Cálculo de parámetros de transformación para la MRGMVD25

IGb20 2025.6534 - > SIRGAS-ROU 98

1. Antecedentes y Objetivo

En el marco del Convenio celebrado entre IM y Facultad de Ingeniería de la Universidad de la República, tras realizar el ajuste de la red geodésica MRGMVD2025, se obtuvo un listado de coordenadas de 33 vértices, determinado en el marco de referencia **IGb20**, época **2025.6534** (Solución semanal SIRGAS 2381).

Para integrar los nuevos vértices de la Red Geodésica Departamental 2025 a la Red Geodésica Nacional, se requiere transformar las coordenadas de estos vértices al Marco de Referencia oficial del país, **SIRGAS-ROU98** (compatible con ITRF94, época 1995.4).

El objetivo fundamental de este trabajo fue determinar el conjunto óptimo de parámetros de transformación entre ambos marcos mediante el software de ajuste por mínimos cuadrados **JAG3D**, comparando tres modelos matemáticos y validando los resultados mediante un punto de control independiente.

2. Metodología

2.1 Puntos Homólogos y Punto de Control

Para la estimación de los parámetros se dispuso de 4 estaciones GNSS permanentes con coordenadas oficiales en ambos marcos:

- **Puntos homólogos para el ajuste:**
    1. **UYMO** (Fortaleza en el Cerro de Montevideo)
    2. **UYIF** (Isla de Flores)
    3. **UYLM** (La Montañesa)
- **Punto de control de validación (1 estación):**
    1. **UYGM** (Instituto Geográfico Militar, excluido intencionalmente del ajuste para evaluar la precisión del modelo en una estación independiente).

2.2 Modelos Evaluados

Se procesaron tres tipos de ajuste en JAG3D (L2-Norm):

1. **Modelo de 3 Parámetros:** 3 traslaciones (TX, TY, TZ).
2. **Modelo de 6 Parámetros:** 3 traslaciones (TX, TY, TZ) y 3 rotaciones (RX, RY, RZ).
3. **Modelo de 7 Parámetros:** 3 traslaciones (TX, TY, TZ), 3 rotaciones (RX, RY, RZ) y factor de escala (μ).

3. Cuadro Comparativo de Estadísticos

Parámetro	**Modelo 1 (3 Parámetros)**	**Modelo 2 (6 Parámetros)**	**Modelo 3 (7 Parámetros)**

Grados de Libertad / Redundancia (r)	6.00	3.00	**2.00**
Factor de Varianza A Posteriori (σ_0^2)	3.17	9.93	**14.44**
Valor Crítico del Test (q)	5.42	9.93	**14.44**
Prueba Global del Ajuste (TG ≤ q)	Cumple	Cumple	**Cumple**
Residuo Máximo en Homólogos (ε_max)	16.6 mm	7.2 mm	**4.0 mm**
Incertidumbre Media en Homólogos (σx, σy, σz)	13.9 mm	7.6 mm	**6.6 mm**
Incertidumbre Media en Puntos Transformados	22.1 mm	11.0 mm	**9.2 mm**

Análisis de Resultados

- **Ajuste de Residuos:** El modelo de 3 parámetros no absorbe las deformaciones rotacionales ni de escala, dejando residuos de hasta 16.6 mm. El modelo de 7 parámetros reduce las discrepancias a **4.0 mm** como valor máximo.
- **Propagación del Error:** La incertidumbre sobre las coordenadas de los puntos transformados se reduce de 22.1 mm a **9.2 mm** al adoptar el modelo de 7 parámetros.

4. Validación en el Punto de Control Independiente (UYGM)

El análisis del punto de control UYGM arrojó las siguientes precisiones asociadas a las coordenadas transformadas:

- **Modelo de 3 Parámetros:** σX = 22.1 mm, σY = 22.1 mm, σZ = 22.1 mm.
- **Modelo de 6 Parámetros:** σX = 11.0 mm, σY = 11.6 mm, σZ = 11.7 mm.
- **Modelo de 7 Parámetros:** σX = 9.9 mm, σY = 9.9 mm, σZ = 9.9 mm.

Esto prueba que el modelo de 7 parámetros mejora significativamente la exactitud en puntos ajenos al ajuste.

5. Parámetros Definitivos Adoptados (7 Parámetros)

- **Traslaciones:**
  - TX = +5.8951 m
  - TY = +11.9655 m
  - TZ = -14.7621 m
- **Rotaciones**
  - RX = -0.6156”
  - RY = 0.0000”
  - RZ = -0.2268”
- **Factor de Escala:**
  - μ = -0.46 ppm (± 0.3 ppm)

6. Conclusiones

1. **Se adopta como transformación la de 7 parámetros:** Se concluye que la transformación de Helmert es la más adecuada para realizar la conversión de coordenadas entre IGb20 (época 2025.6534) y SIRGAS-ROU98, ofreciendo exactitud subcentimétrica en los residuos.
2. **Transformación de la Red:** Se transformaron satisfactoriamente los 33 vértices solicitados, garantizando consistencia dentro del marco de referencia oficial del Uruguay.