



CENTRO DE EXCELENCIA GEODÉSICO MUNDIAL DE LAS NACIONES UNIDAS

**MODERNIZACIÓN DEL SISTEMA DE REFERENCIA
GEOESPACIAL
TALLER DE DESARROLLO DE CAPACIDADES**

**EJEMPLO: Creación de parámetros de
transformación**

**Nicholas Brown
Jefe de oficina, UN-GGCE**

CÓMO

Día 3, Sesión 1 [3_1_2]

Agradecimientos: John Dawson (AUS); Guorong Hu (AUS).

Cálculo de los parámetros de transformación

El datum de Fiyi es WGS72

La Comisión de Geociencias Aplicadas de las Islas del Pacífico (SOPAC) solicitó a Geoscience Australia que calculara las coordenadas del Marco de Referencia Terrestre Internacional (ITRF) de 18 puntos de estudio en islas del archipiélago septentrional de Fiyi a partir de mediciones geodésicas continuas del Sistema de Posicionamiento Global (GPS) observadas entre el 8 de julio y el 5 de agosto de 2008, ambos inclusive.

Estas coordenadas proporcionan el marco de referencia de coordenadas que se utilizará para definir la reivindicación de Fiyi de una plataforma continental ampliada en virtud de lo dispuesto en el artículo 76 de la Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar.



Cálculo de los parámetros de transformación

Datum estático



ITRF2005@2008



transformación de 7
parámetros

Datum estático



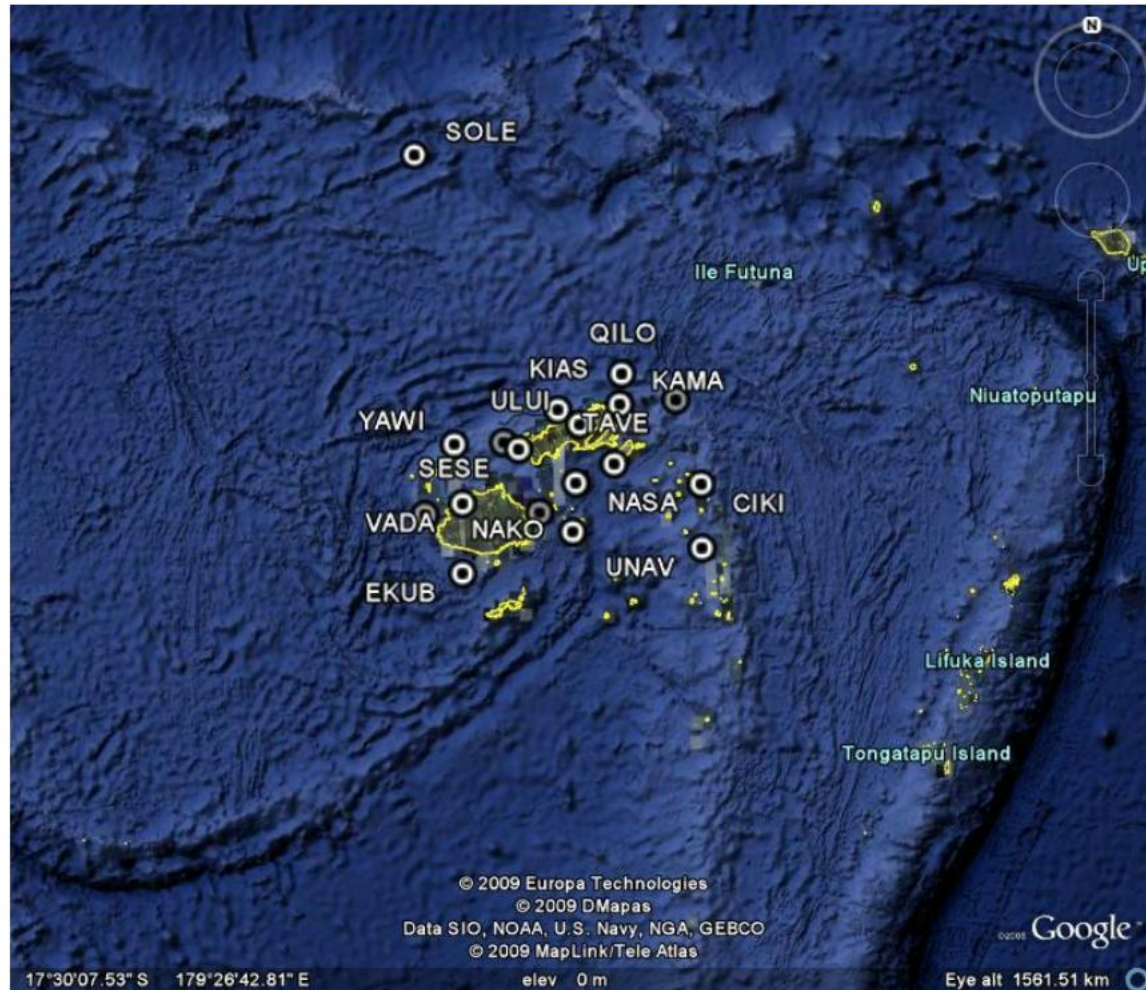
WGS72



MÁS
FUERTES.
JUNTOS

Cálculo de los parámetros de transformación

1. Observar el GNSS en las marcas para las que se dispone de coordenadas WGS72



- 18 estaciones
- Observaciones de doble frecuencia
- 28 días ininterrumpidos



Figure 1: The distribution of the stations of the 2008 Northern Fiji Islands GPS campaign.

Dawson y Hu (AUS)

MÁS
FUERTES.
JUNTOS

Cálculo de los parámetros de transformación

2. Procesamiento de los datos GNSS para calcular las coordenadas ITRF2005@2008

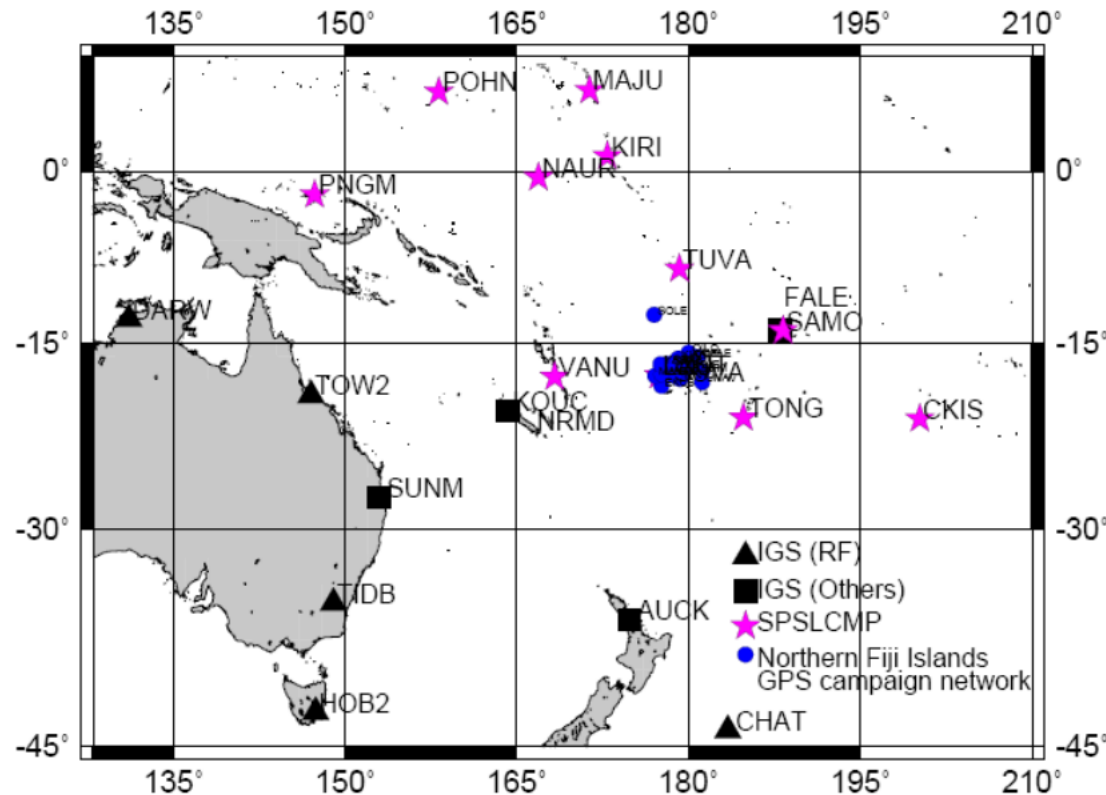


Figure 2: The SPSLCMP/IGS stations included in the GPS data processing.

- Inclusión en el procesamiento de 5 estaciones IGS de la zona circundante (para alinear/limitar con ITRF).
- También se incluyeron sitios de referencia regionales de las islas del Pacífico para "ayudar a la resolución de ambigüedades y reducir las longitudes de las líneas de base entre las estaciones IGS mencionadas y las estaciones de la campaña de Fiji".

Dawson y Hu (AUS)



**MÁS
FUERTES.
JUNTOS**

Cálculo de los parámetros de transformación

ITRF2005@2008

WGS72

SITE	X (m)	Y (m)	Z (m)
CIKI	-6090790.884	-128354.367	-1882866.878
EKUB	-6045005.524	248397.533	-2012568.398
KADV	-6025612.829	211678.930	-2075994.466
KAMA	-6128128.427	-876.912	-1763105.787
KIAS	-6125126.204	96614.615	-1770429.211
MATU	-6026782.025	26320.369	-2081724.597
NAKO	-6069393.337	74317.387	-1952868.080
ODRI	-6023321.140	-167612.926	-2084345.816
ONOI	-5969814.367	-131365.080	-2234500.378
SAIL	-6108964.587	182329.478	-1818369.130
SESE	-6106871.289	158749.826	-1828962.411
SOLE	-6219742.471	324299.487	-1371185.634
TAVE	-6101703.123	8543.670	-1852334.121
UNAV	-6060199.677	-129057.382	-1978129.289
VADA	-6078939.965	247719.845	-1908646.928
VATO	-5999583.742	-183087.633	-2149906.544

SITE	X (m)	Y (m)	Z (m)
CEVA	-5901432.3013	554458.5449	-2347334.7909
CIKI	-6090792.0436	-128369.4471	-1882863.3918
EKUB	-6045006.4702	248381.1969	-2012567.0641
KADV	-6025613.9456	211663.5349	-2075992.0838
KAMA	-6128129.1449	-891.7874	-1763104.8897
KIAS	-6125127.8089	96598.2963	-1770426.0192
LAUT	-6075194.5732	270923.9137	-1917189.4371
MAJU	-6257572.3044	950332.6831	785215.2375
MANF	-6071340.2395	307355.4745	-1923860.4408
MATU	-6026782.9119	26305.2446	-2081722.4555
NAKO	-6069393.3645	74300.7507	-1952865.8078
NASA	-6092446.1776	69059.2460	-1880371.3209
NAUR	-6212555.1027	1442786.8956	-61006.6725
ODRI	-6023324.3914	-167626.9300	-2084343.2937
ONOI	-5969817.8125	-131380.5993	-2234496.5488
OVAL	-6078392.5714	126360.6143	-1923939.7659
QELE	-6129224.7546	-89303.1288	-1756463.9017
QILO	-6141289.6922	-4172.9920	-1717003.0966
SAIL	-6106871.9025	158732.3759	-1828960.5555
SESE	-6108966.7088	182311.7462	-1818366.9382
SOLE	-6219743.2094	324285.6012	-1371182.6871
SUVA	-6060677.2218	166617.2074	-1973761.3461
TAVE	-6101703.0397	8527.7474	-1852331.7513
TUCO	-5955264.9601	-129584.0062	-2272571.3656
TURA	-5954650.3967	-119772.0561	-2274702.3597
ULUI	-6119100.7845	62728.2252	-1792699.4820
UNAV	-6060202.2155	-129071.4774	-1978127.1784
VADA	-6078942.2205	247703.3363	-1908644.9425
VATO	-5999585.5068	-183103.6074	-2149904.6272
YAWI	-6105774.5980	260113.9199	-1819818.9082



Cálculo de los parámetros de transformación

$$\begin{bmatrix} X_{ITRF05} \\ Y_{ITRF05} \\ Z_{ITRF05} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} T_X \\ T_Y \\ T_Z \end{bmatrix} + (1 + S) \times \begin{bmatrix} 1 & R_Z & -R_Y \\ -R_Z & 1 & R_X \\ R_Y & -R_X & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_{WGS72} \\ Y_{WGS72} \\ Z_{WGS72} \end{bmatrix}$$

$(X_{ITRF05}, Y_{ITRF05}, Z_{ITRF05})$

are the transformed Cartesian coordinates (m) consistent with the ITRF05@2008.0 coordinates listed in this report.

$(X_{WGS72}, Y_{WGS72}, Z_{WGS72})$

are the Cartesian Fiji WGS72 geodetic datum coordinates (m).

(T_X, T_Y, T_Z)

are the coordinate origin translation parameters (m).

(R_X, R_Y, R_Z)

are the coordinate axis rotations (radians).

S

is the scale change between both coordinate systems.



Cálculo de los parámetros de transformación

- Necesita al menos 3 puntos en común; pero cuantos más tenga, mejor
- Los parámetros de transformación se calculan mediante un proceso de ajuste por mínimos cuadrados
- **Parámetros de traslación (T_x, T_y, T_z):**
 - Calcular la diferencia media entre las coordenadas correspondientes de Datum 1 y Datum 2 para obtener los valores iniciales de traslación.
- **Factor de escala (s):**
 - Estime el cambio de escala como el cociente de las distancias entre los puntos en Datum 2 y Datum 1.
- **Parámetros de rotación (R_x, R_y, R_z):**
 - Calcular los ángulos de rotación que mejor alinean el Datum 1 con el Datum 2. Esto implica resolver la matriz de rotación R utilizando una forma linealizada de las ecuaciones de transformación.



Cálculo de los parámetros de transformación

Resuelva el sistema linealizado

- Establezca un sistema de ecuaciones:
- $\Delta = A \cdot P$
 - Δ : Las diferencias entre las coordenadas observadas y las transformadas.
 - A : La matriz de diseño (basada en derivadas parciales de las ecuaciones de transformación).
 - P : Los parámetros desconocidos ($T_x, T_y, T_z, R_x, R_y, R_z, s$).

Ajuste iterativo de los parámetros

- Resuelva P utilizando operaciones matriciales (por ejemplo, $P = (A^T A)^{-1} A^T \Delta$)
- Aplique los parámetros estimados a los datos de entrada.
- Afine las estimaciones hasta minimizar los residuos.

Verifique la transformación

- Utilice los parámetros calculados para transformar las coordenadas originales.
- Compare las coordenadas transformadas con el datum objetivo para garantizar la precisión.

- Esto puede hacerse con software de combinación GNSS (por ejemplo, CATREF), software propio... o con ayuda de IA



Cálculo de los parámetros de transformación

WGS72			ITRF2005@2008		
X	Y	Z	X	Y	Z
-6090790.9	-128354.37	-1882866.9	-6090792	-128369.45	-1882863.4
-6045005.5	248397.533	-2012568.4	-6045006.5	248381.197	-2012567.1
-6025612.8	211678.93	-2075994.5	-6025613.9	211663.535	-2075992.1
-6128128.4	-876.912	-1763105.8	-6128129.1	-891.7874	-1763104.9
-6125126.2	96614.615	-1770429.2	-6125127.8	96598.2963	-1770426
-6026782	26320.369	-2081724.6	-6026782.9	26305.2446	-2081722.5
-6069393.3	74317.387	-1952868.1	-6069393.4	74300.7507	-1952865.8
-6023321.1	-167612.93	-2084345.8	-6023324.4	-167626.93	-2084343.3
-5969814.4	-131365.08	-2234500.4	-5969817.8	-131380.6	-2234496.5
-6108964.6	182329.478	-1818369.1	-6108966.7	182311.746	-1818366.9
-6106871.3	158749.826	-1828962.4	-6106871.9	158732.376	-1828960.6
-6219742.5	324299.487	-1371185.6	-6219743.2	324285.601	-1371182.7
-6101703.1	8543.67	-1852334.1	-6101703	8527.7474	-1852331.8
-6060199.7	-129057.38	-1978129.3	-6060202.2	-129071.48	-1978127.2
-6078940	247719.845	-1908646.9	-6078942.2	247703.336	-1908644.9
-5999583.7	-183087.63	-2149906.5	-5999585.5	-183103.61	-2149904.6



Cálculo de los parámetros de transformación

Resultados de la IA

Traslaciones (metros):

$T_x = -6.9344$

$T_y = -21.2037$

$T_z = -10.4443$

Factor de escala (sin unidades):

$S = -1.42 \text{ ppm}$

Rotaciones (segundos de arco):

$R_x = -0.1225$

$R_y = 0.3425$

$R_z = -0.2289$

ChatGPT RMSE residuales

X: 0.887 m

Y: 1.038 m

Z: 0.745 m

Resultados de Dawson y

Hu

Traslaciones (metros):

$T_x = -7.0295$

$T_y = -22.1185$

$T_z = -10.1505$

Factor de escala (sin unidades):

$s = -1.4227 \text{ ppm}$

Rotaciones (segundos de arco):

$R_x = -0.1139$

$R_y = +0.3325$

$R_z = -0.2573$

Dawson y Hu RMSE residuales

X: 0.983 m

Y: 0.863 m

Z: 0.808 m



Código Python

```
importe numpy como np

def compute_transformation_params(datum1, datum2):
    """
    Calcule los parámetros de transformación de 7 parámetros mediante mínimos cuadrados.

    Parámetros:
    - datum1: matriz numpy de forma (n, 3), coordenadas en el primer datum
    - datum2: matriz numpy de forma (n, 3), coordenadas en el segundo datum

    Resultados:
    - parámetros: dict que contiene el factor de traslación, rotación y escala
    """
    # Asegúrese de que los datos están en formato numpy array
    datum1 = np.array(datum1)
    datum2 = np.array(datum2)

    # Calcule los centroides
    centroid1 = np.mean(datum1, eje=0)
    centroid2 = np.mean(datum2, eje=0)

    # Centre las coordenadas
    centered1 = datum1 - centroid1
    centered2 = datum2 - centroid2

    # Factor de escala (s)
    escala = np.sqrt(np.sum(centered2**2) / np.sum(centered1**2))

    # Calcule la matriz de rotación usando la descomposición de valor singular (SVD)
    H = np.dot(centered2.T, centered1)
    U, _, Vt = np.linalg.svd(H)
    rotation_matrix = np.dot(U, Vt)

    # Vector de traslación (Tx, Ty, Tz)
    traslación = centroid2 - escala * np.dot(rotation_matrix, centroid1)

    # Extraiga los ángulos de rotación (en radianes)
    rotation_angles = {
        'Rx': np.arctan2(rotation_matrix[2, 1], rotation_matrix[2, 2]),
        'Ry': np.arctan2(-rotation_matrix[2, 0], np.sqrt(rotation_matrix[2, 1]**2 + rotation_matrix[2, 2]**2)),
        'Rz': np.arctan2(rotation_matrix[1, 0], rotation_matrix[0, 0])
    }
```

```
# Parámetros de resultado
resultado = {
    'Traslación': traslación,
    'Rotación (radianes)': rotation_angles,
    'Factor de escala': escala
}

# Ejemplo de uso:
# Sustituya `datum1_coords` y `datum2_coords` por sus datos reales
datum1_coords = [
    [-6090790.884, -128354.367, -1882866.878],
    [-6045005.524, 248397.533, -2012568.398],
    # Añada más puntos si es necesario
]

datum2_coords = [
    [-6090792.0436, -128369.4471, -1882863.3918],
    [-6045006.4702, 248381.1969, -2012567.0641],
    # Añada más puntos si es necesario
]

# Calcule los parámetros de transformación
params = compute_transformation_params(datum1_coords, datum2_coords)

# Mostrar resultados
print("Translation Parameters (Tx, Ty, Tz):", params['Translation'])
print("Rotation Angles (Rx, Ry, Rz) in radians:", params['Rotation (radians)'])
print("Scale Factor:", params['Scale Factor'])
```

- Sustituya los datos del marcador de posición (datum1_coords y datum2_coords) por las coordenadas reales de los dos datums.
- La función calculará la traslación, la rotación (en radianes) y el factor de escala.



MÁS
FUERTES.
JUNTOS

Debate

- ¿Qué debe tener en cuenta antes de utilizar la IA?
- ¿Cómo podría validar el método?
- ¿A quién podría pedir ayuda?
- Cómo tratar los datos geodésicos heredados (por ejemplo, sin alturas elipsoidales)

