

SIMPOSIO SIRGAS 2014
La Paz, Bolivia. Noviembre 24 – 26, 2014

METODOLOGÍA PARA LA TRANSFORMACIÓN ENTRE SISTEMAS DE REFERENCIA UTILIZANDO UNA RED NEURONAL ARTIFICIAL

^{1,2}Romero, Ricardo & ²Tierra Alfonso

1 Instituto Geográfico Militar Ecuador. Quito – Ecuador. E-mail: ricardo.romero@mail.igm.gob.ec

2 Grupo de Investigación en Tecnologías Espaciales. Universidad de las Fuerzas Armadas. Sangolquí – Ecuador. E-mail: artierra@espe.edu.ec

RESUMEN. Es evidente que el cálculo los parámetros de transformación para compatibilizar la información entre dos diferentes sistemas de referencia se ha establecido como metodología estándar en varios países y sobre todo en la comunidad científica. En el caso de Ecuador, se cuenta con parámetros de transformación oficiales para compatibilizar la geo-información entre PSAD56 y SIRGAS95 con errores de hasta 7 metros, calculados por el método de Helmert. En la presente proyecto se desarrolló una metodología alternativa, que permita realizar esta transformación con errores compatibles con escalas cartográficas de mayor detalle, permitiendo migrar la información con un error menor al de los parámetros de transformación oficiales. Para lo cual, se utilizó las técnicas de aprendizaje y entrenamiento de una red neuronal artificial del tipo RBF (Radial Basis Functions), esta red permite ingresar en el proceso de aprendizaje tres conjuntos de datos distribuidos en la siguiente manera. El primer conjunto de datos se emplea en el aprendizaje supervisado de la red, de tal manera que calcula los parámetros libres de la RNA, además del RMS de la misma. Este conjunto es sumamente importante porque aprende los patrones del conjunto de datos ingresados. El segundo conjunto de datos permite generalizar el aprendizaje de la red, evitando que memorice los patrones del conjunto del entrenamiento y permita adaptar los parámetros libres de la red a cualquier otro subconjunto de coordenadas. El tercer conjunto de datos determina la calidad del aprendizaje de la red, no entra en el proceso del entrenamiento, solamente ayuda a validar los resultados del entrenamiento con los conjuntos de datos anteriores. La ventaja de utilizar una RNA, es que no es necesario realizar procesos pos-ajuste para realizar correcciones a la transformación por las distorsiones de las redes geodésicas clásicas. En total se utilizaron 142 puntos para el cálculo y la comprobación. La transformación fue realizada solamente con coordenadas geodésicas (longitud, latitud), debido a que las coordenadas de PSAD56 no cuentan con el componente vertical en referencia a su elipsoide (altura elipsoidal), lo cual imposibilita convertir a coordenadas cartesianas geocéntricas, como se lo realiza comúnmente. Con la metodología desarrollada, el error máximo obtenido de la transformación en los datos de comprobación fueron menores a 1,7 metros en todo el país. Con estos resultados se recomienda que esta metodología sea analizada y discutida como alternativa para compatibilizar la geo-información entre sistemas de referencia topocéntricos y geocéntricos

1. Antecedentes

El Instituto Geográfico Militar del Ecuador calculó los parámetros de transformación para la Cartografía Base Nacional, entre PSAD56 y SIRGAS95 utilizando coordenadas cartesianas con el método de Helmert. Los errores que se generaron en la transformación alcanzaron hasta 7 metros de diferencia en la posición.

TABLA I. PARÁMETROS DE TRANSFORMACIÓN ENTRE PSAD56 Y SIRGAS PARA EL ECUADOR

Parámetros	Tx (m)	Ty (m)	Tz (m)	Rx (")	Ry (")	Rz (")	δ (ppm)
Valor	-60,310	245,935	31,008	-12,324	-3,755	7,37	0,447

Desde el año 2002 hasta el 2014, el IGM Ecuador ha realizado campañas de campo para reconocer los vértices geodésicos de la red clásica PSAD56, a fin de obtener coordenadas del puntos en un sistema geocéntrico, enlazado a SIRGAS. En la siguiente figura se ilustra los puntos rastreados durante estos años, que ahora son fundamentales para determinar la metodología.

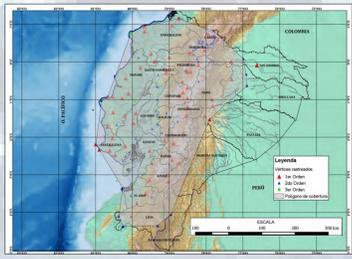


Figura 1. Cobertura de la Metodología de la Transformación



Figura 2. Rastreo GPS en vértices geodésicos PSAD56

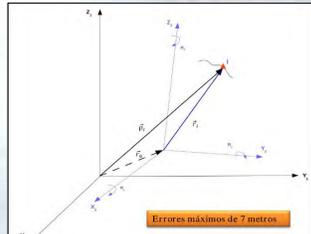


Ilustración 1. Diferencias entre sistemas de referencia en el Ecuador

IGM publicó los parámetros de transformación oficiales con un error máximo de 7m.(2003)

En el 2010 se calcularon los parámetros a diferentes ITRF's, usando VEMOS09 Errores máximos de 4.5m

A partir de 2009 se utiliza RNA para transformar coordenadas cartesianas entre sistemas de referencia

Metodología

Estudio anteriores sobre transformación entre un sistema topocéntrico y un geocéntrico, sugieren que la transformación se realice sin tomar en cuenta la altura elipsoidal (Vanicek P. & Steeves R., 1996) (Vanicek P., et al., 2002), debido a que la estimación es determinada con una precisión 10 veces menor que la posición horizontal (Vanicek P & Steeves R., 1996).

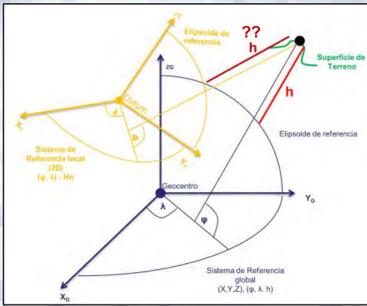


Ilustración 2. Alturas elipsoidales de los sistemas de referencia topocéntrico y geocéntrico

REDES NEURONALES ARTIFICIALES EN LA TRANSFORMACIÓN DE SISTEMAS DE REFERENCIA

Son unidades procesadoras de información, interconectadas entre sí, que realizan el proceso de aprendizaje en forma paralela, estas reglas de aprendizaje se basan en la experiencia (conocimiento adquirido) al cual se accede a través de la "memoria". Se adaptan a las variaciones del entorno (cambio de variables) y tienen la capacidad de suplir las tareas de las neuronas que dejan de funcionar.

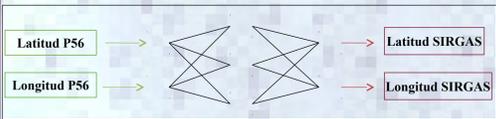


Ilustración 3. Ejemplo de la RNA utilizada para la transformación

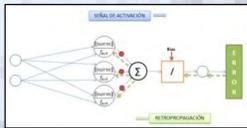
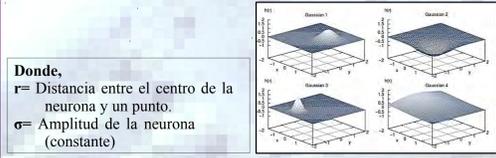


Ilustración 4. Proceso de Entrenamiento de una RNA-RBF (Radial Basis Function)



Donde,
r = Distancia entre el centro de la neurona y un punto.
σ = Amplitud de la neurona (constante)

Ilustración 5. Diferentes Neuronas RBF

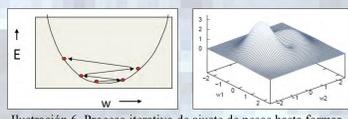
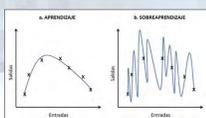


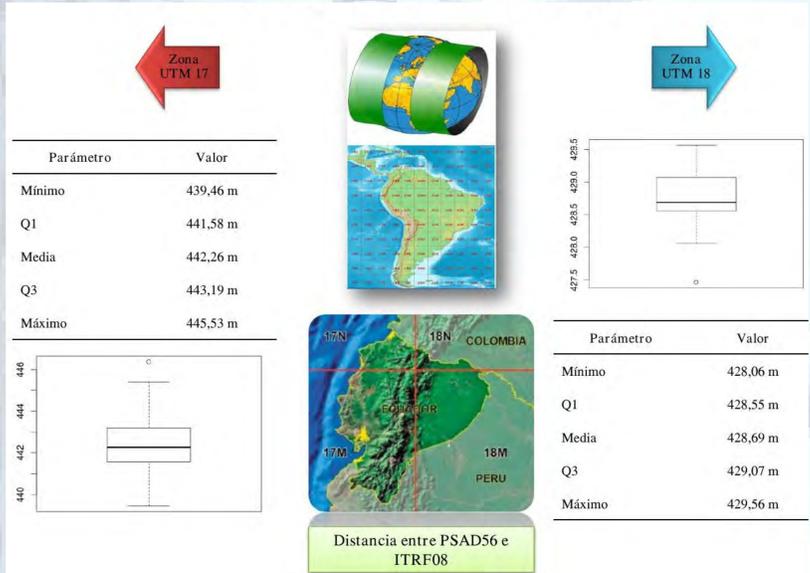
Ilustración 6. Proceso iterativo de ajuste de pesos hasta formar la superficie de error



Para evitar un sobre aprendizaje de la RNA se debe contar con:
✓ Datos de Entrenamiento
✓ Datos de Generalización
✓ Datos de Test

3. Resultados

Se realizó un análisis estadístico básico a todos los puntos en función de sus distancia en el plano entre las coordenadas PSAD56 y las coordenadas observadas en el Sistema Geocéntrico (ITRF08, t=2014.0), con lo cual se eliminaron de la metodología los valores atípicos en cada zona.



Los resultados de la metodología empleada, se muestran en la siguiente tabla de un estadístico principal, además de los errores que se comprobaron con mediciones GPS en algunas zonas del Ecuador.

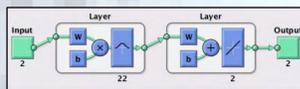


Figura 3. Diseño de la RNA - RBF utilizada

TABLA II. ESTADÍSTICAS PRINCIPALES

Estadístico	Valor
Mínimo	0,03 m
Máximo	1,74 m
Media	0,56 m
Desviación Est.	0,42 m
Escala Aprox.	6000

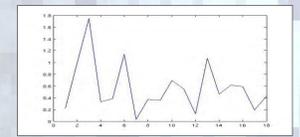
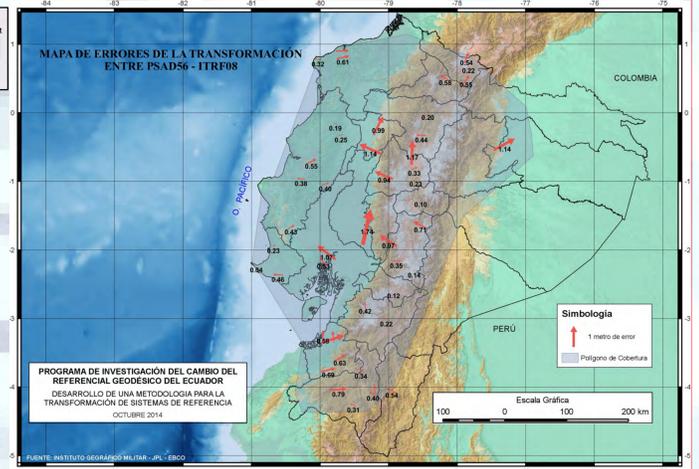


Figura 4. Errores en posición de la transformación



4. Conclusiones y Recomendaciones

- ✓ Se aplicó la técnica de redes neuronales artificiales de tipo RBF para la transformación entre sistemas de referencia utilizando coordenadas geodésicas de PSAD56 e ITRF08, sin tomar en cuenta el valor de la altura elipsoidal.
- ✓ Esta metodología ha probado mejorar los resultados en las diferencias de posición con respecto a los métodos convencionales, por lo que representa una solución a esta problemática con una media de error de 0,60 metros y un error máximo de 1,7 metros
- ✓ Incursionar en otro tipo de redes neuronales artificiales (topología, arquitectura, función de activación), relacionados con las áreas de geografía, cartografía, geodesia y ciencias de la tierra en general.
- ✓ Desarrollo de software (nacional) para mejorar y optimizar el proceso de aprendizaje y entrenamiento de las redes neuronales artificiales.

5. Agradecimientos

A la Secretaría Nacional de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación por el auspicio y financiamiento para el presente proyecto.
Al Instituto Geográfico Militar y la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE, por la capacidad científico-técnica brindada en el proceso de este proyecto.

