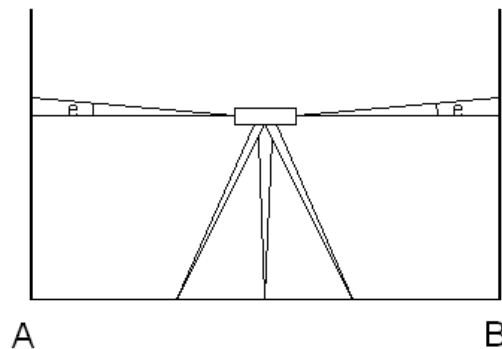
### III. MEMORIA

#### 4. Reposición de las Red Básica Municipal de Donostia/San Sebastián

Supongamos que nuestro nivel tiene un error “e”, (*Figura 12*) entonces el desnivel vendría dado tal que,

$$\Delta H_A^B = (m_a + e) - (m_b + e) = m_a + e - m_b - e$$

Por lo que observamos que al hacer lectura de espalda y lectura de frente, el error cometido por la falta de horizontalidad del instrumento desaparece. Es por esta razón por lo que se ha escogido este método en el presente trabajo.



**Figura 12:** Error sistemático en nivel

##### 4.5.1.1. Resultados obtenidos.

En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos de los vértices que han sido observados mediante nivelación geométrica. (*Tabla 17*)

NºVértice	Cota (m)	NºVértice	Cota (m)
<b>1335</b>	11.768	<b>1307</b>	19.561
<b>1334</b>	9.613	<b>1345</b>	7.013
<b>1330</b>	60.086	<b>1301</b>	8.120
<b>1346</b>	53.232	<b>1304</b>	3.669
<b>1336</b>	54.664	<b>1303</b>	4.663
<b>1337</b>	102.528	<b>1302</b>	5.231
<b>1338</b>	103.241	<b>1339</b>	32.063
<b>1309</b>	4.779		

**Tabla 17:** Cotas obtenidas por nivelación geométrica

(\*)En el anexo 2 se muestran los estadillos de campo de las nivelaciones

### III. MEMORIA

#### 4. Reposición de las Red Básica Municipal de Donostia/San Sebastián

---

##### 4.5.1. Observaciones GNSS

Se decide realizar observaciones GNSS recurriendo al método estático en aquellas zonas en las que se quiera disponer de vértices nuevos, y que por su lejanía de vértices existentes, no se vea viable el prolongar una poligonal de precisión hasta llegar a estas zonas como ocurre con la zona monte Uliá, zona urbana de reciente construcción de Atotxerreka y en los vértices 1348 (Zona hospitales), 1340, 1341 (Zona Antiguo) y 1329 (Alza) También se recurre a esta técnica en el barrio de Añorga. Aunque en este barrio si existieran vértices, han tenido que ser repuestos el 75% de estos, por encontrarse ocultos bajo mobiliario urbano o encontrarse en medio de una isleta, considerando un lugar peligroso para futuros estacionamientos, tanto para el operario, como para el instrumento. En este barrio, el problema también ha sido que para observar los puntos mediante poligonales de precisión, usando el método de Moinot habría que alargar la poligonal aproximadamente un kilómetro hasta conectar con algún punto conocido de la red.

Por otra parte, en el barrio de Pagola se han encontrado errores en el cálculo de los vértices que se añadieron en la reposición que se hizo en el 2007, por lo que se decide reobservar de nuevo los vértices. Para ello también se decide realizar observaciones GNSS.

En la siguiente tabla se muestran aquellos vértices en los que se han realizado observaciones GNSS (*Tabla 18*)

### III. MEMORIA

#### 4. Reposición de las Red Básica Municipal de Donostia/San Sebastián

---

NºVértice	Observaciones	NºVértice	Observaciones
<b>1329</b>	x	<b>1159</b>	Reobservar
<b>1340</b>	x	<b>1154</b>	Reobservar
<b>1341</b>	x	<b>1155</b>	Reobservar
<b>1342</b>	x	<b>1156</b>	Reobservar
<b>1343</b>	x	<b>1326</b>	x
<b>1348</b>	x	<b>1327</b>	x
<b>1173</b>	Reobservar	<b>1328</b>	x
<b>1174</b>	Reobservar	<b>1349</b>	x
<b>1163</b>	Reobservar	<b>1350</b>	x
<b>1157</b>	Reobservar	<b>1351</b>	x

Tabla 18: Vértices observados mediante técnica GNSS

##### 4.5.1.1. Instrumentos empleados.

Para las observaciones GNSS en estático se utilizarán receptores GNSS de doble frecuencia con al menos diez canales en L1 y L2. Estos instrumentos deberán de estar calibrados y en perfectas condiciones.

Los cables de la antena deberán estar comprobados para evitar la existencia de retardos.

Las antenas estarán debidamente equipadas para poderse centrar y estacionar sobre cada uno de los vértices donde se dispondrá de una base nivelante con plomada óptica y trípode de madera. [5]

Para satisfacer los requisitos expuestos en el pliego de condiciones de Donostia/San Sebastián, los receptores empleados son un HIPER GGD y un HIPER PLUS, ambos de la casa comercial TOPCON. A continuación se muestran las especificaciones de ambos receptores (*Figura 13*).

### III. MEMORIA

#### 4. Reposición de las Red Básica Municipal de Donostia/San Sebastián

SERIE HIPER	
DESCRIPCIÓN	Receptor/antena GPS+ integrado de 40 canales con interface MINTER
<b>ESPECIFICACIONES DE SEGUIMIENTO</b>	
Canales de seguimiento	L1: 40 L1 GPS. L1+L2: 20 GPS L1+L2 (GD), 20 GPS L1+L2+GLONASS (GGD) (Hiper GGD & Hiper+)
Observables seguidas	Código C/A, Código P y Fase L1/L2 y GLONASS
<b>PRESTACIONES</b>	
Especificaciones	(1 sigma)
Precisión Línea Base	3mm + 1ppm para L1 + L2; 5mm + 1.5ppm para L1
Precisión RTK (OTF)	10mm + 1.5ppm para L1 + L2; 15mm + 2ppm para L1
Inicialización en Frío	<60 segundos
Inicialización en Caliente	<10 segundos
Readquisición	<1 segundo
<b>ESPECIFICACIONES DE ENERGÍA</b>	
Batería	Baterías internas de Iones de Litio más un puerto de alimentación externo
Autonomía	14+ horas
Entrada Energía Externa	6 a 28 voltios DC
Consumo de Energía	Menos de 4.2 watts (Hiper sin modem menos de 3.0 Watts)
<b>ESPECIFICACIONES AMBIENTALES</b>	
Cubierta	Aluminio extruido, impermeable
Temperatura Operación	-30°C a 60°C
Dimensiones	159 x 172 x 88 mm
Peso	1.65 kg
<b>ESPECIFICACIONES ANTENA GPS+</b>	
Antena GPS / GLONASS	Integrada (Hiper GGD & Hiper+)
Tipo Antena	Microstrip (Hiper/HiperGGD)/ Antena UHF centrada (sólo Hiper+)
Plano de Tierra	Antena sobre estrecho plano de tierra
<b>ESPECIFICACIONES DE RADIO</b>	
Radio Modem UHF	Interno Rx o Externo Tx/Rx

Figura 13: Ficha técnica receptores GNSS serie HIPER [8]

##### 4.5.1.1. Metodología de observación GNSS

La metodología de observación GNSS se hará de acuerdo a la metodología empleada por la empresa Geograma,

El método que se empleará en las observaciones es el *método estático*. Esta metodología consiste en determinar un único trío de coordenadas directamente (X, Y, Z) o ( $\Delta X$ ,  $\Delta Y$ ,  $\Delta Z$ ), de un receptor a partir de una serie de observaciones realizadas durante un periodo de tiempo en la que no sufren desplazamientos superiores a la precisión del sistema. La mayor ventaja de este método es la redundancia de datos que se obtienen en las observaciones, obteniéndose unas precisiones de 3 mm+1 ppm según las especificaciones del instrumento [8].

La geometría de las observaciones, será tal que se formará un triángulo, cuyos vértices serán dos de los vértices que serán añadidos en la RBM y una



### III. MEMORIA

#### 4. Reposición de las Red Básica Municipal de Donostia/San Sebastián

---

estación de referencia. La estación de referencia elegida será *Igeldo*, la cual pertenece a la Red GNSS de Gipuzkoa.

Los periodos de observación, también estipulados por Geograma, serán de mínimo 30 minutos.

##### 4.5.1.1. Metodología de cálculo

Las observaciones GNSS se procesarán mediante el software *Pinnacle* de la casa Topcon. Para poder procesar las observaciones, de la misma manera que se tienen las observaciones de los futuros vértices de la Red Básica Municipal, también se necesitarán las observaciones de la estación de Igeldo. Estas observaciones deberán situarse en el mismo lapso de tiempo que las observaciones de los vértices de la RBM, las cuales se descargarán en formato RINEX desde la IDEE de Gipuzkoa (*b5m.gipuzkoa.net*).

El formato Rinex (*Receiver INdependent Exchange*) es un formato de ficheros de texto orientado a almacenar, de manera estandarizada, medidas proporcionadas por receptores de sistemas de navegación por satélite, como GPS, GLONASS, EGNOS, WAAS o Galileo. El mencionado formato ha ido evolucionando con el tiempo, para adaptarse al aumento progresivo de tipos de medidas, correspondientes a los nuevos sistemas de navegación por satélite. La versión más común en la actualidad es la 2.11, que permite el almacenamiento de medidas de pseudodistancias, fase de portadora y Doppler para sistemas GPS, GLONASS, EGNOS y WAAS, simultáneamente. Recientemente se ha presentado la versión Rinex 3.0, capaz de albergar de forma ordenada el ingente número de medidas previstas para los nuevos sistemas, como el GPS avanzado o Galileo.

Una de las particularidades de este software es que podemos configurar el sistema de coordenadas que vamos a emplear. Para ello recurriremos al sistema UTM refiriéndonos al Huso30. Las especificaciones del sistema de coordenadas UTM30 son las siguientes;

- Datum: ETRS89
- Sistema de proyección: Universal Transversal Mercator (UTM)

### III. MEMORIA

#### 4. Reposición de las Red Básica Municipal de Donostia/San Sebastián

---

- Meridiano Central:  $\lambda=3^{\circ}W$
- Factor de escala: 0.9996
- Origen de coordenadas:
  - $E_0=500000$
  - $N_0=0$

Además de generar el sistema de coordenadas, antes de empezar el cálculo con Pinnacle deberemos editar los *offset* de las antenas que han sido utilizadas en las observaciones, entendiéndose como *offset* como la diferencia que hay entre el centro de fase (lugar donde llegan las ondas L1y L2) y el centro geométrico del receptor. Los receptores contarán con dos tipos de offset; uno para planimetría y otro para altimetría.

Al utilizarse receptores de doble frecuencia en las observaciones GNSS, tendremos dos centros, uno para cada onda (L1 y L2).

Una vez se configuran estos parámetros, se procederá al cálculo, el cual se divide en dos fases.

En una primera fase, se procesará los datos correspondientes a cada una de las líneas bases que se haya observado, entendiéndose como línea base a la línea que forman dos ocupaciones observadas en un mismo periodo de tiempo (*Figura 14*)

### III. MEMORIA

#### 4. Reposición de las Red Básica Municipal de Donostia/San Sebastián

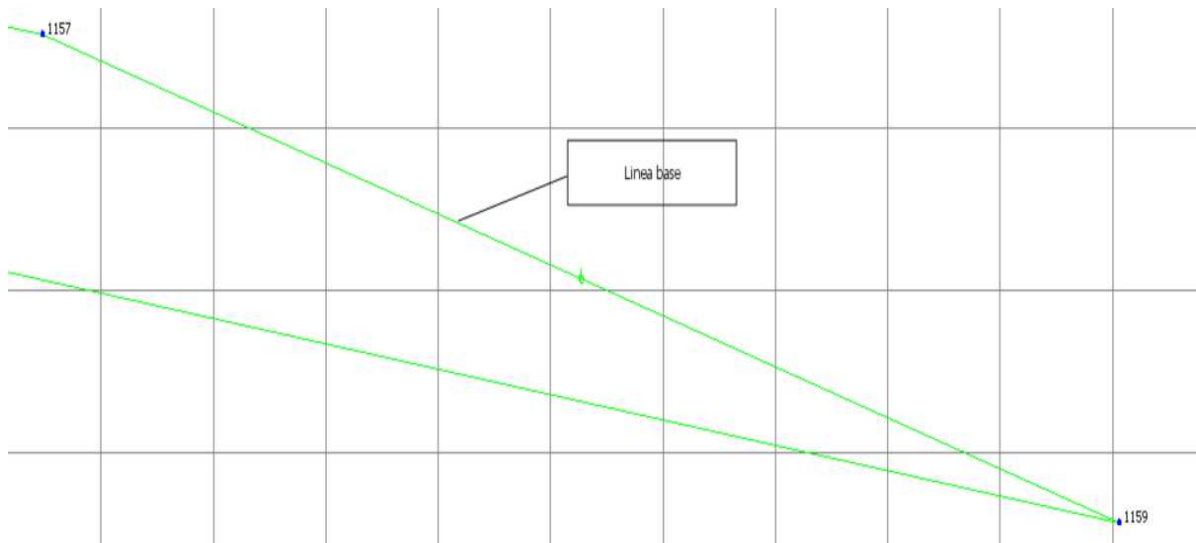


Figura 14: Línea base obtenida con Pinnacle

El resultado de la línea base tras ser procesada, será un vector definido por el incremento de coordenadas cartesianas geocéntricas. Una vez se hayan transformado todas las líneas base que han sido observadas en vectores, el siguiente paso será realizar el ajuste, el cual se divide en ajuste libre y ajuste forzado. El objetivo del ajuste libre, será comprobar la integridad de la red, mostrándose por tanto las precisiones que se han conseguido en la observación GNSS. Por otra parte, cuando se realizará un ajuste forzado, en el que se emplearán uno o más puntos de coordenadas conocidas. En nuestro caso se empleará un solo punto de coordenadas conocidas, por lo que este ajuste es denominado como *ajuste mínimamente forzado*. El punto de control será Igeldo empleándose sus coordenadas absolutas con su respectivo sistema de referencia –ETRS89-, consiguiéndose de esta manera posicionar la red de forma absoluta en el sistema de referencia ETS89.

Finalmente, después de realizar el proceso completo, se obtendrán unas coordenadas absolutas de los nuevos vértices que formarán la RBM de Donostia/San Sebastián. Lo único que faltará es calcular la altitud ortométrica, ya que a menos que se introduzca un modelo de geoide, Pinnacle calcula por defecto la altitud elipsoidal, por lo que para el cálculo se empleará el ya mencionado software del IGN, el PAG, con el que calcularemos la diferencia

### III. MEMORIA

#### 4. Reposición de las Red Básica Municipal de Donostia/San Sebastián

que existe entre el elipsoide y el geode EGM08-REDNAP. A esta diferencia se le denomina *ondulación del geode (N)* (Figura 15)

Una vez obtenida la ondulación del Geode (N) con el PAG (Figura 16), aplicando la expresión  $h=H+N$  a cada una de las altitudes elipsoidales (h), se obtendrá fácilmente la altitud ortométrica (H).

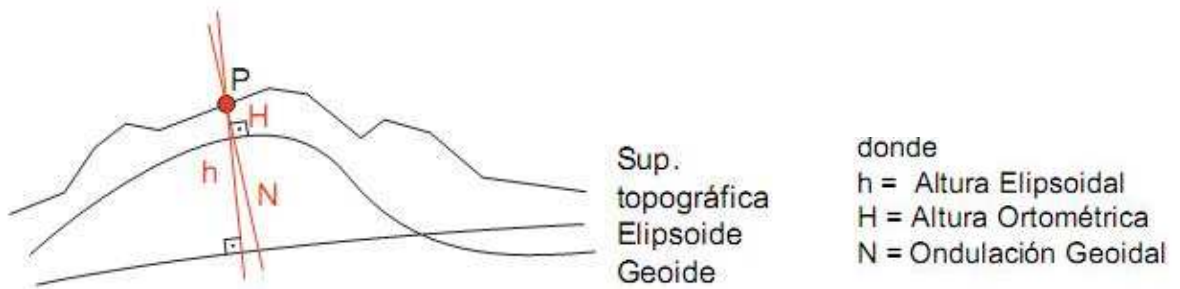


Figura 15: Determinación de la ondulación del geode [6]

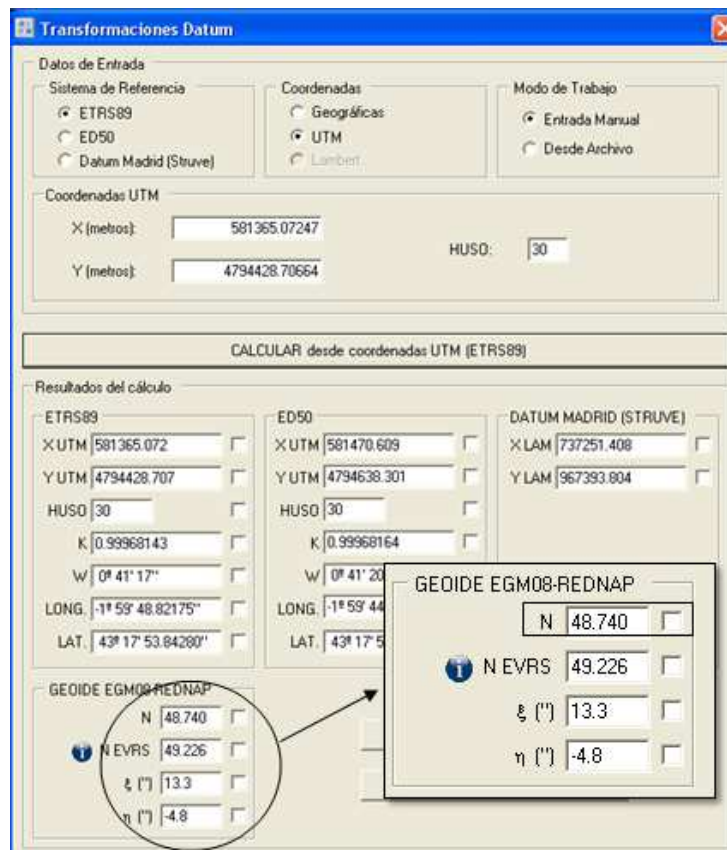


Figura 16: Determinación de la ondulación del geode usando software PAG

(\*)Anexo nº3: Informes de los resultados obtenidos del cálculo en post proceso

### III. MEMORIA

#### 4. Reposición de las Red Básica Municipal de Donostia/San Sebastián

##### 4.5.1.1. *Coordenadas finales*

Una vez se realizan las observaciones y los correspondientes cálculos y tras comprobar que no hay errores ni en la observación ni en el cálculo, se toman como definitivas las coordenadas de los nuevos vértices que conforman la Red Básica Municipal de Donostia/San Sebastián, listándose a continuación las coordenadas espaciales de dichos vértices. (*Tabla 19*)

Vértice	X UTM (m)	Y UTM (m)	H(Orto)	h (Elip)
1154	581240,413	4794478,180	41,417	90,151
1155	581365,077	4794428,680	47,415	96,155
1156	581499,397	4794368,830	53,187	101,934
1157	581387,227	4794581,740	75,767	124,498
1159	581495,714	4794536,700	82,730	131,466
1163	581809,964	4794254,620	93,565	142,327
1173	583433,887	4794248,740	64,242	113,044
1174	583457,172	4794316,770	63,512	112,311
1301	583354,351	4795948,610	8,120	56,812
1302	583862,864	4795357,900	5,231	53,974
1303	583960,312	4795216,000	4,663	53,425
1304	584066,455	4795181,810	3,669	52,429
1305	585720,486	4795759,320	80,457	129,226
1306	584183,051	4796518,580	38,695	87,373
1307	584263,341	4796789,760	19,561	68,223
1308	583526,120	4796329,990	16,055	64,727
1309	582955,957	4794834,910	4,779	53,532
1310	579561,545	4795002,140	47,893	96,556
1311	579695,147	4795141,820	57,191	105,848
1312	579544,990	4794888,970	36,920	85,590
1313	579594,315	4794842,600	31,710	80,384
1314	579706,600	4794873,780	22,513	71,187
1315	579755,382	4794844,920	17,493	66,170
1316	579784,133	4794768,150	11,082	59,765
1317	582923,168	4797169,150	6,613	55,216
1318	583841,512	4797088,360	9,643	58,274
1319	583714,478	4797064,050	9,695	58,325
1320	585123,737	4796823,990	38,510	87,194
1321	584998,783	4796875,440	37,747	86,424
1322	584828,980	4796578,560	65,477	114,168
1323	584649,724	4796704,530	69,589	118,267
1324	584891,279	4797033,490	39,956	88,620
1326	584353,660	4797812,450	236,862	285,461

### III. MEMORIA

#### 4. Reposición de las Red Básica Municipal de Donostia/San Sebastián

Vértice	X UTM (m)	Y UTM (m)	H(Orto)	h (Elip)
1327	584337,961	4797795,630	238,962	287,561
1328	584309,474	4797833,130	238,502	287,098
1329	586922,582	4796773,810	114,497	163,236
1330	583813,669	4794341,360	60,086	108,892
1332	580931,690	4796282,950	7,199	55,809
1333	580125,160	4795797,440	24,497	73,121
1334	580843,728	4794835,840	9,613	58,315
1335	580920,733	4794835,170	11,768	60,472
1336	581307,258	4795172,340	54,664	103,355
1337	581807,052	4794546,670	102,528	151,271
1338	581805,530	4794448,670	103,241	151,991
1339	581005,789	4795876,410	32,063	80,701
1340	581120,541	4795799,350	60,645	109,291
1341	581152,343	4795614,930	77,796	126,455
1342	581335,314	4793483,530	76,924	125,724
1343	581487,816	4793557,460	76,121	124,920
1344	582691,234	4796729,180	5,538	54,163
1345	582498,225	4796473,730	7,013	55,650
1346	581884,253	4796156,650	53,232	101,874
1347	581604,032	4796056,100	72,961	121,602
1348	583597,503	4793708,760	130,509	179,349
1349	580734,759	4793882,660	94,444	143,205
1350	580306,435	4793735,020	106,515	155,276
1351	580762,469	4793744,250	104,784	153,555

Tabla 19: Coordenadas espaciales de los nuevos vértices de la RBM

(\*)Anexo nº4: Relación de vértices existentes y vértices de la 6ª reposición representados por barrio

### III. MEMORIA

#### 5. RTK en Red como metodología alternativa

---

## 5. RTK EN RED COMO METODOLOGÍA ALTERNATIVA

### 5.1.Introducción

Llegado a este apartado y tras haber realizado las observaciones y los cálculos de los nuevos vértices de la RBM de Donostia/San Sebastián, surge el planteamiento de emplear otras metodologías de observación, las cuales deberían de cumplir dos requisitos, para así optimizar en la medida de lo posible tanto la observación en campo como el cálculo en gabinete. Los requisitos que deberían de cumplir son precisiones iguales o inferiores a las obtenidas con la metodología empleada en la reposición de vértices de la RBM y reducir tanto el tiempo empleado en campo observando como el tiempo que se emplea en el cálculo de los vértices. La metodología que se estudiará será RTK en red (NRTK), junto con las diferentes soluciones que ofrece el método.

### 5.2.Concepto de RTK en RED (NRTK)

El enfoque tradicional de las CORS (estaciones de referencia en operación continuada) conocido como RTK simple, utiliza una única antena en cada conexión del usuario, mientras que en el enfoque moderno NRTK (RTK en red) emplean varias antenas para generar un modelo de las correcciones, denominados SSM (Space Spatial Model).

Los modelos de interpolación (SSM) son modelos que generan las estaciones de referencia para la zona donde se va a realizar la observación GNSS a partir de los datos enviados por los receptores a las estaciones de referencia, siendo esta la forma de resolver ambigüedades en red.

Los errores que se corrigen mediante los SSM son los siguientes:

- Variación del centro de fase de la antena de los satélites
- Variación del centro de fase de la antena del receptor
- Cargas atmosféricas
- Errores por la influencia de la ionosfera y de la troposfera
- Errores ocasionados por el efecto Multipath

### III. MEMORIA

#### 5. RTK en Red como metodología alternativa

---

- Efemérides

En los últimos años las redes de estaciones permanentes GNSS han ido creciendo en España. La primera comunidad autónoma en comenzar con esta tecnología en España fue Cataluña a través del ICC (Institut Cartogràfic de Catalunya), y luego le han ido siguiendo otras comunidades como País Vasco, Andalucía, Comunidad Valenciana, etc. Sin embargo este tipo de redes lleva en funcionamiento más de diez años en otros países.

#### **5.3. Componentes de RTK en RED**

Un sistema RTK en Red está compuesto en cuatro elementos, los cuales se describirán a continuación:

##### 5.3.1. Segmento de adquisición de datos

Segmento compuesto por los diferentes receptores GNSS distribuidos por la red, los cuales son los encargados de recibir las señales de los sistemas de navegación. La distancia entre receptores GNSS dependerá de la red, aunque no deberían de superar los 70 km de distancia máxima

##### 5.3.2. Red de transmisión de datos

Componente encargado de la comunicación entre las estaciones de referencia y el centro de control por medio de comunicación ADSL y/o GPRS. La comunicación se establece en tiempos menores al segundo.

##### 5.3.3. Centro de control

Elemento encargado de recibir todos los datos procedentes de los diferentes receptores GNSS repartidos por el área a cubrir, para procesarlos y seguidamente generar el modelo de correcciones.

##### 5.3.4. Red de difusión de datos

Gracias a este componente, las correcciones son enviadas a los usuarios en tiempo real, normalmente vía GPRS. Las correcciones llegarán en menos de



### III. MEMORIA

#### 5. RTK en Red como metodología alternativa

---

un segundo al usuario. Según el tipo de corrección en red que se vaya a emplear, la transmisión será bidireccional o unidireccional.

Se habla de *transmisión bidireccional* cuando el centro de control conoce la posición aproximada del usuario, en cambio si el equipo móvil es el encargado de realizar sus propias correcciones a partir de las correcciones recibidas por las estaciones de referencia, hablaremos de *comunicación unidireccional*.

#### 5.1.Formato de envío de correcciones

##### 5.1.1. Formato RTCM SC-104

La transmisión de correcciones entre receptores se encuentra estandarizada desde el año 1984 de acuerdo con la propuesta de la *Radio Technical Commission for Maritime Services*, organismo estadounidense encargado de estandarizar formatos de envío de información entre faros marítimos y embarcaciones. El Comité Especial 104 de este organismo desarrollo un estándar para el envío de correcciones diferenciales del sistema GPS, conocido como RTCM SC-104

Los formatos más comunes son las versiones 2.3 y 3.1

El formato RTCM 2.3 es un Formato standard para la difusión de correcciones diferenciales. Se trata de una de las primeras versiones desarrolladas que solo envían correcciones para la constelación GPS, y no para GLONASS.

Actualmente se usa la versión 3.1, que permite operar con estaciones de referencia individuales y en red, estando adaptada a las constelaciones existentes (GPS y GLONASS) y a las que se encuentran en desarrollo como GALILEO. Cabe destacar que al comprimir los datos enviados, consume un menor ancho de banda

A continuación (*Tabla 20*) se muestran los mensajes más relevantes de este estándar:

### III. MEMORIA

#### 5. RTK en Red como metodología alternativa

<b>Observaciones</b>	GPS L1	1001
		1002
	GPS L1/L2	1003
		1004
	GLONASS L1	1009
		1010
GLONASS L1/L2	1011	
	1012	
<b>Coordenadas de referencia</b>		1005
		1006
<b>Descripción de la antena</b>		1007
		1008
<b>Correcciones de red RTK</b>	Mensaje estaciones auxiliares de la red	1014
	Correcciones ionosféricas	1015
	Correcciones geométricas	1016
	Combinación de correcciones ionosféricas y geométricas	1017
<b>Información auxiliar de operación</b>	Parámetros del sistema	1013
	Efemérides	1019
		1020
	Cadena de texto unicode	1029
	Estación de referencia virtual (VRS, iMAX)	1032
Descriptores del receptor y de la antena	1033	
<b>Transformación de coordenadas</b>	Parámetros de transformación	1021
		1022
	Errores rejilla elipsoidal	1023
	Errores rejilla plana	1024
	Parámetros proyección	1025
		1026
		1027

**Tabla20:** Mensajes RTCM 3.1 [10]

#### 5.1.2. Formato CMR y CMR+

El formato CMR (*Compact Measurement Record*), ha sido desarrollado por la marca comercial Trimble. Usando este formato se mejora el consumo de ancho de banda ofrecido por la versión 2.3 del formato RTCM. El receptor sólo adquiere datos, sin enviar ningún tipo de información al servidor, por lo que el cálculo de la solución tiene una menor precisión. Estas correcciones son sólo útiles para GPS.

### III. MEMORIA

#### 5. RTK en Red como metodología alternativa

---

Análogo al formato CMR, existe el formato CMR+, el cual siendo una mejora de la versión anterior (CMR) ofrece una mayor estabilidad en los datos. Estos datos tienen un tamaño similar al RTCM3.1.

El hándicap del formato CMR+ es que no todos los equipos son capaces de interpretarlos. Al igual que el formato CMR solo adquiere datos, pero este si puede ser usado tanto por GPS como por GLONASS.

##### 5.1.3. Formato LEICA

Al igual que ocurre con el formato CMR, se trata de un formato desarrollado por una casa comercial, en este caso la casa Leica. Los datos tienen un tamaño similar al formato RTCM3.1, y es admitido tanto por GPS como por GLONASS.

#### **5.2. Protocolos de comunicación**

Se define como protocolo al método estándar que permite la comunicación entre procesos, es decir, el conjunto de reglas y procedimientos que deben respetarse para el envío y la recepción de datos a través de una red. En las redes RTK los protocolos empleados serán el NTRIP y el NMEA0183.

##### 5.2.1. Protocolo NMEA 0183

NMEA (National Marine Electronics Association) es una asociación sin ánimo de lucro de fabricantes, distribuidores, instituciones educativas y otros interesados en equipos periféricos marinos. NMEA se establece como un grupo de trabajo para el desarrollo de nuevos estándares de comunicación de datos para dispositivos marinos a bordo de las embarcaciones.

La definición estándar de un NMEA 0183 es una interfaz eléctrica y un protocolo de datos para la comunicación entre instrumentos marinos transmitidos por canales de datos en serie a 4800 baudios.

Los receptores GNSS utilizan este protocolo para enviar información sobre posicionamiento y otros datos a dispositivos como sistemas de información geográfica. Se utiliza en definitiva para extraer información del dispositivo GNSS y compartirla de forma estándar.

### III. MEMORIA

#### 5. RTK en Red como metodología alternativa

---

##### 5.2.2. Protocolo NTRIP

NTRIP (*Networked Transport of RTCM via Internet Protocol*) es un protocolo basado en el Protocolo de Transferencia de Hipertexto (HTTP), desarrollado para distribuir flujos de datos GNSS a receptores móviles o estáticos a partir de Internet.

NTRIP constituye la capa de transporte y los datos transmitidos están en formato RTCM, que como ya se ha comentado, en los últimos años se está usando la versión 3.1. El sistema NTRIP consta de tres componentes, que se detallan a continuación:

##### 5.2.2.1. Servidores NTRIP

Los servidores NTRIP están formados por las fuentes o estaciones GNSS permanentes que transfieren datos RTCM al *Caster NTRIP* a través de una conexión TCP/IP. Los servidores envían además el nombre de la fuente y otros parámetros de información adicionales referidos a ella.

##### 5.2.2.2. Caster NTRIP

El Caster NTRIP es un servidor de Internet que, por una parte, gestiona los flujos de datos provenientes de las fuentes, y por otra parte chequea los mensajes recibidos por los clientes NTRIP, además de controlar si los usuarios está, autorizados, en cuyo caso, transferirán los flujos de datos RTCM.

##### 5.2.2.3. Clientes NTRIP

Componente formado por los receptores que reciben los flujos de datos RTCM. Los clientes primero tendrán que ser aceptados por el Caster NTRIP, y así poder recibir datos GNSS una vez autorizados. Complementariamente, los clientes tienen que suministrar al Caster información de que fuente (*mountpoint*) desean recibir información.

Para poder acceder a esta técnica de medición, el usuario deberá disponer un receptor capaz de conectarse en RTK. Para la conexión se empleará habitualmente tecnología GPRS, GSM o incluso 3G. Será por medio de esta

### III. MEMORIA

#### 5. RTK en Red como metodología alternativa

tecnología por la cual los receptores recibirán, las correcciones del Caster NTRIP (Figura 17)

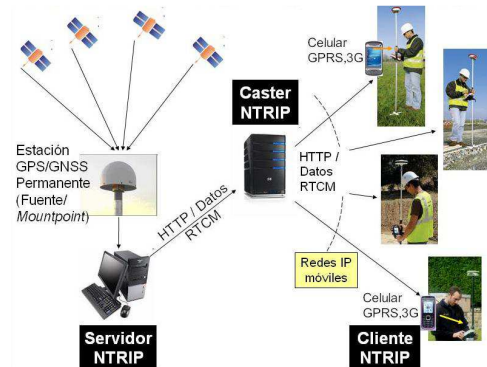


Figura 17: Componentes protocolo NTRIP [11]

### 5.3.Fuentes de error y correcciones RTK

#### 5.3.1. Fuentes de error

A medida que se incrementa la distancia a las estaciones de referencia a las cuales nos hemos conectado, se va limitando tanto la precisión como la fiabilidad en la resolución de ambigüedades.

Las fuentes de error de la distancia, pueden clasificarse en dos categorías. Por una parte, nos encontramos con los errores ionosféricos, ocasionados en la ionosfera, los cuales son errores dispersivos, puesto que la magnitud del error resultante está en función del rango de las frecuencias empleadas. Por otra parte, existen los errores troposféricos y orbitales, los cuales están considerados del tipo no dispersivos, puesto que no existe una dependencia de la frecuencia utilizada y tienen el mismo efecto en cualquiera de las señales utilizadas.

#### 5.3.2. Correcciones RTK

Tras ver cuáles son los errores que intervienen en nuestras observaciones, el siguiente paso es buscar un método para optimizar los resultados obtenidos en campo. Estas correcciones pueden ser generadas por las redes RTK, mediante

### III. MEMORIA

#### 5. RTK en Red como metodología alternativa

---

varios métodos de control y de cálculo, entre los que destacamos el método de base simple, las conexiones MAX (*Master-Auxiliary*), el MAX individualizado (*i-MAX*), las Estaciones Virtuales de Referencia (*VRS*) o la parametrización *Flächern-korrektur* (*FKP*). A continuación se explicarán los principios de cada una de las mencionadas técnicas.

##### 5.3.2.1. Base simple

Técnica en la que se realiza una conexión a la estación de referencia más cercana o a la elegida por el usuario mediante una comunicación bidireccional, donde se envía la posición del receptor móvil en forma de mensaje NMEA para que el CASTER pueda gestionar la conexión al punto de montaje (*mountpoint*) de la antena más cercana a su ubicación o de la elegida por el usuario.

##### 5.3.2.2. Estación de referencia virtual (*VRS*)

Técnica que se basa en la comunicación bidireccional entre el receptor GNSS móvil (rover) y el centro de control. En primer lugar el receptor calcula una posición aproximada de navegación enviando un mensaje NMEA al centro de control. Esta posición está exenta de correcciones. Una vez conocida la posición aproximada por el centro de control, y utilizando la información del resto de estaciones permanentes de la red GNSS, se genera una estación virtual en las inmediaciones del usuario. Lo que hace el software es interpolar una solución, siempre que el rover este dentro del área definida por los triángulos que forman las estaciones permanentes de referencia. Si estuviera fuera de los límites se extrapolaría una solución hasta un límite aproximado de entre 10 y 15 km. El receptor comienza a recibir las correcciones correspondientes de su estación de referencia virtual. Para el rover, las correcciones que está recibiendo son como si de un RTK simple se tratara, aunque realmente, las correcciones están siendo enviadas desde el centro de control usando un protocolo para NTRIP para la transferencia de datos.

Con este tipo de corrección, se consigue que la carga de proceso del receptor sea mínima, ya que es el centro de control el encargado de calcular las correcciones para cada uno de los rovers. (*Figura 18*)

### III. MEMORIA

#### 5. RTK en Red como metodología alternativa

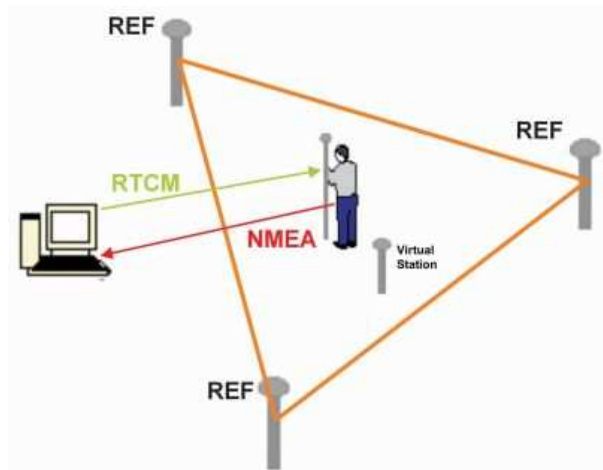


Figura 18: Metodología VRS [12]

#### 5.3.2.3. Solución Master-Auxiliary (MAX)

A diferencia de la metodología VRS, el encargado de realizar la interpolación con los datos recibidos, es el propio receptor GNSS.

A continuación, apoyándonos en la *figura 19* se explicará el principio de funcionamiento de la solución MAX;

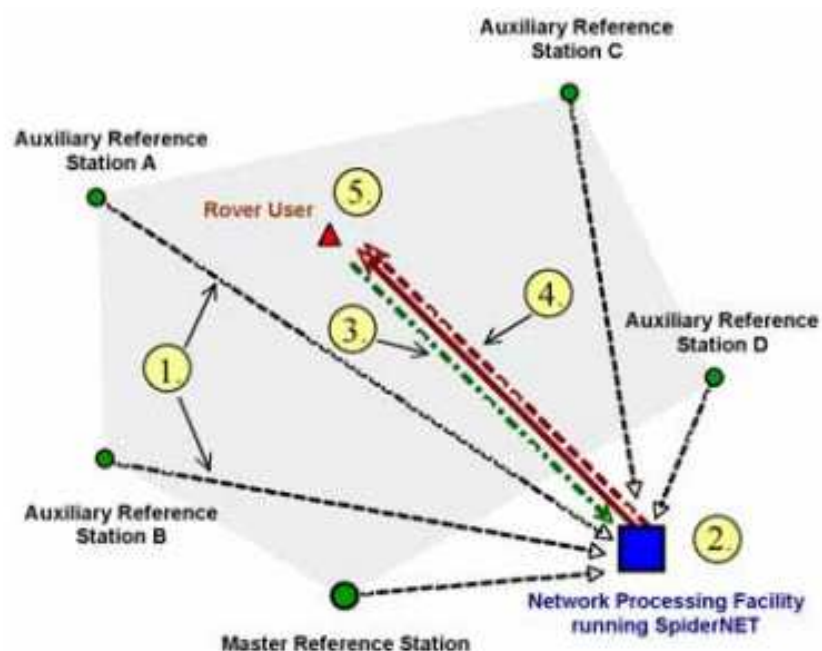


Figura 19: Solución MAX [13]

### III. MEMORIA

#### 5. RTK en Red como metodología alternativa

---

El proceso comienza (1) con las observaciones desde cada una de las estaciones de referencia hasta el servidor central.

A continuación (2), en el centro de procesamiento se resuelven las ambigüedades, reduciendo todas las estaciones de referencia que a un mismo nivel de ambigüedades, es decir, que el número entero de ciclos para cada distancia de fase (par receptor-satélite) ha sido eliminado o ajustado a fin de que cuando se formen las dobles diferencias, las ambigüedades enteras se puedan cancelar, por lo que, la tarea principal del software de procesamiento es reducir las ambigüedades a un mismo nivel para las distancias de fase de todas las estaciones de referencia.

Se dice que una red está funcionando a un nivel de ambigüedad común cuando todas las ambigüedades de dobles diferencias se fijan con respecto al mismo satélite de referencia.

Cabe destacar, que la estación de referencia principal no tiene por qué ser la más cercana al receptor móvil, aunque si sería conveniente, ya que esta estación es usada sólo con fines de transmisión y no desempeña un papel importante en el cálculo de la corrección. En el caso de que esta estación tuviera algún problema, sería la cualquier otra estación auxiliar podría asumir esa función, pudiendo seguir en todo momento el tráfico de información. La única condición principal e indispensable de estas antenas, es la de poseer de coordenadas muy precisas.

En la tercera fase del proceso (opcional), el receptor móvil informa de su posición a la red usando un protocolo NMEA para la transmisión de estos datos. Con esta información, el centro de control puede definir la celda donde se está trabajando, con las estaciones de referencia operativas en el entorno de su posición.

Para reducir el volumen de datos desde la red, se envían (4) tanto las observaciones sin procesar como las coordenadas relativas a la estación principal, enviando al resto de las estaciones de referencia auxiliares los diferenciales con respecto a la principal. De esta manera se ahorra mucho espacio en la transmisión.



### III. MEMORIA

#### 5. RTK en Red como metodología alternativa

Finalmente (5), con las observaciones recibidas, el propio receptor realiza la corrección, disponiendo de toda la información para realizar una interpolación rápida y eficiente.

##### 5.3.2.4. Solución MAX individualizada (iMAX)

Técnica que surge con para aquellos receptores que no son capaces de interpretar los mensajes RTCM 3.1.

A diferencia de otros procesos de corrección en red, iMAX emplea una estación de referencia real como origen para las correcciones de red.

Analizando la *figura 20*, primero, se registran todas las observaciones realizadas desde las antenas de referencia en el centro de control, para que el software (2) de red se encargue de referirlas a un mismo nivel de ambigüedades.

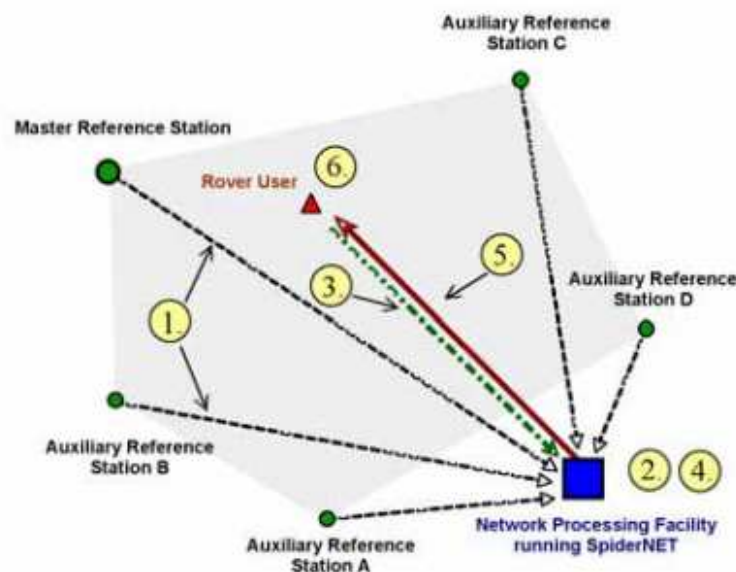


Figura 20: Solución iMAX [13]

En una siguiente fase, empleando una comunicación bidireccional (3) el receptor móvil informa de su posición a la red, mediante un mensaje el cual usa un protocolo NMEA para dicha transmisión de datos. Junto con esta información, el centro de control definirá la celda del área de actuación con las

### III. MEMORIA

#### 5. RTK en Red como metodología alternativa

estaciones de referencia operativas en el entorno de la posición del rover. Generalmente, la referencia más cercana actuará como referencia principal (*master*), siendo el resto estaciones de referencia auxiliares. La interpolación se lleva a cabo en el centro de control (4), modificando las observaciones de la antena de referencia principal para introducir el resultado interpolado (5).

Finalmente, el receptor (6) emplea las observaciones modificadas de la antena principal como si de una estación de referencia aislada se tratase.

A diferencia de la solución VRS, donde se crea una estación de referencia virtual, en la solución iMAX se usa la estación de referencia principal (La más cercana)

##### 5.3.2.5. Solución FKP (*Flechen Korrektur Parameter*)

El concepto FKP surge posterior al VRS, de la mano de la empresa alemana GEO++. La traducción de las siglas FKP es *Parámetro de corrección de planos*. Esta solución se suele usar en superficies polinomiales, generalmente planos, que modelan los errores en las medidas obtenidas por los sistemas GNSS en función de la distancia a la estación de referencia. Para generar todas las correcciones necesarias, cada estación de referencia deberá generar un plano para cada señal de la constelación (L1 y L2) y para cada satélite visible.

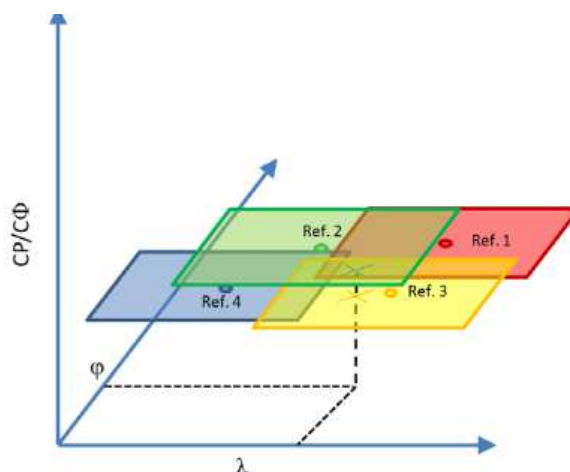


Figura 21: Solución FKP [21]

### III. MEMORIA

#### 5. RTK en Red como metodología alternativa

---

En la *figura 21* se muestra un ejemplo donde han sido representadas 4 estaciones de referencia (Planos  $R_1$ - $R_4$ ) para un satélite de la frecuencia L1. Cada estación de referencia transmitirá unos parámetros con los que quedan representados los planos de correcciones en función de la latitud y la longitud del rover. El receptor de campo será el encargado de recibir la información suministrada por las estaciones de referencia de su alrededor, para así procesarla y obtener la corrección.

Su principal ventaja es que no necesita de un canal bidireccional, pudiéndose emitir en *broadcast* con un transmisor de radio, ya que es el propio receptor el encargado de corregir su posición con los parámetros facilitados.

Por otra parte, la desventaja que tiene esta técnica, es que el rover tiene que ser capaz de realizar un número elevado de cálculos de una forma rápida y por supuesto precisa, por lo que debería de tener una capacidad de procesamiento elevada, por lo que es un método muy poco utilizado.

##### 5.3.1. Estado actual de las redes GNSS a nivel estatal

La técnica de posicionamiento y navegación por satélite ha evolucionado de tal manera, que se ha convertido en una herramienta fundamental en el campo de la geodesia espacial y de la topografía. Es por ello por lo que surge la necesidad de implantar redes activas de estaciones permanentes GNSS. Tanto en España, como en otros países desarrollados en los últimos años se han instalado numerosas estaciones permanentes formando diferentes redes.

Se define como red geodésica activa al conjunto de estaciones permanentes distribuidas estratégicamente por un territorio, las cuales estarán continuamente monitorizando la constelación GNSS.

Generalmente su objetivo principal es suministrar al usuario correcciones a tiempo real, aunque también existen otras aplicaciones tales como el control de los marcos de referencia, estudios geotécnicos o detección de movimientos locales, entre otras aplicaciones. Las estaciones que formen parte de cualquier red de estaciones permanentes GNSS, dispondrá de coordenadas precisas gracias a que constantemente estarán recibiendo correcciones.

### III. MEMORIA

#### 5. RTK en Red como metodología alternativa

Ya que el fin del presente trabajo no es un análisis exhaustivo de cada una de las redes de estaciones permanentes existentes a nivel nacional, europeo o global, se hará una pequeña mención de las redes disponibles en la península ibérica.

En la *figura 22* se pueden apreciar las diferentes redes GNSS disponibles en la península ibérica. En la imagen se muestran tanto las redes locales, como la red nacional del IGN español. (Estas últimas están representadas con un triángulo verde, vacío en el centro).

En la siguiente tabla (*Tabla 21*) se detallan las redes de estaciones permanentes GNSS a nivel nacional, así como las soluciones RTK en RED que ofrecen.

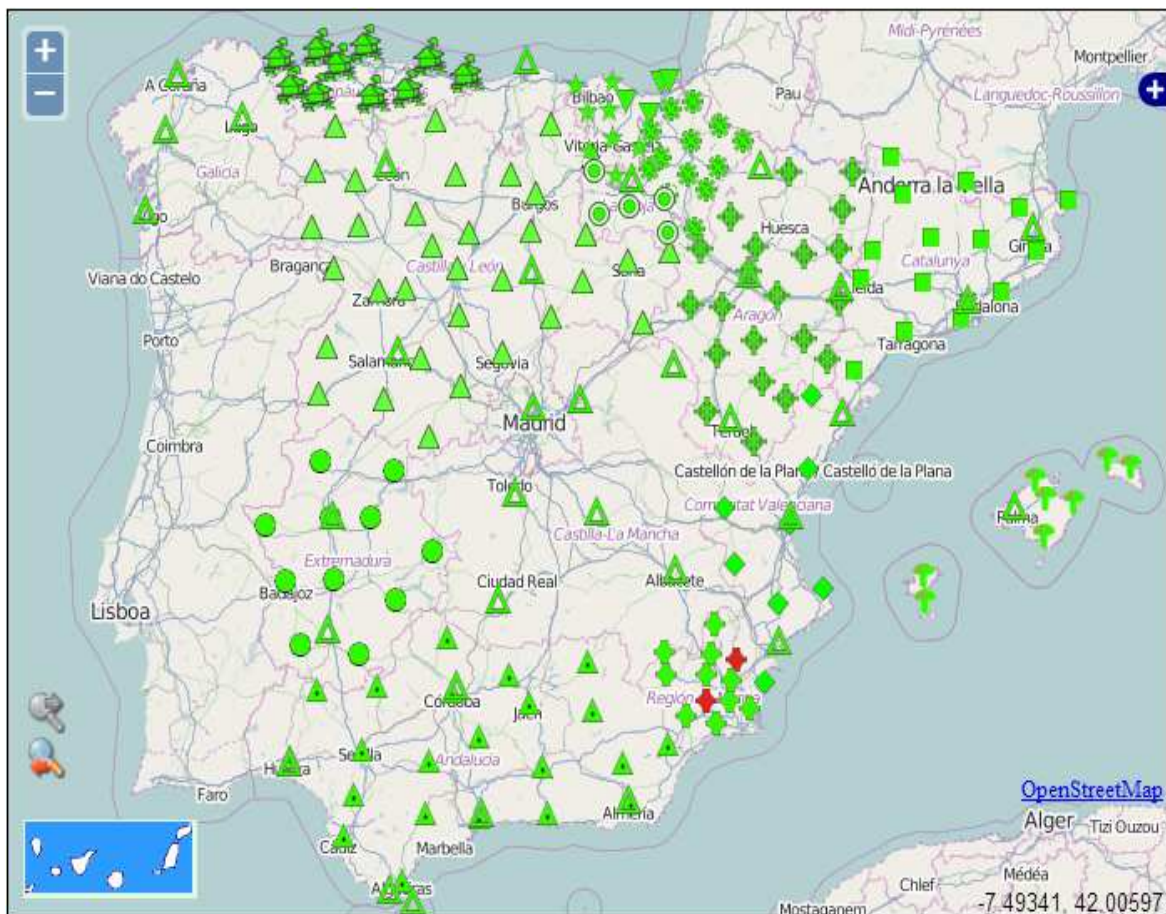


Figura 22: Redes de estaciones permanentes en la península ibérica [15]

### III. MEMORIA

#### 5. RTK en Red como metodología alternativa

RED	Propiedad	Nº Estaciones	Base simple	Max	iMAX	VRS
Andalucía	C.A.	22	SI	SI	SI	SI
Aragón	C.A.	20	SI	NO	NO	SI
Asturias	C.A.	10				
Baleares	C.A.	8	SI	SI	SI	SI
Canarias	C.A.	17	NO	NO	NO	NO
Cantabria	C.A.	6	SI	SI	SI	SI
Castilla y León	C.A.	34	SI	SI	NO	NO
Cataluña	C.A.	15	SI	NO	NO	SI
Extremadura	C.A.	11	SI	SI	SI	SI
Galicia	Privada	17	SI	NO	NO	SI
Gipuzkoa	Diputación	4	SI	SI	SI	SI
IGN	Nacional	44	SI	NO	NO	NO
La Rioja	C.A.	6	SI	SI	SI	NO
SmartNet	Privada	23	SI	NO	NO	SI
Murcia	C.A.	7	SI	SI	SI	SI
Navarra	C.A.	14	SI	NO	NO	NO
País Vasco	C.A.	11	SI	SI	SI	SI
Topcon	Privada	--	?	?	?	?
Valencia	C.A.	15	SI	NO	NO	SI
Madrid (Iberef)	Madrid Toledo Guadalajara	14	SI	NO	SI	SI

Tabla 21: Redes GNSS permanentes a nivel estatal

### III. MEMORIA

#### 6. Estudio comparativo de las soluciones RTK en Red

---

## 6. ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS SOLUCIONES RTK EN RED

### 6.1.Introducción

Tras haber analizado las diferentes correcciones que ofrece la metodología RTK en Red, se estudiará validar dicha metodología para las observaciones de vértices de una Red Urbana de Referencias Topográficas (R.U.R.T), siempre que las precisiones sean las mismas o inferiores que las obtenidas por metodología clásica o con observaciones GNSS mediante la metodología de estático.

El estudio se realizará en la Comunidad Autónoma del País Vasco, lo que significa que la Red de estaciones GNSS de Euskadi será la encargada de transmitir las correcciones RTK al usuario.

Se elegirán tres zonas diferentes de la Red, a fin de estudiar la calidad de las correcciones en diferentes puntos de la red. En las zonas escogidas, los vértices deberán de cumplir una serie de requisitos, los cuales se especifican a continuación:

- Zona 1: Los vértices se encontrarán muy próximos a alguna de las estaciones de referencia de la red
- Zona 2: Se escogerán aquellos vértices que tengan las líneas base “vértice-estación de referencia” más largas posibles y que se encuentren dentro de un triángulo formado por tres estaciones GNSS de Referencia de la Red de Euskadi.
- Zona 3: Se elegirán vértices que se localicen en una zona extrapolada de la Red GNSS de Euskadi

### 6.2.Red de estaciones GNSS de Euskadi

La Red de estaciones permanentes GNSS de Euskadi, surge como cualquier otra red de estas características con el fin de que los datos GNSS obtenidos puedan ser referidos dentro un marco de referencia sólido y fiable dentro del territorio. Es más, gracias a este servicio, el usuario, además de poder recibir correcciones precisas de coordenadas, también podrá solicitar datos útiles

### III. MEMORIA

#### 6. Estudio comparativo de las soluciones RTK en Red

para temas relacionados con las ciencias de la tierra, como pueden ser, oceanografía, sismología, geofísica, etc.

La red lleva siendo operativa desde 2005, estando formada por 11 estaciones permanentes GNSS distribuidas por el territorio del País Vasco (*Figura 23*), de tal manera que Gipuzkoa dispone de 3 estaciones (Igeldo, Elgeta, Lazkao), Bizkaia otras tres (Sopuerta, Gernika, Baratzar) y finalmente Alaba consta de 5 estaciones permanentes (Amurrio, Vitoria, Alda, Lantaron, elciego).



**Figura 23:** Red Estaciones GNSS permanentes Euskadi [16]

Los organismos competentes encargados del correcto funcionamiento y del mantenimiento de la red, son las diputaciones de cada una de las provincias del País Vasco, el Gobierno Vasco y la Universidad del País Vasco.

##### 6.2.1. Centro de Control

El centro de control está situado en Vitoria-Gasteiz, siendo el software Leica Spider es el cerebro del sistema. Este utiliza un entorno gráfico que permite la comunicación con cada una de las estaciones de referencia, controlando cada una de las configuraciones de la red. Además nos muestra información del modelo actual de la red incluyendo los parámetros calculados para cada

### III. MEMORIA

#### 6. Estudio comparativo de las soluciones RTK en Red

momento. El sistema puede ser configurado en cada momento, permitiendo añadir o quitar estaciones de referencia y realizar dinámicamente los cambios.

A modo de ejemplo, se muestran a continuación dos capturas de pantalla (Obtenidas del sitio web GeoEuskadi) donde se pueden ver diferentes gestiones que se pueden hacer desde el centro de control, como es un análisis del efecto multipath (*Figura 24*) y la gestión de una red VRS, donde se muestran las posiciones de los equipos móviles conectados, retardos en las señales desde las estaciones, actividad ionosférica y control de coordenadas de las estaciones. (*Figura 25*).

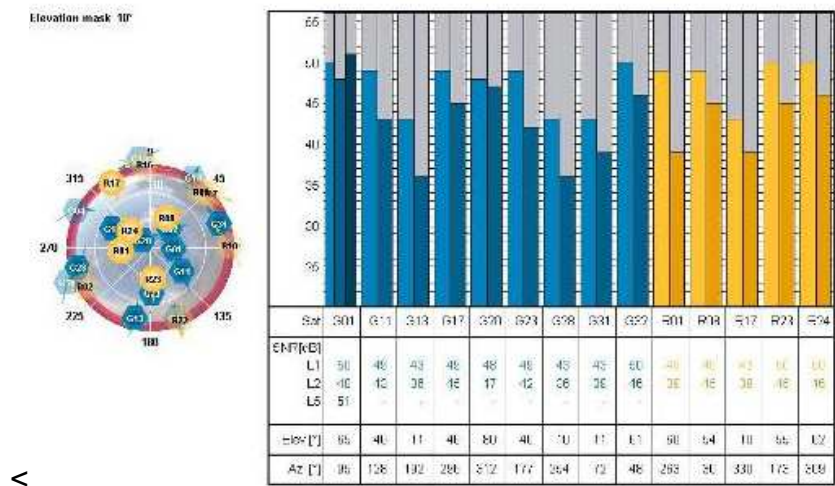


Figura 24: Análisis efecto multipath [16]

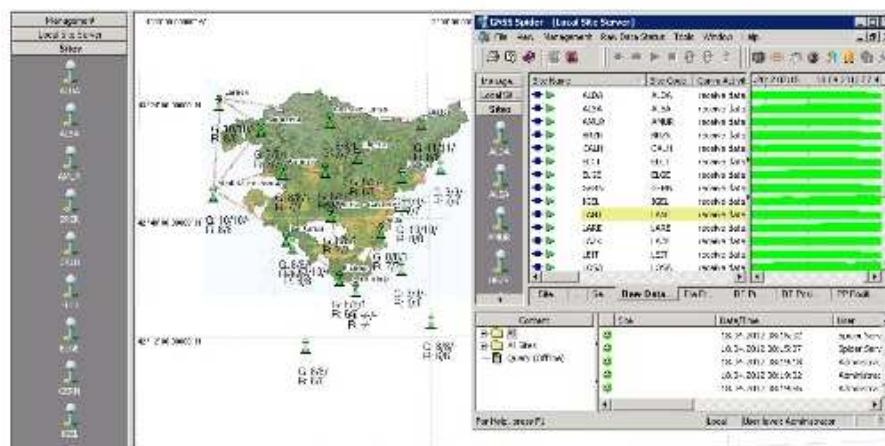


Figura 25: Gestión de red VRS [16]



### III. MEMORIA

#### 6. Estudio comparativo de las soluciones RTK en Red

---

##### 6.2.2. Soluciones

La Red de estaciones permanentes GNSS ofrece a sus usuarios mediante el protocolo NTRIP, distribuidos en tres puertos, diferentes soluciones. A continuación se detallarán los diferentes puertos y las soluciones que ofrece cada uno de ellos.

###### 6.2.2.1. Puerto 2101

Puerto que ofrece soluciones de red VRS, MAX, iMAX y solución de estación cercana en los formatos más comunes (RTCM2.3 y RTCM3.1). En el caso de escogerse la solución a la estación de referencia más cercana, el sistema será el encargado de buscar la estación más cercana y transmitir al usuario los datos referidos a ella.

###### 6.2.2.2. Puerto 2102

Puerto que ofrece al usuario las soluciones en red VRS, MAX e iMAX, así como la solución de estación simple más cercana en los formatos CMR, CMR+ y LEICA. Las correcciones diferenciales obtenidas desde este puerto, son recomendables para equipos de guiado agrícolas.

###### 6.2.2.3. Puerto 2103

A través del citado puerto se envían los productos con las conexiones a estaciones simples que forman la red en todos sus formatos (RTCM3.1, RTCM2.3, CMR, CMR+ y LEICA). Si el usuario quiere conectarse a este puerto, las líneas base del receptor a la estación de referencia, no deberá superar los 30 kilómetros.

##### 6.2.3. Aplicaciones ofrecidas por la Red GNSS de Euskadi

La red GNSS de Euskadi, ofrece al usuario tanto aplicaciones en tiempo real, como aplicaciones para el posterior procesamiento.

### III. MEMORIA

#### 6. Estudio comparativo de las soluciones RTK en Red

---

##### 6.2.3.1. *Aplicaciones en tiempo real*

La citada red ofrece al usuario el servicio de correcciones diferenciales de estaciones simples o soluciones en red de cada una de las estaciones de referencia de la red GNSS de Euskadi. Estas correcciones serán compatibles con la mayoría de los receptores GNSS.

El servicio de tiempo real ofrece las siguientes opciones:

- Correcciones de cada estación de referencia a través de Internet, mediante conexión GPRS a través del protocolo NTRIP.
- Solución de red a través de Internet, mediante conexión GPRS a través de protocolo NTRIP.
- Correcciones de la estación de referencia situada en la Facultad de Farmacia de la Universidad del País Vasco en Vitoria-Gasteiz, a través de Radio-Modem.

##### 6.2.3.2. *Aplicaciones en Post-proceso*

A las aplicaciones ofrecidas por la red GNSS de Euskadi, se podrá acceder tanto vía WEB como mediante servidor FTP.

Los servicios ofrecidos a través de la WEB, nos mostrará información de la red, tales como coordenadas, estado actual de la red, efemérides, almanaque, etc. Dentro de la red, el usuario también podrá acceder a los datos *RINEX* de las estaciones de referencia que conforman la red.

En cuanto a los servicios FTP, solamente mencionar, que no tendremos otra posibilidad más que descargar los datos *RINEX* de las estaciones de referencia de la red GNSS de Euskadi.

Todas las coordenadas de las estaciones que son transmitidas en tiempo real, son ofrecidas al usuario en ETRS89

### III. MEMORIA

#### 6. Estudio comparativo de las soluciones RTK en Red

---

##### 6.3. Estudio comparativo

###### 6.3.1. Metodología de trabajo

Las observaciones RTK en Red de cada uno de los vértices se harán por duplicado, observándose a la mañana, y a la tarde. Se realizará la conexión al caster NTRIP de la red de Euskadi, solicitándose recibir las soluciones iMAX, VRS y las correcciones de la estación de referencia simple más cercana en formato RTCM3.1. Para asegurar la calidad de las observaciones, y obtener unos buenos resultados tanto en planimetría como altimetría, el parámetro 3DCQ (Three dimensions accuracy) siempre deberá de ser igual o menos a 0.15m.

Por otro lado, en aquellas zonas que por falta de vértices haya que materializarlos, antes de ser observados por metodología RTK en Red, se realizarán observaciones GNSS mediante el método estático. La duración de los estáticos será de 30 minutos, considerándose una duración idónea tras los resultados obtenidos en los vértices de la RBM de Donostia/San Sebastián.

El cálculo se efectuará según lo explicado en el apartado 4.5.1.1. *Metodología de cálculo.*

###### 6.3.2. Instrumentos empleados

Durante la observación RTK en Red se empleará un receptor GNSS Leica GS14 de doble frecuencia con telefonía móvil integrada, lo que nos permitirá durante el trabajo conectarnos a la Red de Euskadi. El receptor usado está diseñado para recibir correcciones en red tales como iMAX, MAX, y solución CERCANA. A continuación (*Figura 26*) se muestran las especificaciones técnicas del instrumento

En aquellas zonas que se hayan realizado observaciones GNSS por el método de estático se emplearán dos receptores Topcon Hiper Plus, cuyas características ya han sido descritas en el apartado 4.5.1.1 *Elección de instrumental* del presente trabajo.

### III. MEMORIA

#### 6. Estudio comparativo de las soluciones RTK en Red



Receptor Leica GS14 GNSS	Leica GS14 Monofrecuencia	Leica GS14 Performance	Leica GS14 Professional	
<b>Sistemas GNSS Soportados</b>				
GPS L2	○	●	●	
GLONASS	○	○	●	
Galileo	○	○	●	
BeiDou	○	○	○	
<b>Funciones RTK</b>				
DGPS / RTCM	○	●	●	
RTK Ilimitado	○	●	●	
Redes RTK	○	●	●	
<b>Actualización de la posición &amp; registro de datos</b>				
Posicionamiento a 5 Hz	●	●	●	
Posicionamiento a 20 Hz	○	●	●	
Registro de Datos Brutos	●	●	●	
Registro RINEX	○	○	●	
Salida NMEA	○	○	●	
<b>Características Adicionales</b>				
Funcionalidad de Estación de Referencia RTK	○	●	●	
Módem (a elegir entre 2G o 3.75G)	●	●	●	
Radio módem UHF (receptora y transmisora)	○	○	○	
	● = Standard	○ = Opcional		
<b>Funcionalidad GNSS</b>				
	Tecnología GNSS	Tecnología patentada Leica SmartTrack: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Motor de Mediciones Avanzado</li> <li>• Mediciones resistentes a interferencias</li> <li>• Correlador de multipath de apertura de pulsos de precisión para medidas de pseudorange</li> <li>• Excelente seguimiento en bajas elevaciones</li> <li>• Ruido muy bajo en las medidas de fase de la portadora GNSS con <math>\approx 0.5</math> mm de precisión</li> <li>• Tiempo de adquisición mínimo</li> </ul>		
	No. de canales	120 canales (240 canales)*		
	Satélites seguidos simultáneamente	Hasta 60 Satélites simultáneamente en dos frecuencias		
	Señales Satelitales Seguidas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• GPS: L1, L2, L2C</li> <li>• GLONASS: L1, L2</li> <li>• Galileo</li> <li>• BeiDou</li> <li>• SBAS: WAAS, EGNOS, GAGAN, MSAS, QZSS</li> </ul>		
	Tiempo de Readquisición	$< 1$ s.		
<b>Resultados de mediciones y precisiones</b>				
	Precisión (emc) Código diferencial con DGPS / RTCM		Tipicos 25 cm (emc)	
	DGPS / RTCM			
	Precisión (emc) en Tiempo Real (RTK)*			
	Estándares seguidos		Cumple con el ISO17123-8	
	Línea Base Simple ( $< 30$ Km)		Horizontal: 8 mm + 1 ppm (emc) Vertical: 15 mm + 1 ppm (emc)	
	Red RTK		Horizontal: 8 mm + 0.5 ppm (emc) Vertical: 15 mm + 0.5 ppm (emc)	
	Precisión (emc) con Postproceso <sup>1</sup>			
	Estático (fase) con observaciones largas		Horizontal: 3 mm + 0.1 ppm (emc) Vertical: 3.5 mm + 0.4 ppm (emc)	
	Estático y estático rápido (fase)		Horizontal: 3 mm + 0.5 ppm (emc) Vertical: 5 mm + 0.5 ppm (emc)	
	Cinemático (fase)		Horizontal: 8 mm + 1 ppm (emc) Vertical: 15 mm + 1 ppm (emc)	
<b>On the Fly (OTF)</b>				
Tecnología RTK		Tecnología Leica SmartCheck		
Fiabilidad		Mejor que el 99.99% <sup>2</sup>		
Tiempo de Inicialización		Tipicos 4 s <sup>2</sup>		
Rango OTF		Hasta 70 km <sup>2</sup>		
<b>Red RTK</b>				
Soluciones de Red RTK Soportadas:		VRS, FKP, IMAX		
Estándares de Red RTK Soportados:		MAC (Master Auxiliary Concept) aprobado por RTCM SC 104		

Figura 26: Especificaciones técnicas Leica GS14 [17]

#### 6.3.3. Estudio en zona 1

En este apartado, se realizará un estudio de las precisiones obtenidas de las soluciones RTK proporcionadas por la red, cuando el receptor está muy próximo a una estación de referencia perteneciente a la red de estaciones GNSS de Euskadi. En este caso, el ámbito de estudio se sitúa en Gipuzkoa, en el municipio de Donostia/San Sebastián, por lo que las estaciones que intervendrán en el estudio serán Igeldo, Lazkao y Elgeta (Figura 27)

### III. MEMORIA

#### 6. Estudio comparativo de las soluciones RTK en Red



Figura 27: Zona de estudio Zona1

Los vértices que se van a muestrear son el 1349, 1351, 1155, 1157, 1329, 1327 y 1328 medidos durante la reposición de la Red Básica Municipal, con la diferencia que las coordenadas en vez de estar referidas al marco de Gipuzkoa, estarán referidas al marco de Euskadi, por lo que habrá que recalcular los vértices para el marco de Euskadi.

Las líneas base de los vértices que van a ser observados a cada una de las antenas de referencia de la Red GNSS se muestra a continuación (*Tabla 22*)

	Distancias a Estación de referencia (m)		
	IGELDO	LAZKAO	ELGETA
<b>1349</b>	3365.1693	32231.9241	42768.3833
<b>1351</b>	3281.0953	32342.3305	42800.9839
<b>1155</b>	3696.6932	33114.4498	43601.5402
<b>1157</b>	3687.542	33260.1773	43686.6808
<b>1327</b>	7031.2309	37483.6085	47746.3366
<b>1328</b>	7017.2603	37503.3875	47737.2979
<b>1329</b>	9272.2409	37937.7242	49630.3993

Tabla22: Distancias en metros de línea base “vértice-estación” en zona 1

Una vez se observan los vértices, se obtienen los siguientes resultados

### III. MEMORIA

#### 6. Estudio comparativo de las soluciones RTK en Red

---

- MEDICIONES NRTK (Observaciones de la primera vuelta)

ID	Base Simple		
	X UTM (m)	Y UTM (m)	h(elip)
1155	581365,0782	4794428,6616	95,7843
1157	581387,2334	4794581,8078	124,1425
1328	584309,4560	4797833,2563	238,2313
1327	584337,9423	4797795,6426	238,8162
1329	586922,5689	4796773,7958	114,5051
1349	580734,7620	4793882,6459	142,8492
1351	580762,4650	4793744,2512	153,1975

**Tabla23:** Observación Base Simple en primera vuelta (zona1)

ID	VRS		
	X UTM (m)	Y UTM (m)	h(elip)
1155	581365,0772	4794428,6631	95,7725
1157	581387,2318	4794581,8053	124,1102
1328	584309,4364	4797833,2478	238,2649
1327	584337,9610	4797795,6569	238,8046
1329	586922,5542	4796773,7825	114,5154
1349	580734,7635	4793882,6431	142,8452
1351	580762,4704	4793744,2535	153,1993

**Tabla24:** Observación VRS en primera vuelta (zona1)

ID	iMAX		
	X UTM (m)	Y UTM (m)	h(elip)
1155	581365,0714	4794428,6662	95,7901
1157	581387,2310	4794581,8026	124,1335
1328	584309,4425	4797833,2472	238,2931
1327	584337,9509	4797795,6486	238,8232
1329	586922,5461	4796773,7770	114,5688
1349	580734,7653	4793882,6455	142,8577
1351	580762,4701	4793744,2496	153,2039

**Tabla25:** Observación iMAX en primera vuelta (zona1)

### III. MEMORIA

#### 6. Estudio comparativo de las soluciones RTK en Red

---

- MEDICIONES NRTK (Observaciones de la segunda vuelta)

Base Simple			
ID	X	Y	Z
1155	581365,0880	4794428,6664	95,7784
1157	581387,1710	4794581,8476	124,1530
1327	584337,9415	4797795,6634	238,8501
1329	586922,5662	4796773,7777	114,5292
1349	580734,7549	4793882,6340	142,8536
1351	580762,4843	4793744,2469	153,2122

**Tabla26:** Observación Base Simple en segunda vuelta (zona1)

VRS			
ID	X	Y	Z
1155	581365,0946	4794428,6730	95,7819
1157	581387,1706	4794581,8474	124,1479
1327	*	*	*
1329	586922,5760	4796773,7659	114,5451
1349	580734,7703	4793882,6066	142,8266
1351	580762,4815	4793744,2477	153,2277

**Tabla27:** Observación VRS en segunda vuelta (zona1)

iMAX			
ID	X	Y	Z
1155	581365,0887	4794428,6748	95,7932
1157	581387,1659	4794581,8455	124,1460
1327	584337,9426	4797795,7034	238,7022
1329	586922,5652	4796773,7736	114,5667
1349	580734,7487	4793882,6205	142,9002
1351	580762,4770	4793744,2510	153,1990

**Tabla28:** Observación iMAX en segunda vuelta (zona1)

\*La medición del vértice 1328 no se realizan en la segunda vuelta por no poderse fijar el parámetro 3DCQ, ocurriendo lo mismo en el vértice 1327 al solicitar solución VRS

### III. MEMORIA

#### 6. Estudio comparativo de las soluciones RTK en Red

Después de haber observado y calculado las coordenadas de aquellos vértices que van a ser estudiados, se realizará el pertinente estudio, en el que se analizarán las diferencias obtenidas respecto a las coordenadas de la Red Básica Municipal de Donostia/San Sebastián observadas mediante el método estático y calculadas en post proceso. En el estudio se tomarán como referencia las coordenadas calculadas en post proceso.

##### 6.3.3.1. Estudio de la planimetría

	Vuelta 1						Vuelta 2					
	Base Simple		VRS		iMAX		Base Simple		VRS		iMAX	
	dx(m)	dy(m)	dx(m)	dy(m)	dx(m)	dy(m)	dx(m)	dy(m)	dx(m)	dy(m)	dx(m)	dy(m)
<b>1155</b>	0.016	0.061	0.015	0.059	0.010	0.056	0.026	0.056	0.033	0.049	0.027	0.048
<b>1157</b>	0.024	0.019	0.023	0.022	0.022	0.025	0.038	0.020	0.039	0.020	0.043	0.018
<b>1328</b>	0.001	0.009	0.019	0.001	0.012	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
<b>1327</b>	0.015	0.026	0.004	0.011	0.006	0.020	0.016	0.005	0.000	0.000	0.014	0.035
<b>1329</b>	0.001	0.015	0.015	0.028	0.023	0.033	0.003	0.033	0.007	0.045	0.004	0.037
<b>1349</b>	0.009	0.019	0.011	0.022	0.013	0.019	0.002	0.031	0.018	0.058	0.004	0.044
<b>1351</b>	0.066	0.038	0.060	0.036	0.061	0.040	0.046	0.042	0.049	0.042	0.054	0.038

**Tabla29:** Diferencias respecto solución estática (m) (Zona1)

	Vuelta 1			Vuelta 2		
	Base Simple	VRS	iMAX	Base Simple	VRS	iMAX
<b>1155</b>	0.062	0.061	0.057	0.062	0.0593	0.055
<b>1157</b>	0.031	0.031	0.033	0.043	0.0435	0.047
<b>1328</b>	0.009	0.019	0.012	**	**	**
<b>1327</b>	0.029	0.012	0.020	0.016	**	0.038
<b>1329</b>	0.014	0.032	0.041	0.033	0.0450	0.037
<b>1349</b>	0.021	0.024	0.023	0.031	0.0610	0.045
<b>1351</b>	0.076	0.070	0.072	0.063	0.0645	0.066

**Tabla30:** Componente cuadrática de diferencias respecto solución estática (m) (Zona 1)

Comenzando con la planimetría se analizarán las diferencias obtenidas mediante RTK en Red respecto a las observadas en estático (*Tabla29*). Las mayores diferencias se han dado en el vértice 1155 ( $dy=0.061$ ) y en el vértice 1351 ( $dx=0.076m$ ). En cambio los puntos con menores diferencias con respecto a las observaciones en estático han sido los puntos 1329 ( $dx=0.001$  m) y 1349 ( $dx= 0.002$  m)



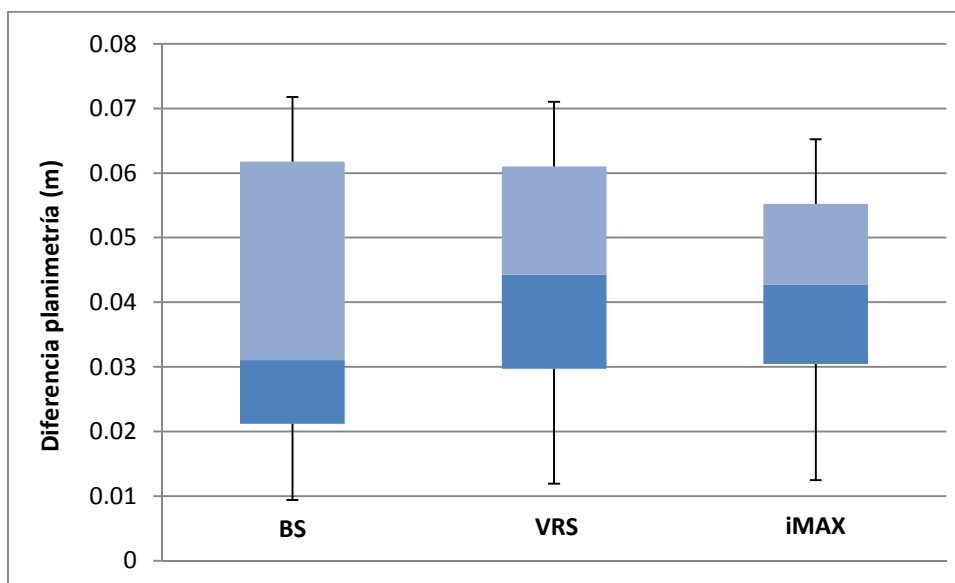
### III. MEMORIA

#### 6. Estudio comparativo de las soluciones RTK en Red

En cuanto a la componente cuadrática (RMS) de las diferencias respecto a las coordenadas procesadas en post proceso, los vértices que mayores diferencias muestran (*Tabla30*) son el 1155 y el 1351 al contrario de los vértices 1328 y 1327 que son en los que menores diferencias se han detectado.

De las tres soluciones que se estudian, hay más dispersión en las diferencias obtenidas en las correcciones de Base Simple a diferencia de las soluciones VRS e iMAX, donde los valores que reflejan las diferencias entre métodos RTK (Solución VRS e iMAX) y estático se dispersan de forma más homogénea (*Gráfico xxx*)

Por otro lado se puede comprobar que la solución iMAX ha sido la que mejores resultados ha dado, obteniéndose en el 50% de los vértices unas diferencias máximas y mínimas del orden de 3 cm y 5.5 cm respectivamente



**Gráfico5:** Diferencias en planimetría (Zona 1)

A continuación se analizarán ñas diferencias obtenidas con cada una de las soluciones solicitadas en la zona 1 de estudio de manera separada:

### III. MEMORIA

#### 6. Estudio comparativo de las soluciones RTK en Red

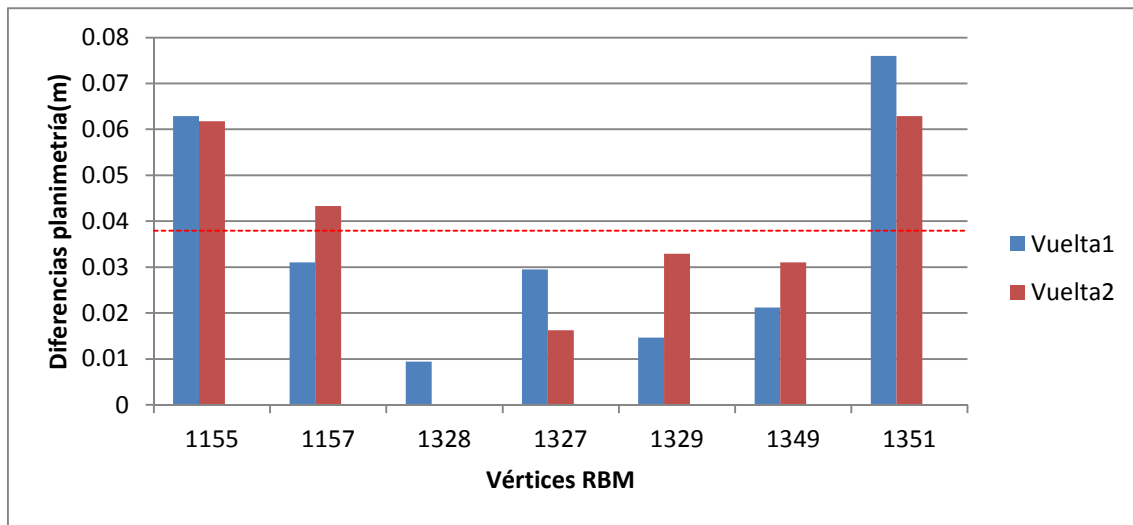


Gráfico 6: Diferencias en planimetría con base simple (zona 1)

Con respecto a la metodología de base simple (Gráfico 6), recibiendo correcciones de la estación de referencia más cercana, como es en el caso de Donostia/San Sebastián que la longitud media de las líneas base es de 5.3 km, destacar que la media de la diferencia obtenida es de 3.8 centímetros, el cual se cometerá siempre que las observaciones se hagan con horizonte despejado, evitando vaguadas profundas o incluso zonas de edificaciones, para así evitar los grandes diferencias como es el caso de los vértices 1155 y 1351. Con respecto al vértice 1328, tal y como se ha comentado con anterioridad, la segunda vuelta no se puede observar por no poder fijarse el parámetro 3DCQ.

Por otro lado, analizando los resultados obtenidos para la solución VRS (Gráfico 7), se puede observar que la media de las diferencias respecto a las observaciones en estático en planimetría es de 4.3 centímetros, siempre que las mediciones se realicen con horizonte despejado. Al igual que en la observación con base simple, aquellos vértices que han sido medidos en zona de edificios o en vaguadas profundas (1155, 1351) son aquellos vértices en los que mayores diferencias se han detectado.

A destacar la diferencia detectada en el vértice 1349, entre las observaciones de la vuelta1, y las de la vuelta2. Este incremento puede ser debido a las fuertes rachas de viento lo cual ha podido causar esta pequeña diferencia al no mantenerse el instrumento en una estricta verticalidad.

### III. MEMORIA

#### 6. Estudio comparativo de las soluciones RTK en Red

Por otra parte, los vértices 1328 y 1327 no han podido ser observados por no poder fijar el parámetro 3DCQ.

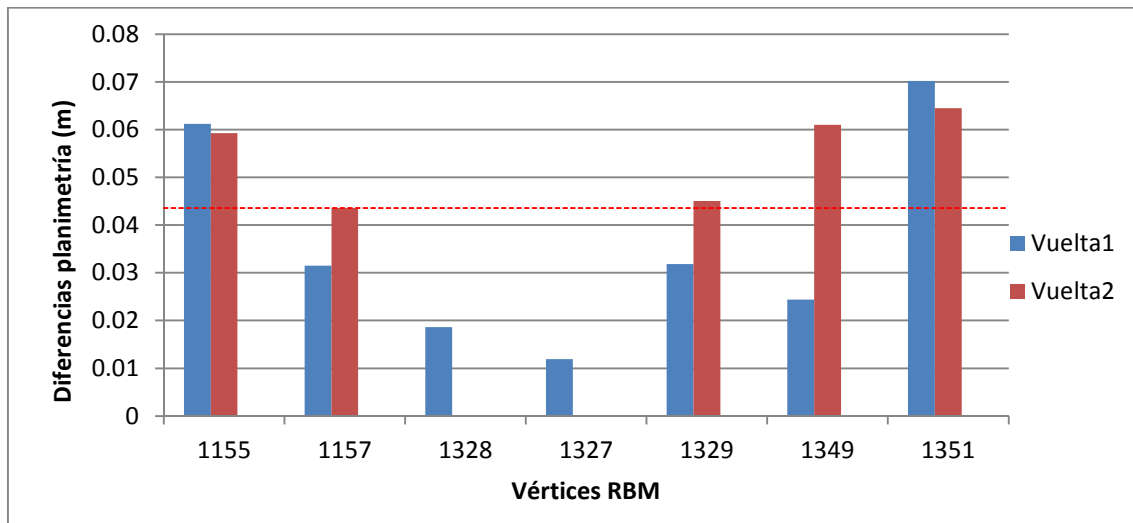


Gráfico 7: Diferencias en planimetría con VRS (zona 1)

Finalmente, se analizará las precisiones obtenidas cuando se reciben correcciones iMAX (Gráfico 8)

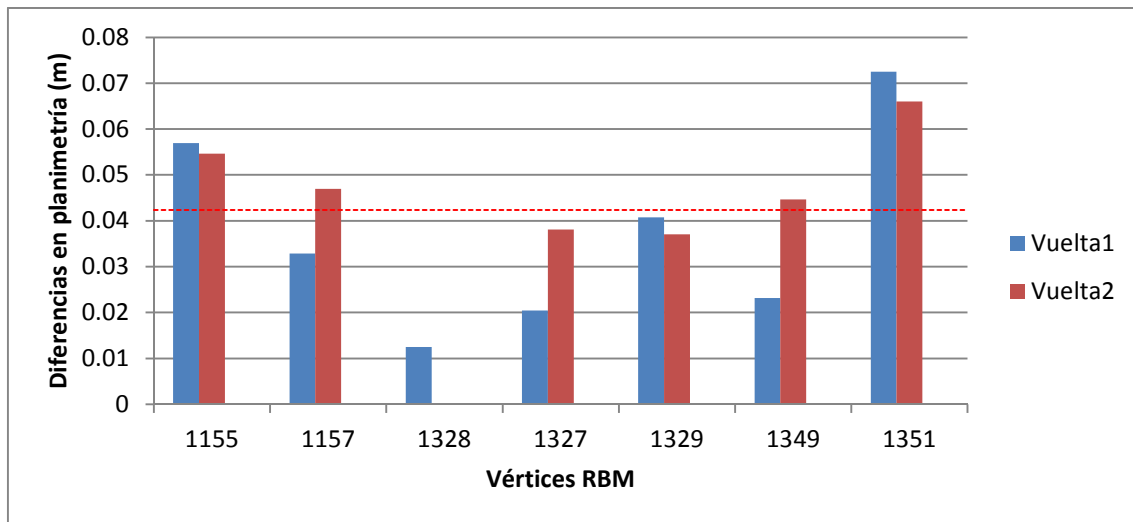


Gráfico 8: Diferencias en planimetría con iMAX (zona 1)

Recibiendo correcciones iMAX el promedio de la diferencia obtenida ha sido de 4.2 centímetros respecto a las mediciones en estático. Los vértices en los que mayores diferencias se han detectado (1351 y 1155) es por realizar las observaciones en áreas en las que o bien el horizonte está semi-despejado o están localizadas en una vaguada cerrada.

### III. MEMORIA

#### 6. Estudio comparativo de las soluciones RTK en Red

El vértice 1328 no ha sido medido en la segunda vuelta por no haberse podido fijar el parámetro 3DCQ.

La *tabla 31* que a continuación se presenta, muestra un resumen del estudio estadístico que se ha realizado para las diferentes soluciones que nos ofrece el RTK en Red.

ZONA1 (Planimetría)			
	Base Simple	VRS	iMAX
RIC (m)	0.0406	0.0313	0.0248
V.atípicos?	NO	NO	NO
Media (m)	0.0379	0.0436	0.0424
Varianza (m)	0.0005	0.0004	0.0003
D. Estándar (m)	0.0216	0.0197	0.0184
Coef. Var. (m)	0.5695	0.4530	0.4337
MIN (m)	0.0094	0.0119	0.0125
MAX (m)	0.0760	0.0701	0.0725

Tabla 31: Resumen estudio estadístico para planimetría en zona 1

#### 6.3.3.2. Estudio de la altimetría

	Vuelta1			Vuelta2		
	Base Simple	VRS	iMAX	Base Simple	VRS	iMAX
1155	0.168	0.180	0.162	0.174	0.170	0.159
1157	0.086	0.119	0.095	0.076	0.081	0.083
1328	0.039	0.006	0.022	**	**	**
1327	0.047	0.035	0.054	0.081	**	0.067
1329	0.177	0.167	0.113	0.153	0.137	0.115
1349	0.003	0.007	0.005	0.001	0.026	0.048
1351	0.027	0.029	0.033	0.042	0.057	0.028

Tabla 32: Diferencias (dh) respecto solución estática (m) (Zona1)

Del mismo modo que se ha hecho en la planimetría, se va a proceder en la altimetría, estudiando las diferentes correcciones RTK en Red.

Estudiando las diferencias que se han obtenido en las diferentes soluciones RTK en Red respecto a la solución en estático (*Tabla32*), se observa que las mayores diferencias se han dado en el vértice 1155, al recibir correcciones RTK (dh= 0.18 m). Por otra parte, la menor diferencia se ha dado en el punto

### III. MEMORIA

#### 6. Estudio comparativo de las soluciones RTK en Red

1349 (dh= 0.01) recibiendo correcciones Base Simple de la estación más cercana (Igeldo)

Observando la distribución de los errores cometidos (*Gráfico 9*) para cada solución, destacar los elevados valores de las diferencias respecto a las observaciones en estático, sea cuál sea el tipo de corrección que se solicite.

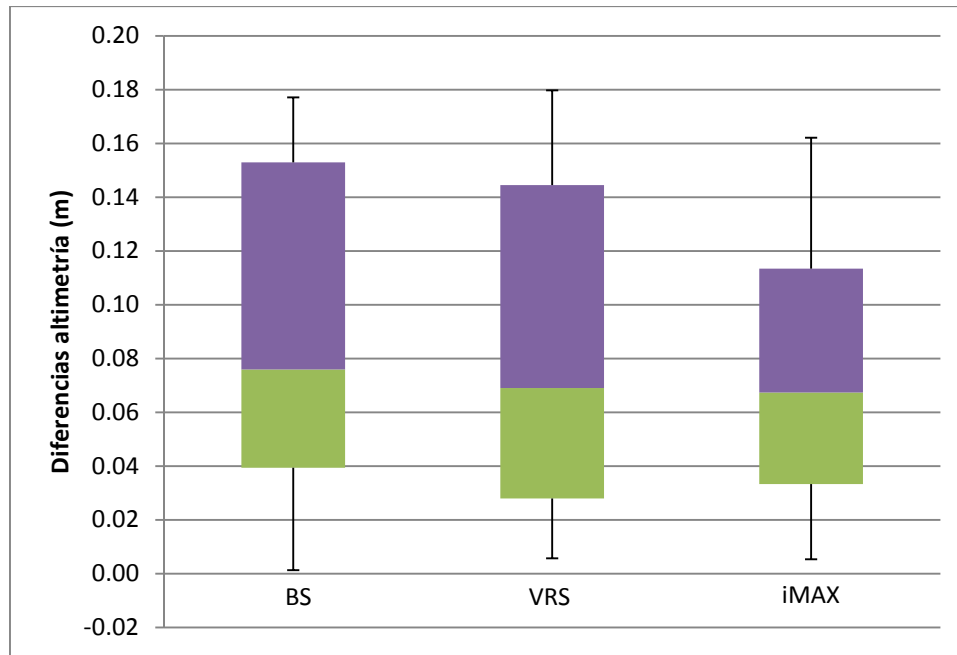


Gráfico9: Diferencias en altimetría (Zona 1)

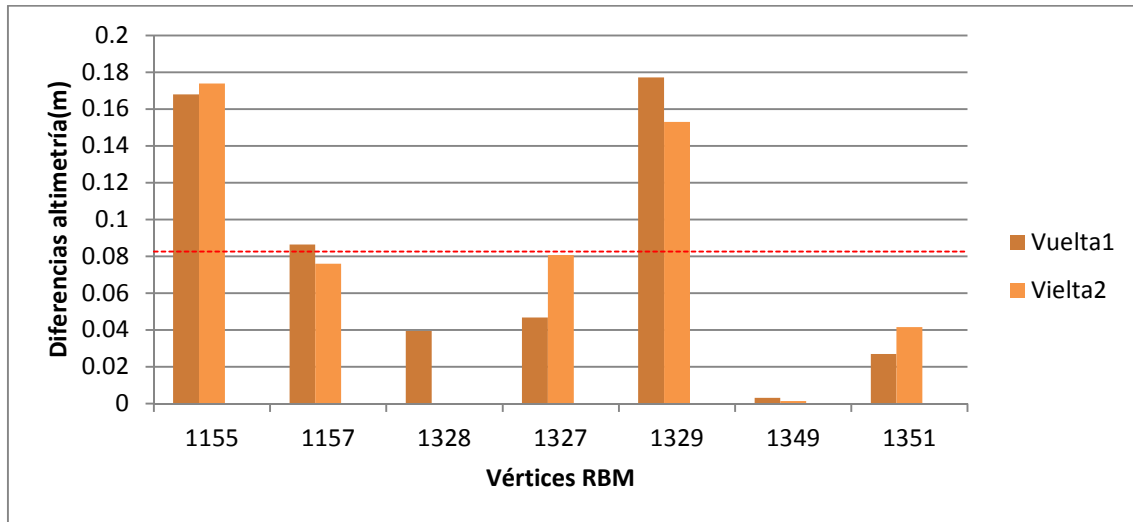
En cuanto la dispersión de las diferencias obtenidas entre soluciones, se aprecia mayor homogeneidad en la corrección iMAX, donde el 50% de las observaciones que se han muestreado, presentan unas diferencias entre los 3 y los 11 centímetros aproximadamente. En cuanto a las soluciones de base cercana y VRS, mencionar que en el 50 % de los vértices las diferencias observadas respecto a las coordenadas calculadas en post proceso oscilan entre los 4 y 13 centímetros aproximadamente, para el caso de la base simple, y entre 3 y 15 centímetros aproximadamente para el caso de estación de referencia virtual (VRS).

Al igual que en planimetría, en altimetría también se hará un análisis individual de las desigualdades obtenidas con cada tipo de corrección.

### III. MEMORIA

#### 6. Estudio comparativo de las soluciones RTK en Red

Se comenzará hablando sobre las diferencias cometidas con respecto a las observaciones en estático al recibir correcciones de la base más cercana, Igeldo (*Gráfico 10*)



**Gráfico 10:** Diferencias en altimetría con Base Simple (zona 1)

Los vértices observados con base simple difieren en un promedio de 8.2 centímetros respecto a las coordenadas calculadas en post proceso. Al igual que en planimetría, para que estas diferencias no sean excesivas, las observaciones deberán realizarse con el horizonte despejado, para que no hayan grandes diferencias entre las observaciones RTK en Red y estático como ocurre en los vértices 1155 y 1329.

Excepto los resultados obtenidos en los vértices 1349 y 1351, los resultados son acordes a los resultados obtenidos en planimetría. Del mismo modo que se comete un error por exceso en el vértice 1155, el error cometido en los vértice 1349 y 1351 podrían clasificarse como un error por defecto.

El punto 1328 no es medido en la segunda vuelta por no haberse podido fijar el parámetro 3DCQ.

Por otra parte, en la solución VRS (*Gráfico 11*), el promedio de la diferencia obtenida respecto a la solución estática ha sido de 8.4 centímetros, la cual es muy próxima a la obtenida cuando se reciben correcciones de la base más cercana.

### III. MEMORIA

#### 6. Estudio comparativo de las soluciones RTK en Red

Las diferencias de altitudes en cada una de las bases, también son muy similares a los que se cometen en base simple, existiendo los mismos errores que se han considerado por defecto en los vértices 1349 y 1351.

Del mismo modo que ocurre en la corrección VRS para planimetría, los vértices 1328 y 1327 no han sido medidos por no haberse podido fijar el parámetro 3DCQ.

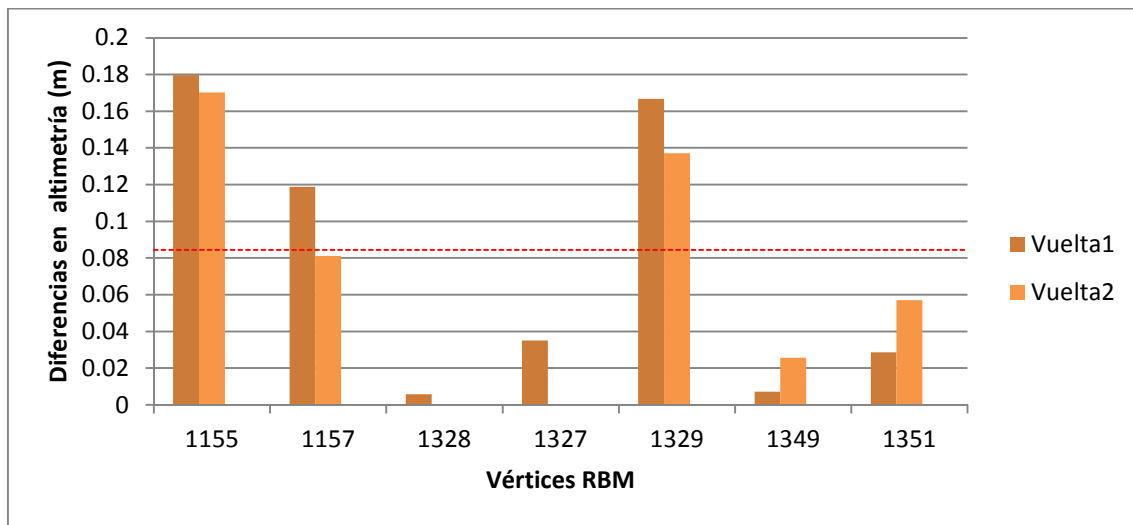


Gráfico 11: Diferencias en altimetría con VRS (zona 1)

Por último, al analizar las diferencias entre solución iMAX y estática (gráfico 12) se obtienen unos resultados muy similares a los obtenidos en las observaciones de base simple y VRS.

El promedio de la diferencia obtenida ha sido de 7.6 centímetros respecto a las coordenadas calculadas en post proceso. Del mismo modo que ha ocurrido en las anteriores soluciones en altimetría, se dan los errores por defecto en los vértices 1349 y 1351, así como la incapacidad de poder observar el vértice 1328 por no poderse fijar el parámetro 3DCQ.

### III. MEMORIA

#### 6. Estudio comparativo de las soluciones RTK en Red

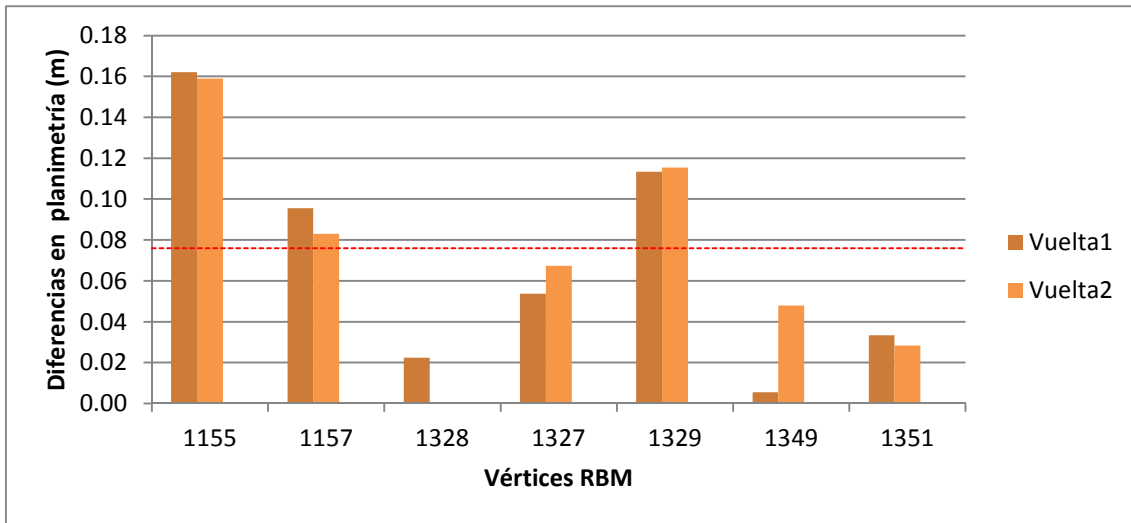


Gráfico 12: Diferencias en altimetría con iMAX (zona 1)

La tabla 33 que a continuación se presenta, muestra un resumen del estudio estadístico que se ha realizado en altimetría para las diferentes correcciones RTK en Red.

ZONA1 (Altimetría)			
	Base Simple	VRS	iMAX
RIC (m)	0.1136	0.1166	0.0801
V.atipicos?	NO	NO	NO
Media (m)	0.0826	0.0844	0.0759
Varianza (m)	0.0042	0.0045	0.0026
D. Estándar (m)	0.0648	0.0668	0.0508
Coef.Var. (m)	0.7847	0.7913	0.6694
MIN (m)	0.0013	0.0058	0.0054
MAX (m)	0.1771	0.1797	0.1621

Tabla 33: Resumen estudio estadístico para altimetría en zona 1



### III. MEMORIA

#### 6. Estudio comparativo de las soluciones RTK en Red

##### 6.3.4. Estudio en zona 2

En la zona 2, se analizarán las diferencias de las diferentes soluciones RTK proporcionadas por la Red respecto a las coordenadas calculadas en post proceso que se obtienen cuando los observables se encuentran en el interior de un triángulo formado por tres estaciones GNSS de Referencia de la Red de Euskadi y la longitud de sus líneas base “vértice-estación de referencia” son las más largas posibles.

Las estaciones elegidas para la formación del triángulo son “Vitoria”, “Elgeta” y “Alda” (*Figura 28a*)



Figura 28a: Zona de estudio Zona2

Para la elección de los vértices que van a ser observados en la zona 2, se escogen puntos ya materializados y observados por la empresa Geograma de anteriores trabajos. Las observaciones de estos puntos se realizaron mediante estáticos rápidos de entre 15 y 30 minutos. La empresa Geograma además de facilitar la localización de los puntos mediante coordenadas de navegación, ha facilitado los ficheros de observación para su posterior post-procesado.

A fin de escoger los puntos que dispongan de las líneas base “estación-vértice” más larga posible se cargan todos los puntos ofrecidos por Geograma en un SIG (Sistema de Información Geográfica), además de cargar las estaciones de

### III. MEMORIA

#### 6. Estudio comparativo de las soluciones RTK en Red

referencia de “Vitoria”, “Alda” y “Lazkao”. De esta manera se podrá consultar cuales son aquellos vértices que cumplen con la condición de tener las líneas base “vértice-estación” más larga posible. Para dicha consulta se dibujaran diferentes *buffers*\* circulares de radios de 15, 16 y 17 kilómetros con centro en las estaciones de referencia de “Vitoria”, “Lazkao” y “Alda”. Los puntos que finalmente se deciden utilizar en el estudio son aquellos que han quedado en el exterior del área de influencia formado por el buffer circular de 16 kilómetros (Figura 28b)

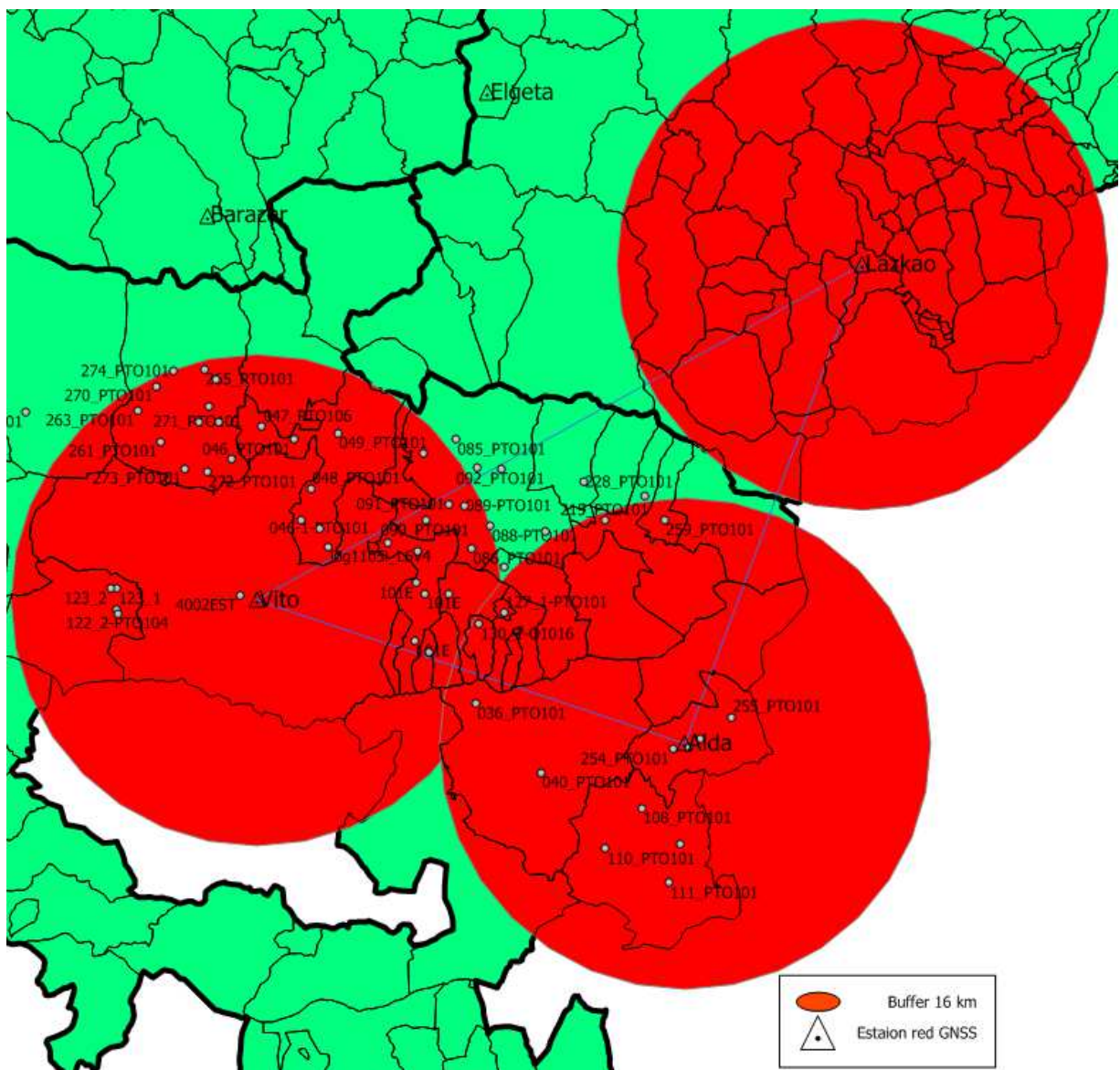


Figura 28b: Detalle de elección de puntos para estudio en zona2

(\*)Polígono que encierra el área de influencia resultante de dar una determinada distancia en torno a un punto, línea o polígono.

### III. MEMORIA

#### 6. Estudio comparativo de las soluciones RTK en Red

Los vértices que se observarán para el estudio son el 88, 92, 94, 215, 224 y 228 listados en la tabla que se presenta a continuación (*Tabla 34*), junto con las longitudes de sus líneas base “vértice-estación”

	Distancias a Estación de referencia (m)		
	Vitoria	Lazkao	Alda
<b>88</b>	15983.6008	29636.5618	19019.8171
<b>92</b>	18088.8823	27050.7249	21545.9176
<b>94</b>	19300.6584	27061.1764	16537.7548
<b>215</b>	23303.5418	23644.8636	16455.3478
<b>224</b>	26183.9528	20700.6013	16365.5404
<b>228</b>	22626.6924	23078.9704	18270.7860

**Tabla 34:** Distancias en metros de líneas base “vértice-estación” en zona 2

Una vez se observan los vértices, se obtienen los siguientes resultados

- MEDICIONES NRTK (Observaciones de la primera vuelta)

ID	Base Simple		
	X UTM (m)	Y UTM (m)	h (elip)
88	541986,856	4747935,193	609,089
92	542686,047	4751665,164	608,772
94	545534,035	4747545,19	634,898
215	549465,117	4748305,095	638,859
224	552034,787	4749911,549	717,655
228	548035,14	4750782,97	656,206

**Tabla35:** Observación Base Simple en primera vuelta (zona2)

ID	VRS		
	X UTM (m)	Y UTM (m)	h (elip)
88	541986,833	4747935,183	609,103
92	542686,049	4751665,166	608,742
94	545534,015	4747545,2	634,898
215	549465,112	4748305,099	638,893
224	552034,777	4749911,527	717,622
228	548035,155	4750782,973	656,215

**Tabla36:** Observación VRS en primera vuelta (zona2)

### III. MEMORIA

#### 6. Estudio comparativo de las soluciones RTK en Red

---

ID	iMAX		
	X UTM (m)	Y UTM (m)	h (elip)
88	541986,835	4747935,179	609,102
92	542686,051	4751665,168	608,736
94	545534,018	4747545,203	634,901
215	549465,124	4748305,097	638,88
224	552034,778	4749911,529	717,615
228	548035,152	4750782,969	656,235

**Tabla37:** Observación iMAX en primera vuelta (zona2)

- MEDICIONES NRTK (Observaciones de la segunda vuelta)

ID	Base Simple		
	X UTM (m)	Y UTM (m)	h (elip)
88	541986,85	4747935,177	609,066
92	542686,053	4751665,163	608,783
94	545534,017	4747545,202	634,882
215	549465,116	4748305,088	638,936
224	552034,784	4749911,516	717,573
228	548035,159	4750782,962	656,203

**Tabla38:** Observación Base Simple en segunda vuelta (zona2)

ID	VRS		
	X UTM (m)	Y UTM (m)	h (elip)
88	541986,843	4747935,189	609,1
92	542686,047	4751665,171	608,812
94	545534,01	4747545,224	634,892
215	549465,121	4748305,116	638,843
224	552034,788	4749911,524	717,606
228	548035,163	4750783,001	656,213

**Tabla39:** Observación VRS en segunda vuelta (zona2)

### III. MEMORIA

#### 6. Estudio comparativo de las soluciones RTK en Red

ID	iMAX		
	X UTM (m)	Y UTM (m)	h (elip)
88	541986,845	4747935,185	609,116
92	542686,048	4751665,18	608,799
94	545534,009	4747545,223	634,89
215	549465,111	4748305,105	638,884
224	552034,787	4749911,522	717,608
228	**	**	**

**Tabla40:** Observación iMAX en segunda vuelta (zona2)

\*La medición del vértice 228 no se realizan en la segunda vuelta por no poderse fijar el parámetro 3DCQ

Llegado a este punto, después de haber realizado las observaciones RTK en Red y calculadas las coordenadas de los vértices que van a ser estudiados (Anexo 3), se realizará el análisis de las diferencias existentes entre las coordenadas obtenidas mediante observaciones RTK en Red y las calculadas en post proceso, las cuales serán la coordenadas que se tomarán como referencia.

#### 6.3.4.1. Estudio de la planimetría

	Vuelta 1						Vuelta 2					
	Base Simple		VRS		iMAX		Base Simple		VRS		iMAX	
	dx(m)	dy(m)	dx(m)	dy(m)	dx(m)	dy(m)	dx(m)	dy(m)	dx(m)	dy(m)	dx(m)	dy(m)
<b>88</b>	0.039	0.019	0.016	0.009	0.018	0.005	0.033	0.003	0.026	0.015	0.028	0.011
<b>92</b>	0.022	0.033	0.020	0.031	0.018	0.029	0.016	0.034	0.022	0.026	0.021	0.017
<b>94</b>	0.003	0.038	0.023	0.028	0.020	0.025	0.021	0.026	0.028	0.004	0.029	0.005
<b>215</b>	0.020	0.059	0.015	0.063	0.027	0.061	0.019	0.052	0.024	0.080	0.014	0.069
<b>224</b>	0.012	0.012	0.002	0.010	0.003	0.008	0.009	0.021	0.013	0.013	0.012	0.015
<b>228</b>	0.074	0.035	0.059	0.032	0.062	0.036	0.055	0.043	0.051	0.004	**	**

**Tabla 41:** Diferencias respecto solución estática (m) (Zona 2)

### III. MEMORIA

#### 6. Estudio comparativo de las soluciones RTK en Red

	Vuelta 1			Vuelta 2		
	Base Simple	VRS	iMAX	Base Simple	VRS	iMAX
<b>88</b>	0.043	0.018	0.019	0.033	0.030	0.030
<b>92</b>	0.040	0.037	0.034	0.037	0.034	0.027
<b>94</b>	0.038	0.037	0.032	0.034	0.028	0.030
<b>215</b>	0.063	0.065	0.067	0.056	0.084	0.071
<b>224</b>	0.017	0.010	0.008	0.023	0.018	0.019
<b>228</b>	0.082	0.067	0.071	0.070	0.052	**

**Tabla 42:** Componente cuadrática de diferencias respecto solución estática (m) (Zona2)

La tabla 41 muestra las diferencias entre las coordenadas obtenidas mediante RTK en Red y las calculadas en post proceso. Las mayores diferencias se han detectado en los puntos 228 ( $dx= 0.074$  m) al recibir correcciones de la base más cercana y 215 ( $dy= 0.08$  m) con la solución VRS. En cambio los vértices que más se han ajustado han sido los vértices 94 ( $dx=0.003$  m) y 224 ( $dx= 0.002$  m).

Al analizar la componente cuadrática (RMS) de las diferencias entre la solución RTK en Red y la estática, (*Tabla 42*) los vértices en los que mayores discrepancias se han detectado han sido los vértices 215 y 228, con unos valores de 0.084 m y 0.082 m respectivamente.

Observando la dispersión obtenida en las diferencias entre la solución RTK en red y la estática (*Gráfico 12*), no se aprecia homogeneidad en ninguna de las soluciones. Por otro lado, se puede comprobar que al solicitar cualquiera de las soluciones proporcionadas por la red, la discrepancia máxima que habrá en el 50% de los puntos observados entre la metodología RTK en Red y la estática es de 5.5 centímetros aproximadamente en las soluciones Base simple y VRS y de 5 centímetros cuando se reciben correcciones iMAX.

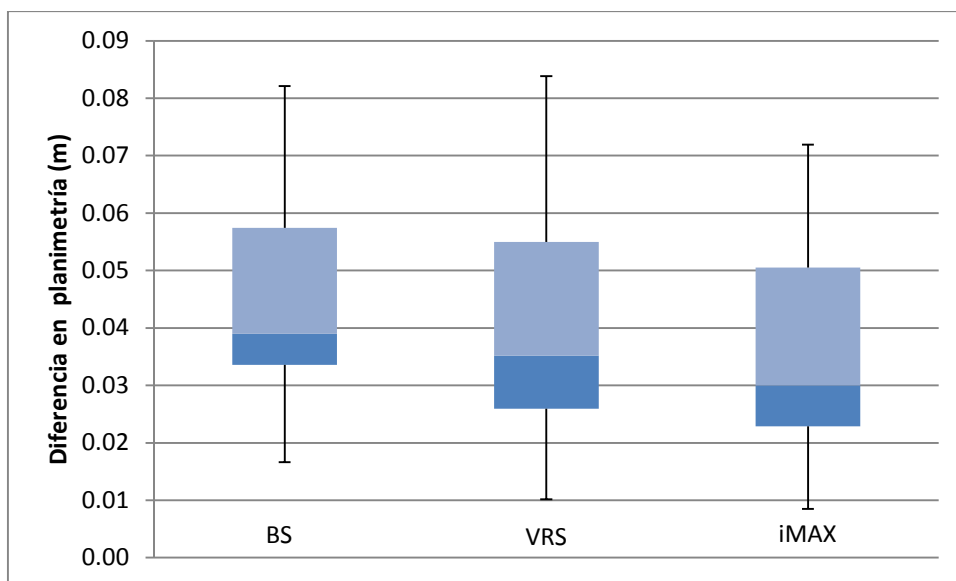
Por otra parte, las diferencias mínimas detectadas en el 50% de las observaciones son de 2.5 centímetros aproximadamente respecto a la solución estática si se reciben correcciones iMAX y VRS, aumentando a 3.5 centímetros para la solución de Base Simple

### III. MEMORIA

#### 6. Estudio comparativo de las soluciones RTK en Red

Por otro lado, con soluciones tanto de base simple como VRS, las mayores diferencias obtenidas serán de aproximadamente 8 centímetros frente a los 7 centímetros aproximadamente obtenidos con solución iMAX.

Finalmente, sea cual sea la corrección que se reciba, los valores mínimos se ajustarán al centímetro respecto a las coordenadas calculadas en post proceso



**Gráfico13:** Diferencia en planimetría (Zona 2)

A continuación se analizarán las diferencias obtenidas con cada una de las soluciones ofrecidas por la Red en la zona 2 de estudio de manera separada;

Comenzando con la solución de base simple (*Gráfico 14*), el promedio de las diferencias de las coordenadas obtenidas respecto a las calculadas en post proceso es de 5.5 centímetros. En el caso de los puntos 88 y 92 la estación de referencia más cercana es Vitoria. Para el resto de los puntos que se estudian, Alda será la estación de referencia más cercana.

Excepto las observaciones de los puntos 215 y 228, ninguna de las observaciones difiere en más de 5.5 centímetros (Promedio) de las coordenadas obtenidas en post proceso. Las diferencias de coordenadas con respecto a la solución estática del orden de 6 centímetros detectadas para el vértice 215 y de 7.5 centímetros para el vértice 228, podrían deberse a la longitud de sus líneas base “vértice-estación” de 18.2 kilómetros y 16.5

### III. MEMORIA

#### 6. Estudio comparativo de las soluciones RTK en Red

kilómetros respectivamente y por situarse en zonas con edificios alrededor. Aunque las líneas base de los demás vértices también sean de distancias que rondan los 16 y 19 kilómetros, las mediciones se hacen con el horizonte despejado.

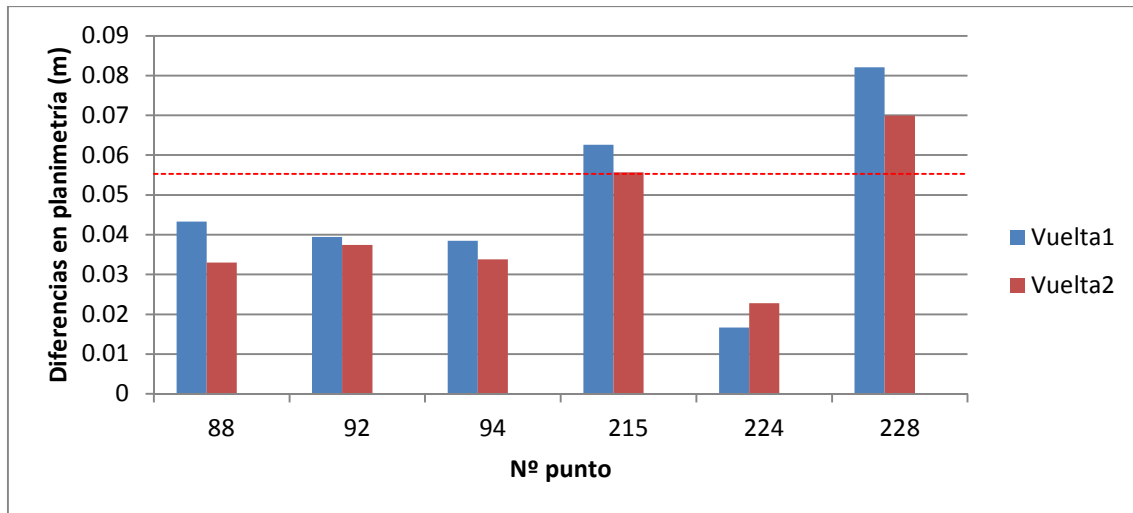


Gráfico 14: Diferencias en planimetría con Base Simple (zona 2)

En el gráfico que se muestra a continuación (Gráfico 15) quedan representadas las diferencias de la solución VRS respecto a la estática.

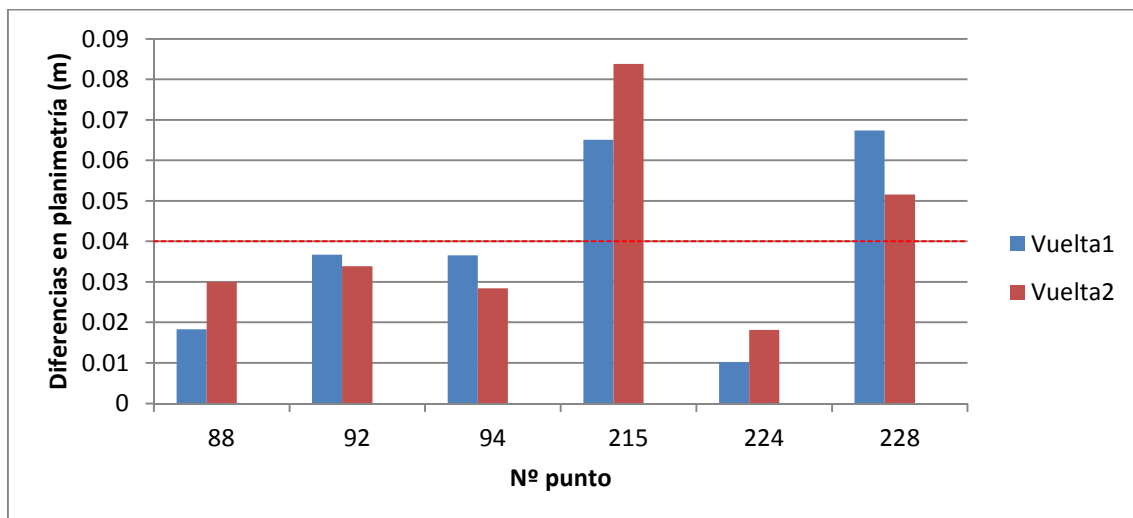


Gráfico 15: Diferencias en planimetría con VRS (zona 2)



### III. MEMORIA

#### 6. Estudio comparativo de las soluciones RTK en Red

El promedio de las diferencias de los vértices observados con solución VRS y los medidos en estático es de 4 centímetros. Este valor nunca va a ser sobrepasado por los puntos que han sido observados con el horizonte despejado. En cambio en los puntos 215 y 228 en los que no se tiene el horizonte despejado y las líneas base “vértice-estación” tienen una distancia del orden de 21 kilómetros, son las que mayores diferencias presentan (7 centímetros en el punto 215 y 5.5 centímetros en el punto 228).

Finalmente, analizando la solución iMAX (*Gráfico 16*), la media de la diferencia respecto a las observaciones en estático es de 3.4 centímetros.

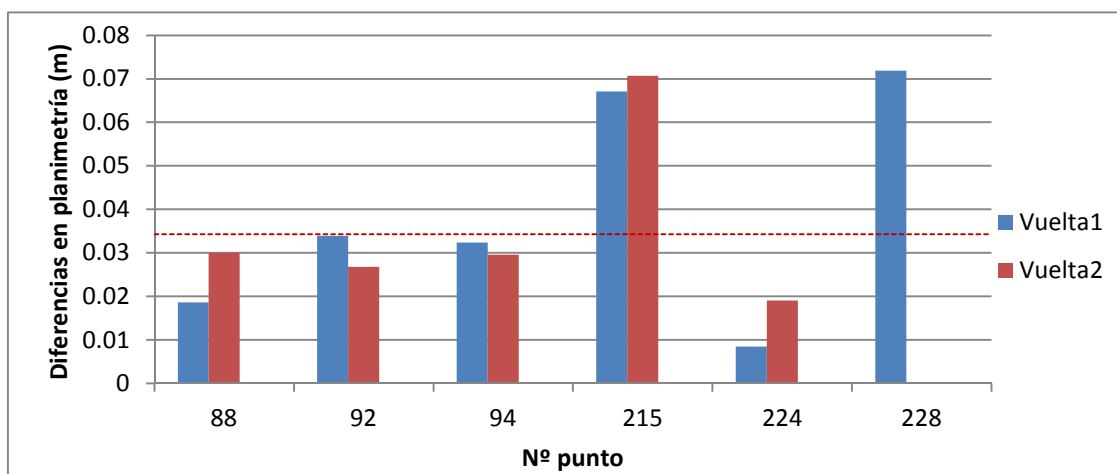


Gráfico 16: Diferencias en planimetría con iMAX (zona 2)

Al igual que ha ocurrido en las correcciones de Base Simple y VRS, los puntos 88, 92, 94 y 224 que han sido observados con el horizonte despejado, son los que más se han ajustado. Las mayores diferencias se han obtenido en los puntos 215 y 228, con unos valores del orden de los 7 centímetros.

Como se aprecia en el gráfico, el punto 228 no pudo ser observado en la segunda vuelta. Esto fue debido a que no se pudo fijar el parámetro 3DCQ.

La *tabla 43* que a continuación se presenta, muestra un resumen del estudio estadístico que se ha realizado en planimetría para las diferentes soluciones RTK en Red.

### III. MEMORIA

#### 6. Estudio comparativo de las soluciones RTK en Red

ZONA2 (Planimetría)			
	Base Simple	VRS	iMAX
RIC (m)	0.0238	0.0290	0.0276
Media (m)	0.0553	0.0400	0.0342
Varianza (m)	0.0006	0.0005	0.0005
D. Estándar (m)	0.0253	0.0225	0.0215
Coef. Var. (m)	0.4584	0.5621	0.6292
MIN (m)	0.0166	0.0102	0.0085
MAX (m)	0.0821	0.0838	0.0719

Tabla 43: Resumen estudio estadístico para planimetría en zona 2

#### 6.3.4.1. Estudio de la altimetría

	Vuelta1			Vuelta2		
	Base Simple	VRS	iMAX	Base Simple	VRS	iMAX
88	0.086	0.100	0.099	0.063	0.100	0.113
92	0.091	0.061	0.055	0.102	0.130	0.118
94	0.090	0.090	0.093	0.074	0.083	0.082
215	0.016	0.018	0.005	0.061	0.031	0.009
224	0.043	0.010	0.003	0.039	0.006	0.004
228	0.182	0.173	0.153	0.185	0.175	**

Tabla 44: Diferencias (dh) respecto solución estática (m) (Zona2)

Siguiendo el estudio de la zona 2, se analizará la altimetría. Las mayores diferencias con respecto a las coordenadas calculadas en post proceso se observan en el vértice 92 al recibir correcciones VRS (dh= 0.130 m) y en el vértice 228 con solución iMAX (dh= 0.185 m). Por otra parte, las menores diferencias se han dado en los puntos 215 (dh= 0.005 m) y 224 (dh= 0.003 m), ambos observados con solución iMAX.

### III. MEMORIA

#### 6. Estudio comparativo de las soluciones RTK en Red

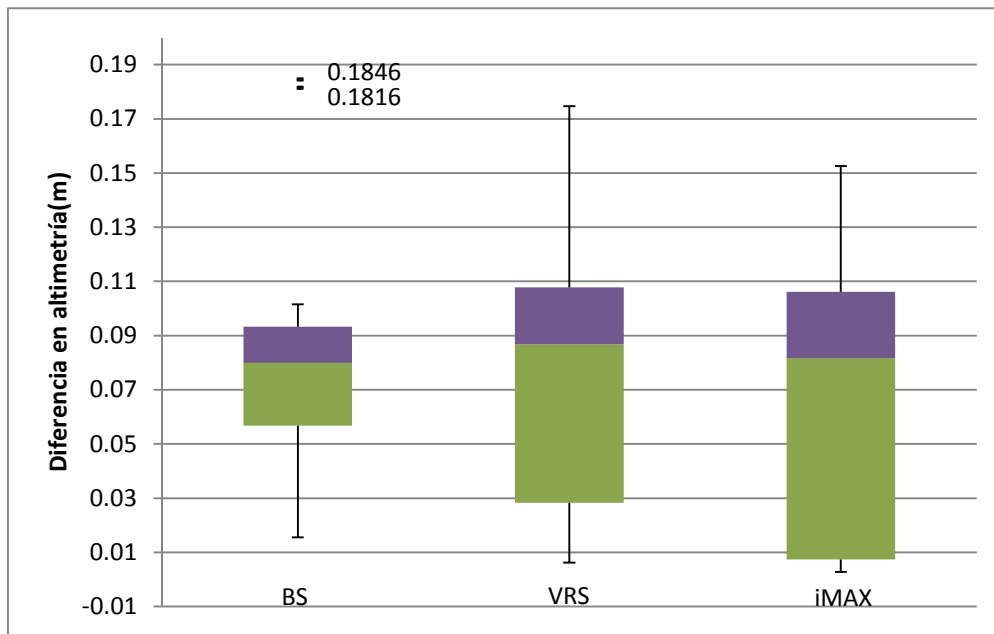


Gráfico17: Diferencias en altimetría (Zona 2)

Analizando el *gráfico 17*, la solución de Base Simple es la que presenta las diferencias respecto a la solución estática menos dispersas, a pesar de encontrar dos mediciones donde se han detectado valores atípicos. Recibiendo correcciones de la base más cercana, el 50% de los puntos analizados difieren entre los 6 y 9 centímetros respecto a las coordenadas calculadas en post proceso, obteniéndose una discrepancia máxima de 10.1 centímetros. Los vértices que más se ajustan, difieren en 1.5 centímetros.

Por otro lado, al recibir tanto correcciones VRS como iMAX, los valores además de encontrarse más dispersos, no se podrá hablar de homogeneidad en los resultados obtenidos. En el 50% de los puntos observados, habrá una diferencia del orden de los 11 centímetros tanto en la solución VRS como en la iMAX respecto a la solución estática. En cambio, en el 50% de los puntos medidos, los valores que más se ajustarán a la solución estática diferirán del orden de 3 centímetros con solución VRS, y del orden del centímetro con solución iMAX.

Los valores mínimos se han obtenido con las soluciones VRS e iMAX habiéndose obtenido una diferencia del orden del medio centímetro con respecto a las coordenadas calculadas en post proceso. Por otra parte, las

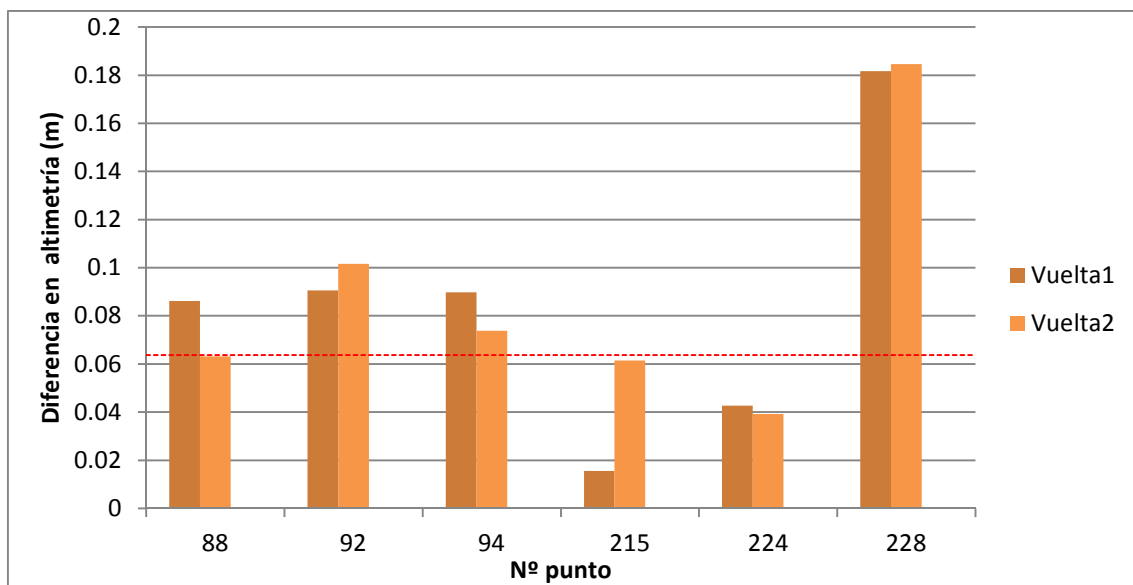
### III. MEMORIA

#### 6. Estudio comparativo de las soluciones RTK en Red

discrepancias máximas varían, desde los 17.5 centímetros al recibir correcciones VRS, hasta los 15.3 centímetros con la solución iMAX.

A continuación se analizarán las diferencias obtenidas por cada solución de forma individual respecto a las observaciones en estático

Comenzando por la solución de base simple y estudiando el gráfico que a continuación se presenta (*Gráfico 18*), el promedio de la diferencia obtenida con las solución Base Simple respecto a la solución estática es de 6.4 centímetros



**Gráfico 18:** *Diferencias en altimetría con Base Simple (zona 2)*

A destacar la disimilitud en el punto 228 tanto en la observación de la primera vuelta como en la de la segunda. Dicha discrepancia podría deberse a que el punto se encuentra en una zona de edificios. Por otra parte, aunque los puntos 88, 92 y 94 se aprecian diferencias superiores a la media, estas discrepancias sobrepasan entre un 15% y 20% de la media aproximadamente, por lo que se podrá asumir dicha diferencia.

Por otro lado, la media de la diferencia de las coordenadas obtenidas con correcciones VRS respecto las obtenidas en post proceso es de 8.1 centímetros (*Gráfico 19*). Dicha diferencia no será sobrepasada de forma

### III. MEMORIA

#### 6. Estudio comparativo de las soluciones RTK en Red

significativa excepto en el punto 228, en el cual se han obtenido discrepancias del orden de 17 centímetros con respecto a la observación en estático.

A destacar la diferencias obtenidas en los puntos 215 y 224, de 3 centímetros y un centímetro respectivamente.

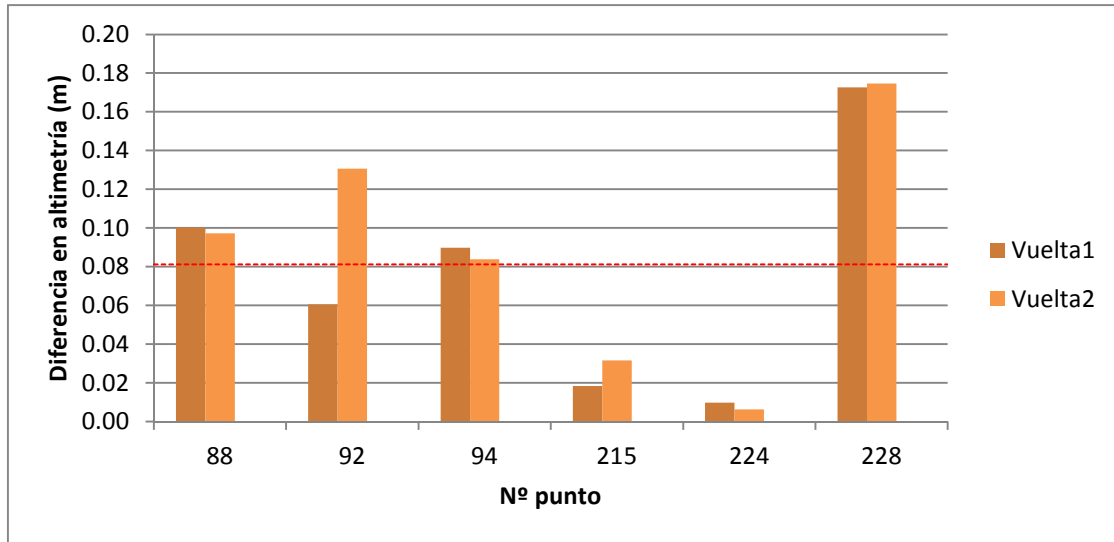


Gráfico 19: Diferencias en altimetría con VRS (zona 2)

Por último, se analizará la solución iMAX (Gráfico 20)

Los vértices que más se ajustan son el 215 y 224, en los que se detectan unas diferencias del orden del centímetro respecto a los vértices calculados en post proceso

Al igual que en planimetría, el punto 228 no ha podido ser medido la segunda vuelta por no haberse podido fijar el parámetro 3DCQ

### III. MEMORIA

#### 6. Estudio comparativo de las soluciones RTK en Red

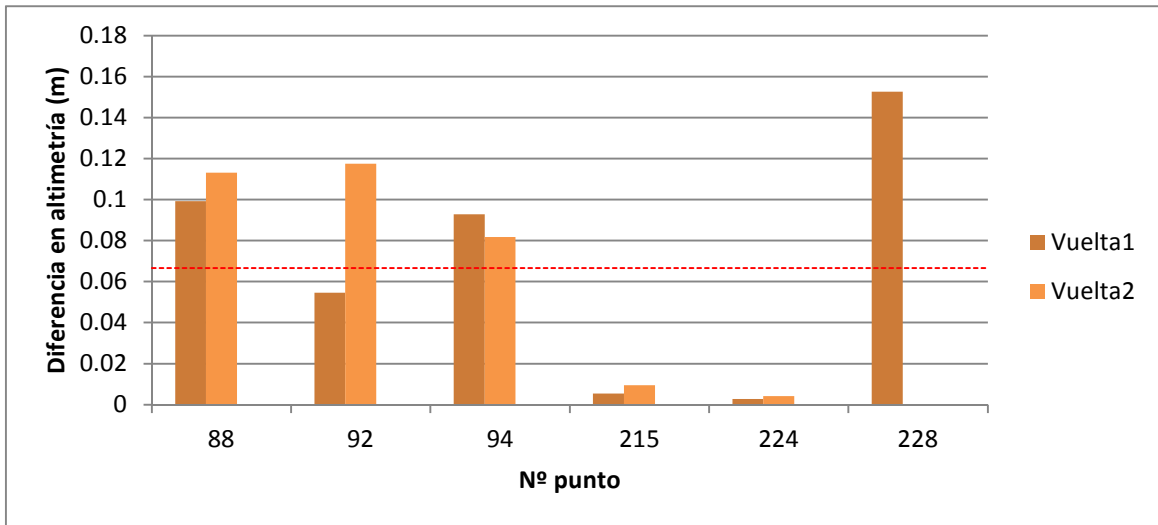


Gráfico 20: Diferencias en altimetría con iMAX (zona 2)

A modo de resumen, en la siguiente tabla (Tabla 45) se muestra el estudio estadístico que se ha realizado en altimetría para las diferentes soluciones RTK en Red.

ZONA2 (Altimetría)			
	Base Simple	VRS	iMAX
RIC (m)	0,0366	0,0795	0,0987
V.atipicos?	SI	NO	NO
M.Rob(10%) (m)	0,0637	x	x
Media (m)	0,0859	0,0813	0,0667
V.Rob(10%) (m)	0,0008	x	x
Varianza (m)	0,0027	0,0034	0,0029
D.E.rob(10%) (m)	0,0275	x	
D. Estándar (m)	0,0517	0,0586	0,0541
Coef. Var.R (m)	0,4316	x	x
Coef.Var. (m)	0,6025	0,7210	0,8112
MIN (m)	0,0156	0,0063	0,0027
MAX (m)	0,1846	0,1746	0,1526

Tabla 45: Resumen estudio estadístico para altimetría en zona 2

### III. MEMORIA

#### 6. Estudio comparativo de las soluciones RTK en Red

##### 6.3.5. Estudio en zona 3

En la zona 3 se analizarán las diferencias entre las coordenadas obtenidas al recibir diferentes soluciones RTK y las calculadas en post proceso (*Anexo 3*) cuando los observables se encuentran en una zona extrapolada de la red GNSS de Euskadi

Para el estudio se elegirán puntos que se encuentren cercanos al triángulo formado por las estaciones “Vitoria”, “Elgeta” y “Alda” (*Figura 29*).



Figura 29: Zona de estudio Zona3

Al no disponerse de puntos por la zona que se quiere estudiar, habrá que materializarlos, por lo que se decide colocar puntos en los municipios de Egino y Andoin para su posterior análisis. (*Figura 30*)

Más concreto aun, la zona que se escogerá, estará próxima a la línea base “Alda-Lazkao” y a una distancia aproximada de 20 kilómetros de las estaciones Alda y Lazkao. La proximidad a la línea base “Alda-Lazkao” se debe a que si nos alejáramos mucho, la distancia de las líneas base a la estación de Vitoria también incrementarían lo cual no interesa, ya que se busca que la longitud de las líneas base “vértice-estación” sean lo más parecidas posible, aunque no siempre sea posible.

### III. MEMORIA

#### 6. Estudio comparativo de las soluciones RTK en Red

Se materializarán un total de 6 puntos en cada localidad, procurando en todo momento que no se encuentren edificios cercanos, a fin de realizar observaciones con el horizonte despejado. Su observación se hará según lo explicado en el apartado 4.5.1. *Observaciones GNSS*.

En la tabla 46, se citan los puntos que van a ser observados, además de las longitudes de las líneas base a las estaciones de referencia de Vitoria, Alda y Lazkao.

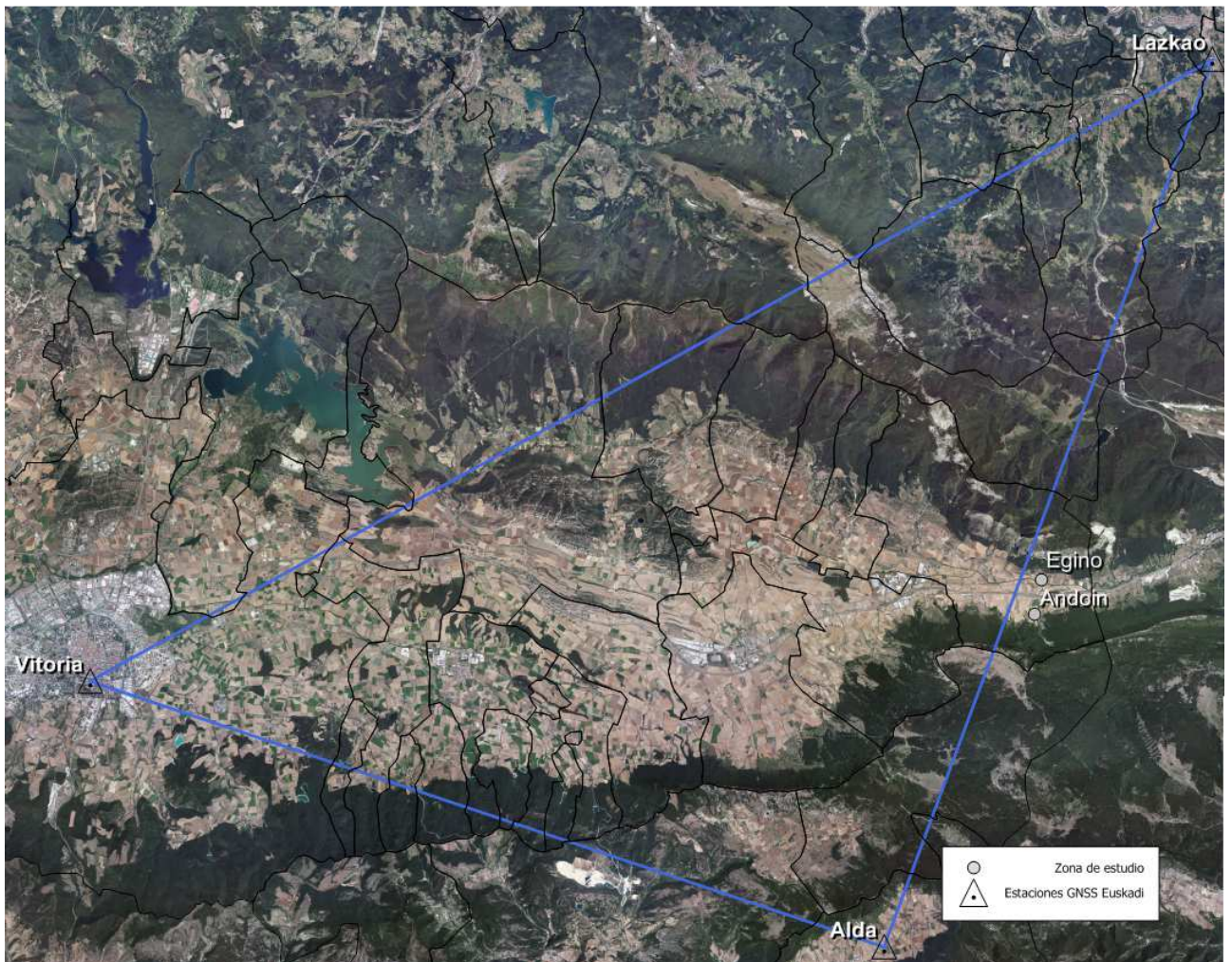


Figura 30: Detalle de elección de puntos para estudio en zona 3



### III. MEMORIA

#### 6. Estudio comparativo de las soluciones RTK en Red

	Distancias a Estación de referencia (m)		
	Vitoria	Lazkao	Alda
an1	33329,9493	20007,5643	13310,9935
an2	33277,0648	20398,4290	12932,3308
an3	33778,9133	19849,8338	13515,8576
eg1	33450,6463	19297,9190	14004,5632
eg2	33641,8326	19312,0120	14006,9042
eg3	33440,7130	19715,7502	13601,1544

Tabla 46: Distancias en metros de línea base “vértice-estación” en zona 3

Una vez se realizan las observaciones RTK en Red, se obtienen los siguientes resultados.

- MEDICIONES NRTK (Observaciones de la primera vuelta)

ID	Base Simple		
	X UTM (m)	Y UTM (m)	h (elip)
an1	*	*	*
an2	559937.177	4745569.665	646.089
an3	560406.105	4745996.989	631.157
eg1	560004.87	4746708.901	617.043
eg2	560208.361	4746624.284	615.376
eg3	560043.561	4746253.354	625.014

Tabla47: Observación Base Simple en primera vuelta (zona3)

ID	VRS		
	X UTM (m)	Y UTM (m)	h (elip)
an1	*	*	*
an2	*	*	*
an3	560406.103	4745996.994	631.132
eg1	560004.88	4746708.897	616.988
eg2	560208.368	4746624.275	615.334
eg3	560043.566	4746253.348	624.953

Tabla48: Observación VRS en primera vuelta (zona3)

ID	IMAX		
	X UTM (m)	Y UTM (m)	h (elip)
an1	*	*	*
an2	559937.168	4745569.689	646.025
an3	560406.104	4745996.988	631.138
eg1	560004.879	4746708.915	617.001

### III. MEMORIA

#### 6. Estudio comparativo de las soluciones RTK en Red

---

eg2	560208.372	4746624.282	615.336
eg3	560043.564	4746253.346	624.962

**Tabla49:** Observación iMAX en primera vuelta (zona3)

- MEDICIONES NRTK (Observaciones de la segunda vuelta)

ID	CERCANO		
	X UTM (m)	Y UTM (m)	h (elip)
an1	559956.731	4745975.236	631.385
an2	559937.171	4745569.659	646.087
an3	560406.112	4745996.978	631.165
eg1	560004.871	4746708.891	617.037
eg2	560208.362	4746624.264	615.376
eg3	560043.555	4746253.318	625.003

**Tabla50:** Observación Base Simple en segunda vuelta (zona3)

ID	VRS		
	X UTM (m)	Y UTM (m)	h (elip)
an1	559956.747	4745975.24	631.334
an2	559937.191	4745569.672	646.051
an3	560406.129	4745996.982	631.134
eg1	560004.895	4746708.907	616.987
eg2	560208.373	4746624.27	615.326
eg3	560043.558	4746253.331	624.956

**Tabla51:** Observación VRS en segunda vuelta (zona3)

ID	IMAX		
	X UTM (m)	Y UTM (m)	h (elip)
an1	559956.746	4745975.237	631.342
an2	559937.182	4745569.669	646.047
an3	560406.128	4745996.985	631.138
eg1	560004.887	4746708.907	616.993
eg2	560208.373	4746624.274	615.333
eg3	560043.565	4746253.317	624.971

**Tabla52:** Observación iMAX en segunda vuelta (zona3)

Los puntos marcados con un asterisco (\*) no son medidos por no poderse fijar el parámetro 3DCQ.

### III. MEMORIA

#### 6. Estudio comparativo de las soluciones RTK en Red

Una vez se han obtenido las coordenadas de aquellos vértices que van a ser estudiado, se estudiarán las diferencias entre las soluciones RTK en Red y la solución estática, separando la planimetría de la altimetría.

##### 6.3.5.1. Estudio de la planimetría

	Vuelta 1						Vuelta 2					
	Base Simple		VRS		iMAX		Base Simple		VRS		iMAX	
	dx(m)	dy(m)	dx(m)	dy(m)	dx(m)	dy(m)	dx(m)	dy(m)	dx(m)	dy(m)	dx(m)	dy(m)
an1	**	**	**	**	**	**	0.019	0.021	0.003	0.017	0.004	0.020
an2	0.014	0.030	**	**	0.023	0.006	0.020	0.036	0.0003	0.023	0.009	0.026
an3	0.023	0.020	0.025	0.015	0.024	0.021	0.016	0.031	0.001	0.027	0.0005	0.024
eg1	0.046	0.008	0.036	0.004	0.037	0.022	0.045	0.002	0.021	0.014	0.029	0.014
eg2	0.041	0.019	0.034	0.010	0.030	0.017	0.040	0.001	0.029	0.005	0.029	0.009
eg3	0.030	0.045	0.025	0.039	0.027	0.037	0.036	0.009	0.033	0.022	0.026	0.008

Tabla53: Diferencias respecto solución estática (m) (Zona3)

	Vuelta1			Vuelta2		
	Base Simple	VRS	iMAX	Base Simple	VRS	iMAX
an1	**	**	**	0.028	0.017	0.020
an2	0.034	**	0.024	0.042	0.023	0.028
an3	0.031	0.030	0.032	0.035	0.027	0.024
eg1	0.046	0.036	0.043	0.045	0.025	0.032
eg2	0.045	0.036	0.035	0.040	0.030	0.031
eg3	0.054	0.046	0.046	0.037	0.040	0.027

Tabla54: Componente cuadrática de diferencias respecto solución estática (m)(Zona3)

Estudiando las diferencias cometidas de las coordenadas planimétricas mediadas en RTK en Red respecto a las observadas en estático (Tabla 53), las mayores diferencias se dan en los puntos eg1 (dx= 0.046 m) y eg3 (dx = 0.045 m) recibiendo ambas soluciones de Base Simple. Por otra parte, los puntos que más se han ajustado han sido an2 (dx=0.0003m) y an3 (0.0005m) habiendo recibido soluciones VRS e iMAX respectivamente.

Analizando la componente cuadrática de los puntos observados (Tabla 54), los puntos donde mayores diferencias se han detectado han sido el eg1 y el eg2 con una diferencias de 0.045 m y 0.045 m respectivamente, ambas al recibir correcciones de la base más cercana. Por otro lado, los puntos que más se han

### III. MEMORIA

#### 6. Estudio comparativo de las soluciones RTK en Red

ajustado a las coordenadas calculadas en post proceso han sido an1 y an2, obteniéndose unas diferencias a recibir correcciones VRS de 0.017 m y 0.023 m respectivamente.

En general, las diferencias de las soluciones RTK en Red respecto a las estáticas se distribuyen de una forma homogénea en cualquiera de los casos (Gráfico 21)

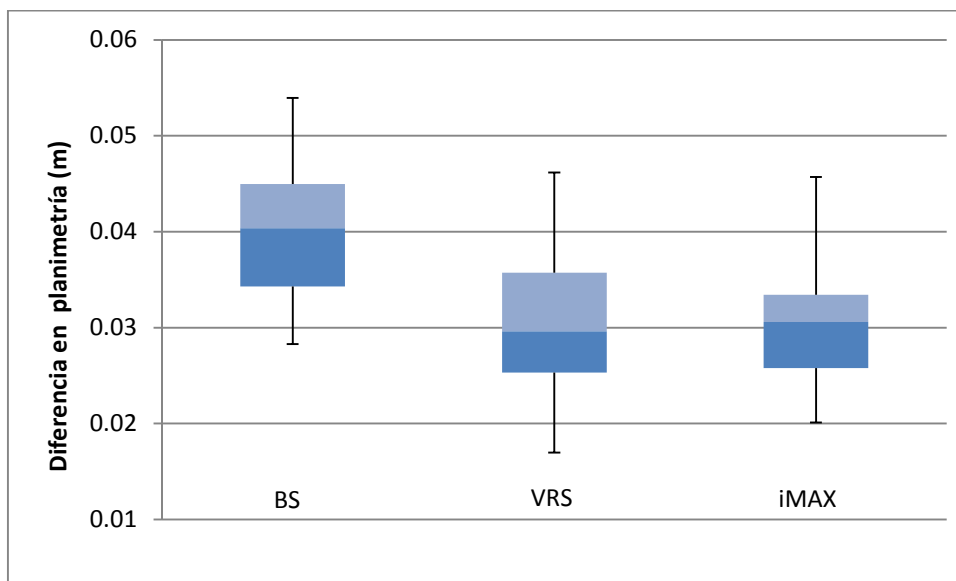


Gráfico21: Diferencias en planimetría (Zona 3)

Recibiendo correcciones de la base más cercana (Alda), en el 50% de las observaciones las diferencias que se obtienen respecto a la solución estática varían en torno a los 3.5 y 4.5 centímetros, en cambio, cuando se han solicitado correcciones VRS, en el 50% de los puntos observados, la diferencia máxima entre las coordenadas obtenidas en la solución VRS y son de 3.5 centímetros aproximadamente y la mínima de 2.5 centímetros. Finalmente, con solución iMAX, la diferencia obtenida en el 50% de los puntos observados respecto la solución estática ha sido en torno a los 2.5 y 3.25 centímetros aproximadamente.

Al recibir correcciones de Alda (base cercana) la máxima discrepancia con respecto a la solución estática es de 5.5 centímetros, en cambio, con solución VRS o iMAX esta diferencia disminuye hasta los 4.5 centímetros.

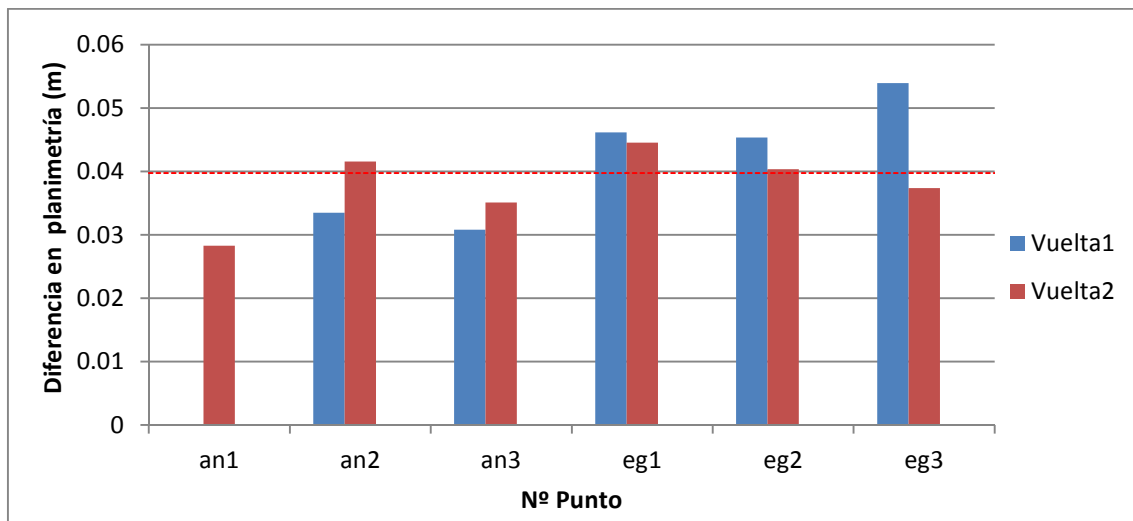
### III. MEMORIA

#### 6. Estudio comparativo de las soluciones RTK en Red

Los puntos que más se ajustan son los que han recibido correcciones VRS e iMAX, habiéndose obtenido unas diferencias del orden del centímetro respecto a los vértices medidos en estático. En cambio esta diferencia se incrementará hasta los 3 cm al recibir correcciones de Base Simple.

A continuación se analizarán de forma individual las diferencias de coordenadas obtenidas con cada solución RTK en Red respecto a la solución estática.

Comenzando con la solución Base simple (*Gráfico 22*), el promedio de las diferencias de coordenadas respecto a las calculadas en post proceso es de 3.9 centímetros el cual se ha mantenido en la mayoría de los puntos observados, excepto en el punto eg3, que se ha superado esta diferencia en un 35% en la primera vuelta.



*Gráfico 22: Diferencias en planimetría con Base Simple (zona 3)*

Como ya se ha comentado, el punto an1 no ha sido observado en la primera vuelta por no haberse podido fijar el parámetro 3DCQ.

Por otra parte las coordenadas obtenidas con Base simple se ajustan más al recibir correcciones VRS (*Gráfico 23*), habiéndose obteniéndose un promedio de diferencia en las coordenadas de 3.1 centímetros respecto a las obtenidas en las solución estática, valor que solamente es superado en las observaciones de los puntos eg1 y eg3 realizadas en la primera vuelta, donde la diferencia cometida es del orden de 4.2 y 4.6 centímetros respectivamente.

### III. MEMORIA

#### 6. Estudio comparativo de las soluciones RTK en Red

El punto an1 y an2 tampoco ha podido ser medido en la primera vuelta por la incapacidad de fijar el parámetro 3DCQ.

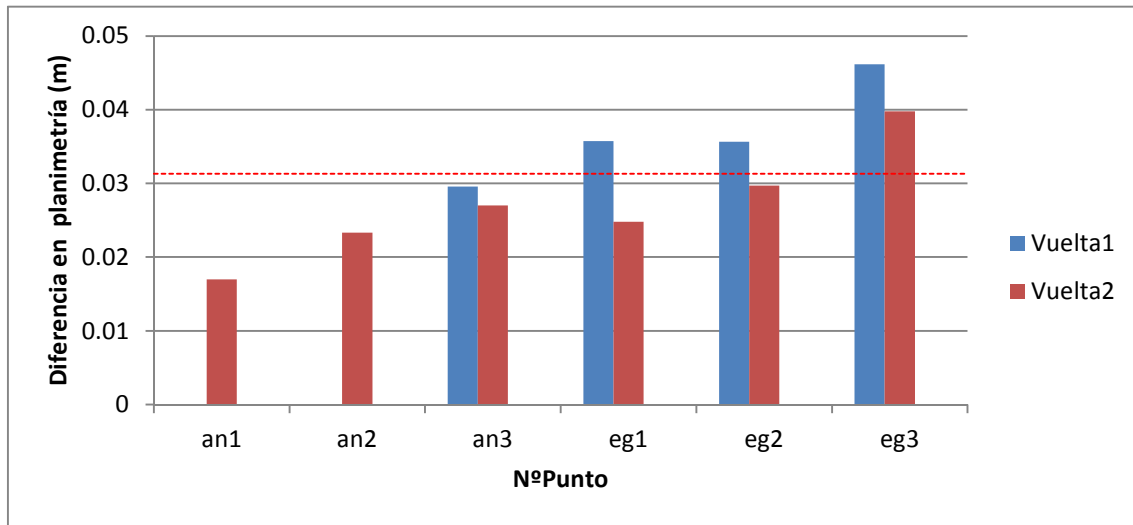


Gráfico 23: Diferencias en planimetría con VRS (zona 3)

Por último se analizarán las diferencias obtenidas con la solución iMAX (Gráfico 24), donde también el promedio de las diferencias de las coordenadas ha sido de 3.1 centímetros respecto las calculadas en post proceso.

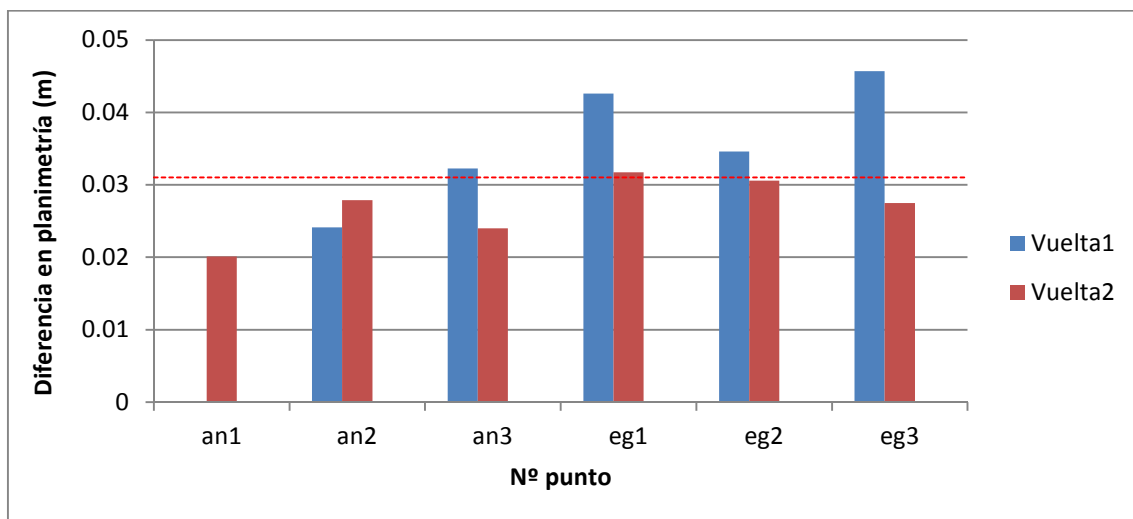


Gráfico 24: Diferencias en planimetría con iMAX (zona 3)

Las diferencias obtenidas en cada uno de los puntos medidos han sido muy similares a las obtenidas con la solución VRS.

Al recibir correcciones iMAX, no se ha podido fijar tampoco el parámetro 3DCQ en la primera observación.

### III. MEMORIA

#### 6. Estudio comparativo de las soluciones RTK en Red

A modo de resumen, en la siguiente tabla (*Tabla 55*) se muestra el estudio estadístico que se ha realizado en planimetría para las diferentes soluciones RTK en Red.

ZONA3 (Planimetría)			
	Base Simple	VRS	iMAX
RIC (m)	0.0106	0.0104	0.0076
V.atípicos?	NO	NO	NO
Media (m)	0.0397	0.0313	0.0310
Varianza (m)	0.0001	0.0001	0.0001
D. Estándar (m)	0.0076	0.0093	0.0078
Coef. Var. (m)	0.1913	0.2959	0.2502
MIN (m)	0.0283	0.0170	0.0201
MAX (m)	0.0539	0.0462	0.0457

**Tabla 55:** Resumen estudio estadístico para planimetría en zona 3

#### 6.3.5.2. Estudio de la altimetría

	Vuelta1			Vuelta2		
	Base Simple	VRS	iMAX	Base Simple	VRS	iMAX
an1	**	**	0.000	0.054	0.105	0.097
an2	0.063	**	0.127	0.065	0.101	0.105
an3	0.079	0.104	0.098	0.071	0.102	0.098
eg1	0.032	0.087	0.074	0.038	0.088	0.082
eg2	0.062	0.104	0.102	0.062	0.112	0.105
eg3	0.037	0.098	0.089	0.048	0.095	0.080

**Tabla 56:** Diferencias (dh) respecto solución estática (m) (Zona3)

Las mayores diferencias detectadas en planimetría han sido observadas en los vértices an2 (dh= 0.127 m) y eg3 (dh= 0.112 m) observadas con solución iMAX y VRS respectivamente. Por el contrario los valores que más se han ajustado a las coordenadas calculadas en post proceso han sido eg1 (dh = 0.032 m) y eg3 (dh= 0.037 m) ambas recibiendo correcciones de la estación más cercana

La distribución de las diferencias entre las soluciones RTK en Red y la estática en altimetría se distribuyen de una manera homogénea en las soluciones iMAX y sobre todo en las solución VRS, no ocurriendo lo mismo al recibir

### III. MEMORIA

#### 6. Estudio comparativo de las soluciones RTK en Red

correcciones de la estación de referencia Alda (estación de referencia más cercana), donde la distribución de los errores no es homogénea. (Gráfico 25)

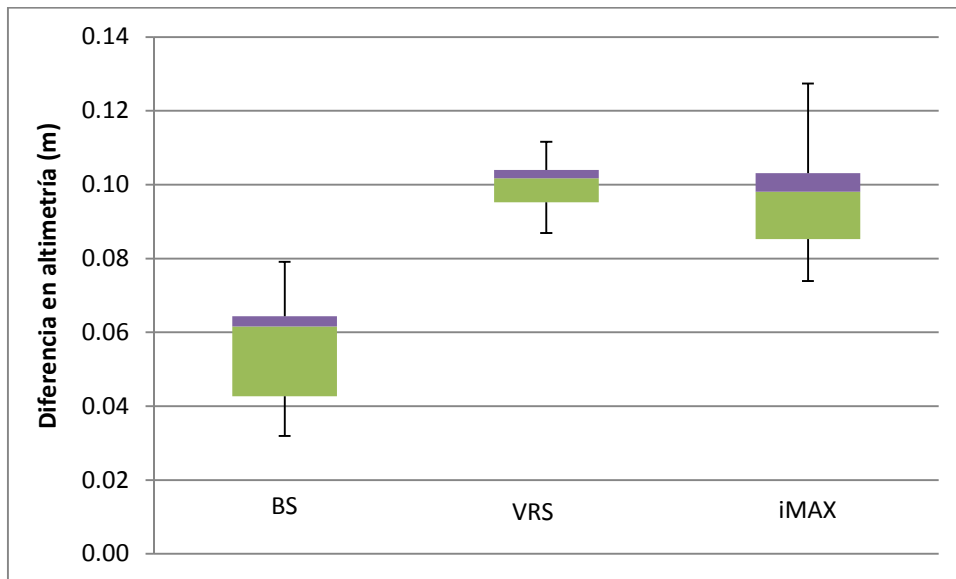


Gráfico25: Diferencias en altimetría (Zona 3)

Al contrario que en la planimetría, los datos que mejor se han ajustado a las coordenadas calculadas en post proceso han sido con base simple, apreciándose en el 50% de los puntos observados unas diferencias que oscilan entre los 4.5 y 6 cm aproximadamente en cambio, esta diferencia ha oscilado entre los 10.5 y 9.5 centímetros al recibir correcciones CRS y entre los 10.5 y 8.5 al recibir correcciones iMAX.

A continuación se analizarán de forma individual las diferencias obtenidas en planimetría con cada una de las soluciones RTK en Red respecto a la estática.

Comenzando con Base Simple (Gráfico 26), cuando se reciben correcciones de la estación más cercana, en nuestro caso Alda, se detecta un promedio de diferencias de 5,5 centímetros respecto con la solución estática



### III. MEMORIA

#### 6. Estudio comparativo de las soluciones RTK en Red

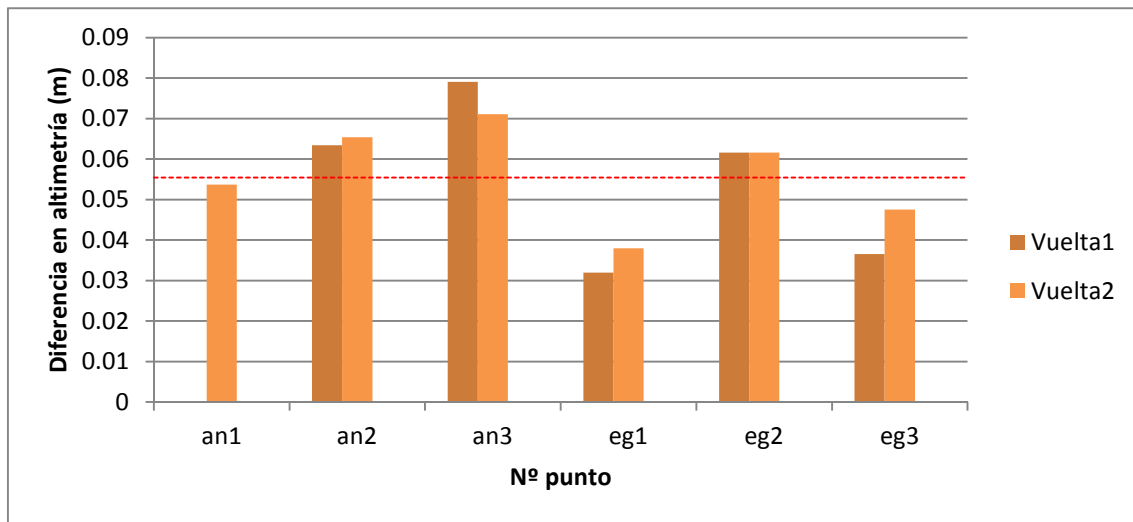


Gráfico 26: Diferencias en altimetría con Base Simple (zona 3)

En general, en todos los puntos observados se contempla una diferencia del orden de 5 centímetros respecto a los vértices observados en estático, destacando el caso de an3, en el que se ha detectado la mayor diferencia, del orden de los 8 centímetros y el punto eg1, el cual ha sido el que más se ha ajustado a las solución estática, habiéndose cometido una diferencia del orden de 3.5 centímetros.

Al igual que en planimetría el punto an1 no ha sido medido en la primera vuelta por no haberse podido fijar el parámetro 3DCQ

Por otra parte, el promedio de diferencias de la solución VRS (Gráfico 27) respecto a la solución estática es de 9.9 centímetros.

Excepto la el punto eg1, los demás puntos se encuentran muy cercanos al valor medio de 9.9 centímetros, no sobrepasándose en ningún caso más del 12.1% del valor promediado.

El punto eg1 ha sido el que mejores resultados ha obtenido, habiéndose detectado una diferencia de 8.7 centímetros

Los puntos an1 y an1 no han podido ser medidos en la primera vuelta por no haberse podido fijar el parámetro 3DCQ

### III. MEMORIA

#### 6. Estudio comparativo de las soluciones RTK en Red

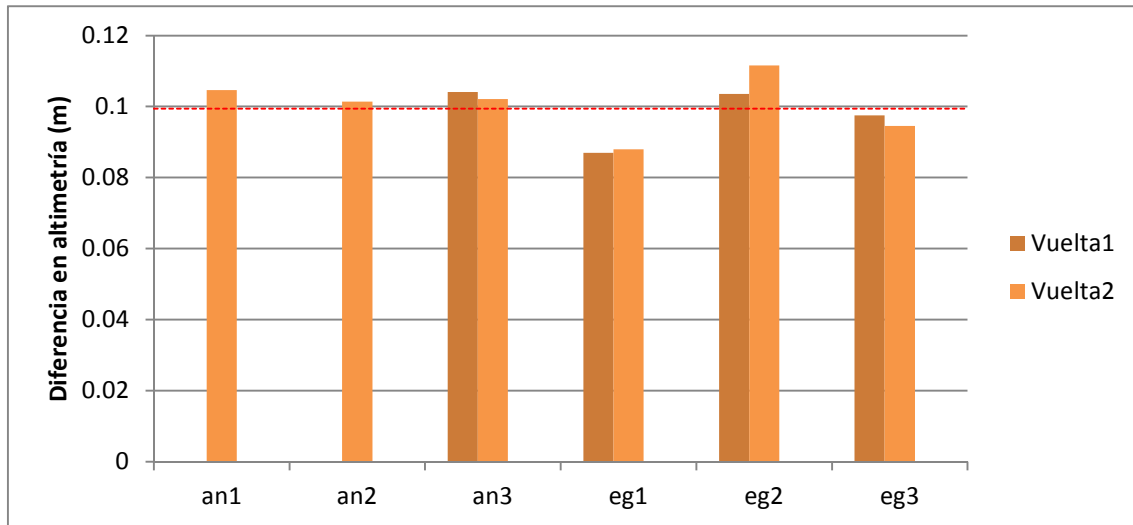


Gráfico 27: Diferencias en altimetría con VRS (zona 3)

Por último, el promedio de diferencia entre la solución iMAX y la estática es de 9.6 centímetros. (Gráfico 28)

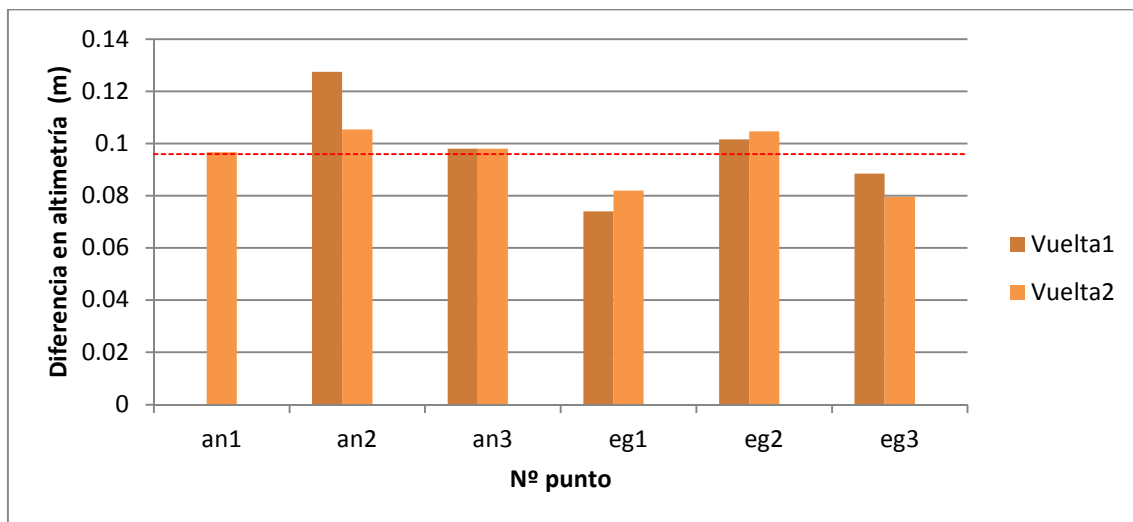


Gráfico 28: Diferencias en altimetría con iMAX (zona 3)

Al igual que ha ocurrido en planimetría, los resultados obtenidos al recibir correcciones iMAX son muy parecidos a los obtenidos con VRS, excepto en el punto an2, donde la diferencia de coordenadas respecto a las calculadas en post proceso es de 12.7 centímetros, un 28.3% superior al valor promediado.

### III. MEMORIA

#### 6. Estudio comparativo de las soluciones RTK en Red

---

Del mismo modo que ha ocurrido en las demás soluciones, el punto an1 no ha podido ser observado en la primera vuelta por no haberse podido fijar el parámetro 3DCQ.

A modo de resumen, en la siguiente tabla (Tabla 57) se muestra el estudio estadístico que se ha realizado en altimetría en la zona3 para las diferentes soluciones RTK en Red.

ZONA3 (Altimetría)			
	Base Simple	VRS	iMAX
RIC (m)	0.0217	0.0087	0.0179
V.atipicos?	NO	NO	NO
Media (m)	0.0554	0.0994	0.0960
Varianza (m)	0.0002	0.0001	0.0002
D. Estándar (m)	0.0152	0.0078	0.0148
Coef.Var. (m)	0.2751	0.0780	0.1546
MIN (m)	0.0319	0.0869	0.0739
MAX (m)	0.0791	0.1116	0.1274

**Tabla 57:** Resumen estudio estadístico para altimetría en zona 3

### III. MEMORIA

#### 6. Estudio comparativo de las soluciones RTK en Red

##### 6.3.6. Resumen de los resultados obtenidos en cada zona

	ZONA 1			ZONA 2			ZONA 3		
	Base Simple	VRS	iMAX	Base Simple	VRS	iMAX	Base Simple	VRS	iMAX
<b>Media(m)</b>	0.038	0.044	0.042	0.055	0.040	0.034	0.040	0.031	0.031
<b>MIN(m)</b>	0.009	0.012	0.012	0.017	0.010	0.008	0.028	0.017	0.020
<b>MAX(m)</b>	0.076	0.070	0.072	0.082	0.084	0.072	0.054	0.046	0.046

**Tabla58:** Resumen diferencias (m) obtenidas en planta respecto solución estática

	ZONA 1			ZONA 2			ZONA 3		
	Base Simple	VRS	iMAX	Base Simple	VRS	iMAX	Base Simple	VRS	iMAX
Media(m)	0.083	0.084	0.076	0.064	0.081	0.067	0.055	0.099	0.096
MIN(m)	0.001	0.006	0.005	0.016	0.006	0.003	0.032	0.087	0.074
MAX(m)	0.177	0.180	0.162	0.185	0.175	0.153	0.079	0.112	0.127

**Tabla59:** Resumen diferencias (m) obtenidas en altimetría respecto solución estática

Las tablas 58 y 59 muestran a modo resumen las diferencias obtenidas en planimetría y altimetría entre las diferentes soluciones RTK en Red y la estática.

El promedio de las diferencias en planimetría entre las soluciones en Red y la estática varían entre 0.031 m con solución VRS e iMAX en la zona 3 m y 0.055 m con solución Base Simple en la zona 2. En cambio esta diferencia variará entre los 0.055 m con base simple y 0.096 m con solución iMAX, ambas diferencias detectadas en la zona 3.

Aquellas zonas en las que se han realizado las observaciones con horizonte despejado y sin que las líneas base sean excesivamente largas (aproximadamente 15 kilómetros) han sido las que más se han ajustado a las coordenadas obtenidas en post proceso, como ha ocurrido en la zona 2 al recibir correcciones VRS e iMAX, donde las diferencias detectadas han sido del orden de 10 centímetros en planimetría y entre 3 y 6 centímetros en altimetría.

Donde mayores diferencias se han detectado, han sido en general en las zonas con edificios (Zona 2) o en las zonas que el vértice a observar se encontraba en una vaguada (Zona 1). En estos casos, las diferencias obtenidas respecto a

### **III. MEMORIA**

#### 6. Estudio comparativo de las soluciones RTK en Red

---

las observaciones en estático han sido entre 0.082 m (zona 2) y 0.072 m (zona 1) en planimetría y de 0.18 m en altimetría.

## **IV. ESTUDIO ECÓNÓMICO**

### 1. Introducción

---

## **IV. ESTUDIO ECONÓMICO**

### **1. Introducción**

A diferencia del concepto de presupuesto, que se define como la cantidad de dinero que se estima para hacer frente a un proyecto, la valoración es la práctica de asignar un valor económico a un servicio con el fin de ubicarlo en el mercado, o dicho de otra manera, el presupuesto se refiere exclusivamente a lo que costaría poner en funcionamiento lo recogido en un proyecto y la valoración se refiere a lo que ha costado una vez finalizado el servicio, por lo que en nuestro caso se hablará de valoración económica, ya que lo que se va a tratar en este apartado es de poner una cifra de lo que ha costado económicamente la reposición de la Red Básica Municipal de Donostia/San Sebastián y el estudio para la validación del RTK en Red como método alternativo para trabajos que se requieran precisiones similares a la requerida en la reposición de la Red Básica Municipal de Donostia/San Sebastián.

## IV. ESTUDIO ECONÓMICO

### 2. Conceptos de la valoración económica

---

#### 2. Conceptos de la valoración económica

Los conceptos que serán valorados son:

- Mano de obra
- Coste económico por alquiler de material
- Coste económico del material empleado
- Gastos generales

##### 2.1. Gastos por mano de obra

En el capítulo de gastos de mano de obra se incluirán los gastos a consecuencia de la reposición de la Red Básica Municipal de Donostia/San Sebastián, las observaciones GNSS y su correspondiente análisis para la validación del RTK en Red como metodología alternativa a la empleada en la reposición de la Red Básica Municipal de Donostia/San Sebastián y la redacción de la memoria.

A continuación se presenta el desglose de las horas empleadas (*Tabla 60*) y el coste total por mano de obra. (*Tabla 61*)

<b>Reposición Red Básica Municipal Donostia/San Sebastián</b>	
<b>Trabajo en campo</b>	
	Total(Horas)
<b>Revisión vértices</b>	40
<b>Reposición vértices</b>	16
<b>Observación poligonales</b>	34.5
<b>Observación GPS</b>	
Ulia	3
Atotxaerreka	2
Pagola+Antiguo	5
Añorga-Txiki	1.5
<b>Nivelación</b>	14
<b>Trabajo en gabinete</b>	
<b>Planificación revisión vértices</b>	3
<b>Poligonales</b>	
Planificación poligonales	2
Cálculo poligonales	11.5
<b>Observación GPS</b>	

## IV. ESTUDIO ECONÓMICO

### 2. Conceptos de la valoración económica

Planificación	2
Post-proceso datos brutos	5
<b>Nivelación</b>	
Planificación	3
Cálculo nivelación	5.5
<b>SubTOTAL1</b>	<b>148</b>
<b>Observaciones GNSS</b>	
<b>Trabajo en campo</b>	
	Total(Horas)
<b>Materialización vértices</b>	0.5
<b>Observación estáticos</b>	4.5
<b>Observación RTK</b>	
Observaciones	4
Desplazamiento	5.52
Otros	1
<b>Trabajo en gabinete</b>	
<b>Observación estáticos</b>	
Planificación	1
Post-proceso datos brutos	8
<b>Observación RTK</b>	
Planificación	2
<b>SubTOTAL2</b>	<b>26.52</b>
<b>Análisis observaciones GNSS</b>	
	Total(Horas)
<b>Planificación</b>	2.5
<b>Investigación</b>	50
	Total(Horas)
<b>Interpretación de resultados</b>	16
<b>SubTOTAL3</b>	<b>68.5</b>
<b>Redacción memoria</b>	
Planificación	1
Redacción	85
<b>SubTOTAL4</b>	<b>86</b>
<b>TOTAL HORAS</b>	<b>329.02</b>

Tabla 60: Desglose horas empleadas



## IV. ESTUDIO ECONÓMICO

### 2. Conceptos de la valoración económica

---

Coste total en mano de obra(*)		
Horas (Total)	€/hora	Subtotal 1(€)
329.02	10.543875	<b>3469.145753</b>

Tabla 61: Coste total mano de obra

(\*) Según convenio colectivo de empresas de ingeniería

Salario (€/mes) = 1687.02 €

Salario (€/día) = 10.54 €

En el apartado de mano de obra también se valorará el gasto por desplazamientos (*Tabla 62*)

Kilometraje		
Km	€/km	SubTotal2 (€)
450	0.19	85.5

Tabla62: Coste kilometraje

#### 2.2.Coste económico por alquiler de material

En los gastos por alquiler de material se incluirá tanto el material usado en la reposición de la Red Básica municipal, como el material usado en las observaciones que han servido para realizar el estudio de validación del RTK en Red como metodología alternativa en la reposición de vértices de la Red Básica de Donostia/San Sebastián.

En este apartado de gastos también se incluye el alquiler de un vehículo para el desplazamiento a las zonas de trabajo.

El material que se ha alquilado para la reposición de la Red Básica Municipal de Donostia/San Sebastián ha sido una estación total TCRP1205 de la casa Leica con el equipo necesario para las poligonales de precisión donde se incluye tres trípodes, tres basadas de centrado forzoso y dos prismas, un equipo de nivelación y un equipo GPS de la casa Topcon compuesto por dos receptores GNSS para las observaciones en estático.

Por otra parte, el equipo alquilado para la validación de la metodología RTK en Red ha sido un receptor GNSS Leica GS14.

A continuación se muestra el desglose de precios (*Tabla 63*)

## IV. ESTUDIO ECONÓMICO

### 2. Conceptos de la valoración económica

---

Coste alquiler material				
Concepto	Unidades	Coste (€/día)	Días	Coste Final (€)
Equipo poligonales con E.T. TCRP1205	1	97.50	4.50	438.75
Equipo nivelación	1	25.00	1.75	43.75
Receptor GNSS Leica GS14	1	82.50	2.00	165.00
Equipo GNSS Topcon	1	105.00	3.00	315.00
Vehículo	1	38.50	11.00	423.50
<b>SubTotal3 (€)</b>				<b>1386.00</b>

Tabla 63: Coste por alquiler de material

### 2.3. Coste económico del material empleado

A la hora de valorar económicamente el material empleado, se calculara una amortización de estos bienes para lo que nos basaremos en la tabla oficial de coeficientes anuales de amortización, aprobada por el Real Decreto 1777/2004, de 30 de Julio.

Habrà otros gastos en los que no habrá que calcular su amortización, como es el caso de los combustibles.

En la tabla que se muestra a continuación, se muestra el desglose del coste económico por material empleado (*Tabla 64*

## IV. ESTUDIO ECONÓMICO

### 2. Conceptos de la valoración económica

Coste material						
Concepto	Unidades	P.V.P (€)	Amortización (años)	Coste	Meses	Coste final (€)
				(€/mes)		
<b>Programas informáticos</b>						
GvSig	1	0.00 (**)	3.00	0.00	1.00	0.00
OpenOffice	1	0.00 (**)	3.00	0.00	2.00	0.00
AcrobatReader	1	94.71	3.00	2.63	1.00	2.63
Concepto	Unidades	P.V.P (€)	Amortización (años)	Coste	Meses	Coste final
Pinnacle	1	(***)				
<b>Ordenadores</b>	1	1475.85	4.00	30.75	6.00	184.48
<b>Impresoras</b>	1	174.60	6.67	2.18	6.00	13.09
<b>Consumibles</b>						
Folios	1	2.95				2.95
Tóner negro	1	45.00				45.00
<b>SubTotal4 (€)</b>						<b>248.15</b>

Tabla 64: Coste material

(\*\*) Software libre

(\*\*\*)Incluido en el alquiler del equipo Topcon

### 2.4.Coste final

El coste final será la suma de los gastos de mano de obra, gasto económico por alquiler de material y del gasto económico del material empleado y de los gastos generales. Además a este resultado se le añadirá un 13% que se considerarán gastos generales, tales como luz, teléfono etc., un 21 % de IVA y un 6% de beneficio industrial. En la siguiente tabla se presenta el desglose del coste final (*Tabla 65*)

## IV. ESTUDIO ECONÓMICO

### 2. Conceptos de la valoración económica

---

<b>COSTE FINAL</b>	
<b>Concepto</b>	<b>Coste(€)</b>
<b>Mano de obra</b>	3469.15
<b>Material</b>	1634.15
<b>Kilometraje</b>	85.50
	<b>5188.80</b>
<b>Gastos generales (13%)*</b>	674.54
<b>IVA(21%)</b>	1089.65
<b>Beneficio industrial (6%)*</b>	311.33
<b>TOTAL</b>	<b>7264.31</b>

Tabla 65: Coste final

(\*)Orden FOM/1824/2013, de 30 de septiembre, por la que se fija el porcentaje a que se refiere el artículo 131 del Reglamento General de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas, aprobado por Real Decreto 1098/2001, de 12 de octubre, a aplicar en el Ministerio de Fomento. (BOE de 10 de octubre)

## V. CONCLUSIONES

---

### V. CONCLUSIONES

Al concluir tanto las labores en la reposición de vértices de la Red Básica Municipal de Donostia/San Sebastián como el estudio comparativo de las diferentes soluciones que ofrece la Red, se han llegado a una serie de conclusiones, las cuales se van a exponer a continuación

- Tras haber formado parte en la 6ª campaña de reposición de la Red Básica Municipal de Donostia/San Sebastián tanto en las observaciones como en el cálculo de los vértices observados, se ha comprendido la importancia que tiene esta infraestructura topográfica para el mantenimiento de la cartografía municipal a escala 1/500.

- Se deberá de ser muy riguroso a la hora de elegir tanto la metodología de observación como la de cálculo, ya que los errores que se cometan afectarán a cualquier trabajo topográfico que se apoye en estas redes. Para conseguir precisiones como las que se suelen exigir en Redes Urbanas de Referencias Topográficas (5 cm en planimetría y un centímetro en altimetría), según se ha podido comprobar en la reposición actual de la Red Urbana Municipal de Donostia/San Sebastián, las observaciones se deberán realizar mediante metodología clásica, usando estación total. Los vértices deberán observarse mediante poligonales usando el método de Moinot. Para obtener las cotas de los puntos, aunque por nivelación trigonométrica se puedan obtener, será recomendable la obtención de dichas cotas mediante nivelación geométrica, obteniéndose mayores precisiones.

- En aquellos vértices que se quieran realizar observaciones GNSS mediante estáticos, para cumplir las precisiones exigidas, deberán de cumplirse una serie de condicionantes. En primer lugar, la duración de las observaciones, deberá de ser mínimo de media hora. Durante este lapso de tiempo, siempre tendrá que haber dos receptores GNSS en estacionados y midiendo en diferentes vértices, de manera que se forme un triángulo con estos dos vértices y la estación de referencia GNSS más cercana. Por otro lado, las observaciones GNSS deberán de hacerse con horizonte despejado o semi-despejado, alojándose de las zonas donde los edificios puedan influir en las

## V. CONCLUSIONES

---

observaciones. Finalmente, destacar que la máscara de elevación no deberá de ser nunca superior a  $15^{\circ}$

- Con respecto al RTK en Red como alternativa en observaciones de Redes Urbanas de Referencias Topográficas, las diferencias con respecto a la observaciones en estático han variado en función de la longitud de las líneas base “vértice-estación” y de su localización por lo que habría que evitar la observación RTK en Red de aquellos vértices que se encuentren cercanos a edificios, en vaguadas o que la línea base “vértice-estación” sea superior a 30 kilómetros.

Entre las soluciones estudiadas, los mejores resultados que se han obtenido en planimetría han sido al recibir correcciones de la base más cercana con la solución Base Simple, siempre que las líneas base no superen los 15 kilómetros.

Para líneas base que superen los 15 kilómetros, los mejores resultados en planimetría han sido al recibir correcciones tanto VRS como iMAX.

El promedio de las diferencias de las de las soluciones RTK en Red respecto a las soluciones en estático ha sido del orden de 5 centímetros (Tablas 58), por lo que podrá usarse dicha metodología siempre que los vértices se observen con el horizonte despejado y las líneas base a las estaciones de referencia no superen los 30 kilómetros. En el caso de que alguna de las líneas base “vértice-estación” sea inferior a 15 kilómetros, las mejores precisiones se obtendrán al recibir correcciones de la estación de referencia más cercana.

Por otro lado, las diferencias en altimetría de las soluciones RTK en Red respecto a la solución en estático, al recibir correcciones RTK en Red son superiores a los exigidos en trabajos de observación de Redes Urbanas de Referencias Topográficas, por lo que según se ha visto en los trabajos de reposición de la Red Básica Municipal, para obtener las cotas de los vértices se tendrá que hacer empleando el método de nivelación geométrica.

- Con los puntos observados no se ha podido obtener una muestra representativa, aunque si pueda servir para una estimación. Para futuros trabajos de investigación que quieran mejorar la línea de este trabajo, se

## V. CONCLUSIONES

---

deberían observar más puntos por cada una de las zonas a estudiar. Además los puntos a estudiar deberían encontrarse distribuidos de una manera homogénea por cada una de las zonas de estudio. Para la obtención de unos resultados veraces, las observaciones deberán de hacerse con el horizonte despejado, sin que haya ningún elemento que obstaculice la señal que llega al receptor.

- La influencia de obstáculos es un tema importante en las observaciones RTK en red. Para recibir correcciones proporcionadas por la red de buena calidad, habrá que evitar las observaciones de puntos que se encuentren cercanos a edificaciones o zonas arboladas. Del mismo modo se evitará realizar observaciones en vaguadas o valles cerrados. En caso de no poder evitarlo, habrá que recurrir a otras metodologías, tales como observaciones GNSS en estático o metodologías clásicas con estación total.

- La realización del Trabajo Fin de Grado en una empresa ha sido muy gratificante en el sentido de haber tenido la oportunidad de aplicar y profundizar los conocimientos adquiridos a lo largo de los estudios mediante la resolución de problemas surgidos día a día. Además con la redacción del presente trabajo, se ha tenido la ocasión de poder investigar y profundizar acerca de las relativamente nuevas técnicas de observación, como son las observaciones RTK en Red.

- A día de hoy, la metodología seguida para el trabajo de reposición de la Red Básica Municipal de Donostia/San Sebastián es la más correcta, a pesar de ser costosa, tanto por el equipo humano (2 personas en las observaciones por metodología clásica) que se precisa, como por las horas necesarias para la observación y su posterior cálculo.

Las Redes RTK, desde sus orígenes han ido evolucionando, consiguiéndose cada vez mejores precisiones, por lo que llegará el día en el que se puedan realizar observaciones de Redes Urbanas de Referencias Topográficas mediante observaciones RTK en Red, lo que supondrá un gran ahorro, ya que solo se necesitará una persona para realizar las mediciones, y los datos se conseguirán in situ, sin necesidad de ser ni calculados ni procesados.

## **VI. ANEXOS**

---

### **VI. ANEXOS**



## VI. ANEXOS

### Anexo 1: Cálculos Topcal de las poligonales

---

#### ANEXO 1: Cálculos Topcal de las poligonales

##### POLIGONAL1

-NE-	-NV-	--H--	--V--	--DG--	-M-	-I-	-AZ-	--DR--	-DES-
283	1335	8.9962	105.2505	97.628	1.67	1.63	263.8752	97.264	-8.078
1335	283	392.6575	94.7014	97.646	1.61	1.56	63.8752	97.277	8.069
1335	1334	229.3377	101.7497	77.059	1.60	1.56	300.5595	77.006	-2.156
1334	1335	243.5697	98.3275	77.056	1.51	1.64	100.5595	77.005	2.152
1334	30	101.5962	100.6185	252.181	1.64	1.64	358.5901	252.088	-2.441
30	1334	196.5150	99.3806	252.174	1.64	1.63	158.5901	252.082	2.441

Longitud de la poligonal 426.4

Error de cierre angular = 0.0123

Error de cierre en --X-- -0.014

Error de cierre en --Y-- -0.001

Error de cierre en --Z-- 0.045

-NE-	--X--	--Y--	--Z--	--ä--	-NOMBRE-
283	581002.762	4794887.448	19.797	254.8748	
1335	580920.733	4794835.167	11.729	71.2177	
1334	580843.728	4794835.844	9.578	256.9898	
30	580691.068	4795036.453	7.174	362.0752	

CALCULO EN PROYECCION U.T.M

## VI. ANEXOS

### Anexo 1: Cálculos Topcal de las poligonales

---

#### POLIGONAL4

-NE- -NV- --H-- --V-- --DG-- -M- -I- -AZ- --DR-- -DES-

967	1333	270.1353	94.3681	97.726	1.61	1.62	398.2428	97.312	8.639
1333	967	301.9937	105.6958	97.736	1.57	1.65	198.2428	97.313	-8.649
1333	596	19.0088	91.1369	167.237	1.50	1.65	315.2621	165.565	23.365
596	1333	345.5063	108.9027	167.251	1.61	1.55	115.2621	165.564	-23.376

Longitud de la poligonal 262.9

Error de cierre angular = 0.0085

Error de cierre en --X-- -0.001

Error de cierre en --Y-- 0.008

Error de cierre en --Z-- -0.009

-NE- --X-- --Y-- --Z-- --ä-- -NOMBRE-

967	580127.846	4795700.158	15.855	128.1032
1333	580125.160	4795797.436	24.497	296.2491
596	579964.330	4795836.754	47.860	169.7558

CALCULO EN PROYECCION U.T.M

## VI. ANEXOS

### Anexo 1: Cálculos Topcal de las poligonales

---

#### POLIGONAL5

-NE- -NV- --H-- --V-- --DG-- -M- -I- -AZ- --DR-- -DES-

1040 1330 145.3324 97.3778 268.017 1.63 1.59 162.6004 267.703 11.010

1330 1040 0.2100 102.6491 268.020 1.55 1.67 362.6004 267.702 -11.030

1330 712 229.3327 96.1978 214.835 1.51 1.67 191.7226 214.382 12.986

712 1330 100.6261 103.8337 214.839 1.63 1.55 391.7226 214.380 -13.002

Longitud de la poligonal 482.1

Error de cierre angular = -0.0010

Error de cierre en --X-- 0.028

Error de cierre en --Y-- -0.020

Error de cierre en --Z-- -0.011

-NE- --X-- --Y-- --Z-- --ä-- -NOMBRE-

1040 583665.277 4794564.188 49.079 17.2685

1330 583813.669 4794341.356 60.092 362.3904

712 583841.477 4794128.776 73.082 291.0965

CALCULO EN PROYECCION U.T.M

## VI. ANEXOS

### Anexo 1: Cálculos Topcal de las poligonales

---

#### POLIGONAL6

-NE- -NV- --H-- --V-- --DG-- -M- -I- -AZ- --DR-- -DES-

166 1346 281.2960 96.1150 171.902 1.46 1.64 276.0688 171.527 10.671

1346 166 250.3913 103.9217 171.907 1.60 1.59 76.0688 171.525 -10.582

1346 164 387.0468 95.6622 74.930 1.61 1.59 212.7165 74.732 5.091

164 1346 8.8386 104.4193 74.936 1.46 1.65 12.7165 74.731 -5.003

Longitud de la poligonal 246.3

Error de cierre angular = -0.0157

Error de cierre en --X-- -0.018

Error de cierre en --Y-- -0.012

Error de cierre en --Z-- -0.018

-NE- --X-- --Y-- --Z-- --ä-- -NOMBRE-

166 582043.814 4796219.632 42.672 394.7807

1346 581884.253 4796156.653 53.284 225.6775

164 581869.419 4796083.404 58.328 3.8778

CALCULO EN PROYECCION U.T.M

## VI. ANEXOS

### Anexo 1: Cálculos Topcal de las poligonales

---

#### POLIGONAL7, 14

-NE-	-NV-	--H--	--V--	--DG--	-M-	-I-	-AZ-	--DR--	-DES-
537	1000	3.9500	106.2111	99.318	1.66	1.77	17.4712	98.815	-9.570
1000	537	3.5334	93.8469	99.311	1.72	1.70	217.4712	98.816	9.569
1000	1319	261.3248	105.2868	11.875	1.66	1.70	75.2623	11.830	-0.941
1319	1000	341.1223	95.2078	11.867	1.66	1.71	275.2623	11.830	0.934
1319	981	64.6459	101.6745	47.590	1.60	1.71	398.7857	47.558	-1.145
981	1319	349.9535	98.6490	47.583	1.60	1.73	198.7857	47.557	1.141
981	1318	262.6039	99.4566	130.087	1.76	1.73	111.4358	130.041	1.089
1318	981	315.1530	100.5935	130.087	1.69	1.80	311.4358	130.041	-1.099
1318	173	360.5789	99.1945	210.465	1.66	1.80	356.8615	210.382	2.808
173	1318	273.6566	100.8811	210.469	1.60	1.68	156.8615	210.383	-2.822

Longitud de la poligonal 498.6

Error de cierre angular = -0.0014

Error de cierre en --X-- -0.023

Error de cierre en --Y-- -0.001

Error de cierre en --Z-- -0.008

-NE-	--X--	--Y--	--Z--	--ä--	-NOMBRE-
537	583676.756	4796964.449	20.203	13.5215	
1000	583703.531	4797059.566	10.632	213.9378	
1319	583714.478	4797064.048	9.695	334.1400	
981	583713.569	4797111.597	8.551	248.8322	
1318	583841.512	4797088.363	9.643	396.2828	
173	583709.605	4797252.265	12.453	283.2048	

CALCULO EN PROYECCION U.T.M

## VI. ANEXOS

### Anexo 1: Cálculos Topcal de las poligonales

---

#### POLIGONAL8

-NE- -NV- --H-- --V-- --DG-- -M- -I- -AZ- --DR-- -DES-

315	1336	193.8405	95.2742	104.960	1.66	1.66	23.5365	104.637	7.789
1336	315	394.1442	104.7830	104.968	1.62	1.70	223.5365	104.638	-7.794
1336	317	186.4003	96.8111	113.698	1.48	1.70	15.8005	113.518	5.913
317	1336	391.2412	103.2436	113.704	1.66	1.53	215.8005	113.519	-5.914

Longitud de la poligonal 218.2

Error de cierre angular = 0.0159

Error de cierre en --X-- 0.006

Error de cierre en --Y-- -0.029

Error de cierre en --Z-- 0.048

-NE- --X-- --Y-- --Z-- --ä-- -NOMBRE-

315	581269.445	4795074.785	46.868	229.6880
1336	581307.258	4795172.338	54.682	229.3923
317	581335.147	4795282.363	60.621	224.5593

CALCULO EN PROYECCION U.T.M

## VI. ANEXOS

### Anexo 1: Cálculos Topcal de las poligonales

---

#### POLIGONAL9

-NE- -NV- --H-- --V-- --DG-- -M- -I- -AZ- --DR-- -DES-

377	1337	5.7374	99.9355	124.913	1.54	1.60	226.3446	124.872	0.183
1337	377	222.9882	100.1145	124.916	1.55	1.58	26.3446	124.874	-0.188
1337	1338	397.6198	99.5256	98.053	1.60	1.58	200.9858	98.017	0.711
1338	1337	207.8878	100.5370	98.054	1.54	1.65	0.9858	98.018	-0.720
1338	679	392.1231	104.3445	106.642	1.55	1.65	185.2309	106.358	-7.178
679	1338	393.6790	95.7129	106.637	1.60	1.60	385.2309	106.360	7.171

Longitud de la poligonal 329.2

Error de cierre angular = 0.0290

Error de cierre en --X-- -0.012

Error de cierre en --Y-- 0.025

Error de cierre en --Z-- 0.013

-NE- --X-- --Y-- --Z-- --ä-- -NOMBRE-

377	581857.269	4794660.993	102.342	220.5975
1337	581807.052	4794546.670	102.533	203.3564
1338	581805.530	4794448.672	103.252	193.0981
679	581829.980	4794345.170	96.081	391.5518

CALCULO EN PROYECCION U.T.M

## VI. ANEXOS

### Anexo 1: Cálculos Topcal de las poligonales

---

#### POLIGONAL10

-NE-	-NV-	--H--	--V--	--DG--	-M-	-I-	-AZ-	--DR--	-DES-	
424	1304	222.6395	99.9715	254.159	1.59	1.58	330.0015	254.079	0.108	
1304	424	208.6360	100.0538	254.156	1.53	1.63	130.0015	254.076	-0.109	
1304	1303	398.4720	99.4902	111.556	1.53	1.63	319.8359	111.517	0.996	
1303	1304	356.7233	100.5607	111.555	1.59	1.58	119.8359	111.516	-0.989	
1303	1302	198.5772	99.8083	172.198	1.53	1.58	361.6882	172.143	0.572	
1302	1303	76.0550	100.2277	172.197	1.53	1.58	161.6882	172.142	-0.569	
1302	360	306.3618	99.9276	149.830	1.53	1.58	391.9933	149.783	0.217	
360	1302	388.9304	100.1133	149.828	1.53	1.58	191.9933	149.781	-0.217	

Longitud de la poligonal 687.5

Error de cierre angular = -0.0065

Error de cierre en --X-- 0.026

Error de cierre en --Y-- 0.022

Error de cierre en --Z-- -0.052

-NE-	--X--	--Y--	--Z--	--ä--	-NOMBRE-
424	584292.827	4795066.445	3.615	107.3637	
1304	584066.455	4795181.807	3.697	321.3656	
1303	583960.312	4795215.998	4.685	163.1126	
1302	583862.864	4795357.903	5.243	85.6332	
360	583844.081	4795506.507	5.451	203.0629	

CALCULO EN PROYECCION U.T.M



## VI. ANEXOS

### Anexo 1: Cálculos Topcal de las poligonales

---

#### POLIGONAL11

-NE- -NV- --H-- --V-- --DG-- -M- -I- -AZ- --DR-- -DES-

468	1339	1.8573	105.2120	135.639	1.61	1.58	368.8859	135.141	-11.119
1339	468	109.6957	94.7458	135.666	1.64	1.57	168.8859	135.160	11.113
1339	466	303.5823	105.1998	85.237	1.63	1.57	362.7837	84.925	-7.019
466	1339	394.5140	94.8726	85.229	1.52	1.67	162.7837	84.925	7.008

Longitud de la poligonal 220.1

Error de cierre angular = 0.0222

Error de cierre en --X-- -0.004

Error de cierre en --Y-- -0.025

Error de cierre en --Z-- -0.018

-NE- --X-- --Y-- --Z-- --ä-- -NOMBRE-

468	581069.247	4795757.096	43.188	367.0176
1339	581005.789	4795876.408	32.058	59.1903
466	580958.921	4795947.221	25.040	168.2697

CALCULO EN PROYECCION U.T.M

## VI. ANEXOS

### Anexo 1: Cálculos Topcal de las poligonales

---

#### POLIGONAL12

-NE- -NV- --H-- --V-- --DG-- -M- -I- -AZ- --DR-- -DES-

521	1306	74.7262	102.0714	124.114	1.58	1.68	144.9196	124.009	-3.939
1306	521	170.8495	97.9791	124.109	1.63	1.62	344.9196	124.007	3.929
1306	523	326.8563	102.8699	66.278	1.62	1.62	100.9265	66.190	-2.984
523	1306	226.0610	97.2188	66.273	1.58	1.67	300.9265	66.189	2.984
523	524	381.3707	102.7170	57.026	1.48	1.67	56.2363	56.956	-2.249
524	523	125.4941	97.4769	57.016	1.55	1.54	256.2363	56.953	2.250

Longitud de la poligonal 247.2

Error de cierre angular = 0.0003

Error de cierre en --X-- 0.010

Error de cierre en --Y-- 0.023

Error de cierre en --Z-- 0.017

-NE- --X-- --Y-- --Z-- --ä-- -NOMBRE-

521	584088.648	4796598.982	42.617	70.1933
1306	584183.051	4796518.576	38.695	174.0701
523	584249.236	4796517.619	35.714	74.8655
524	584293.257	4796553.765	33.467	130.7422

CALCULO EN PROYECCION U.T.M

## VI. ANEXOS

### Anexo 1: Cálculos Topcal de las poligonales

---

#### POLIGONAL13

-NE- -NV- --H-- --V-- --DG-- -M- -I- -AZ- --DR-- -DES-

527	1323	191.0685	99.5811	66.659	1.54	1.63	97.0860	66.636	0.529
1323	527	337.3082	100.5380	66.661	1.63	1.66	297.0860	66.637	-0.527
1323	892	147.2922	99.0282	133.938	1.62	1.66	107.0653	133.879	2.094
892	1323	15.5950	101.0203	133.940	1.62	1.66	307.0653	133.880	-2.102

Longitud de la poligonal 200.5

Error de cierre angular = -0.0093

Error de cierre en --X-- -0.005

Error de cierre en --Y-- 0.005

Error de cierre en --Z-- 0.000

-NE- --X-- --Y-- --Z-- --ä-- -NOMBRE-

527	584583.159	4796701.479	69.061	306.0221
1323	584649.724	4796704.530	69.589	359.7778
892	584782.777	4796689.705	71.687	291.4703

CALCULO EN PROYECCION U.T.M

## VI. ANEXOS

### Anexo 1: Cálculos Topcal de las poligonales

---

#### POLIGONAL15

-NE-	-NV-	--H--	--V--	--DG--	-M-	-I-	-AZ-	--DR--	-DES-
796	1320	64.8714	101.7332	48.247	1.62	1.56	366.5810	48.214	-1.369
1320	796	42.1619	98.3881	48.245	1.51	1.66	166.5810	48.215	1.372
1320	1321	200.4688	100.3729	135.175	1.63	1.66	324.8759	135.130	-0.760
1321	1320	391.9782	99.6714	135.176	1.62	1.67	124.8759	135.131	0.757
1321	804	275.4508	99.3886	88.194	1.62	1.67	8.3366	88.162	0.900
804	1321	105.3768	100.6770	88.197	1.63	1.67	208.3366	88.164	-0.898

Longitud de la poligonal 271.5

Error de cierre angular = -0.0358

Error de cierre en --X-- -0.017

Error de cierre en --Y-- -0.029

Error de cierre en --Z-- -0.007

-NE-	--X--	--Y--	--Z--	--ä--	-NOMBRE-
796	585147.903	4796782.272	39.881	301.7216	
1320	585123.737	4796823.989	38.510	124.4191	
1321	584998.783	4796875.443	37.747	132.8977	
804	585010.290	4796962.842	38.645	102.9598	

CALCULO EN PROYECCION U.T.M

## VI. ANEXOS

### Anexo 1: Cálculos Topcal de las poligonales

---

#### POLIGONAL16

-NE- -NV- --H-- --V-- --DG-- -M- -I- -AZ- --DR-- -DES-

894	1322	386.4097	95.3808	85.215	1.58	1.63	85.9181	84.963	6.224
1322	894	34.3778	104.6901	85.220	1.58	1.63	285.9181	84.962	-6.217
1322	890	325.6559	99.4523	75.689	1.59	1.63	177.1965	75.661	0.699
890	1322	64.9676	100.6267	75.688	1.58	1.63	377.1965	75.660	-0.697

Longitud de la poligonal 160.6

Error de cierre angular = 0.0006

Error de cierre en --X-- 0.005

Error de cierre en --Y-- 0.004

Error de cierre en --Z-- 0.013

-NE- --X-- --Y-- --Z-- --ä-- -NOMBRE-

894	584746.085	4796559.919	59.249	99.5081
1322	584828.980	4796578.562	65.477	251.5403
890	584855.508	4796507.705	66.180	312.2289

CALCULO EN PROYECCION U.T.M

## VI. ANEXOS

### Anexo 1: Cálculos Topcal de las poligonales

---

#### POLIGONAL20

-NE- -NV- --H-- --V-- --DG-- -M- -I- -AZ- --DR-- -DES-

626	1344	93.1180	100.0487	151.125	1.64	1.60	169.3939	151.077	-0.155
1344	626	291.5495	99.9915	151.124	1.55	1.68	369.3939	151.076	0.154
1344	1020	190.9838	99.5650	146.383	1.58	1.68	268.8236	146.333	1.109
1020	1344	0.0028	100.4803	146.382	1.64	1.62	68.8236	146.331	-1.120

Longitud de la poligonal 297.4

Error de cierre angular = -0.0092

Error de cierre en --X-- 0.007

Error de cierre en --Y-- 0.007

Error de cierre en --Z-- 0.000

-NE- --X-- --Y-- --Z-- --ä-- -NOMBRE-

626	582621.364	4796863.132	5.692	76.2805
1344	582691.234	4796729.184	5.538	77.8444
1020	582562.104	4796660.356	6.652	68.8208

CALCULO EN PROYECCION U.T.M

## VI. ANEXOS

### Anexo 1: Cálculos Topcal de las poligonales

---

#### POLIGONAL21

-NE- -NV- --H-- --V-- --DG-- -M- -I- -AZ- --DR-- -DES-

532 1307 307.9233 100.3768 116.029 1.60 1.61 217.7487 115.990 -0.676

1307 532 17.2957 99.6755 116.027 1.56 1.64 17.7487 115.989 0.669

1307 1091 198.9853 96.2687 87.719 1.60 1.64 199.4219 87.541 5.179

1091 1307 397.7821 103.8009 87.725 1.60 1.65 399.4219 87.541 -5.181

Longitud de la poligonal 203.5

Error de cierre angular = -0.0327

Error de cierre en --X-- -0.025

Error de cierre en --Y-- 0.008

Error de cierre en --Z-- 0.021

-NE- --X-- --Y-- --Z-- --ä-- -NOMBRE-

532 584295.275 4796901.264 20.234 309.8417

1307 584263.341 4796789.758 19.575 0.4530

1091 584264.125 4796702.224 24.762 1.6397

CALCULO EN PROYECCION U.T.M

## VI. ANEXOS

### Anexo 1: Cálculos Topcal de las poligonales

---

#### POLIGONAL22

-NE-	-NV-	--H--	--V--	--DG--	-M-	-I-	-AZ-	--DR--	-DES-
1111	1332	254.4095	99.6875	100.938	1.65	1.63	272.1431	100.904	0.481
1332	1111	98.7590	100.3727	100.939	1.58	1.69	72.1431	100.905	-0.485
1332	1109	286.9661	99.6143	76.064	1.62	1.69	260.3523	76.039	0.532
1109	1332	2.3295	100.4636	76.066	1.65	1.67	60.3523	76.040	-0.534

Longitud de la poligonal 176.9

Error de cierre angular = 0.0041

Error de cierre en --X-- -0.010

Error de cierre en --Y-- 0.006

Error de cierre en --Z-- 0.001

-NE-	--X--	--Y--	--Z--	--ä--	-NOMBRE-
1111	581023.093	4796325.707	6.715	17.7316	
1332	580931.690	4796282.952	7.199	373.3842	
1109	580869.922	4796238.601	7.732	58.0228	

CALCULO EN PROYECCION U.T.M



## VI. ANEXOS

### Anexo 1: Cálculos Topcal de las poligonales

---

#### POLIGONAL23

-NE- -NV- --H-- --V-- --DG-- -M- -I- -AZ- --DR-- -DES-

806	1324	26.4178	102.3433	278.841	1.60	1.71	301.6246	278.564	-10.148
1324	806	4.3550	97.6812	278.836	1.66	1.65	101.6246	278.562	10.143
1324	1072	214.5939	102.0490	113.311	1.50	1.65	311.8614	113.216	-3.494
1072	1324	217.6174	98.0043	113.307	1.60	1.54	111.8614	113.215	3.491

Longitud de la poligonal 391.8

Error de cierre angular = -0.0040

Error de cierre en --X-- -0.004

Error de cierre en --Y-- 0.018

Error de cierre en --Z-- -0.007

-NE- --X-- --Y-- --Z-- --ä-- -NOMBRE-

806	585169.754	4797026.370	50.107	275.2088
1324	584891.279	4797033.490	39.956	97.2695
1072	584780.022	4797054.468	36.462	294.2440

CALCULO EN PROYECCION U.T.M

## VI. ANEXOS

### Anexo 1: Cálculos Topcal de las poligonales

---

#### POLIGONAL24

-NE- -NV- --H-- --V-- --DG-- -M- -I- -AZ- --DR-- -DES-

619	1345	97.8643	100.2180	134.886	1.61	1.71	168.9729	134.842	-0.365
1345	619	100.7532	99.8284	134.884	1.65	1.66	368.9729	134.841	0.372
1345	1060	284.7047	100.1680	74.476	1.65	1.66	152.9203	74.452	-0.189
1060	1345	281.3521	99.9118	74.475	1.61	1.66	352.9203	74.451	0.150

Longitud de la poligonal 209.3

Error de cierre angular = -0.0084

Error de cierre en --X-- -0.004

Error de cierre en --Y-- -0.007

Error de cierre en --Z-- -0.020

-NE- --X-- --Y-- --Z-- --ä-- -NOMBRE-

619	582435.080	4796592.873	7.384	71.1129
1345	582498.225	4796473.727	7.001	268.2197
1060	582548.399	4796418.721	6.826	71.5681

CALCULO EN PROYECCION U.T.M

## VI. ANEXOS

### Anexo 1: Cálculos Topcal de las poligonales

---

#### POLIGONAL25

-NE- -NV- --H-- --V-- --DG-- -M- -I- -AZ- --DR-- -DES-

571 1347 397.5555 102.8379 100.779 1.63 1.68 337.0204 100.646 -4.441

1347 571 292.4902 97.2226 100.774 1.63 1.68 137.0204 100.645 4.445

1347 258 103.4758 105.1690 67.053 1.52 1.68 347.9986 66.810 -5.273

258 1347 208.7487 94.9202 67.045 1.63 1.56 147.9986 66.810 5.273

Longitud de la poligonal 167.5

Error de cierre angular = -0.0146

Error de cierre en --X-- 0.017

Error de cierre en --Y-- 0.014

Error de cierre en --Z-- -0.003

-NE- --X-- --Y-- --Z-- --ä-- -NOMBRE-

571 581688.124 4796000.808 77.406 339.4721

1347 581604.032 4796056.100 72.961 244.5302

258 581555.335 4796101.839 67.687 339.2499

CALCULO EN PROYECCION U.T.M

## VI. ANEXOS

### Anexo 1: Cálculos Topcal de las poligonales

---

#### POLIGONAL27

-NE-	-NV-	--H--	--V--	--DG--	-M-	-I-	-AZ-	--DR--	-DES-
639	1317	173.7563	100.4306	85.346	1.57	1.69	398.3734	85.317	-0.454
1317	639	157.8151	99.6420	85.344	1.65	1.62	198.3734	85.315	0.446
1317	642	6.6930	100.0779	136.764	1.62	1.62	47.2515	136.721	-0.168
642	1317	1.9739	99.9673	136.762	1.57	1.66	247.2515	136.719	0.164

Longitud de la poligonal 222.0

Error de cierre angular = 0.0005

Error de cierre en --X-- -0.004

Error de cierre en --Y-- -0.005

Error de cierre en --Z-- -0.007

-NE-	--X--	--Y--	--Z--	--ä--	-NOMBRE-
639	582925.349	4797083.860	7.065	224.6169	
1317	582923.168	4797169.146	6.613	40.5583	
642	583015.578	4797269.901	6.442	245.2776	

CALCULO EN PROYECCION U.T.M

## VI. ANEXOS

### Anexo 1: Cálculos Topcal de las poligonales

---

#### POLIGONAL29

-NE- -NV- --H-- --V-- --DG-- -M- -I- -AZ- --DR-- -DES-

1144	1301	90.3860	98.8294	132.782	1.64	1.65	289.4795	132.718	2.459
1301	1144	3.6130	101.2156	132.785	1.61	1.69	89.4795	132.719	-2.458
1301	1142	109.7356	99.5378	193.555	1.63	1.69	195.6022	193.489	1.467
1142	1301	99.2379	100.4971	193.557	1.64	1.67	395.6022	193.490	-1.475

Longitud de la poligonal 326.2

Error de cierre angular = 0.0003

Error de cierre en --X-- -0.011

Error de cierre en --Y-- -0.015

Error de cierre en --Z-- 0.030

-NE- --X-- --Y-- --Z-- --ä-- -NOMBRE-

1144	583485.266	4795970.447	5.644	199.0934
1301	583354.351	4795948.608	8.112	85.8665
1142	583367.700	4795755.571	9.603	296.3643

CALCULO EN PROYECCION U.T.M

## VI. ANEXOS

### Anexo 1: Cálculos Topcal de las poligonales

---

#### POLIGONAL30

-NE- -NV- --H-- --V-- --DG-- -M- -I- -AZ- --DR-- -DES-

900	1305	85.5995	102.6192	300.596	1.60	1.70	14.3051	300.245	-12.257
1305	900	269.5048	97.4020	300.591	1.66	1.65	214.3051	300.243	12.260
1305	898	377.5837	100.2769	122.193	1.66	1.65	322.3853	122.152	-0.539
898	1305	45.7727	99.7760	122.191	1.60	1.62	122.3853	122.150	0.451

Longitud de la poligonal 422.4

Error de cierre angular = 0.0026

Error de cierre en --X-- 0.002

Error de cierre en --Y-- -0.025

Error de cierre en --Z-- 0.012

-NE- --X-- --Y-- --Z-- --ä-- -NOMBRE-

900	585653.585	4795466.644	92.705	328.7042
1305	585720.486	4795759.322	80.457	344.8003
898	585605.809	4795801.387	79.963	76.6127

CALCULO EN PROYECCION U.T.M

## VI. ANEXOS

### Anexo 1: Cálculos Topcal de las poligonales

---

#### POLIGONAL32

-NE- -NV- --H-- --V-- --DG-- -M- -I- -AZ- --DR-- -DES-

608	2000	6.3144	100.3481	86.102	1.60	1.64	94.3102	86.073	-0.429
2000	608	225.3233	99.7213	86.103	1.57	1.64	294.3102	86.074	0.452
2000	1316	7.2016	100.3144	223.052	1.59	1.64	76.1895	222.977	-1.050
1316	2000	397.3021	99.7181	223.053	1.60	1.63	276.1895	222.979	1.024
1316	1315	98.3020	95.1103	82.253	1.54	1.63	377.1905	81.984	6.404
1315	1316	290.4382	105.0191	82.267	1.60	1.66	177.1905	81.985	-6.416
1315	1314	47.2598	94.4309	56.917	1.62	1.66	334.0131	56.681	5.015
1314	1315	255.9758	105.6734	56.924	1.62	1.66	134.0131	56.680	-5.025
1314	1313	4.7166	95.0225	116.929	1.61	1.66	282.7549	116.534	9.189
1313	1314	13.3119	105.0312	116.935	1.62	1.65	82.7549	116.532	-9.202
1313	1312	278.5962	95.1212	67.926	1.64	1.65	348.0402	67.704	5.207
1312	1313	257.0404	104.9688	67.931	1.61	1.69	148.0402	67.702	-5.212
1312	1310	118.2467	93.9457	114.936	1.64	1.69	9.2476	114.379	10.970
1310	1312	88.3127	106.1065	114.944	1.64	1.68	209.2476	114.378	-10.974
1310	1311	327.6495	96.9810	193.569	1.57	1.68	48.5854	193.287	9.287
1311	1310	2.6519	103.0538	193.575	1.64	1.62	248.5854	193.289	-9.300
1311	601	224.0898	105.1359	54.453	1.58	1.62	70.0244	54.258	-4.352
601	1311	307.2727	94.9743	54.445	1.57	1.62	270.0244	54.257	4.347

Longitud de la poligonal 993.9

Error de cierre angular = 0.0095

Error de cierre en --X-- -0.013

Error de cierre en --Y-- -0.027

Error de cierre en --Z-- 0.017

-NE- --X-- --Y-- --Z-- --ä-- -NOMBRE-

608 579490.844 4794679.005 12.553 87.9947

## VI. ANEXOS

### Anexo 1: Cálculos Topcal de las poligonales

---

2000	579576.573	4794686.685	12.113	68.9869
1316	579784.133	4794768.145	11.082	278.8875
1315	579755.382	4794844.921	17.493	286.7523
1314	579706.600	4794873.783	22.513	278.0373
1313	579594.315	4794842.597	31.710	69.4430
1312	579544.990	4794888.972	36.920	290.9998
1310	579561.545	4795002.143	47.893	120.9348
1311	579695.147	4795141.816	57.191	245.9335
601	579743.500	4795166.429	52.842	362.7516

CALCULO EN PROYECCION U.T.M



## VI. ANEXOS

### Anexo 1: Cálculos Topcal de las poligonales

---

#### POLIGONAL34

-NE- -NV- --H-- --V-- --DG-- -M- -I- -AZ- --DR-- -DES-

1044 1309 148.5774 100.6086 120.963 1.65 1.63 93.5654 120.919 -1.180

1309 1044 323.9092 99.4122 120.956 1.63 1.68 293.5654 120.913 1.175

1309 386 116.3105 99.9417 129.003 1.64 1.68 85.9655 128.962 0.161

386 1309 246.5692 100.1035 129.005 1.65 1.69 285.9655 128.964 -0.166

Longitud de la poligonal 249.9

Error de cierre angular = -0.0023

Error de cierre en --X-- 0.005

Error de cierre en --Y-- -0.026

Error de cierre en --Z-- 0.012

-NE- --X-- --Y-- --Z-- --ä-- -NOMBRE-

1044 582835.656 4794822.719 5.941 344.9891

1309 582955.957 4794834.907 4.769 369.6562

386 583081.802 4794863.094 4.939 39.3964

CALCULO EN PROYECCION U.T.M

## VI. ANEXOS

### Anexo 2: Estadillos de campo de nivelación geométrica

#### ANEXO 2: Estadillos de campo de nivelación geométrica

##### Vértices 1334, 1335

espalda	intermedio	frente	desnivel	Correccion	Desnivel corregido	Cota					
1.579		1.254	0.325	0	0.325	7.174					
1.658		1.493	0.165	0	0.165	7.499	cota inicio	7.174			
1.504		1.503	0.001	0	0.001	7.664	cota final	7.174			
1.547		1.318	0.229	0	0.229	7.665			espalda	frente	desnivel
1.842		0.972	0.870	0	0.870	7.894	TOTAL	31.527	31.528	-0.001	
1.884		1.132	0.752	0	0.752	8.764					
1.670		1.574	0.096	0.001	0.097	9.516	error de cierre=	-0.001			
1.629		1.673	-0.044	0	-0.044	9.613					
1.535		1.098	0.437	0	0.437	9.569					
1.963		0.803	1.160	0	1.160	10.006					
1.794		1.192	0.602	0	0.602	11.166	RESULTADOS				
0.309		1.878	-1.569	0	-1.569	11.768					
0.954		1.562	-0.608	0	-0.608	10.199					
1.535		1.513	0.022	0	0.022	9.591		1334	9.613		
1.478		1.753	-0.275	0	-0.275	9.613		1335	11.768		
0.983		1.892	-0.909	0	-0.909	9.338					
1.026		1.637	-0.611	0	-0.611	8.429					
1.309		1.465	-0.156	0	-0.156	7.818					
1.398		1.399	-0.001	0	-0.001	7.662					
1.414		1.479	-0.065	0	-0.065	7.661					
1.152		1.477	-0.325	0	-0.325	7.596					
1.364		1.461	-0.097	0	-0.097	7.271					
						7.174					

## VI. ANEXOS

### Anexo 2: Estadillos de campo de nivelación geométrica

#### Vértices 1346

nº punto	espalda	intermedio	frente	desnivel	Correccion	Desnivel corregido	Cota
164	0.688		2.428	-1.740	0	-1.740	58.328
	0.668		2.378	-1.710	0	-1.710	56.588
	0.504		2.150	-1.646	0	-1.646	54.878
1346	2.037		0.645	1.392	0	1.392	53.232
	2.482		0.527	1.955	-0.001	1.954	54.624
	2.435		0.684	1.751	-0.001	1.750	56.578
164							58.328

cota inicio

cota final

espalda frente desnivel

TOTAL

8.814 8.812 0.002

error de cierre=

0.002

#### RESULTADOS

1346 53.232

## VI. ANEXOS

### Anexo 2: Estadillos de campo de nivelación geométrica

#### Vértices 1330

nº punto	espalda	intermedio	frente	desnivel	Correccion	Desnivel corregido	Cota
1330	2.306		0.586	1.720	0	1.720	60.086
	2.192		0.610	1.582	0	1.582	61.806
	2.294		0.623	1.671	0	1.671	63.388
	2.334		0.608	1.726	0	1.726	65.059
	2.424		0.722	1.702	0	1.702	66.785
	2.270		0.567	1.703	0	1.703	68.487
	2.338		0.577	1.761	0	1.761	70.190
	1.965		0.834	1.131	0	1.131	71.951
712	0.622		2.147	-1.525	0	-1.525	73.082
	0.544		2.398	-1.854	0	-1.854	71.557
	0.656		2.405	-1.749	0	-1.749	69.703
	0.717		2.600	-1.883	0	-1.883	67.954
	0.502		2.331	-1.829	0	-1.829	66.071
	0.575		2.310	-1.735	0	-1.735	64.242
	0.417		2.838	-2.421	0	-2.421	62.507
1330							60.086

cota inicio

cota final

	espalda	frente	desnivel
TOTAL	22.156	22.156	0.000

error de cierre= 0

RESULTADOS

1330 60.086

## VI. ANEXOS

### Anexo 2: Estadillos de campo de nivelación geométrica

#### Vértices 1336

nº punto	espalda	intermedio	frente	desnivel	Correccion	Desnivel corregido	cota
315	2.493		0.524	1.969	-0.001	1.968	46.868
	2.346		0.458	1.888	-0.001	1.887	48.836
	2.365		0.504	1.861	0	1.861	50.723
	2.464		0.383	2.081	-0.001	2.080	52.584
1336	0.569		2.393	-1.824	0	-1.824	54.664
	0.613		2.273	-1.660	0	-1.660	52.840
	0.628		2.370	-1.742	0	-1.742	51.180
	0.185		2.754	-2.569	-0.001	-2.570	49.438
315							46.868

cota inicio

cota final

	espalda	frente	desnivel
TOTAL	11.663	11.659	0.004

error de cierre= 0.004

#### RESULTADOS

1336 54.664

## VI. ANEXOS

### Anexo 2: Estadillos de campo de nivelación geométrica

#### Vértices 1337, 1338

nº punto	espalda	intermedio	frente	desnivel	Correccion	Desnivel corregido	Cota	
377	1.414		1.746	-0.332	0	-0.332	102.342	
	1.401		1.600	-0.199	0	-0.199	102.010	cota inicio
	1.619		1.485	0.134	0	0.134	101.811	cota final
	1.564		1.368	0.196	0	0.196	101.945	
	1.751		1.364	0.387	0	0.387	102.141	TOTAL
1337	1.696		1.193	0.503	0.001	0.504	102.528	espalda frente desnivel 25.837 25.840 -0.003
	1.690		1.325	0.365	0	0.365	103.032	error de cierre= -0.003
	1.629		1.394	0.235	0	0.235	103.397	
	1.445		1.836	-0.391	0	-0.391	103.632	
1338	1.83		1.479	0.351	0	0.351	103.241	RESULTADOS
	1.434		1.67	-0.236	0	-0.236	103.592	
	1.177		1.786	-0.609	0.001	-0.608	103.356	
	1.401		1.622	-0.221	0	-0.221	102.748	1337 102.528
1337	1.353		1.783	-0.430	0	-0.430	102.527	1338 103.241
	1.351		1.575	-0.224	0	-0.224	102.097	
	1.425		1.464	-0.039	0	-0.039	101.873	
	1.657		1.150	0.507	0.001	0.508	101.834	
377							102.342	

## VI. ANEXOS

### Anexo 2: Estadillos de campo de nivelación geométrica

#### Vértices 1302, 1303, 1304

nº punto	espalda	intermedio	frente	desnivel	Correccion	Desnivel corregido	Cota				
360	1.393		1.540	-0.147	0	-0.147	5.451				
	1.433		1.448	-0.015	0	-0.015	5.304	cota inicio			
	1.478		1.561	-0.083	0	-0.083	5.289	cota final			
	1.387		1.488	-0.101	0	-0.101	5.206				
	1.435		1.310	0.125	0	0.125	5.105	TOTAL	espalda	frente	desnivel
	1.647		1.382	0.265	0	0.265	5.230		37.054	37.049	0.005
1302	1.505		1.243	0.262	0	0.262	5.495	error de cierre=	0.005		
	1.769		1.483	0.286	0	0.286	5.757				
	1.147		1.939	-0.792	-0.001	-0.793	6.043				
	1.191		1.778	-0.587	-0.001	-0.588	5.250				
1303	1.213		1.459	-0.246	0	-0.246	4.662	RESULTADOS			
	1.296		1.606	-0.310	0	-0.310	4.416				
	1.422		1.859	-0.437	0	-0.437	4.106		1302	5.231	
1304	1.920		1.384	0.536	-0.001	0.535	3.669		1303	4.663	
	1.514		1.448	0.066	0	0.066	4.204		1304	3.669	
	1.636		1.242	0.394	0	0.394	4.270				
1303	2.053		1.206	0.847	-0.001	0.846	4.664				
	1.906		1.308	0.598	-0.001	0.597	5.510				
	1.209		1.662	-0.453	0	-0.453	6.107				
	1.309		1.476	-0.167	0	-0.167	5.654				
	1.309		1.565	-0.256	0	-0.256	5.487				
1302	1.284		1.422	-0.138	0	-0.138	5.231				
	1.457		1.280	0.177	0	0.177	5.093				
	1.485		1.49	-0.005	0	-0.005	5.270				
	1.656		1.47	0.186	0	0.186	5.265				
360							5.451				

## **VI. ANEXOS**

Anexo 2: Estadillos de campo de nivelación geométrica

---



## VI. ANEXOS

### Anexo 2: Estadillos de campo de nivelación geométrica

#### Vértice 1339

nº punto	espalda	intermedio	frente	desnivel	Correccion	Desnivel corregido	Cota
468	0.552		2.857	-2.305	0.001	-2.304	43.188
	1.010		2.381	-1.371	0	-1.371	40.884
	0.597		2.507	-1.910	0.001	-1.909	39.513
	0.739		2.562	-1.823	0	-1.823	37.604
	0.575		2.710	-2.135	0.001	-2.134	35.781
	0.720		2.304	-1.584	0	-1.584	33.647
1339	2.430		0.454	1.976	0.001	1.977	32.063
	2.440		0.546	1.894	0	1.894	34.040
	2.496		0.513	1.983	0.001	1.984	35.934
	2.768		0.084	2.684	0.001	2.685	37.918
	1.681		0.530	1.151	0	1.151	40.603
	2.284		0.850	1.434	0	1.434	41.754
468							43.188

cota inicio

cota final

	espalda	frente	desnivel
TOTAL	18.292	18.298	-0.006

error de cierre= -0.006

RESULTADOS

1339 32.063

## VI. ANEXOS

### Anexo 2: Estadillos de campo de nivelación geométrica

---

#### Vértice 1322

nº punto	espalda	intermedio	frente	desnivel	Correccion	Desnivel corregido	Cota
890	1.322		1.674	-0.352	-0.001	-0.353	66.18
	0.874		1.221	-0.347	0	-0.347	65.827
1322	2.624		0.056	2.568	-0.001	2.567	65.480
	2.949		0.162	2.787	-0.001	2.786	68.047
891							70.833

cota inicio            66.18  
 cota final            70.833  
                           espalda frente desnivel  
 TOTAL                7.769 3.113 4.656

error de cierre= 0.003

#### RESULTADOS

1322 65.48

## VI. ANEXOS

### Anexo 2: Estadillos de campo de nivelación geométrica

---

#### Vértice 1348

nº punto	espalda	intermedio	frente	desnivel	Correccion	Desnivel corregido	Cota
1176	0.493		1.354	-0.861	0	-0.861	82.241
	1.536		1.394	0.142	0	0.142	81.380
	1.556		1.278	0.278	0	0.278	81.522
	1.464		1.371	0.093	0	0.093	81.800
1348	1.448		1.608	-0.160	0	-0.160	81.893
	1.345		1.591	-0.246	0	-0.246	81.733
	1.334		1.458	-0.124	0	-0.124	81.487
	1.561		0.683	0.878	0	0.878	81.363
1176							82.241

cota inicio

cota final

	espalda	frente	desnivel
TOTAL	10.737	10.737	0.000

error de cierre= 0

#### RESULTADOS

1348 81.893

## VI. ANEXOS

### Anexo 2: Estadillos de campo de nivelación geométrica

#### Vértice 1340

nº punto	espalda	intermedio	frente	desnivel	Correccion	Desnivel corregido	Cota	
493	2.102		1.388	0.714	0	0.714	7.336	
	1.924		0.931	0.993	0	0.993	8.050	cota inicio
	2.130		0.339	1.791	0.001	1.792	9.043	cota final
	2.005		1.001	1.004	0	1.004	10.835	
	1.828		1.547	0.281	0	0.281	11.839	TOTAL
1340	1.696		0.702	0.994	0	0.994	12.120	espalda frente desnivel 29.022 29.027 -0.005
	2.320		0.604	1.716	0.001	1.717	13.114	error de cierre= -0.005
	2.089		0.474	1.615	0.001	1.616	14.831	
	1.946		1.072	0.874	0	0.874	16.447	
491	0.398		2.382	-1.984	0.001	-1.983	17.321	
	0.771		2.111	-1.340	0	-1.340	15.338	RESULTADOS
	0.786		1.494	-0.708	0	-0.708	13.998	
	0.901		2.072	-1.171	0	-1.171	13.290	1340 12.12
1340	1.685		1.748	-0.063	0	-0.063	12.119	
	0.794		2.384	-1.590	0.001	-1.589	12.056	
	0.696		2.034	-1.338	0	-1.338	10.467	
	1.276		1.886	-0.610	0	-0.610	9.129	
	1.032		1.511	-0.479	0	-0.479	8.519	
	1.451		1.526	-0.075	0	-0.075	8.040	
	1.192		1.821	-0.629	0	-0.629	7.965	
493							7.336	

## VI. ANEXOS

### Anexo 2: Estadillos de campo de nivelación geométrica

#### Vértice 1307

nº punto	espalda	intermedio	frente	desnivel	Correccion	Desnivel corregido	Cota
1307	1.092		2.419	-1.327	0.001	-1.326	19.561
	0.845		1.473	-0.628	0	-0.628	18.235
	2.070		0.652	1.418	0.001	1.419	17.607
	2.020		0.813	1.207	0.001	1.208	19.026
532	0.765		1.955	-1.190	0.001	-1.189	20.234
	0.546		1.977	-1.431	0.001	-1.430	19.045
	1.372		0.831	0.541	0	0.541	17.615
	1.738		0.334	1.404	0.001	1.405	18.156
1307							19.561

cota inicio

cota final

	espalda	frente	desnivel
TOTAL	10.448	10.454	-0.006

error de cierre= -0.006

#### RESULTADOS

1307 19.561

## VI. ANEXOS

### Anexo 2: Estadillos de campo de nivelación geométrica

---

#### Vértice 1345

nº punto	espalda	intermedio	frente	desnivel	Correccion	Desnivel corregido	Cota
1345	1.416		1.452	-0.036	0	-0.036	7.013
	1.353		1.425	-0.072	0	-0.072	6.977
	1.409		1.488	-0.079	0	-0.079	6.905
1060	1.510		1.414	0.096	-0.001	0.095	6.826
	1.465		1.400	0.065	0	0.065	6.921
	1.436		1.409	0.027	0	0.027	6.986
1345							7.013

cota inicio

cota final

espalda frente desnivel

TOTAL

8.589 8.588 0.001

error de cierre= 0.001

#### RESULTADOS

1345 7.013

## VI. ANEXOS

### Anexo 2: Estadillos de campo de nivelación geométrica

---

#### Vértice 1329

nº punto	espalda	intermedio	frente	desnivel	Correccion	Desnivel corregido	Cota
1329	0.895		1.453	-0.558	-0.001	-0.559	66.183
1290	1.429		0.869	0.560	-0.001	0.559	65.624

cota inicio  
cota final

TOTAL            espalda frente desnivel  
                         2.324 2.322 0.002

error de cierre= 0.002

#### RESULTADOS

1329 66.183

## VI. ANEXOS

### Anexo 2: Estadillos de campo de nivelación geométrica

#### Vértice 1301

nº punto	espalda	intermedio	frente	desnivel	Correccion	Desnivel corregido	Cota	
1141	1.450		1.749	-0.299	0	-0.299	11.802	
	1.120		1.822	-0.702	0	-0.702	11.503	cota inicio
	1.139		1.811	-0.672	0	-0.672	10.801	cota final
	1.138		1.663	-0.525	0	-0.525	10.129	
	1.493		1.562	-0.069	0	-0.069	9.604	TOTAL
	1.370		1.578	-0.208	0	-0.208	9.535	espalda frente desnivel
	1.300		1.608	-0.308	0	-0.308	9.327	28.652 28.654 -0.002
	1.341		1.713	-0.372	0	-0.372	9.019	error de cierre= -0.002
	1.402		1.582	-0.180	0	-0.180	8.647	
	1.375		1.722	-0.347	0	-0.347	8.467	
1301	1.797		1.399	0.398	0	0.398	8.120	RESULTADOS
	1.569		1.359	0.210	0	0.210	8.518	
	1.724		1.335	0.389	0	0.389	8.728	1301 8.120
	1.670		1.432	0.238	0	0.238	9.117	
	1.647		1.440	0.207	0	0.207	9.355	
	1.530		1.181	0.349	0	0.349	9.562	
	1.889		1.147	0.742	0.001	0.743	9.911	
	1.913		1.129	0.784	0.001	0.785	10.654	
	1.785		1.422	0.363	0	0.363	11.439	
1141							11.802	



## VI. ANEXOS

### Anexo 2: Estadillos de campo de nivelación geométrica

#### Vértice 1309

nº punto	espalda	intermedio	frente	desnivel	Correccion	Desnivel corregido	Cota	
1309	2.155		1.254	0.901	0	0.901	4.779	
	1.484		1.504	-0.020	0	-0.020	5.680	cota inicio
	1.334		1.526	-0.192	0	-0.192	5.660	cota final
	1.448		1.558	-0.110	0	-0.110	5.468	
	1.387		1.806	-0.419	0	-0.419	5.358	TOTAL
386	1.846		1.424	0.422	0	0.422	4.939	espalda frente desnivel
	1.564		1.459	0.105	0	0.105	5.361	14.832 14.833 -0.001
	1.543		1.383	0.160	0	0.160	5.466	error de cierre= -0.001
	0.487		1.453	-0.966	0.001	-0.965	5.626	
	1.584		1.466	0.118	0	0.118	4.661	
1309							4.779	RESULTADOS

1309 4.779

## VI. ANEXOS

### Anexo 3: Informes de los resultados obtenidos del cálculo post proceso

#### ANEXO 3: Informes de los resultados obtenidos del cálculo post proceso

##### Vértice 1349

Point	Coordinates	Sigmas(mm)	Corr.(%)
# Name Comment	Latitude Longitude	Height (m) Ortho H (m)	s(N) s(E) s(U)
N-E N-U E-U			
1 1200	43°17'44.78358"N 2°00'38.26179"W	94.99764 94.9438	4.4 3.9 10.1
14 -10 -8			
2 1349	43°17'36.38877"N 2°00'17.08109"W	142.98550 142.9316	4.4 3.9
10.1 14 -10 -9			
3 IGELDO	43°18'23.01860"N 2°02'27.87163"W	314.63411 314.5802	0.0 0.0
0.0 0 0 0			

##### SUBNET 'New Solution(1)' ADJUSTED VECTOR RESIDUALS (X-Y-Z)

# Points	Vector	Residuals(mm)	Normalized Residuals	Redundancy
from - to	status	(X) (Y) (Z)	(X) (Y) (Z)	number (0..3)
1 1349-1200		0.1 0.0 0.0	0.06 0.04 0.02	0.01
2 IGELDO-1200		-11.7 -1.9 -4.5	-0.68 -0.23 -0.28	1.49
3 IGELDO-1349		11.5 1.3 2.4	0.69 0.17 0.16	1.49
R.M.S.		9.5 1.3 2.9	0.56 0.17 0.19	( 1.00)

## VI. ANEXOS

### Anexo 3: Informes de los resultados obtenidos del cálculo post proceso

#### Vértices 1350, 1351

#	Name	Comment	Coordinates		Sigmas(mm)		Corr.(%)		
			Latitude	Longitude	Height (m)	Ortho H (m)	s(N)	s(E)	s(U)
1	1350		43°17'31.61941"N	2°00'18.98697"W	155.05747	155.0036	9.2	6.5	
17.4	13	-44 -22							
2	1351		43°17'31.89188"N	2°00'15.92473"W	153.32955	153.2757	9.2	6.5	
17.4	13	-44 -22							
3	IGELDO		43°18'23.01860"N	2°02'27.87163"W	314.63411	314.5802	0.0	0.0	
0.0	0	0 0							

#### SUBNET 'New Solution' ADJUSTED VECTOR RESIDUALS (X-Y-Z)

#	Points	Vector	Residuals(mm)			Normalized Residuals			Redundancy
			(X)	(Y)	(Z)	(X)	(Y)	(Z)	
1	1350-1351		0.0	0.0	0.0	-0.03	0.08	0.01	0.01
2	IGELDO-1350		-12.7	7.8	-1.4	-0.69	1.11	-0.12	1.16
3	IGELDO-1351		17.5	-13.4	0.7	0.83	-1.44	0.05	1.83
	R.M.S.		12.5	9.0	0.9	0.62	1.05	0.07	( 1.00)

## VI. ANEXOS

### Anexo 3: Informes de los resultados obtenidos del cálculo post proceso

#### Vértices 1340, 1341

Point		Coordinates		Sigmas(mm)		Corr.(%)				
#	Name	Comment	Latitude	Longitude	Height (m)	Ortho	H (m)	s(N)	s(E)	s(U)
N-E	N-U	E-U								
1	1340		43°18'38.36247"N	1°59'58.94462"W	60.64533	60.5915		16.3	22.7	
36.0	51	7	56							
2	1341		43°18'32.37281"N	1°59'57.63118"W	77.79552	77.7417		17.1	25.3	
38.8	45	3	45							
3	IGELDO		43°18'23.01815"N	2°02'27.87158"W	314.63881	314.5849		0.0	0.0	
0.0	0	0	0							

#### SUBNET 'Antiguo forzado' ADJUSTED VECTOR RESIDUALS (X-Y-Z)

#	Points	Vector	Residuals(mm)			Normalized Residuals			Redundancy
	from - to	status	(X)	(Y)	(Z)	(X)	(Y)	(Z)	number (0..3)
1	1341-1340		0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00
2	IGELDO-1340		0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00
3	IGELDO-1341	Rejected	-9.4	-90.5	168.3	-0.19	-2.65	3.52	0.00
	R.M.S.		0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00	( 0.00)

## VI. ANEXOS

### Anexo 3: Informes de los resultados obtenidos del cálculo post proceso

#### Vértices 1342, 1343

Point			Coordinates		Sigmas(mm)		Corr.(%)		
#	Name	Comment	Latitude	Longitude	Height (m)	Ortho H (m)	s(N)	s(E)	s(U)
N-E	N-U	E-U							
1	1342		43°17'23.21959"N	1°59'50.64564"W	76.92387	76.8700	15.5	12.7	
30.9	-22	1	-17						
2	1343		43°17'25.55649"N	1°59'43.83975"W	76.12138	76.0675	15.6	12.7	
30.9	-22	1	-17						
3	IGELDO		43°18'23.01815"N	2°02'27.87158"W	314.63881	314.5849	0.0	0.0	
0.0	0	0	0						

#### SUBNET 'AñorgaTxiki Aj.Forza' ADJUSTED VECTOR RESIDUALS (X-Y-Z)

#	Points	Vector	Residuals(mm)			Normalized Residuals			Redundancy
	from - to	status	(X)	(Y)	(Z)	(X)	(Y)	(Z)	number (0..3)
1	1343-1342		0.0	0.1	-0.2	-0.01	0.11	-0.10	0.01
2	IGELDO-1342		11.3	-21.6	35.7	0.50	-1.64	1.48	1.41
3	IGELDO-1343		-1.3	15.4	-24.4	-0.05	1.27	-1.04	1.58
R.M.S.			6.6	15.3	24.9	0.29	1.20	1.05	( 1.00)

## VI. ANEXOS

### Anexo 3: Informes de los resultados obtenidos del cálculo post proceso

#### Vértice 1348

Point			Coordinates			Sigmas(mm)		Corr.(%)		
#	Name	Comment	Latitude	Longitude	Height (m)	Ortho H (m)	s(N)	s(E)	s(U)	
N-E	N-U	E-U								
1	1176		43°17'29.34139"N	1°58'14.65149"W	130.89352	130.8397	9.6	8.6		
21.4	14	2	7							
2	1348		43°17'29.62742"N	1°58'10.15071"W	130.50873	130.4549	9.0	8.4		
20.3	15	-4	8							
3	IGELDO		43°18'23.01815"N	2°02'27.87158"W	314.63881	314.5849	0.0	0.0		
0.0	0	0	0							

#### SUBNET 'Hospitales Ajuste fo' ADJUSTED VECTOR RESIDUALS (X-Y-Z)

#	Points	Vector	Residuals(mm)			Normalized Residuals			Redundancy
	from - to	status	(X)	(Y)	(Z)	(X)	(Y)	(Z)	number (0..3)
1	1176-1348		-0.7	1.0	-1.8	-0.09	0.21	-0.17	0.10
2	IGELDO-1176		-14.6	15.6	-30.2	-0.33	0.80	-0.65	2.16
3	IGELDO-1348		0.7	-7.5	4.7	0.03	-0.56	0.21	0.74
R.M.S.			8.4	10.0	17.7	0.20	0.58	0.41	( 1.00)

## VI. ANEXOS

### Anexo 3: Informes de los resultados obtenidos del cálculo post proceso

#### Vértice 1163

#	Name	Comment	Coordinates		Sigmas(mm)		Corr.(%)		
			Latitude	Longitude	Height (m)	Ortho H (m)	s(N)	s(E)	s(U)
1	1163		43°17'48.02675"N	1°59'29.17267"W	142.16590	142.1121	4.7	4.9	
11.2	-2	-11	-39						
2	679		43°17'50.95313"N	1°59'28.23629"W	144.67154	144.6177	4.6	5.1	
11.9	9	-18	-52						
3	IGELDO		43°18'23.01815"N	2°02'27.87158"W	314.63881	314.5849	0.0	0.0	
0.0	0	0	0						

#### SUBNET 'Pagola Forzado' ADJUSTED VECTOR RESIDUALS (X-Y-Z)

#	Points	Vector	Residuals(mm)			Normalized Residuals			Redundancy
			(X)	(Y)	(Z)	(X)	(Y)	(Z)	
1	1163-679		-3.0	1.9	-1.5	-0.15	0.26	-0.11	0.46
2	IGELDO-1163		-2.4	6.3	0.7	-0.11	0.47	0.03	1.32
3	IGELDO-679		11.3	-9.3	6.2	0.41	-0.58	0.27	1.22
	R.M.S.		6.9	6.6	3.7	0.26	0.45	0.17	( 1.00)

## VI. ANEXOS

### Anexo 3: Informes de los resultados obtenidos del cálculo post proceso

#### Vértices 1327, 1328

Point	Coordinates	Sigmas(mm)	Corr.(%)
# Name Comment N-E N-U E-U	Latitude Longitude	Height (m) Ortho H (m)	s(N) s(E) s(U)
1 1327 16.4 6 -29 37	43°19'41.78953"N 1°57'35.03654"W	238.96156 238.9079	8.6 5.3
2 1328 22.0 2 -38 30	43°19'43.01972"N 1°57'36.28155"W	238.50242 238.4487	8.9 5.8
3 IGELDO 0.0 0 0 0	43°18'23.01852"N 2°02'27.87158"W	314.64965 314.5958	0.0 0.0

#### SUBNET 'Ulia Ajuste Forzado' ADJUSTED VECTOR RESIDUALS (X-Y-Z)

# Points	Vector	Residuals(mm)	Normalized Residuals	Redundancy
from - to	status	(X) (Y) (Z)	(X) (Y) (Z) number (0..3)	
1 1327-1328		13.4 -0.9 10.9	0.56 -0.17 0.56	0.41
2 IGELDO-1327		4.2 -1.9 6.3	0.19 -0.23 0.36	0.78
3 IGELDO-1328		-23.9 6.5 -19.3	-0.55 0.51 -0.71	1.81
R.M.S.		16.0 3.9 13.3	0.46 0.34 0.56	( 1.00)



## VI. ANEXOS

### Anexo 3: Informes de los resultados obtenidos del cálculo post proceso

#### Vértice 1329

Point	Coordinates	Sigmas(mm)	Corr.(%)
# Name Comment	Latitude Longitude	Height (m) Ortho H (m)	s(N) s(E) s(U)
N-E N-U E-U			
1 1329	43°19'07.61289"N 1°55'40.87132"W	114.49683 114.4431	2.9 2.2
5.2 48 -49 -40			
2 742	43°19'07.17699"N 1°55'37.14670"W	115.44239 115.3887	2.8 2.1 5.1
43 -43 -34			
3 PASAIA	43°19'18.34327"N 1°55'53.46941"W	67.38627 67.3326	0.0 0.0
0.0 0 0 0			

#### SUBNET 'New Solution(1)' ADJUSTED VECTOR RESIDUALS (X-Y-Z)

# Points	Vector	Residuals(mm)	Normalized Residuals	Redundancy
from - to	status	(X) (Y) (Z)	(X) (Y) (Z)	number (0..3)
1 1329-742		0.6 -0.8 -0.2	0.11 -0.32 -0.04	0.30
2 PASAIA-1329		4.5 -4.0 -0.5	0.38 -0.74 -0.08	1.40
3 PASAIA-742		-0.8 2.8 1.6	-0.08 0.62 0.22	1.31
R.M.S.		2.7 2.9 1.0	0.23 0.59 0.14	( 1.00)

## VI. ANEXOS

### Anexo 3: Informes de los resultados obtenidos del cálculo post proceso

#### Vértice 088

#	Name	Comment	Coordinates			Sigmas(mm)		Corr.(%)	
			North(m)	Easting(m)	Height (m)	Ortho H (m)	s(N)	s(E)	
1	088-PTO101		4747935.17388	541986.81711	609.00282	608.9470	76.7	82.0	
		189.6 36 -33 -34							
2	ALDA		4733758.41631	554669.71452	881.84020	881.7841	0.0	0.0	
		0.0 0 0 0							
3	LAZK		4764973.11942	566235.74402	226.48421	226.4293	0.0	0.0	
		0.0 0 0 0							
4	VITO		4743105.16734	526750.03759	600.48658	600.4304	0.0	0.0 0.0	
		0 0 0							

#### SUBNET '140618' PROCESSED VECTORS (X-Y-Z)

#	Points	Vector	Residuals(mm)			Normalized Residuals			Redundancy
			(X)	(Y)	(Z)	(X)	(Y)	(Z)	
1	ALDA-088-PTO101		160.3	-6.2	170.3	7.75	-0.57	11.36	1.26
2	ALDA-LAZK		464.6	15.1	488.6	26.87	1.16	32.75	1.46
3	LAZK-088-PTO101		-243.8	8.7	-275.2	-9.12	0.64	-13.15	1.62
4	VITO-088-PTO101		-25.2	53.9	-25.2	-0.89	3.52	-1.13	2.03
5	VITO-ALDA		-154.4	49.3	-170.5	-11.31	5.02	-13.60	0.99
6	VITO-LAZK		295.0	46.5	322.9	13.31	4.01	16.70	1.64
	R.M.S.		262.2	36.2	282.1	13.97	3.05	17.51	( 1.50)

## VI. ANEXOS

### Anexo 3: Informes de los resultados obtenidos del cálculo post proceso

---

#### Vértice 092

Point		Coordinates			Sigmas(mm)		Corr.(%)	
#	Name	Comment	Northing(m)	Easting(m)	Height (m)	Ortho H (m)	s(N)	s(E)
s(U)	N-E	N-U	E-U					
1	092_PTO101		4751665.19695	542686.06872	608.68143	608.6257	9.9	7.9
18.3	29	10	21					
2	VITO		4743105.16734	526750.03759	600.48658	600.4304	0.0	0.0
0	0	0						

#### SUBNET '140618V2' ADJUSTED VECTOR RESIDUALS (X-Y-Z)

#	Points	Vector	Residuals(mm)			Normalized Residuals			Redundancy
	from - to	status	(X)	(Y)	(Z)	(X)	(Y)	(Z)	number (0..3)
1	VITO-092_PTO101		0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00
	R.M.S.		0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00	( 0.00)

## VI. ANEXOS

### Anexo 3: Informes de los resultados obtenidos del cálculo post proceso

#### Vértice 094

#	Point Name	Comment	Coordinates			Sigmas(mm)		Corr.(%)	
			North(m)	East(m)	Height (m)	Ortho H (m)	s(N)	s(E)	
1	094_PTO104		4747545.22836	545534.03811	634.80824	634.7525	70.8	79.6	
		160.0 25 -32 -1							
2	ALDA		4733758.41631	554669.71452	881.84020	881.7841	0.0	0.0	
		0.0 0 0 0							
3	ELGE		4776163.08473	541773.27519	535.64553	535.5906	0.0	0.0	
		0.0 0 0 0							
4	LAZK		4764973.11942	566235.74402	226.48421	226.4293	0.0	0.0	
		0.0 0 0 0							
5	VITO		4743105.16734	526750.03759	600.48658	600.4304	0.0	0.0 0.0	
		0 0 0							

#### SUBNET '140618tri' ADJUSTED VECTOR RESIDUALS (X-Y-Z)

#	Points from - to	Vector status	Residuals(mm)			Normalized Residuals			Redundancy number (0..3)
			(X)	(Y)	(Z)	(X)	(Y)	(Z)	
1	ALDA-094_PTO104		62.2	-19.8	82.4	4.04	-2.15	6.50	0.95
2	ALDA-ELGE		143.8	-34.6	216.2	6.90	-3.21	11.06	1.99
3	ALDA-LAZK		441.6	7.0	463.0	25.41	0.49	34.57	1.62
4	ELGE-LAZK		294.0	35.2	255.7	21.84	4.49	23.53	0.92
5	VITO-094_PTO104		-85.9	21.1	-93.7	-3.90	1.81	-6.54	1.51
6	VITO-ALDA		-140.2	38.8	-156.2	-10.00	4.79	-12.67	1.40
7	VITO-ELGE		11.9	14.3	66.2	0.68	1.56	4.43	1.54
8	VITO-LAZK		301.9	41.6	311.7	13.86	2.32	19.12	2.06
R.M.S.			230.3	29.1	241.9	13.67	2.95	17.68	( 1.50)

## VI. ANEXOS

### Anexo 3: Informes de los resultados obtenidos del cálculo post proceso

#### Vértice 215

#	Point Name	Comment	Coordinates			Sigmas(mm)		Corr.(%)	
			Northing(m)	Easting(m)	Height (m)	Ortho H (m)	s(N)	s(E)	
1	215_PTO101		4748305.03581	549465.09654	638.87457	638.8189	37.1	36.1	
			88.7	49	-43	-5			
2	ALDA		4733758.41631	554669.71452	881.84020	881.7841	0.0	0.0	
			0.0	0	0	0			
3	ELGE		4776163.08473	541773.27519	535.64553	535.5906	0.0	0.0	
			0.0	0	0	0			
4	LAZK		4764973.11942	566235.74402	226.48421	226.4293	0.0	0.0	
			0.0	0	0	0			
5	VITO		4743105.16734	526750.03759	600.48658	600.4304	0.0	0.0	
			0	0	0				

#### SUBNET '140618\_tri' ADJUSTED VECTOR RESIDUALS (X-Y-Z)

#	Points from - to	Vector status	Residuals(mm)			Normalized Residuals			Redundancy number (0..3)
			(X)	(Y)	(Z)	(X)	(Y)	(Z)	
1	ALDA-215_PTO101		119.0	-1.7	80.2	8.63	-0.13	5.82	0.00
2	ELGE-ALDA		-159.0	22.3	-225.0	-8.04	2.17	-10.31	0.00
3	ELGE-VITO	Rejected	-2.8	-21.1	-71.4	-0.17	-2.56	-4.36	0.00
4	LAZK-215_PTO101		-389.8	22.4	-331.9	-16.34	2.60	-16.29	0.96
5	LAZK-VITO		-268.4	-42.2	-301.8	-13.05	-4.21	-14.49	1.12
6	VITO-215_PTO101		-100.7	36.0	-36.2	-3.25	3.49	-2.39	0.92
R.M.S.			233.9	28.5	227.8	10.84	2.88	11.15	( 0.60)

## VI. ANEXOS

### Anexo 3: Informes de los resultados obtenidos del cálculo post proceso

---

#### Vértice 224

#	Name	Comment	Coordinates			Sigmas(mm)		Corr.(%)	
			Northing(m)	Easting(m)	Height (m)	Ortho H (m)	s(N)	s(E)	
s(U)	N-E	N-U	E-U						
-----									
1	224_PTO101		4749911.53707	552034.77540	717.61225	717.5566	4.9	3.8	
11.6	1	-22	-28						
2	ALDA		4733758.41631	554669.71452	881.84020	881.7841	0.0	0.0	
0.0	0	0	0						

#### SUBNET '140618' ADJUSTED VECTOR RESIDUALS (X-Y-Z)

#	Points	Vector	Residuals(mm)			Normalized Residuals			Redundancy
			(X)	(Y)	(Z)	(X)	(Y)	(Z)	
from - to	status							number (0..3)	
-----									
1	ALDA-224_PTO101		0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00
-----									
	R.M.S.		0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00	( 0.00)

## VI. ANEXOS

### Anexo 3: Informes de los resultados obtenidos del cálculo post proceso

#### Vértice 228

#	Point Name	Comment	Coordinates			Sigmas(mm)		Corr.(%)	
			Northing(m)	Easting(m)	Height (m)	Ortho H (m)	s(N)	s(E)	
1	228_PTO101		4750783.04075	548035.24605	655.97528	655.9196	53.9	51.4	
			116.6	38	-21	-12			
2	ALDA		4733758.41631	554669.71452	881.84020	881.7841	0.0	0.0	
			0.0	0	0	0			
3	ELGE		4776163.08473	541773.27519	535.64553	535.5906	0.0	0.0	
			0.0	0	0	0			
4	LAZK		4764973.11942	566235.74402	226.48421	226.4293	0.0	0.0	
			0.0	0	0	0			
5	VITO		4743105.16734	526750.03759	600.48658	600.4304	0.0	0.0	
			0	0	0				

#### SUBNET '140618\_TRI' ADJUSTED VECTOR RESIDUALS (X-Y-Z)

#	Points from - to	Vector status	Residuals(mm)			Normalized Residuals			Redundancy number (0..3)
			(X)	(Y)	(Z)	(X)	(Y)	(Z)	
1	ALDA-228_PTO101	Rejected	324.9	-45.5	254.4	17.01	-4.18	13.80	0.00
2	ELGE-228_PTO101		5.2	-28.4	-66.3	0.21	-2.01	-2.47	1.94
3	ELGE-ALDA		-148.7	12.5	-180.7	-7.39	1.18	-8.00	0.82
4	ELGE-VITO		-6.0	-24.3	-83.6	-0.36	-2.49	-5.28	1.12
5	LAZK-228_PTO101	Rejected	-283.1	-193.1	-393.3	-9.86	-12.91	-15.29	0.00
6	LAZK-ALDA		-414.7	-2.2	-419.3	-25.54	-0.25	-23.27	0.56
7	LAZK-VITO		-310.4	-17.8	-322.4	-12.77	-1.14	-18.89	1.19
8	VITO-228_PTO101		-6.3	5.3	4.8	-0.51	0.81	0.49	0.37

R.M.S.            220.1   17.8   232.3   12.04   1.51   12.89 ( 1.00)

## VI. ANEXOS

### Anexo 3: Informes de los resultados obtenidos del cálculo post proceso

#### Vértices an1, an2, an3

Name	Comment	Northing(m)	Easting(m)	Height (m)	Ortho H (m)	s(N)	s(E)	s(U)	N-E
N-U	E-U								

1	ALDA	4733758.60965	554669.80285	881.78413	881.7841	0.0	0.0	0.0	
0	0								0
2	AN1	4745975.48204	559956.82900	631.4387	631.3830	3.3	2.5	5.9	-28
6	18								
3	AN2	4745569.92071	559937.26999	646.1524	646.0968	3.3	2.5	5.9	-28
6	18								
4	AN3	4745997.23438	560406.20721	2361	631.1805	3.3	2.5	5.9	-28 6
18									

#### SUBNET '23Alda\_an' ADJUSTED VECTOR RESIDUALS (X-Y-Z)

#	Points	Vector	Residuals(mm)			Normalized Residuals			Redundancy
	from - to	status	(X)	(Y)	(Z)	(X)	(Y)	(Z)	number (0..3)

1	ALDA-AN1		-6.7	1.5	0.2	-0.19	0.09	0.01	1.67
2	ALDA-AN2		5.6	2.5	-14.1	0.16	0.13	-0.32	2.06
3	ALDA-AN3		-1.2	-2.9	8.3	-0.03	-0.13	0.18	2.26
5	AN1-AN2		0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00
6	AN2-AN3		0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00

R.M.S.			3.6	1.7	6.7	0.10	0.08	0.15	( 1.00)
--------	--	--	-----	-----	-----	------	------	------	---------



## VI. ANEXOS

### Anexo 3: Informes de los resultados obtenidos del cálculo post proceso

#### Vértices eg1, eg2, eg3

#	Name	Comment	Coordinates			Sigmas(mm)		Corr.(%)		
			Northing(m)	Easting(m)	Height (m)	Ortho H (m)	s(N)	s(E)	s(U)	
1	ALDA		4733758.41631	554669.71452	881.84020	881.7841	0.0	0.0	0.0	
0	0	0								
2	EG1		4746708.89311	560004.91552	617.15364	617.0980	3.0	2.9	7.2	
-27	-2									
3	EG2		4746624.26537	560208.40234	615.49324	615.4376	3.0	2.9	7.2	
-27	-2									
4	EG3		4746253.30944	560043.59141	625.10610	625.0505	3.0	2.9	7.3	
-27	-2									

#### SUBNET '23Alda\_eg(1)' ADJUSTED VECTOR RESIDUALS (X-Y-Z)

#	Points	Vector	Residuals(mm)			Normalized Residuals			Redundancy
			(X)	(Y)	(Z)	(X)	(Y)	(Z)	
1	ALDA-EG1		-0.6	-3.7	-2.2	-0.04	-0.50	-0.19	1.16
2	ALDA-EG2		1.7	5.9	3.1	0.09	0.62	0.20	1.84
3	ALDA-EG3	Rejected	-65.2	-20.7	-6.5	-5.04	-3.42	-0.45	0.00
4	EG1-EG2		0.0	0.0	0.0	0.00	-0.03	-0.01	0.00
5	EG2-EG3		0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00
R.M.S.			0.9	3.5	1.9	0.05	0.40	0.14	( 0.75)

## VI. ANEXOS

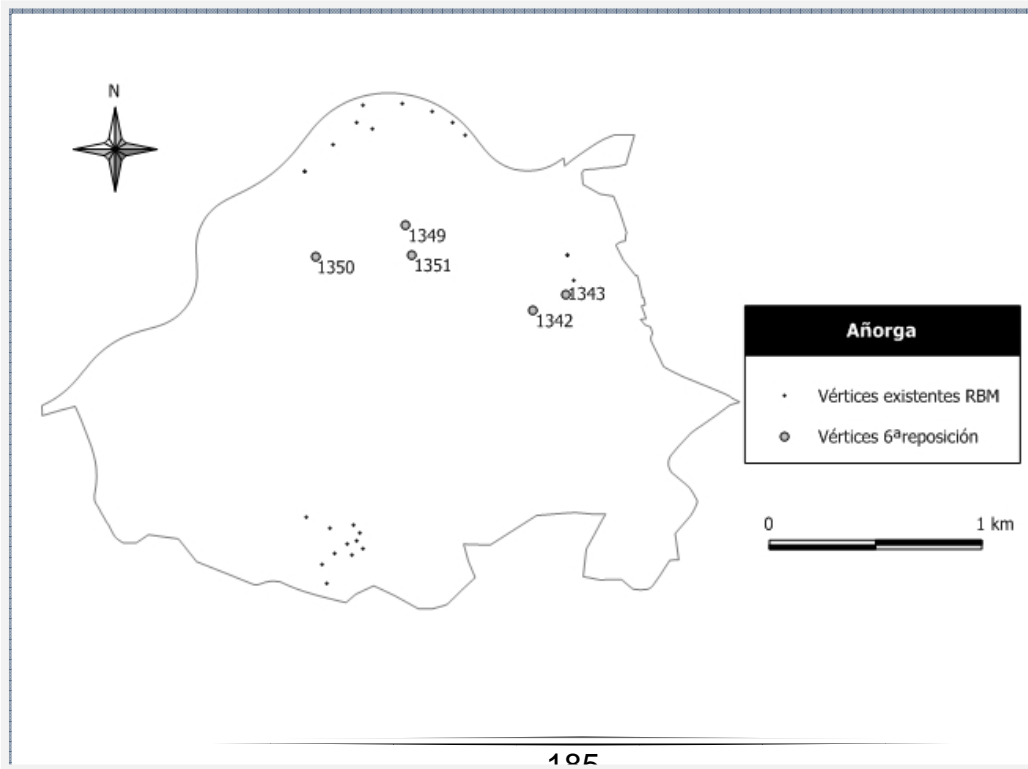
### Anexo 4. Relación de vértices existentes y vértices 6ª reposición

**ANEXO 4:** Relación de vértices existentes y vértices de la 6ª reposición representados por barrio

#### Alza



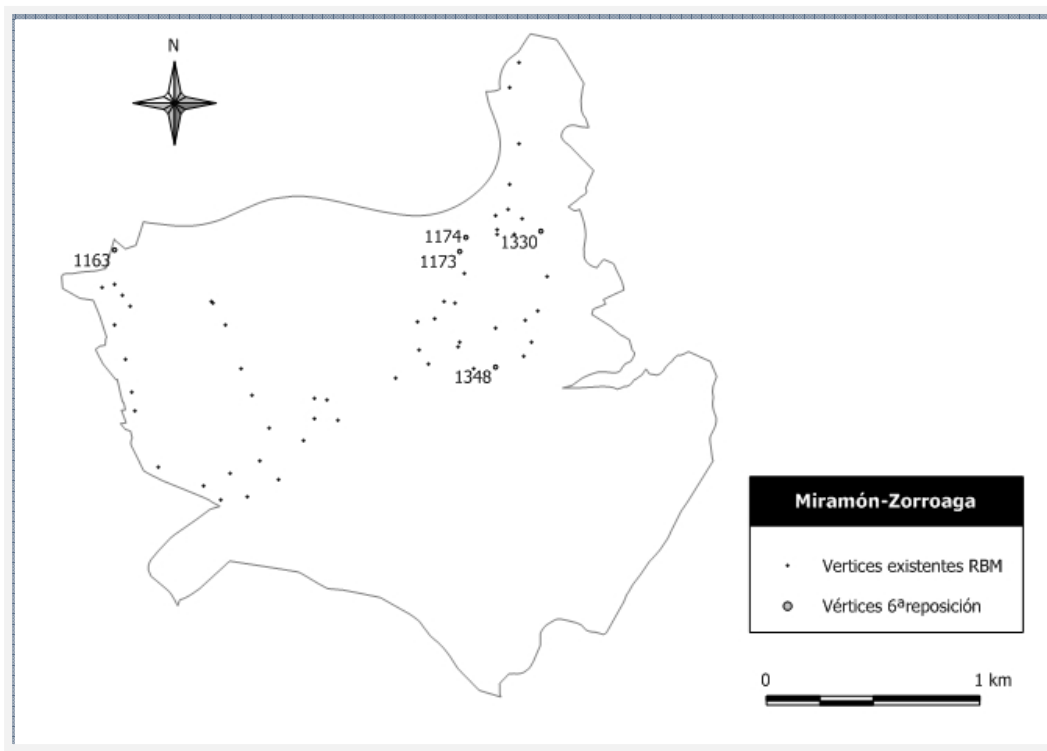
#### Añorga



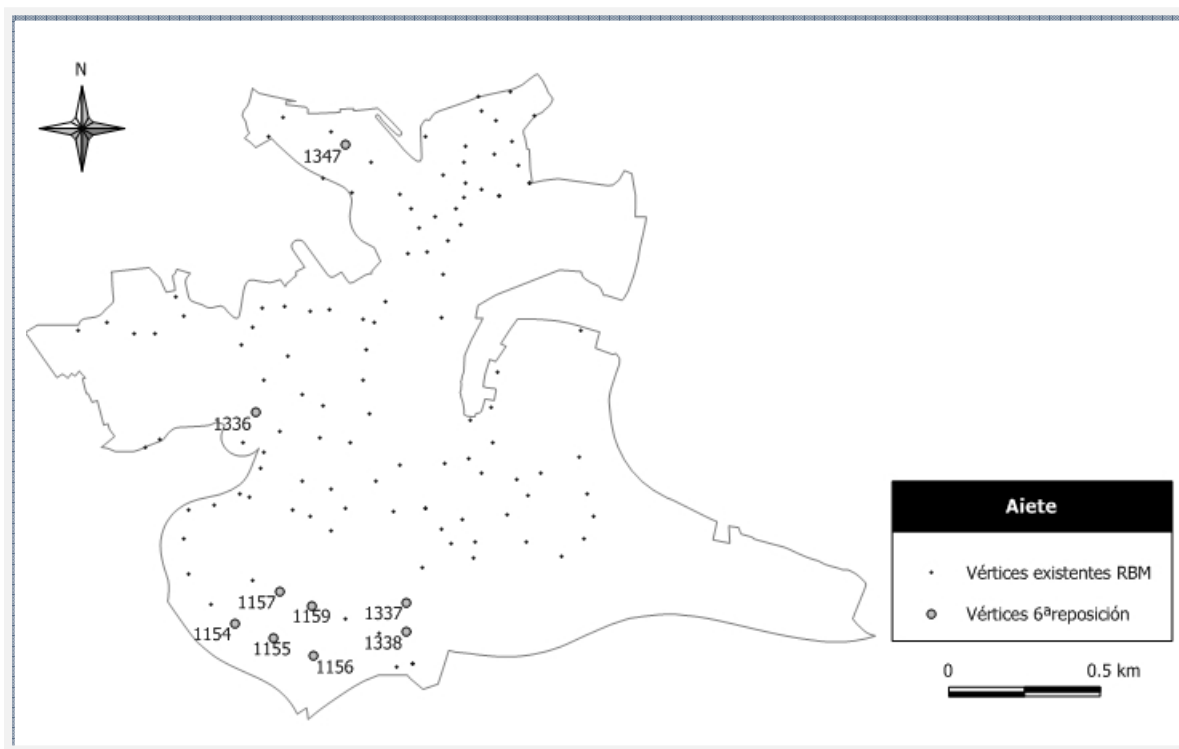
## VI. ANEXOS

### Anexo 4. Relación de vértices existentes y vértices 6ª reposición

#### Miramón-Zorroaga



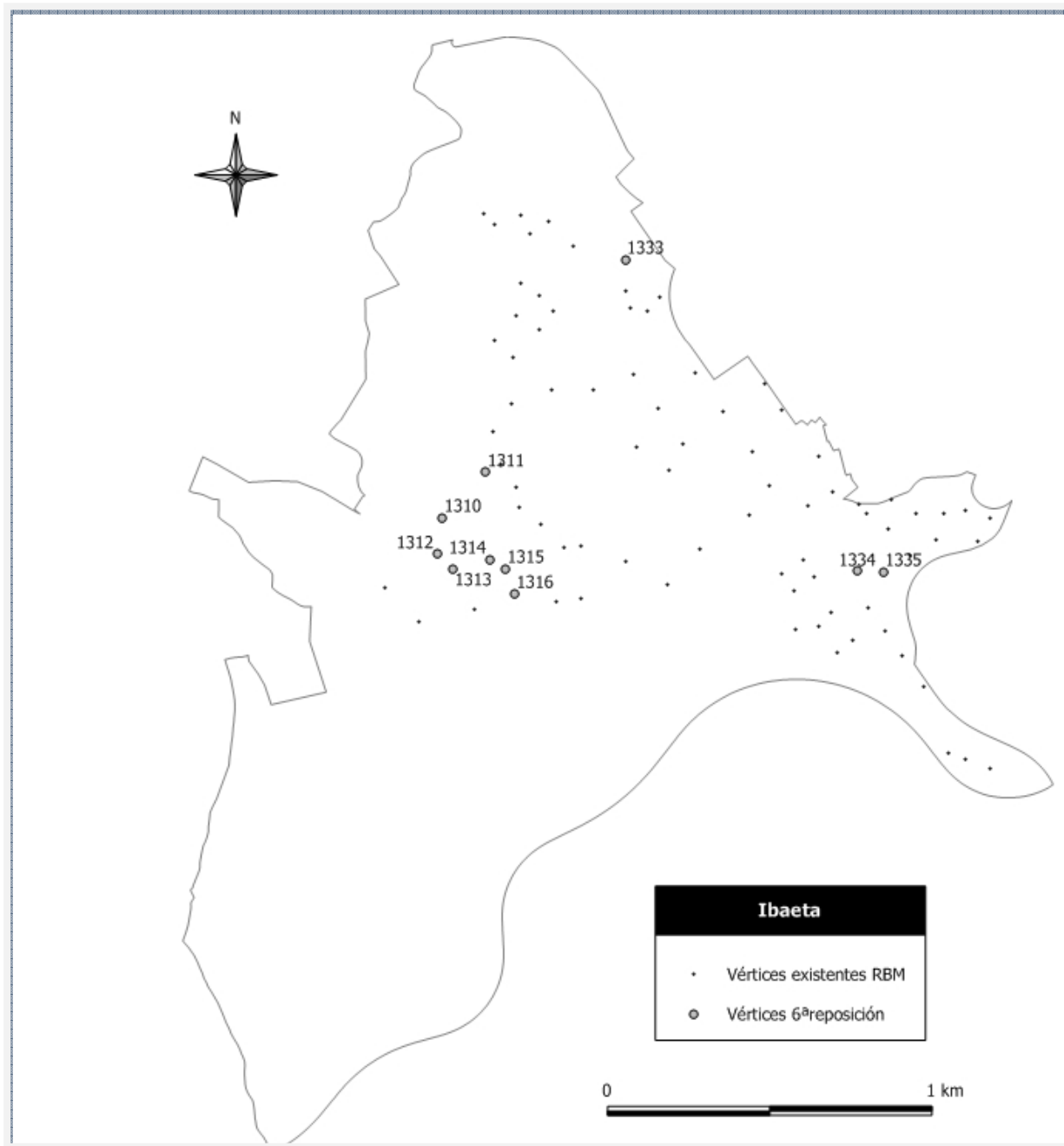
#### Aiete



## VI. ANEXOS

### Anexo 4. Relación de vértices existentes y vértices 6ª reposición

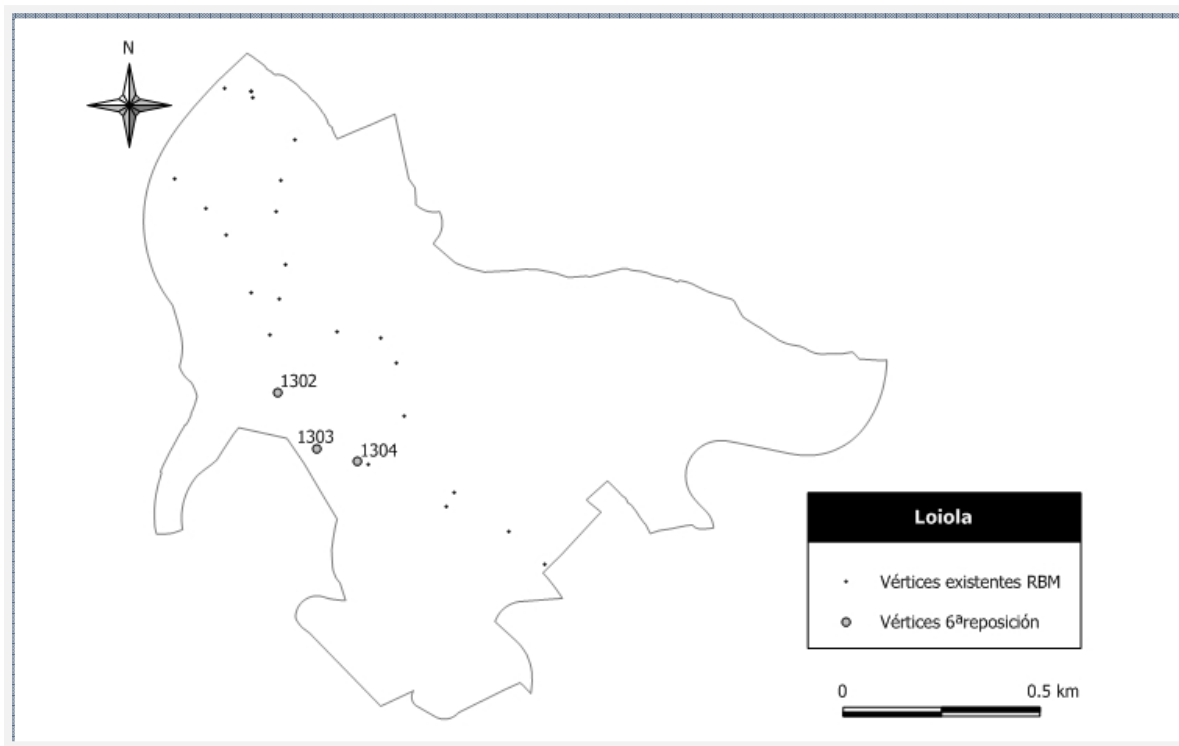
#### Ibaeta



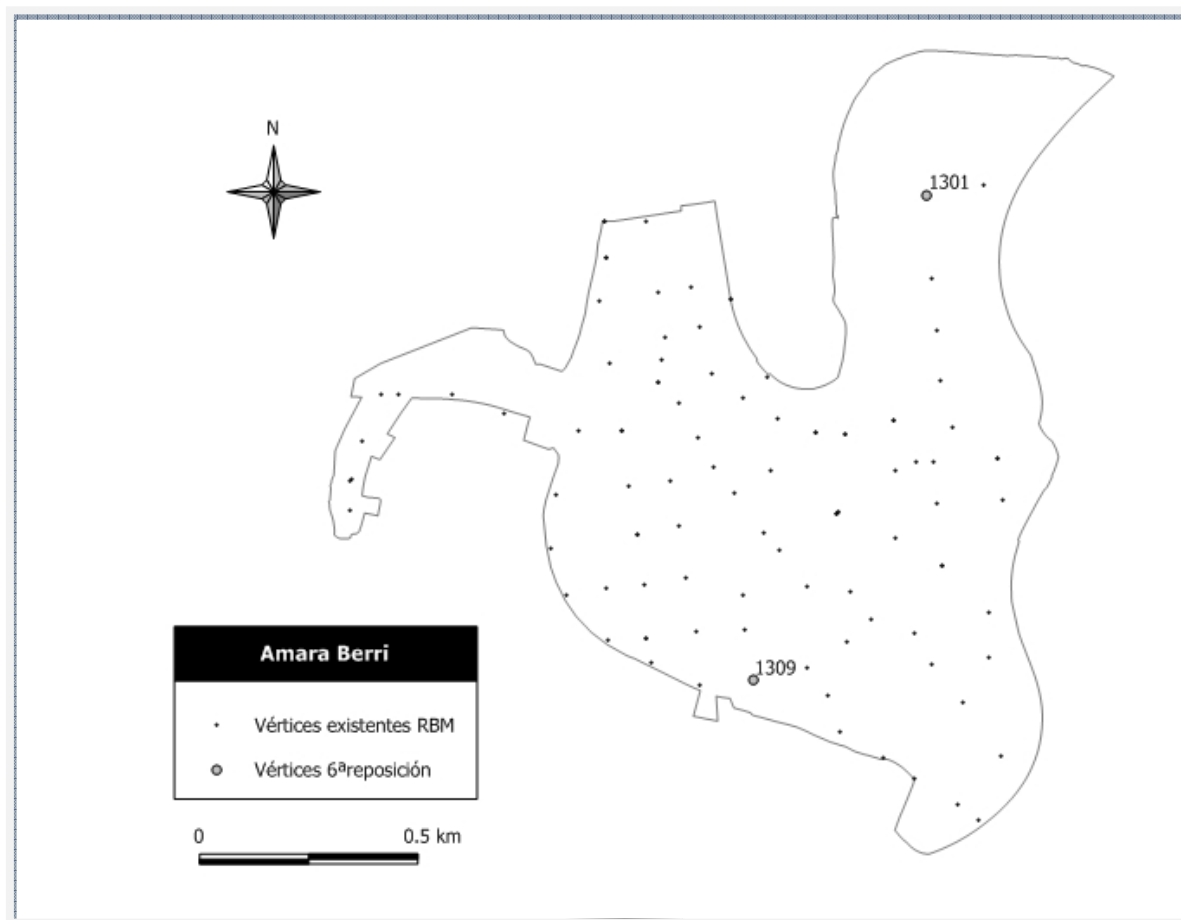
## VI. ANEXOS

### Anexo 4. Relación de vértices existentes y vértices 6ª reposición

#### Loiola



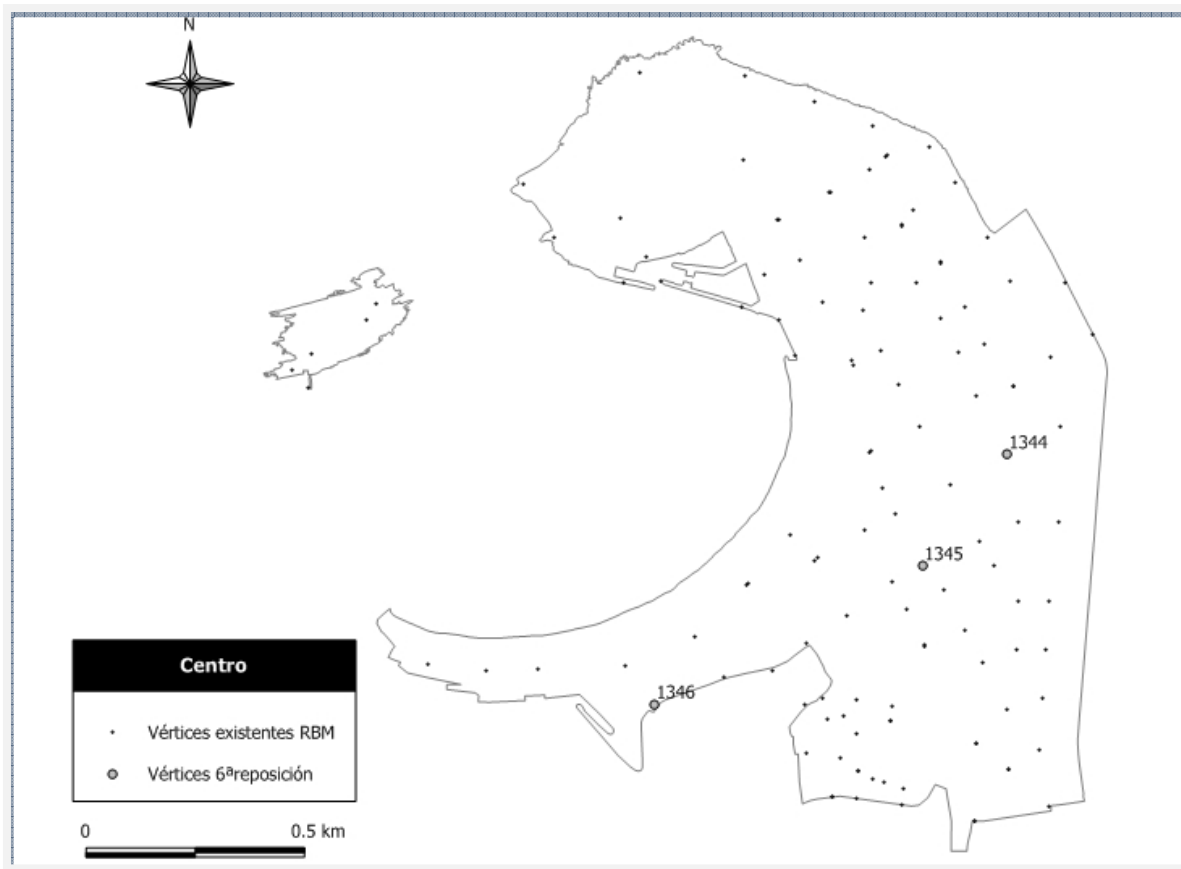
#### Amara Berri



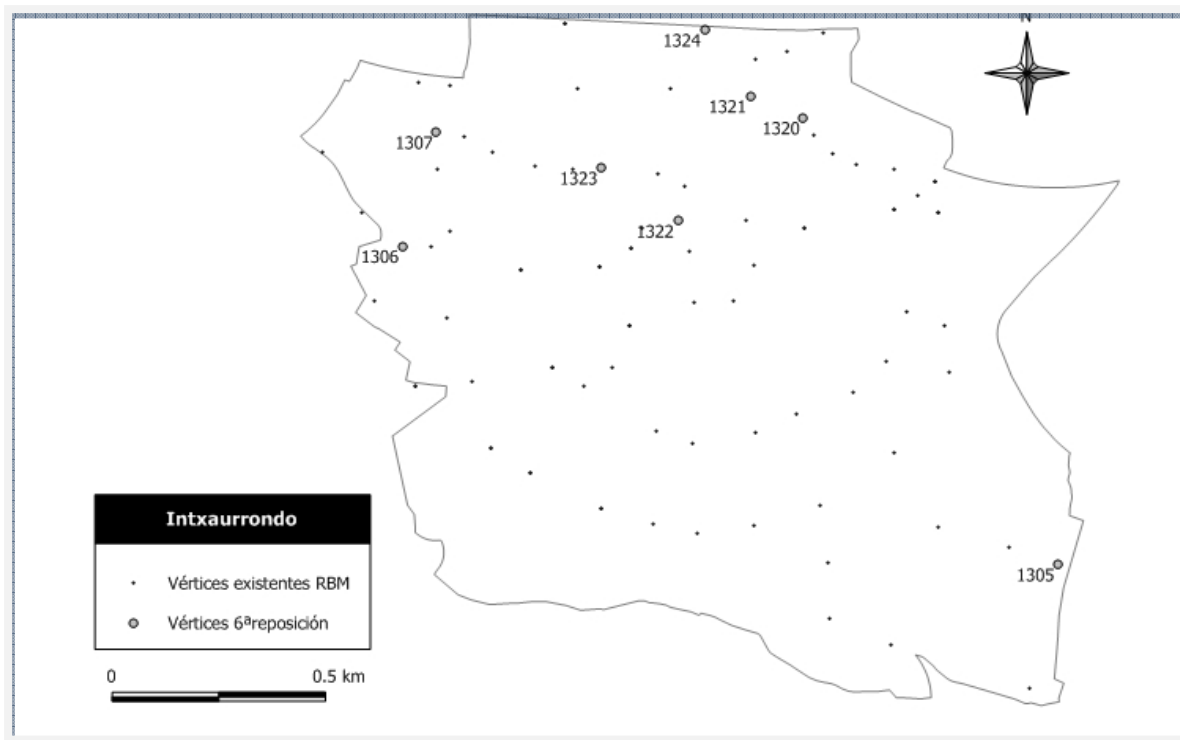
## VI. ANEXOS

### Anexo 4. Relación de vértices existentes y vértices 6ª reposición

#### Centro



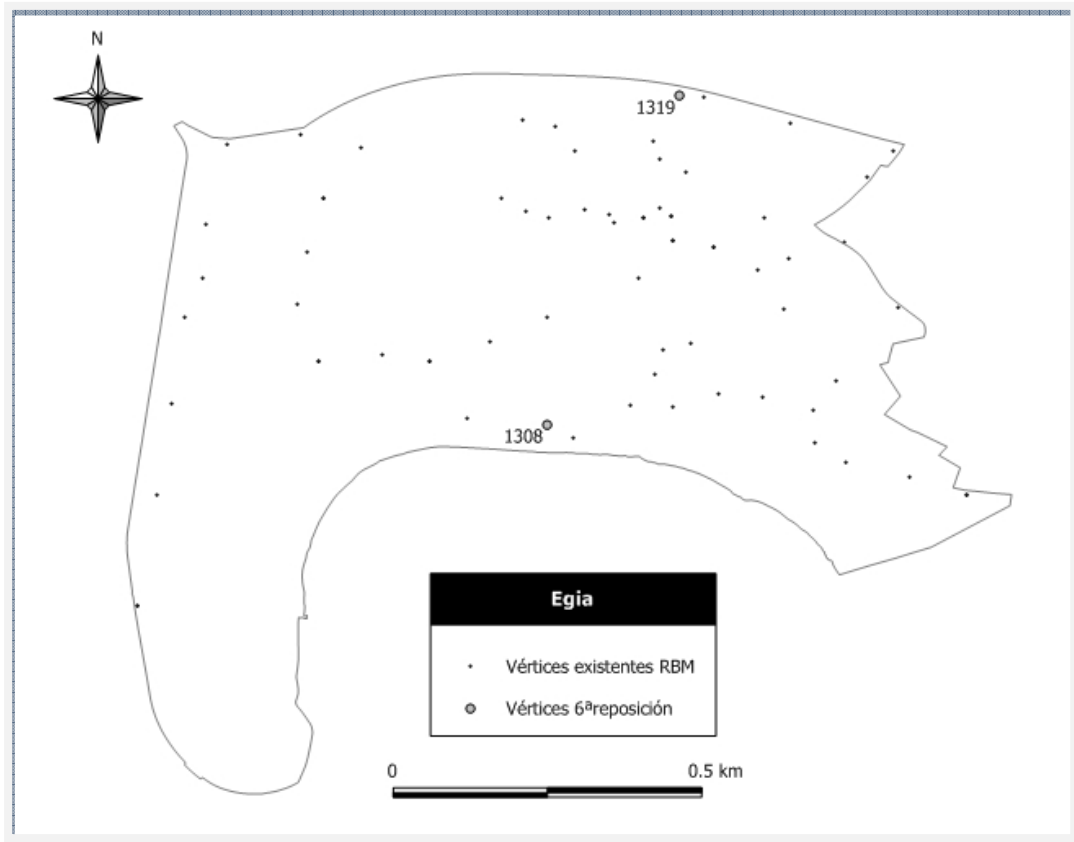
#### Intxaurreondo



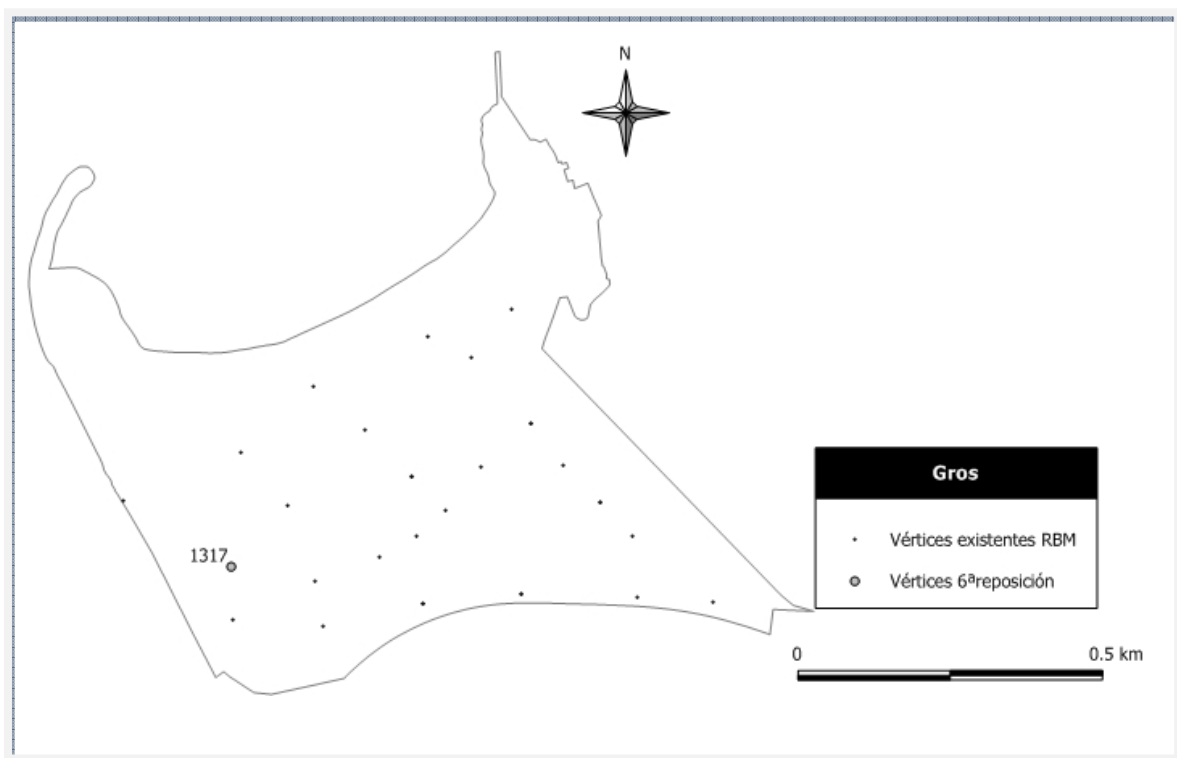
## VI. ANEXOS

### Anexo 4. Relación de vértices existentes y vértices 6ª reposición

#### Egia



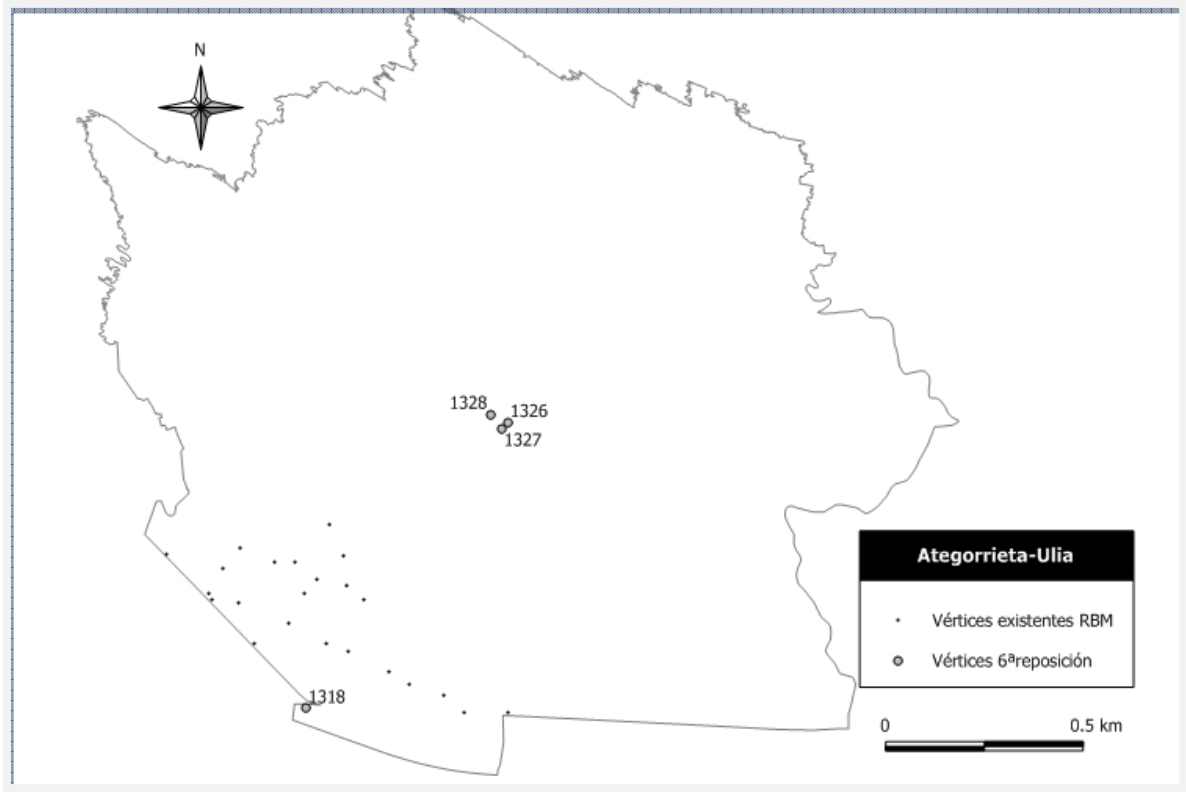
#### Gros



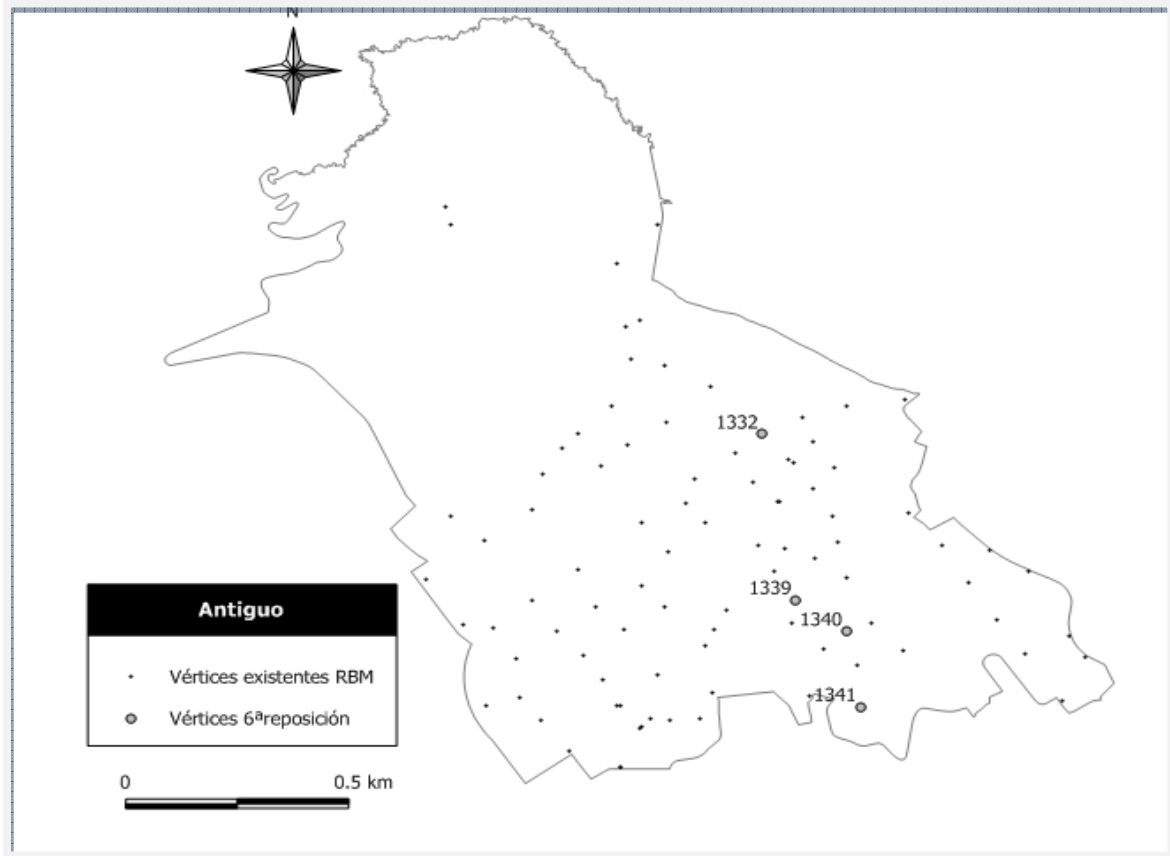
## VI. ANEXOS

### Anexo 4. Relación de vértices existentes y vértices 6ª reposición

#### Ategorrieta-Ulía



#### Antiguo





## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

### VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Consultas en la red

[1] Geograma S.L. Consultado el día 14 de junio de 2014, de [gis.geograma.com](http://gis.geograma.com).

[4] Mercedes Farjas .Teoría Gps, tema 12. Consultado el día 29 de mayo de 2014 en [http://ocw.upm.es/ingenieria-cartografica-geodesica-y-fotogrametria/topografia-ii/Teoria\\_GPS\\_Tema\\_12.pdf](http://ocw.upm.es/ingenieria-cartografica-geodesica-y-fotogrametria/topografia-ii/Teoria_GPS_Tema_12.pdf)

[5] Ayuntamiento de Donostia/San Sebastián. Consultado el 5 de enero de 2014 en [http://www.donostia.org/info/contratacion.nsf/vListadoId/ed0453005f5e167ac12577bd0025bbf0/\\$file/T.Cartograf%C3%ADa%20Digital.pdf](http://www.donostia.org/info/contratacion.nsf/vListadoId/ed0453005f5e167ac12577bd0025bbf0/$file/T.Cartograf%C3%ADa%20Digital.pdf)

[6] Instituto Geográfico Nacional (IGN).Modelo de Geoide EGM08-REDNAP. <http://www.ign.es/ign/layoutIn/actividadesGeodesiaRedn.do>

[7] Perez, J.R.Nivelación Simple. Consultado el 27 de mayo de 2014 en <http://webs.uvigo.es/jrperez/servicios-topografia-nivelacion.htm>

[8] Cartogalicia. Especificaciones receptor GNSS serie Hiper. Consultado el día 1 de junio de 2014 en [http://www.cartogalicia.com/index.php?page=shop.product\\_details&flypage=shop.flypage&product\\_id=58&category\\_id=34&manufacturer\\_id=0&option=com\\_virtuemart&Itemid=21](http://www.cartogalicia.com/index.php?page=shop.product_details&flypage=shop.flypage&product_id=58&category_id=34&manufacturer_id=0&option=com_virtuemart&Itemid=21)

[9] Conceptos fundamentales Topografía, Geodesia, Cartografía. Consultado el 20 de mayo de 2014 en <http://detopografia.blogspot.com.es/2013/03/conceptos-fundamentales-topografia.html>

[10] Juan Ramon Morillo Barragán (2013).Desarrollo y análisis se la precisión de la red de antenas de referencia GNSS de Extremadura. Trazabilidad de flotas de transporte hortofrutícola. Consultado el día 4 de abril de 2013 en <https://www.google.es/webhp?sourceid=chrome->

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

*instant&ion=1&espv=2&ie=UTF-*

*8#q=TDUEX\_2013\_Morillo\_Barragan%20\_Interesante*

[11] Desarrollo e innovación en tecnología de la información geoespacial (blog). NTRIP. Lo nuevo de la tecnología GPS vía Internet. Consultado el día 12 de mayo de 2014 en <http://ditigeo.blogspot.com.es/2012/07/ntrip.html>

[12] MobileNtrip. Imagen VRS. Visto el 14 de mayo de 2014 en <http://www.mobilentrip.com/mobilentrip30c.htm>

[13] Leica Geosystems. Networked reference stations. Visto el 28 de abril de 2014 en [http://www.smartnetna.com/documents/Leica\\_GPS\\_SpiderNET-Take\\_it\\_to\\_the\\_MAX\\_June2005\\_en.pdf](http://www.smartnetna.com/documents/Leica_GPS_SpiderNET-Take_it_to_the_MAX_June2005_en.pdf)

[14] Davir Garcia Ariza. (2008-2009) Estudio de la calidad métrica de las observaciones en tiempo real en la Red GNSS de Castilla Leon. Visto el 3 de mayo de 2014 en [http://gnss.itacyl.es/opencms/opencms/system/modules/es.jcyl.ita.site.gnss/resources/documentos\\_gnss/Estudio\\_Calidad\\_metrica\\_RTK\\_en\\_Red\\_GNSS\\_de\\_CyL.pdf](http://gnss.itacyl.es/opencms/opencms/system/modules/es.jcyl.ita.site.gnss/resources/documentos_gnss/Estudio_Calidad_metrica_RTK_en_Red_GNSS_de_CyL.pdf)

[15] Visor GNSS. Visto el 12 de mayo de 2014 en <http://ntrip.rep-gnss.es/>

[16] IDEE Geoeuskadi. Visto el 5 de marzo de 2014 en <http://www.geo.euskadi.net/s69-15375/es>

[17] Leica Geosystems. Receptor GNSS GS14. Visto el 1 de mayo de 2014 en [http://www.leica-geosystems.es/es/Leica-Viva-GS10-GS15\\_86596.htm](http://www.leica-geosystems.es/es/Leica-Viva-GS10-GS15_86596.htm)

- Artículos y documentación consultada

[2] Omega Cartografía Digital S.L. (2001). *Primera fase RBMD*. Donostia/San Sebastián.

[3] Álvarez Paredes, J.M., Cotorruelo, O., Elorza, O., Teberio, J.L., Zurutuza, J. *Cambio de Datum a ETRS89 de la base topográfica 1:5000 en el territorio histórico de Gipuzkoa*