



Metodología para la Utilización de los 7 (Siete) Parámetros de Transformación de Datum NAD 27 a ITRF 97 (WGS 84), Utilizando el Programa ArcGIS Mediante la Generación de 8 (ocho) Combinaciones Paramétricas.

I. INTRODUCCIÓN

Con la promulgación del Decreto Ejecutivo N° 139 de 30 de junio de 2006, publicado en Gaceta Oficial N° 2 558, del miércoles 5 de julio del mismo año, inicia de manera formal una nueva etapa en la generación de la cartografía oficial de la República de Panamá.

Dicho decreto señala en su Artículo I, la adopción de un nuevo sistema de coordenadas, referido a WGS 84 o SIRGAS 2000 y la responsabilidad del IGNTG para implementarlo, mantenerlo y actualizarlo.

En función de lo anterior fueron generados *–en el Departamento de Geodesia–* parámetros de transformación para pasar coordenadas del sistema NAD 27 al ITRF 97 (WGS 84) y se prepararon subrutinas en Basic, Excel y Visual Basic para facilitar su utilización; una de las cuales funcionaba dentro de la antigua página web del IGNTG.

En esta ocasión se desea presentar una metodología para utilizar estos parámetros de transformación con el programa ArcGIS, lo que permitirá el paso de coordenadas NAD 27 a ITRF 97 (WGS 84) y viceversa; así como, la reproyección automática de la cartografía transformada de un sistema a otro.



II. JUSTIFICACIÓN

El presente documento se enmarca dentro de las políticas de estandarización de los procesos cartográficos que realiza el IGNTG, en función de la disminución de errores, el aumento de la calidad y la utilidad de los productos.

Desde inicio del año 2010 se ha realizado un proceso interno permanente de capacitación en el uso de herramientas como ArcGIS y AutoCad, con la participación de todos los departamentos técnicos, también es cierto que se ha explorado nuevos temas, como lo es la aplicación de los parámetros de transformación; por lo que se hace necesaria una clara, precisa y concisa metodología para su utilización.

III. OBJETIVO GENERAL

- Generar las combinaciones necesarias para la transformación entre los Datums Horizontales NAD 27 e ITRF 97 (WGS 84), utilizando el programa ArcGIS, en función de los 7 (siete) parámetros del IGNTG.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Establecer y documentar los procedimientos requeridos para la creación de las combinaciones paramétricas de las nuevas proyecciones, en el programa ArcGIS.
- Utilizando ArcGIS, realizar los ensayos necesarios *-entre y con cada una de las combinaciones-* para observar el flujo de los datos, los respectivos cálculos y los resultados finales.



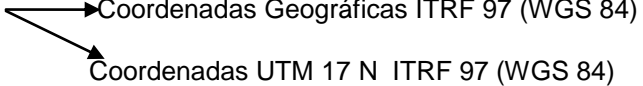
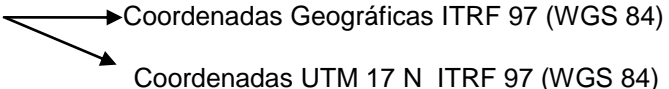
IV. CONTENIDO

En ArcGIS existen herramientas que pueden ser usadas para desarrollar y describir metodologías donde interviene la aplicación de los siete (7) parámetros de transformación, los cuales son asociados a procesos migratorios de conversión entre los distintos sistemas de referencias utilizados dentro del manejo de datos geospaciales (punto, líneas, polígonos) e imágenes raster; es por ello que nuestra prioridad será abordar el desarrollo de las nuevas configuraciones para las proyecciones, ya sea en NAD 27 ó ITRF 97 (WGS 84).

La creación de una nueva proyección puede ser realizada desde ArcMap o ArcCatalog (sitios de trabajo que poseen la herramienta de ArcToolbox). Con ArcToolbox se hacen las transformaciones y re-proyecciones de datos entre los datums horizontales seleccionados.

Las combinaciones para las nuevas proyecciones, donde intervienen los 7 parámetros de transformación son ocho en total; cuatro estandarizaciones que van del sistema de coordenadas del datum NAD 27 a ITRF 97 (WGS 84), entiéndase como tal, dos primeras en el sistema de coordenadas geodésicas y las otras dos en la proyección UTM 17 N; ambas cambiando hacia el nuevo sistema ITRF 97 (WGS 84). Las otras cuatro combinaciones emigrarán de ITRF 97 (WGS 84) a NAD 27.

Para la nueva cartografía del país que se pretende realizar, la traslación de la información geoespacial se debe mantener del sistema de coordenadas en el datum horizontal NAD 27 a ITRF 97 (WGS 84); sólo en los casos que se requieran, se dará el proceso contrario. A continuación mostramos los ejemplos de traslados de datums (NAD 27 a ITRF 97) en relación a los sistemas de coordenadas.

1. Coordenadas Geográficas NAD 27 
2. Coordenadas UTM 17N NAD 27 



Cada una de las combinaciones, hace alusión a la configuración del sistema de coordenadas (definición de parámetros del elipsoide) y a los parámetros de transformación de datum horizontal; en este caso NAD 27 – ITRF 97(WGS 84).

En ArcGIS las connotaciones de los nombres para las transformaciones quedan expuestas de la manera siguiente:

Cuadro No. 1
NOMBRES DE LAS 8(OCHO) RELACIONES DE LAS COMBINACIONES PARAMÉTRICAS

- GEONAD27 → GEOITRF97
- GEOITRF97 → GEOINAD27
- GEONAD27 → UTMITRF97
- GEOITRF97 → UTMNAD27
- UTMNAD27 → GEOITRF97
- UTMITRF97 → GEONAD27
- UTMNAD27 → UTMITRF97
- UTMITRF97 → UTMNAD27

Fuente: IGNTG, Departamento de Geodesia.

Para crear cada una de estas relaciones, tomaremos en consideración los sistemas de coordenadas de entrada y salida que solicita el programa. Las entradas y salidas son asociadas a las medidas de los elipsoides correspondientes y al sistema de coordenadas que se quiera proyectar (Geográficas o UTM 17 N). Así mismo, la forma correcta en que se deben introducir los parámetros de transformación tomando en cuenta el sentido, puede entonces garantizar a futuro, la migración de la información satisfactoriamente.

Las ventanas que se verán a continuación muestran los respectivos nombres y sistemas de coordenadas de entrada y salida en que serán configuradas las nuevas proyecciones (Imagen 1).

1. GEONAD27 → GEOITRF97

The dialog box 'Create Custom Geographic Transformation' is shown with the following settings:

- Geographic Transformation Name: GEONAD27_GEOWGS84
- Input Geographic Coordinate System: GCS_North_American_1927
- Output Geographic Coordinate System: GCS_WGS_1984
- Custom Geographic Transformation: Method is empty, Parameters is empty.

2. GEONAD27 → UTMITRF97

The dialog box 'Create Custom Geographic Transformation' is shown with the following settings:

- Geographic Transformation Name: GEONAD27_UTMWGS84
- Input Geographic Coordinate System: GCS_North_American_1927
- Output Geographic Coordinate System: WGS_1984_UTM_Zone_17N
- Custom Geographic Transformation: Method is empty, Parameters is empty.

3. UTMNAD27 → GEOITRF97

The dialog box 'Create Custom Geographic Transformation' is shown with the following settings:

- Geographic Transformation Name: UTMNAD27_GEOWGS84
- Input Geographic Coordinate System: NAD_1927_UTM_Zone_17N
- Output Geographic Coordinate System: GCS_WGS_1984
- Custom Geographic Transformation: Method is empty, Parameters is empty.

4. UTMNAD27 → UTMITRF97

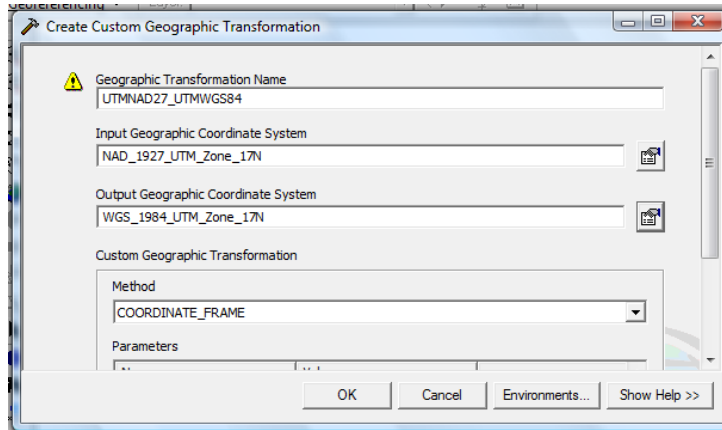


Imagen 1. Ventanas Para La Creación de Proyecciones
Fuente: IGNTG, Departamento de Geodesia.

La manera correcta de introducir en ArcGIS los 7 parámetros de transformación dentro de la ventana “**Parámetros**” para la nueva proyección, es la siguiente:

Cuadro No. 2
PARÁMETROS DE TRANSFORMACIÓN DE DATUM (NAD 27 – ITRF97)

Nombre del Parámetro en el Programa Arc Gis	Hoja de Cálculo	Dirección y Magnitud	Unidad
X Axis Translation (meter)	TX	- 32,3841359	m
Y Axis Translation (meter)	TY	180,4090461	m
Z Axis Translation (meter)	TZ	120,8442577	m
X Axis Rotation (seconds)	RX	2,1545854	“
Y Axis Rotation (seconds)	RY	0,1498782	“
Z Axis Rotation (seconds)	RZ	- 0,5742915	“
Scale Difference (ppm)	FE	8,1049164	_____

Fuente: IGNTG, Departamento de Geodesia.



Cuadro No.3
PARÁMETROS DE TRANSFORMACIÓN DE DATUM (ITRF 97 – NAD 27)

Nombre del Parámetro en el Programa Arc Gis	Hoja de Cálculo	Dirección y Magnitud	Unidad
X Axis Translation (meter)	TX	32,3841359	m
Y Axis Translation (meter)	TY	- 180,4090461	m
Z Axis Translation (meter)	TZ	- 120,8442577	m
X Axis Rotation (seconds)	RX	- 2,1545854	“
Y Axis Rotation (seconds)	RY	- 0,1498782	“
Z Axis Rotation (seconds)	RZ	0,5742915	“
Scale Difference (ppm)	FE	- 8,1049164	_____

Fuente: IGNTG, Departamento de Geodesia.

La desviación estándar por proyección del conjunto de observaciones que definen los 7 parámetros de transformación, es de $\pm 0,871$ m hacia el Norte y de $\pm 0,531$ m hacia el Este.

Si la información geoespacial va a migrar de NAD 27 a ITRF 97 (WGS 84); las cuatro primeras combinaciones de proyección utilizarán el cuadro No. 2. Para el caso de ITRF 97 (WGS 84) a NAD 27 se usará el Cuadro No. 3.

Toda vez que se haya creado en ArcGIS cada una de las combinaciones ajustadas a las proyecciones requeridas (entrada y salida), se debe tener presente al momento de transformar los shapefile o raster (información) la relación que existe entre la configuración del ambiente de trabajo (data frame) con la configuración de cada uno de estos, los cuales deben ser iguales, antes de aplicar el proceso de migración. Durante la migración de la información hay que esperar que se complete debidamente el proceso. Si por alguna razón este proceso se ve intervenido puede ocasionar trunques (recortes) en el proceso de cálculo interno del software alterando los valores finales.

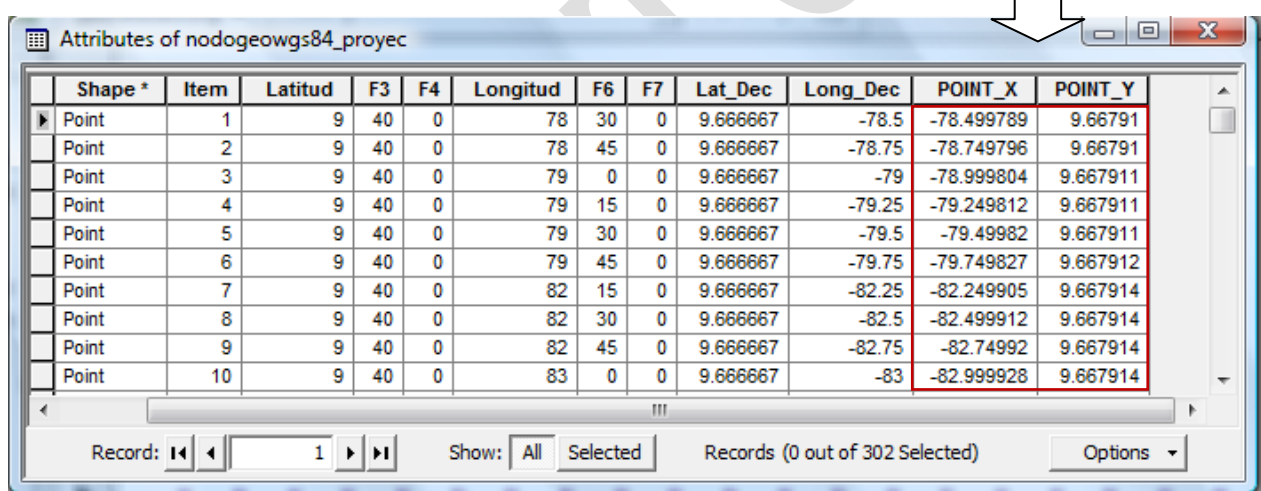
Nota: Antes de llamar y visualizar un shape o raster reproyectado, el ambiente de trabajo (data frame) debe ser ajustado a la configuración necesaria para evitar un conflicto entre datums.

El proceso de conversión de datos geospaciales se obtiene también, haciendo uso de ArcCatalog. Utilizando éste medio, se trabajaría directamente con la configuración del shapefile y no nos preocuparemos en guardar una relación con la configuración del layer (Data Frame) para ejecutar el proceso.

Veamos entonces un ejemplo de proyectar un shape dado en coordenadas geográficas NAD 27 a ITRF 97 (WGS 84) y su reproyección en UTM 17 N; analizando específicamente las tablas de atributos.

1. Utilizando el archivo *.xls de valores absolutos para los nodos 50 000, generamos el shapefile en coordenadas geográficas NAD 27 y lo transformaremos a coordenadas geográficas ITRF 97 (WGS 84). Ver imagen 2.

COORDENADAS GEOGRÁFICAS
ITRF 97 (WGS 84)

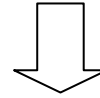


Shape *	Item	Latitud	F3	F4	Longitud	F6	F7	Lat_Dec	Long_Dec	POINT_X	POINT_Y
Point	1	9 40 0			78 30 0			9.666667	-78.5	-78.499789	9.66791
Point	2	9 40 0			78 45 0			9.666667	-78.75	-78.749796	9.66791
Point	3	9 40 0			79 0 0			9.666667	-79	-78.999804	9.667911
Point	4	9 40 0			79 15 0			9.666667	-79.25	-79.249812	9.667911
Point	5	9 40 0			79 30 0			9.666667	-79.5	-79.49982	9.667911
Point	6	9 40 0			79 45 0			9.666667	-79.75	-79.749827	9.667912
Point	7	9 40 0			82 15 0			9.666667	-82.25	-82.249905	9.667914
Point	8	9 40 0			82 30 0			9.666667	-82.5	-82.499912	9.667914
Point	9	9 40 0			82 45 0			9.666667	-82.75	-82.74992	9.667914
Point	10	9 40 0			83 0 0			9.666667	-83	-82.999928	9.667914

Imagen 2. Tabla de Atributos de las Coordenadas Geográficas ITRF 97.
 Fuente: IGNTG, Datos suministrados por el Departamento de Geodesia.

2. Reproyectaremos el shapefile de nombre **nodgeowgs84_proyec** a coordenadas UTM 17 N ITRF 97 (WGS 84). Ver imagen 3.

COORDENADAS UTM 17 N
 ITRF 97 (WGS 84) REPROYECTADAS



Shape *	Item	Latitud	F3	F4	Longitud	F6	F7	Lat_Dec	Long_Dec	POINT_X	POINT_Y
Point	1	9 40 0			78 30 0			9.666667	-78.5	774368.311694	1069701.62482
Point	2	9 40 0			78 45 0			9.666667	-78.75	746918.801536	1069510.45292
Point	3	9 40 0			79 0 0			9.666667	-79	719473.761522	1069339.45342
Point	4	9 40 0			79 15 0			9.666667	-79.25	692032.694037	1069188.61037
Point	5	9 40 0			79 30 0			9.666667	-79.5	664595.10181	1069057.90973
Point	6	9 40 0			79 45 0			9.666667	-79.75	637160.487867	1068947.3393
Point	7	9 40 0			82 15 0			9.666667	-82.25	362868.948968	1068947.45881
Point	8	9 40 0			82 30 0			9.666667	-82.5	335434.338905	1069058.05313
Point	9	9 40 0			82 45 0			9.666667	-82.75	307996.751263	1069188.77767
Point	10	9 40 0			83 0 0			9.666667	-83	280555.689071	1069339.6446

Imagen 3. Tabla de Atributos de las Coordenadas UTM 17 N ITRF 97.
 Fuente: IGNTG, Datos suministrados por el Departamento de Geodesia.

3. Ahora pasaremos directamente de coordenadas geográficas NAD 27 a coordenadas UTM 17 N ITRF 97 (WGS 84). Ver imagen 4.

**COORDENADAS UTM 17N
 ITRF 97 (WGS 84) PROYECCIÓN
 DIRECTA**



Shape *	Item	Latitud	F3	F4	Longitud	F6	F7	Lat_Dec	Long_Dec	POINT_X	POINT_Y
Point	1	9 40 0			78 30 0			9.666667	-78.5	774368.311694	1069701.62482
Point	2	9 40 0			78 45 0			9.666667	-78.75	746918.801536	1069510.45292
Point	3	9 40 0			79 0 0			9.666667	-79	719473.761522	1069339.45342
Point	4	9 40 0			79 15 0			9.666667	-79.25	692032.694037	1069188.61037
Point	5	9 40 0			79 30 0			9.666667	-79.5	664595.10181	1069057.90973
Point	6	9 40 0			79 45 0			9.666667	-79.75	637160.487867	1068947.3393
Point	7	9 40 0			82 15 0			9.666667	-82.25	362868.948968	1068947.45881
Point	8	9 40 0			82 30 0			9.666667	-82.5	335434.338905	1069058.05313
Point	9	9 40 0			82 45 0			9.666667	-82.75	307996.751263	1069188.77767
Point	10	9 40 0			83 0 0			9.666667	-83	280555.689071	1069339.6446

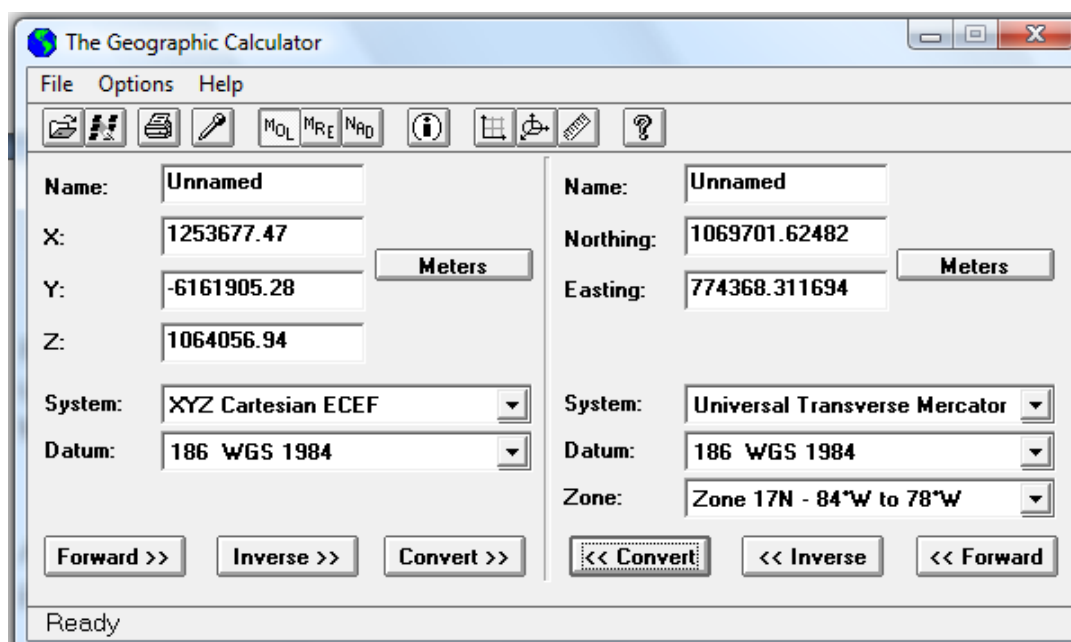
Imagen 4. Tabla de Atributos de las Coordenadas UTM 17 N ITRF 97 (WGS 84) Directas.
 Fuente: IGNTG, Datos suministrados por el Departamento de Geodesia.

Nota: las coordenadas migradas de manera directa e indirecta, a través de uno o dos pasos, tienen que ser iguales en direcciones y magnitudes.

4. Para confirmar que el ejercicio se ha ejecutado de forma correcta emplearemos el uso de una hoja de cálculo que trabaja de igual forma con los parámetros de transformación.

A partir de las coordenadas UTM 17N ITRF 97 (WGS 84), pasaremos a cambiar algunas posiciones al Sistema NAD 27 coordenadas geográficas.

- 4.1. Usando el programa GEOCAL convertiremos las coordenadas UTM 17N ITRF 97 (WGS 84) a coordenadas cartesianas (ver imagen 5).



**Imagen 5. Ventana del Programa GEOCAL
Transformación de Coordenadas UTM a Coordenadas Cartesianas.
Fuente: IGNTG, Departamento de Geodesia.**

4.2. Introducimos las coordenadas cartesianas en la hoja de cálculo y observamos los resultados de la transformación (ver imagen 6).

MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL "TOMMY GUARDIA" DEPARTAMENTO DE GEODESIA									
TRANSFORMACIÓN DE DATUM WGS-84 A NAD-27 FÓRMULAS DE SIETE (7) PARÁMETROS DE BURSA - WOLF									
				ROTACION					
TRASLACIÓN	ESCALA	MATRIZ 1		MATRIZ 2 WGS-84	RESULTADOS	-1.87692E-05		FACTOR DE ESCALA	
X =	32.384	1	0.0000027842	0.0000007268	1253677.47	1253661.087	-1.04457E-05	X	
Y =	-180.409	1	-0.0000027842	-0.0000104457	-6161905.26	-6161919.885	-7.2663E-07	Y	
Z =	-120.844	1	-0.0000007268	0.0000104457	1064056.34	1063991.663	2.78424E-06	Z	

Traslación	Factor de Escala	Matriz	RESULTADOS	Coordenadas Transformadas a NAD-27	Operación Factor de escala
32.384	0.999991895	1253661.087	1253650.326	1253683.310	-8.10492E-06
-180.409		-6161919.885	-6161869.344	-6162050.353	1
-120.844		1063991.663	1063983.04	1063862.196	0.999991895

Fórmulas GEOCÉNTRICAS - GEODÉSICAS				
1253683.310	X			
-6162050.353	Y			
1063862.196	Z			
0.006768658	e2			
6378206.4	a			
0.006814785	e2'			
6288289.624	p			
6356583.8	b			
0.168153951	Q			
		Grados	g	mm
0.168715161	Latitud	9.666666675	9	40
-1.370083463	Longitud	-78.50000003	-78	30
6378815.119	N	h=	45.876151	

Coordenadas Geográficas NAD 27

Versión Bursa-Wolf (Coordinate Frame):

$$\begin{bmatrix} X' \\ Y' \\ Z' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \\ \Delta Z \end{bmatrix} + (1+e) \cdot \begin{bmatrix} 1 & R_z & -R_y \\ -R_z & 1 & R_x \\ R_y & -R_x & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}$$

Coordenadas Datum Destino

Versión Helmert (Position Vector):

$$\begin{bmatrix} X' \\ Y' \\ Z' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \\ \Delta Z \end{bmatrix} + (1+e) \cdot \begin{bmatrix} 1 & -R_z & R_y \\ R_z & 1 & -R_x \\ -R_y & R_x & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}$$

Coordenadas Datum Destino

Imagen 6. Hoja de Computo en excel
 Transformación de Datum.
 Fuente: IGNTG, Departamento de Geodesia.

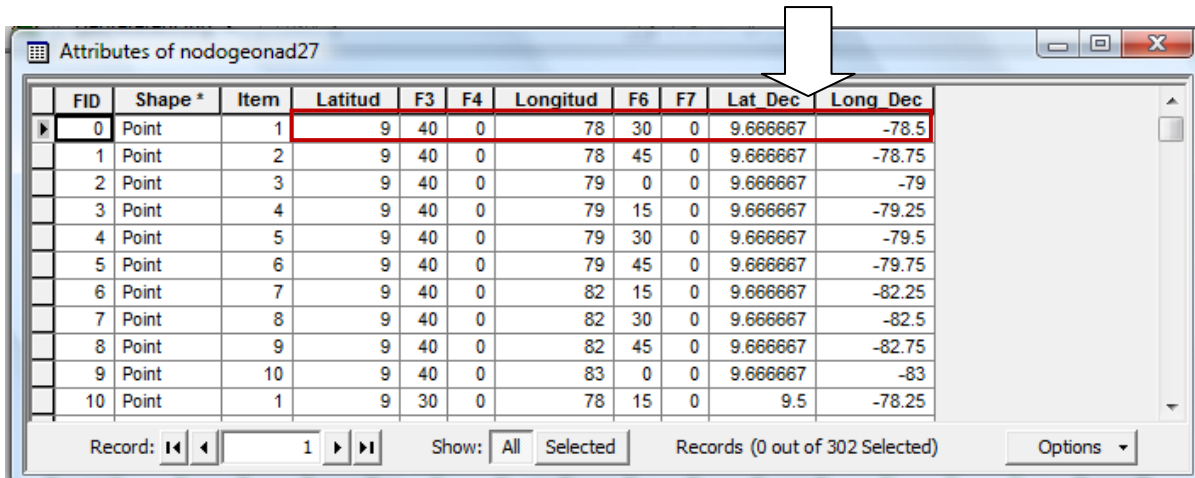
Las coordenadas geográficas en NAD 27 del punto transformado son:

Latitud = 9° 40' 3,11083 E-05" = 9,6666666753°

Longitud = - 78° 30' 0,000101283" = -78,50000000282°

Si comparamos la primera coordenada geográfica NAD 27 que está dentro del listado de la tabla de atributos en el shapfile original, observamos que son los mismos resultados que se obtiene en la hoja de cálculo de excel, pero con cambios muy pequeños (ver imagen 7). Eso se debe a que la hoja de cómputo le falta en el algoritmo (conversión de coordenadas cartesianas a coordenadas geográficas) una rutina donde se debe cumplir la condicionante $h \leq 1$ mm para que el re-cálculo de la latitud ϕ permita hacer la transformación exacta.

**COORDENADAS GEOGRÁFICAS NAD 27
 EN DECIMALES DE GRADOS**



FID	Shape *	Item	Latitud	F3	F4	Longitud	F6	F7	Lat Dec	Long Dec
0	Point	1	9 40 0			78 30 0			9.666667	-78.5
1	Point	2	9 40 0			78 45 0			9.666667	-78.75
2	Point	3	9 40 0			79 0 0			9.666667	-79
3	Point	4	9 40 0			79 15 0			9.666667	-79.25
4	Point	5	9 40 0			79 30 0			9.666667	-79.5
5	Point	6	9 40 0			79 45 0			9.666667	-79.75
6	Point	7	9 40 0			82 15 0			9.666667	-82.25
7	Point	8	9 40 0			82 30 0			9.666667	-82.5
8	Point	9	9 40 0			82 45 0			9.666667	-82.75
9	Point	10	9 40 0			83 0 0			9.666667	-83
10	Point	1	9 30 0			78 15 0			9.5	-78.25

Imagen 7. Tabla de Atributos con las Coordenadas Geográficas NAD 27 en Sexadecimales.
 Fuente: IGNTG, Datos suministrados por el Departamento de Geodesia.

Cuando se hayan creado las nuevas configuraciones para las proyecciones en un grupo de máquinas y éstas sean sometidas a rigor, a una serie de pruebas satisfactorias; en el resto de las máquinas ésta configuración se realizaría a través de un copiado y pegado de la carpeta por default que origina el software llamada **“CustomTransformations”**, la cual posee los archivos de los parámetros en formato **.gtf**. Esta forma de hacer la instalación garantiza el no cometer errores y funciona exclusivamente para Windows **Xp** y **Vista**. Toda vez que se realice este proceso se deben hacer las corridas tentativas en el ArcGIS. Si la instalación de las configuraciones paramétricas no funciona manualmente, se recomienda hacerlo de esta forma ya que existe un problema con la configuración de la máquina.

La ruta para localizar la carpeta “CustomTransformations” dentro del programa ArcGIS puede variar por dos razones, éstas son: a) Según la configuración de la máquina. b) Versión del programa.

Un ejemplo de la ruta puede ser:

C:\Users\carauz\AppData\Roaming\ESRI\Desktop10.1\ArcToolbox\CustomTransformations



V. CONCLUSIONES

- La funcionalidad de las combinaciones (nuevas proyecciones) acorta los tiempos de ejecución para la transformación de la información y evita la posibilidad de cometer errores al disminuir los pasos o lineamientos durante el proceso migratorio.
- Al utilizar las combinaciones adecuadamente, se impide el uso del proceso de **reproyección**, ya que el software lo realiza si la configuración está adaptada para ello.
- La iteración entre las combinaciones y el proceso de reproyección, permiten que el cálculo de la información que ha sido migrada por ruta directa o indirecta tengan el mismo resultado.
- Las comparaciones entre las nuevas proyecciones creadas en ArcGIS con la ejecución de otros aplicativos, permiten verificar los procesos de cálculos cuando se realiza la transformación con el software.

RECOMENDACIONES

- Las creaciones de las nuevas proyecciones dentro de las máquinas, deben realizarse por personas que comprendan bien los conceptos que éstas implican, para impedir la mala ejecución con el software de parte del usuario.
- Cuando se hace uso de una de las combinaciones en ArcMap, hay que tener en consideración de antemano, las configuraciones de los archivos y el ambiente de trabajo. Para evitar esta dificultad las conversiones se pueden hacer desde ArcCatalog.
- Tener presente que ArcGIS, es sensible a virus por lo que puede afectar la rutina de cálculos de transformación.



VI. REFERENCIAS

- Parámetros de Transformación de Datum. Instituto Geográfico Nacional "Tommy Guardia"; Departamento de Geodesia, 28 de agosto de 2009. Autores: Téc. Javier Cornejo y Téc. Javier Posam.
- Metodología de Aplicación de Parámetros de Transformación en Arc Gis 9,2. Instituto Geográfico Nacional "Tommy Guardia"; Departamento de Cartografía, febrero de 2010. Autor: Ing. Yarelis E. Quintero Villa. Pág.: 1-8
- Curso Introductorio al Arc Gis Versión 9,2 dictado por el personal de SIGNAL. Instituto Geográfico Nacional "Tommy Guardia". Marzo de 2010.

Para consultas:
Departamento de Geodesia
cballesteros@anati.gob.pa
jposam@anati.gob.pa
jcornejo@anati.gob.pa