



**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE CIENCIAS**

**Proyecto para optar al Título de  
TECNÓLOGO EN CARTOGRAFÍA**

**EVALUACIÓN DE LA *EXACTITUD  
POSICIONAL PLANIMÉTRICA* DE  
*GOOGLE EARTH* PARA URUGUAY**

Autores

Bach. Carlos I. Colombana

Bach. José Ignacio Reyes

Bach. Mauro Carlevaro

Tutor

Ing. Agrim. Rodolfo Méndez Baillo

Montevideo, Uruguay

2015

## PÁGINA DE APROBACIÓN

### FACULTAD DE INGENIERÍA

El tribunal docente integrado por los abajo firmantes aprueba el proyecto de grado:

Título: Evaluación de la *exactitud posicional planimétrica* de *Google Earth* para Uruguay.

Autores: Bach. Carlos I. Colombana, Bach. José Ignacio Reyes, Bach. Mauro Carlevaro.

Tutor: Ing. Agrim. Rodolfo Mendez Baillo.

Carrera: Tecnólogo en Cartografía.

Puntaje:

Tribunal:

Profesor.....(Nombre y firma)

Profesor.....(Nombre y firma)

Profesor.....(Nombre y firma)

Fecha:

## DEDICATORIA

- Carlos I.:
  - A mi esposa Laura y a nuestra hija Agustina: por su amor, apoyo y fe constantes.
  - A nuestra Zoe: por su amor y alegría permanentes.
  - A mi madre Alba, a mi padre Carlos, y a mi hermano Juan: por su amor, esfuerzo, y paciencia perseverantes.
  - A Dios: por ser el centro de nuestro Universo.
- José Ignacio:
  - A Dios y San Expedito por darme la fuerza necesaria para seguir estudiando y no rendirme frente a las adversidades.
  - A mi hijo Ismael la luz de mi vida, mi fuente de energía permanente, gracias por entender un no cuando querías salir a jugar y necesitaba estudiar.
  - A mi esposa Serrana mi gran amor y compañera de vida, gracias por el aguante todos estos años.
  - A mis padres Gloria y Luis por el esfuerzo de darme la mejor educación y aconsejarme a seguir luchando siempre.
  - A mi hermano Pablo por haberme orientado a estudiar esta maravillosa carrera.
- Mauro:
  - A mi madre Mirtha, mi Amiga por ser el faro de mi vida y tener la capacidad de transformar lo coloquial en una intensa experiencia vivencial.
  - A mi padre Giani quien me ha dado lo mejor y ha soportado lo peor de mí.
  - A mi hermana Romina por estar siempre apoyándome y llenar de color mi vida.
  - A mi increíble abuela Marisa, mi divertida amiga que está siempre a mi lado.
  - A mis tíos Adriana y Daniel y mi prima María Noel quienes siempre están acompañándome.
  - A Fer, Nico y Gera mis hermanos de la vida.
  - A mi abuelo Renzo quien hizo de los números un juego y siempre creyó en mí hasta cuándo ni yo creía.

## AGRADECIMIENTOS

- Ing. Agrim. Rodolfo Méndez Baillo: por su predisposición y su guía.
- Ing. Agrim. Hebenor Bermúdez: por sus comentarios, sugerencias y correcciones.
- Msc. Gabriela Fernández, Ing. Agrim. Eduardo Sierra, Ing. Agrim. Agustín Pintos, Arq. Sergio Acosta y Lara, Dib. Téc. Daniel Varsi: por su generosidad y empatía.
- Dr. Marcel Achkar, Msc. Ana Laura Mello, Msc. Beatriz Sosa, Msc. Víctor Cantón, Msc Adriana Mezzano, Ing. Agrim. Ricardo Martínez Morales, Ing. Agrim. Roberto Pérez Rodino, Tte. Cnel. Norbertino Suárez, Sgto. Liliana Cuitiño: por su voluntariosa docencia.
- Julio Maritato, Juan Umpiérrez, Eduardo Da Silva, Mariela Silveira, Juan Ros, Adrián Lapaz, Jairo Gariberti, Maximiliano Senna, Ana Inés López, Magdalena Martínez, Rolando Moreira, Andrés Moraes, Nerbenn Lazo, Carlos Chiale, Néstor González: por su compañerismo entrañable.

## INDICE

PÁGINA DE APROBACIÓN .....	ii
DEDICATORIA .....	iii
AGRADECIMIENTOS.....	iv
RESUMEN.....	vii
INDICE DE ILUSTRACIONES.....	viii
INDICE DE TABLAS.....	viii
INTRODUCCIÓN.....	1
ANTECEDENTES .....	1
RELEVANCIA.....	2
MOTIVACIÓN.....	2
OBJETIVOS .....	3
Objetivo general .....	3
Objetivos específicos .....	3
MARCO TEÓRICO .....	4
DEFINICIONES.....	4
METODOLOGIAS DE CONTROL POSICIONAL POR PUNTOS (MCP).....	5
<i>NSSDA</i> .....	5
<i>OUTLIERS</i> .....	7
NORMALIDAD .....	7
CORRELACION .....	8
<i>RMSE</i> .....	9
<i>GOOGLE EARTH</i> .....	10
MATERIALES Y MÉTODOS .....	11
<i>SOFTWARE</i> .....	11
FUENTES DE INFORMACION .....	11
METODOLOGIA.....	12
RESULTADOS .....	20
CONCLUSIONES.....	26
BIBLIOGRAFÍA.....	27
PAGINAS <i>WEB</i> VISITADAS.....	28
ANEXO A.....	31
COORDENADAS .....	31

ANEXO B.....	36
<i>MATLAB</i> .....	36
Función “epp” .....	36
Script “epp_uy” .....	36
ANEXO C .....	37
MATRIZ PRELIMINAR .....	37

## RESUMEN

En el presente trabajo se realiza una evaluación de la *exactitud posicional planimétrica* de *Google Earth* para Uruguay.

Se lleva a cabo un estudio del error en las coordenadas  $X (E_x)$  e  $Y (E_y)$  y se aplica el *National Standard for Spatial Data Accuracy (NSSDA)* de exactitud posicional, para las zonas correspondientes a cada uno de los 18 Departamentos del interior del país, en sendas muestras de puntos seleccionadas mediante fotointerpretación de imágenes satelitales de *Google Earth*.

Los puntos de control provienen del relevamiento *GPS* de la red vial del país, realizado por la Dirección Nacional de Topografía (DNTop) del Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO) con la colaboración del Servicio Geográfico Militar (SGM).

Se decidió excluir la zona correspondiente al Departamento de Montevideo del presente trabajo, ya que solamente se encuentra relevada actualmente una fracción de la red vial capitalina, siendo la misma insuficiente para la obtención de los puntos de control necesarios.

A partir de los resultados obtenidos se comprueba que el abordaje del trabajo ha sido acertado, que el relevamiento *GPS* satisface la condición de ser 3 veces más exacto que *Google Earth*, que el comportamiento de  $E_x$  y de  $E_y$  es uniforme, y que luego del proceso de detección-eliminación de *outliers* las muestras poseen las características requeridas por el estándar excepto que el cociente  $RMSE_{min}/RMSE_{max}$  se encuentre contenido en el intervalo [0.6,1.0].

Finalmente, se observa que:

- El mínimo valor de *exactitud posicional planimétrica* se encuentra en el entorno de los 13 metros para un nivel de confianza del 95%.
- El máximo valor de *exactitud posicional planimétrica* se encuentra en el entorno de los 27 metros para un nivel de confianza del 95%.

Respecto al relevamiento *GPS*. El cual cuenta con una *exactitud posicional planimétrica* intrínseca de 2.5 metros, según sus correspondientes metadatos.

**Palabras clave:** Geomática, *Google Earth*, MCPP, NSSDA, coordenadas, planimetría, posición, exactitud, error.

## INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: PCN 1:50.000. Hoja J-28, Pando. ....	1
Ilustración 2: Exactitud y precisión. ....	4
Ilustración 3: NSSDA. Distribución espacial de la muestra.....	6
Ilustración 4: Distribución normal estándar, $N(0,1)$ .....	7
Ilustración 5: Correlación. Diagramas de dispersión. ....	8
Ilustración 6: La Tierra. ....	10
Ilustración 7: Puntos homólogos (GE y GPS), Canelones. Ejemplo 1. ....	13
Ilustración 8: Puntos homólogos (GE y GPS), Canelones. Ejemplo 2. ....	13
Ilustración 9: Puntos homólogos (GE y GPS), Canelones. Ejemplo 3. ....	14
Ilustración 10: Imágenes satelitales.....	15
Ilustración 11: Historial de imágenes satelitales. ....	15
Ilustración 12: Distribución espacial de las muestras, Uruguay.....	16
Ilustración 13: Distribución espacial de las muestras, Canelones. ....	17
Ilustración 14: Vectores de error ( $v$ ).....	21
Ilustración 15. Categorización del error radial ( $E_r$ ). ....	22
Ilustración 16: Modelo digital de error radial ( $E_r$ ). ....	23
Ilustración 17: <i>Exactitud posicional planimétrica (NSSDAr)</i> .....	24

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Cronograma de selección de muestras. ....	14
Tabla 2: Coordenadas de las muestras, Canelones.....	18
Tabla 3: Características de las muestras.....	20
Tabla 4: Resultados.....	25
Tabla 5: Coordenadas de las muestras, Uruguay. ....	35
Tabla 6: Matriz preliminar, características de las muestras y resultados.....	37



# INTRODUCCIÓN

## ANTECEDENTES

Cabe destacar el trabajo realizado por el Servicio Geográfico Militar (SGM) de la República Oriental del Uruguay (Noviembre 2009); -Cálculo del NSSDA realizado en Octubre 2009 por el SGM en zona de hoja Pando (j-28) del Plan Cartográfico 1/50.000 en *Google Earth* con mediciones *GPS*-. '*Google Earth* fue evaluado con mediciones *GPS* aplicando el estándar *NSSDA*, obteniéndose como resultado un valor de *exactitud posicional planimétrica* de 49 metros para un nivel de confianza del 95 %.<sup>1</sup>

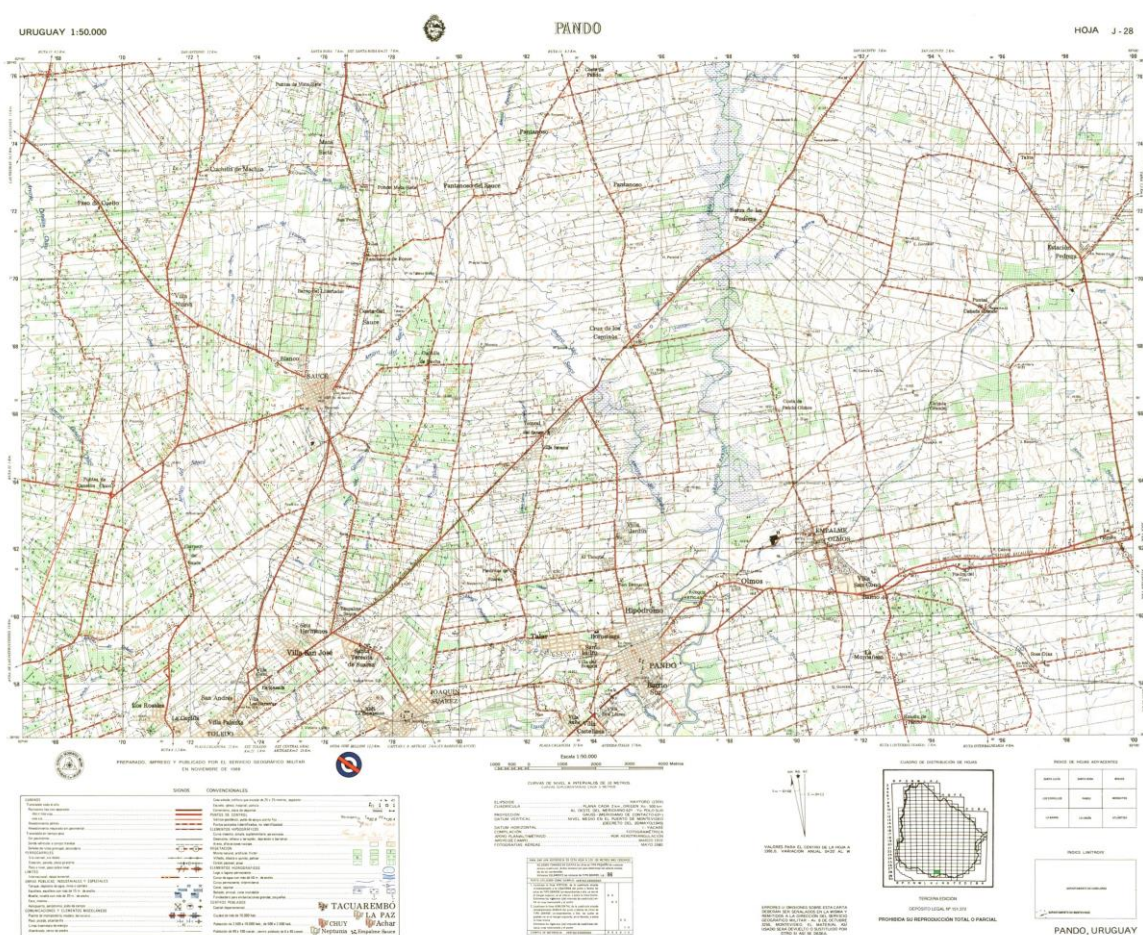


Ilustración 1: PCN 1:50.000. Hoja J-28, Pando.  
Imagen obtenida del Geoportal del SGM

<sup>1</sup> Bibliografía 3 y 21

## RELEVANCIA

En el trabajo realizado en conjunto entre el Departamento de Geomática de la Dirección Nacional de Topografía y el Departamento de Infraestructura Vial Departamental de la Dirección Nacional de Vialidad, del Ministerio de Transporte y Obras Públicas, con las 18 Intendencias Departamentales del interior del país. 'En el cual se utiliza *Google Earth* como herramienta complementaria en la georreferenciación de caminos departamentales incluidos en los programas 370 y 371 de mantenimiento vial por convenios, para su posterior contralor y eventual aprobación de pagos.'<sup>2</sup>

En trabajos como el realizado por el Instituto de Agrimensura (Universidad de la República - Facultad de Ingeniería) y la Dirección Nacional de Catastro (Ministerio de Economía y Finanzas); -Evaluación de la exactitud geométrica absoluta del parcelario rural digital vectorial del departamento de Lavalleja (Marzo 2011)-. 'En el cual se implementó un muestreo estratificado, donde el tamaño muestral de cada estrato se determinó mediante el procedimiento de afijación por Mínima Varianza. La desviación estándar de la variable a estudiar para cada estrato, se estimó contrastando el parcelario digital rural con *Google Earth*.'<sup>3</sup>

En trabajos realizados por Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca ; Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente; Facultad de Agronomía; Facultad de Ciencias (Geografía, Geología, etc); etc. En los cuales se utiliza *Google Earth* como principal fuente de información geográfica y/o geométrica.

## MOTIVACIÓN

El año 2000 ha significado sin lugar a dudas un punto de inflexión desde diversos puntos de vista; la partida del siglo XX, el fracaso de las profecías apocalípticas, la solución del problema informático del milenio (Y2K), el nacimiento del siglo XXI, etc. Particularmente, ha significado un cambio paradigmático en lo que respecta a las geotecnologías, tecnologías de la información geoespacial o geográfica (TIG), etc.

'Hemos presenciado el nacimiento de una serie de softwares que modelan al planeta Tierra como un globo virtual y que permiten visualizar múltiple cartografía, utilizando como base imágenes satelitales. El surgimiento de la empresa pionera *Keyhole Inc.* en el año 2001 y el consiguiente desarrollo de *Earth Viewer 3D*, el lanzamiento de *World Wind* (desarrollado por *NASA*) en el año 2003, la adquisición de la empresa *Keyhole Inc.* por parte de la empresa *Google* en el año 2004, el lanzamiento de *Google Earth* en el año 2005, el lanzamiento de *Marble* (desarrollado por *KDE*) en el año 2006, etc.'<sup>4</sup>

"En 2013 *Google Earth* se había convertido en el programa más popular para visualizar cartografía, con más de mil millones de descargas" (*Wikipedia* 2015, *Google Earth*).

---

<sup>2</sup> Bibliografía 27 y 28

<sup>3</sup> Bibliografía 7

<sup>4</sup> Bibliografía 33, 34, 35, 36 y 38

Se ha constatado a través de la experiencia del día a día; su incorporación en ámbitos educativos, académicos, profesionales, etc.

Parte de los usuarios asumen que se trata de una fuente de información confiable, el resto consideramos necesario tomar ciertos recaudos y la utilizamos de manera selectiva. La realidad marca que en ningún caso se cuenta con elementos suficientes para refutar o corroborar una postura o la otra.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

Evaluar la *exactitud posicional planimétrica* de *Google Earth* para Uruguay.

### **Objetivos específicos**

- Comprobar si el abordaje del trabajo ha sido acertado.
- Comprobar si el relevamiento *GPS* es 3 veces más exacto que *Google Earth*.
- Para cada uno de los 18 Departamentos del interior del país, en sendas muestras de puntos seleccionadas mediante fotointerpretación de imágenes satelitales de *Google Earth*:
  - Estudiar el comportamiento del error en la coordenada X ( $E_x$ ) y en la coordenada Y ( $E_y$ ).
  - Aplicar el estándar *NSSDA* para evaluar la *exactitud posicional planimétrica*.

# MARCO TEÓRICO

## DEFINICIONES

‘Se define *coordenadas* como n-uplas de valores numéricos que determinan unívocamente la posición de un objeto en el espacio. En planimetría comúnmente se trata de 2-uplas o duplas de valores numéricos (E, N) o (X, Y).

Se define *posición* como la forma de referir los objetos en el espacio, de manera directa (por coordenadas) o indirecta (en base a referencias).<sup>5</sup>

‘Se define *exactitud* como el grado de cercanía de una cantidad estimada, con respecto a su valor verdadero.

Se define *precisión* como el grado de cercanía de mediciones repetidas de una misma cantidad.<sup>6</sup>



Ilustración 2: Exactitud y precisión.  
Imagen obtenida de SlideShare.

‘Se define *error* como la discrepancia de una cantidad estimada ( $\hat{X}$ ,  $\hat{Y}$ ) con respecto a su valor verdadero ( $X$ ,  $Y$ ).<sup>7</sup>

$$E_x = \hat{X} - X \quad (\text{Ec. 1})$$

$$E_y = \hat{Y} - Y \quad (\text{Ec. 2})$$

$$\vec{v} = \vec{E}_x + \vec{E}_y = E_x \vec{x} + E_y \vec{y} \quad (\text{Ec. 3})$$

$$E_r = |\vec{v}| = \sqrt{E_x^2 + E_y^2} \quad (\text{Ec.4})$$

Dónde  $E_x$  y  $E_y$  representan los errores en las coordenadas X e Y respectivamente,  $\vec{v}$  representa el vector de error,  $\vec{x}$  y  $\vec{y}$  los versores que definen las direcciones del par de ejes cartesianos, y  $E_r$  representa el error radial (o planimétrico), en un punto.

<sup>5</sup> Bibliografía 13 y 24

<sup>6</sup> Bibliografía 6

<sup>7</sup> Bibliografía 2

‘Se define *población* como el conjunto de elementos a estudiar.

Se define *muestra* como el subconjunto de elementos de la población, seleccionados con la intención de inferir propiedades acerca de esta última. La muestra debe ser representativa, y en tal caso puede llegar a obtenerse información similar a la de un estudio exhaustivo de la población, con mayor rapidez y menor costo.’<sup>8</sup>

## **METODOLOGIAS DE CONTROL POSICIONAL POR PUNTOS (MCP)**

‘Las *MCP* son la forma en la que tradicionalmente se han venido realizando los controles de la componente posicional de los productos cartográficos. Los estándares utilizados son originarios de Estados Unidos (EEUU) y tienen una gran influencia mundial en los organismos productores de cartografía. Se trata de un conjunto de métodos diversos que han ido evolucionando a lo largo de los años:

- 1947 - *National Map Accuracy Standards (NMAS)*.
- 1983 - *Engineering Map Accuracy Standard (EMAS)*.
- 1990 - *Accuracy Standards for Large Scale Maps (ASLSM)*.
- 1998 - *National Standard for Spatial Data Accuracy (NSSDA)*.
- 2001 - *Standardization Agreement 2215 (STANAG 2215)*.
- 2014 - *Positional Accuracy Standards for Digital Geospatial Data*.<sup>9</sup>

### **NSSDA**

‘El *National Standard for Spatial Data Accuracy (NSSDA)* fue desarrollado por parte del *Federal Geographic Data Committee (FGDC)* de EEUU, que toma sus bases del trabajo de la *American Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ASPRS)* de EEUU, extendiendo la validez de la aplicación del estándar *ASLSM* a escalas menores a 1:20.000 y con una vocación de aplicación clara en productos digitales.

El estándar *NSSDA* implementa una metodología estadística de evaluación bien definida para la exactitud posicional de mapas y datos geoespaciales. La metodología de evaluación consiste en comparar las coordenadas de una muestra de puntos seleccionados de un cierto conjunto de datos, con las provenientes de una fuente de mayor exactitud. Comúnmente se acepta que esta última sea, al menos, 3 veces más exacta que el primero. En ese sentido, un mínimo de 20 puntos seleccionados será sometido a evaluación.

Se recomienda que la distribución espacial de la muestra en el área geográfica de interés, sea tal que la distancia entre los puntos sea igual o mayor a 1/10 de la longitud de la diagonal y que se logre tener al menos un 20% en cada cuadrante, como se observa en la figura 3.

---

<sup>8</sup> Bibliografía 26, 37 y 39

<sup>9</sup> Bibliografía 1 y 2

Esto no deja de ser una recomendación, quedando sujeta a la posibilidad real de lograr tal distribución espacial.

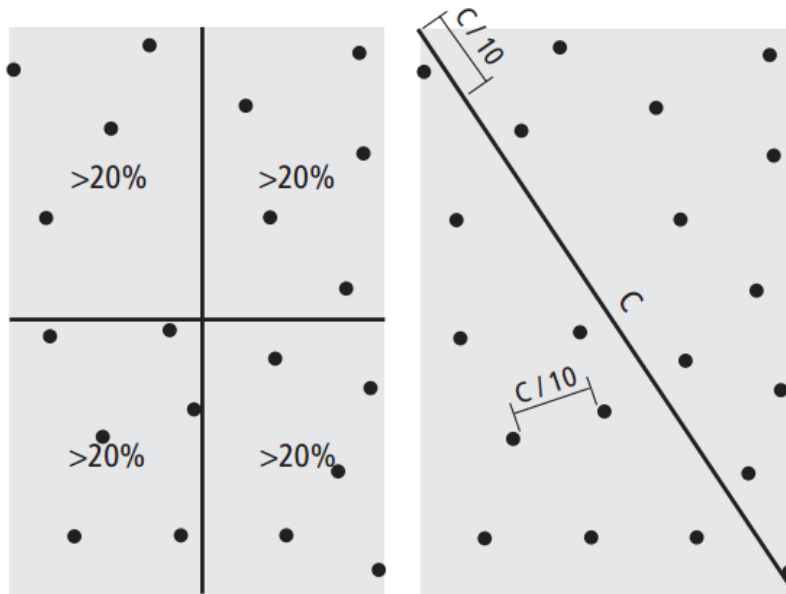


Ilustración 3: NSSDA. Distribución espacial de la muestra.  
Imagen obtenida de *Positional Accuracy Handbook - Minnesota Planning*.

Para poder aplicar el estándar NSSDA es necesario que la muestra cumpla con los siguientes requerimientos:

- No deben existir *outliers*. En caso contrario, los datos asociados deben ser eliminados de la misma.
- $E_x$  y  $E_y$  deben seguir una distribución normal.
- $E_x$  y  $E_y$  deben ser independientes.
- El cociente  $RMSE_{min}/RMSE_{max}$  debe estar contenido en el intervalo [0.6,1.0].  
Dónde  $RMSE_{min} = \min\{RMSE_x, RMSE_y\}$  y  $RMSE_{max} = \max\{RMSE_x, RMSE_y\}$ .

El estándar NSSDA utiliza la raíz del error cuadrático medio o *Root Mean Square Error (RMSE)*, en pos de evaluar la *exactitud posicional planimétrica* para un nivel de confianza del 95%.

Si  $RMSE_x = RMSE_y$ :

$$NSSDA_r = 1.7308 RMSE_r = 2.4477 RMSE_x = 2.4477 RMSE_y \quad (\text{Ec. 5})$$

Si  $RMSE_x \neq RMSE_y$ :

$$NSSDA_r = 2.4477 [ 0.5 (RMSE_x + RMSE_y) ] \quad (\text{Ec. 6})$$

Donde  $RMSE_x$  y  $RMSE_y$  representan el *RMSE* en las coordenadas X e Y respectivamente,  $RMSE_r$  representa el *RMSE* radial (o planimétrico), de una muestra de puntos.

El estándar omite métricas de exactitud, valores de umbral, etc. que los datos deban satisfacer. En última instancia, son los usuarios los que deben definir el valor de exactitud posicional aceptable para sus propósitos.<sup>10</sup>

## OUTLIERS

‘Los datos asociados a *outliers*, también conocidos como *errores groseros* o *valores atípicos*, deben ser eliminados de la muestra. Se debe aplicar entonces algún criterio para detectarlos:

- Criterio de la Mediana:
  - $|E_{x,i} - M_x| / \text{med}(|E_{x,i} - M_x|) > 5$  (Ec. 7)
  - $|E_{y,i} - M_y| / \text{med}(|E_{y,i} - M_y|) > 5$  (Ec. 8)

Siendo  $M_x$  y  $M_y$  las medianas de  $E_x$  y  $E_y$  respectivamente, los denominadores las medianas de las desviaciones en valor absoluto de las mismas.<sup>11</sup>

## NORMALIDAD

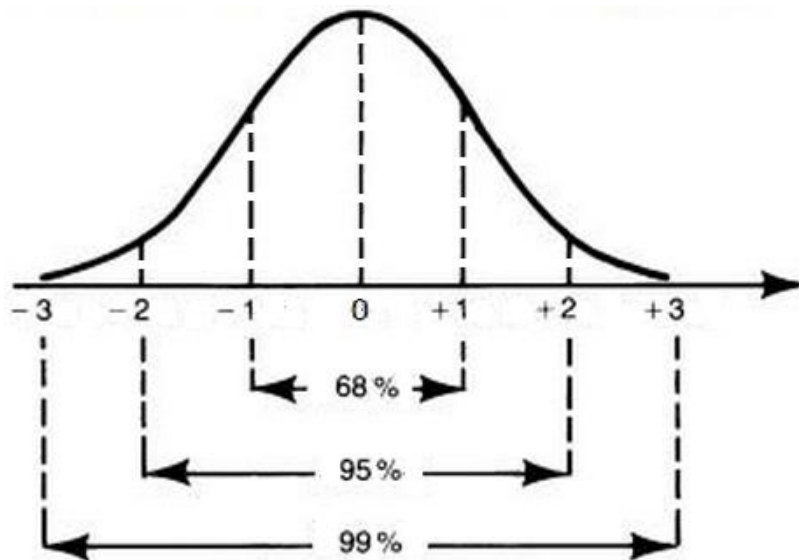


Ilustración 4: Distribución normal estándar,  $N(0,1)$ .  
Imagen obtenida de *Google Uruguay*.

‘Para realizar la valoración de la normalidad de  $E_x$  y de  $E_y$  es necesario aplicar tests, uno de ellos es el test de Kolmogorov-Smirnov. Este test compara la función de distribución de una variable aleatoria reducida o tipificada con la de una distribución normal estándar, midiendo la máxima distancia entre ambas curvas. Si la máxima distancia entre las curvas (estadístico unilateral de Kolmogorov-Smirnov,  $D_n^+$ ) es menor al valor crítico del test para un determinado nivel de significación ( $d_n^+$ ,  $\alpha$ ), entonces no se rechaza la hipótesis nula de normalidad.<sup>12</sup>

<sup>10</sup> Bibliografía 8, 9, 11, 12 y 16

<sup>11</sup> Bibliografía 10 y 11

<sup>12</sup> Bibliografía 10 y 11

## CORRELACION

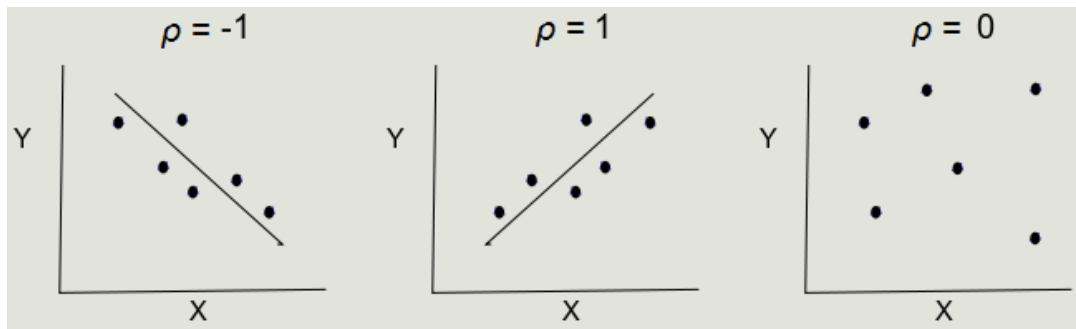


Ilustración 5: Correlación. Diagramas de dispersión.  
Imagen obtenida de Google Uruguay.

‘En estadística, el *coeficiente de correlación por rangos de Spearman* ( $\rho$ ), es una medida de la asociación o interdependencia entre dos variables aleatorias ( $E_x$  y  $E_y$ ) de un muestra.

Para calcular  $\rho$ ;  $E_x$  y  $E_y$  se ordenan de manera creciente y se les asigna el número natural correspondiente (orden).

$$\rho = 1 - \frac{6\Sigma D^2}{N(N^2-1)} \quad (\text{Ec. 9})$$

Siendo N el tamaño de la muestra y D la diferencia entre los respectivos órdenes.

El coeficiente de correlación toma valores reales en el intervalo [-1,1]:

- Si  $\rho$  toma un valor próximo a -1, existe una correlación negativa. El coeficiente indica una relación inversa, cuando una de las variables aumenta, la otra disminuye en proporción constante.
- Si  $\rho$  toma un valor próximo a 1, existe una correlación positiva. El coeficiente indica una relación directa, cuando una de las variables aumenta la otra también lo hace en proporción constante.
- Si  $\rho$  toma un valor próximo a 0, no existe relación lineal. Pero ésto no necesariamente implica que las variables sean independientes, pueden existir todavía relaciones no lineales.<sup>13</sup>

---

<sup>13</sup> Bibliografía 10 y 11



## RMSE

‘La raíz del error cuadrático medio o *Root Mean Square Error (RMSE)*, es una medida de uso frecuente de las diferencias existentes entre una muestra de datos y una fuente de mayor exactitud.

$$RMSE_x = \sqrt{[\Sigma(\hat{X}_i - X_i)^2]/N} = \sqrt{(\Sigma E_{x,i}^2)/N} \quad (\text{Ec. 10})$$

$$RMSE_y = \sqrt{[\Sigma(\hat{Y}_i - Y_i)^2]/N} = \sqrt{(\Sigma E_{y,i}^2)/N} \quad (\text{Ec. 11})$$

$$RMSE_r = \sqrt{\{\Sigma[(\hat{X}_i - X_i)^2 + (\hat{Y}_i - Y_i)^2]\}/N} = \sqrt{RMSE_x^2 + RMSE_y^2} \quad (\text{Ec. 12})$$

Siendo N el tamaño de la muestra,  $\hat{X}_i$  e  $\hat{Y}_i$  los valores correspondientes al conjunto de datos (ptos. *GE*) y  $X_i$  e  $Y_i$  los valores correspondientes a la fuente de mayor exactitud (ptos. *GPS*).<sup>14</sup>

Si  $RMSE_x = RMSE_y$ :

$$RMSE_r = \sqrt{2RMSE_x^2} = \sqrt{2} RMSE_x = 1.4142 RMSE_x \quad (\text{Ec. 13})$$

$$RMSE_r = \sqrt{2RMSE_y^2} = \sqrt{2} RMSE_y = 1.4142 RMSE_y \quad (\text{Ec. 14})$$

---

<sup>14</sup> Bibliografía 10 y 11

## GOOGLE EARTH



Ilustración 6: La Tierra.  
Imagen obtenida de *Google Earth*.

“*Google Earth* es un software que modela al planeta Tierra en forma de globo virtual. Permite visualizar múltiple cartografía, con base en la fotografía satelital. El software fue creado bajo el nombre de *EarthViewer 3D* por la compañía *Keyhole Inc.*, financiada por la *Central Intelligence Agency (CIA)* de Estados Unidos. La compañía fue comprada por *Google* en 2004 absorbiendo la aplicación.

El mapa de *Google Earth* está compuesto por una superposición de imágenes satelitales, fotografías aéreas, información geográfica proveniente de modelos de datos SIG de todo el mundo y modelos creados por computadora. El programa está disponible en varias licencias, pero la versión gratuita es la más popular, disponible para dispositivos móviles, tabletas y computadoras personales. La primera versión de *Google Earth* fue lanzada en 2005 y actualmente está disponible en PC para *Windows*, *Mac* y *Linux*. *Google Earth* también está disponible como plugin para visualizarse desde el navegador web.

En 2013 *Google Earth* se había convertido en el programa más popular para visualizar cartografía, con más de mil millones de descargas. Muchos usuarios utilizan la aplicación para añadir sus propios datos, haciéndolos disponibles mediante varias fuentes, tales como el *Bulletin Board Systems* o blogs. *Google Earth* es capaz de mostrar diferentes capas de imagen encima de la base y es también un cliente válido para un *Web Map Service*. *Google Earth* soporta datos geoespaciales tridimensionales mediante los archivos *Keyhole Markup Language* o *KML*” (*Wikipedia* 2015, *Google Earth*).

# MATERIALES Y MÉTODOS

## SOFTWARE

- *Google Earth.*
- *gvSIG.*
- *QGIS.*
- *Sextante.*
- *LibreOffice Calc.*
- *MATLAB Free Product Trial.*
- *Darcy.*
- *Inkscape.*

## FUENTES DE INFORMACION

- *GoogleEarth.*
- 'Geoportal del Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTOp).
  - Límites administrativos.
    - PCN50 (digitalización en gabinete).
  - Red vial.
    - Tracks *GPS* (relevamiento de campo).

Realizado entre Noviembre de 1999 y Junio de 2011 por la Dirección Nacional de Topografía (DNTop) del MTOp (15 Departamentos) con la colaboración del SGM (3 Departamentos: Artigas, Durazno, Tacuarembó), en el marco de la Componente C del proyecto Unidos en la Acción de la Organización de las Naciones Unidas (UNA-ONU). La *exactitud posicional planimétrica* intrínseca del dato es de 2.5 metros, luego de haber sido sometido a una corrección diferencial post-proceso, según sus correspondientes metadatos.

Ambos se encuentran disponibles en el Geoportal del MTOp para ser consultados en línea, solicitados mediante geoservicios, descargados en formato *shapefile (SHP)* y/o *KML*. Forman parte del Conjunto de Datos Provisorios (CDP) publicado por la Infraestructura de Datos Espaciales de Uruguay (IDEuy).<sup>15</sup>

---

<sup>15</sup> Bibliografía 17, 18, 19 y 20

## METODOLOGIA

Se llevó a cabo un estudio del error en las coordenadas  $X (E_x)$  e  $Y (E_y)$  y se aplicó el estándar *NSSDA*, para las zonas correspondientes a cada uno de los 18 Departamentos del interior del país, en sendas muestras de puntos seleccionadas mediante fotointerpretación de imágenes satelitales de *Google Earth*.

Se decidió excluir la zona correspondiente al Departamento de Montevideo del presente trabajo, ya que solamente se encuentra relevada actualmente una fracción de la red vial capitalina, siendo la misma insuficiente para la obtención de los puntos de control necesarios.

Se definió el abordaje del trabajo, en base a la heterogeneidad de las imágenes satelitales proporcionadas por *Google Earth*, aspirando a que fuera lo más *aggiornado* a la realidad posible pero a la vez considerando la viabilidad del alcance del mismo. En ese sentido, se priorizó la eventual utilidad que podría llegar a prestar principalmente en el trabajo realizado por el MTOP con las Intendencias Departamentales.

Se descargaron del Geoportal del MTOP los archivos correspondientes a:

- Límites administrativos.
- Red vial.

Ambos fueron utilizados en el proceso de selección de las muestras de puntos, mediante la fotointerpretación de intersecciones de rutas nacionales, caminos departamentales, etc. en imágenes satelitales de *Google Earth*. De ahora en adelante serán llamados *ptos. GE*.

El primero fue utilizado en el proceso de obtención de puntos de control, provenientes de las intersecciones de los tracks *GPS*, en *gvSIG* y *QGIS*. De ahora en adelante serán llamados *ptos. GPS*.

De esta manera se obtuvieron 30 pares de puntos homólogos (*GE* y *GPS*) por Departamento, acorde a las condiciones estipuladas por el estándar *NSSDA* de exactitud posicional y considerando una eventual detección-eliminación de *outliers*, ya que el mismo establece que se debe contar con una muestra de al menos 20 puntos a evaluar.

En las figuras 7, 8 y 9 se muestran algunos ejemplos de pares de puntos homólogos del Departamento de Canelones (seleccionados al azar con fines meramente ilustrativos).



Ilustración 7: Puntos homólogos (GE y GPS), Canelones. Ejemplo 1.  
Imagen obtenida de *Google Earth*.

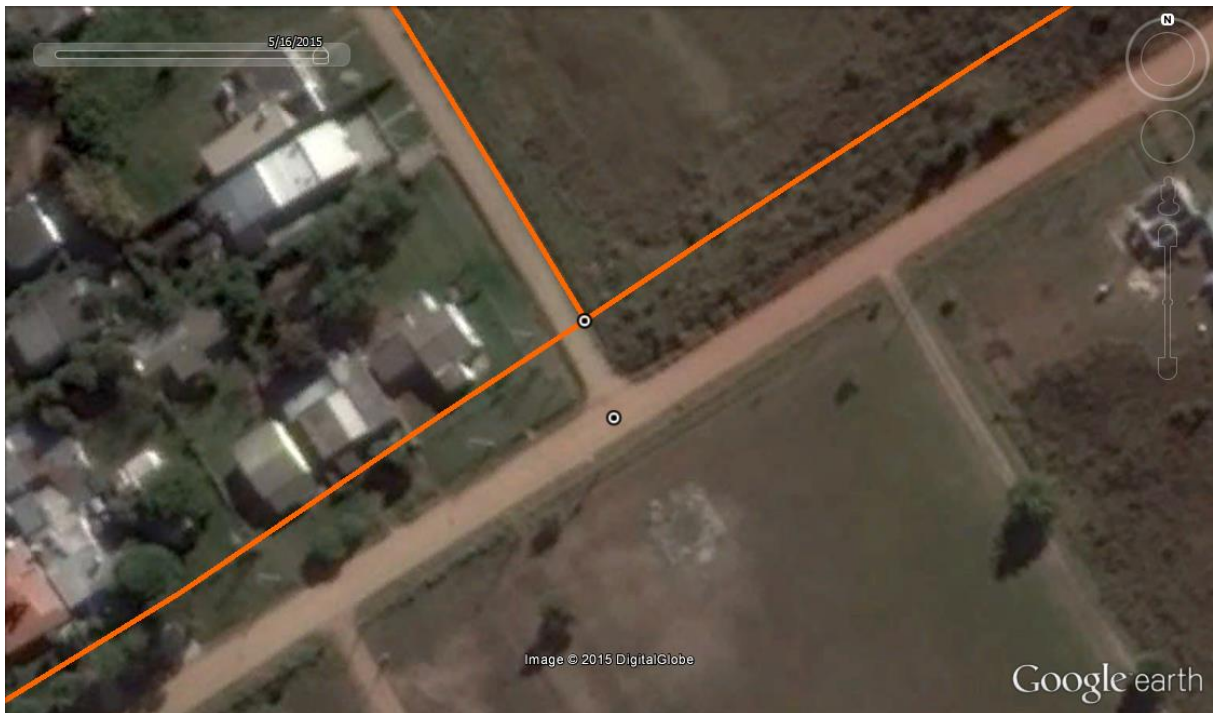


Ilustración 8: Puntos homólogos (GE y GPS), Canelones. Ejemplo 2.  
Imagen obtenida de *Google Earth*.

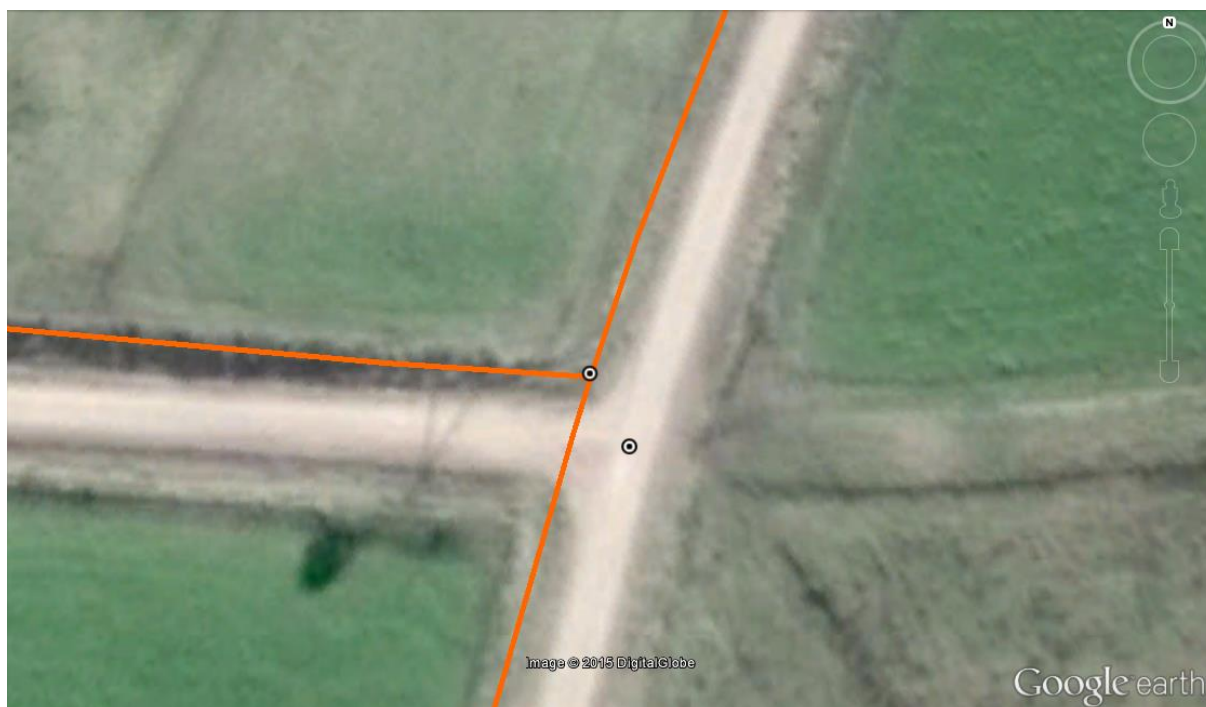


Ilustración 9: Puntos homólogos (GE y GPS), Canelones. Ejemplo 3.  
Imagen obtenida de *Google Earth*.

Se elaboró un registro temporal de la selección de muestras de ptos. *GE* (tabla 1) con el fin de documentar de manera pragmática las imágenes satelitales utilizadas.

Departamento	Inicio	Fin
Artigas	17/04/2015	17/04/2015
Canelones	23/04/2015	23/04/2015
Cerro Largo	24/04/2015	24/04/2015
Colonia	27/04/2015	27/04/2015
Durazno	27/04/2015	27/04/2015
Flores	28/04/2015	28/04/2015
Florida	25/04/2015	25/04/2015
Lavalleja	25/04/2015	25/04/2015
Maldonado	14/04/2015	14/04/2015
Paysandú	22/04/2015	22/04/2015
Río Negro	25/04/2015	25/04/2015
Rivera	20/04/2015	20/04/2015
Rocha	28/04/2015	29/04/2015
Salto	29/04/2015	29/04/2015
San José	18/04/2015	18/04/2015
Soriano	29/04/2015	29/04/2015
Tacuarembó	26/04/2015	27/04/2015
Treinta y Tres	29/04/2015	29/04/2015

Tabla 1: Cronograma de selección de muestras.

Este registro por sí sólo no tendría razón de ser, su verdadera utilidad radica en la posibilidad de asociarlo a la herramienta de *Google Earth* que permite visualizar el historial de imágenes satelitales utilizando el deslizador de tiempo (figuras 10 y 11), y por ende consultar en cualquier momento las imágenes utilizadas en el presente trabajo.

Simplemente bastará, en caso de ser necesario, con ir hacia atrás en el tiempo hasta la fecha precedente más próxima a la fecha de selección de la muestra de pts. *GE* correspondiente a la imagen satelital de interés.

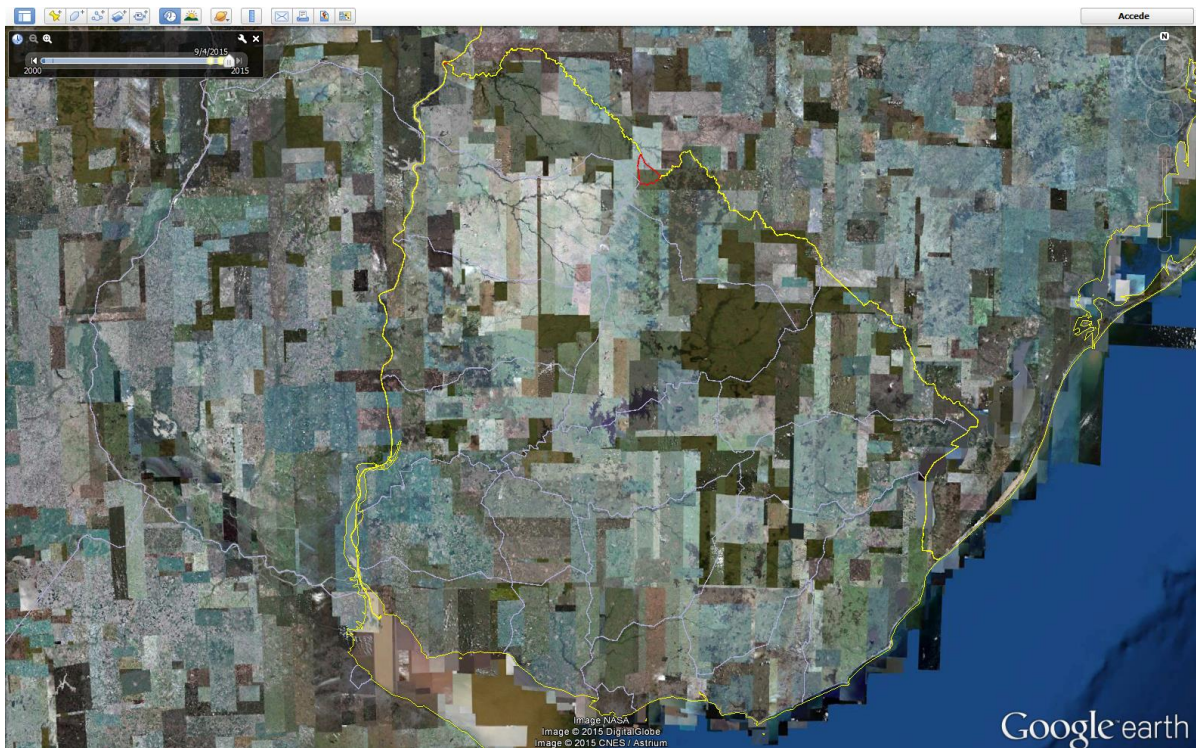


Ilustración 10: Imágenes satelitales.  
Imagen obtenida de *Google Earth*.

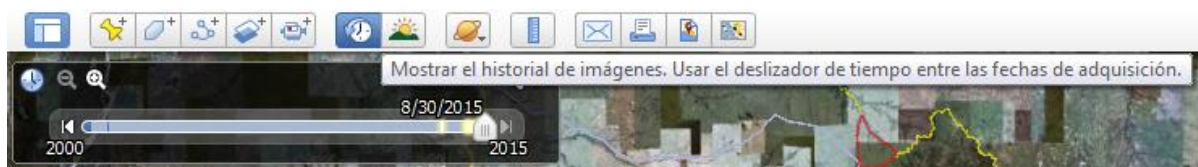


Ilustración 11: Historial de imágenes satelitales.  
Imagen obtenida de *Google Earth*.

En la figura 12 se puede observar la distribución espacial de las muestras de pts. GE en todo el país, y en la figura 13 la distribución espacial de la muestra de pts. GE en la zona correspondiente al Departamento de Canelones (elegido al azar con fines meramente ilustrativos).

**"Distribución espacial de las muestras,  
Uruguay"**  
**Escala 1:3.500.000**

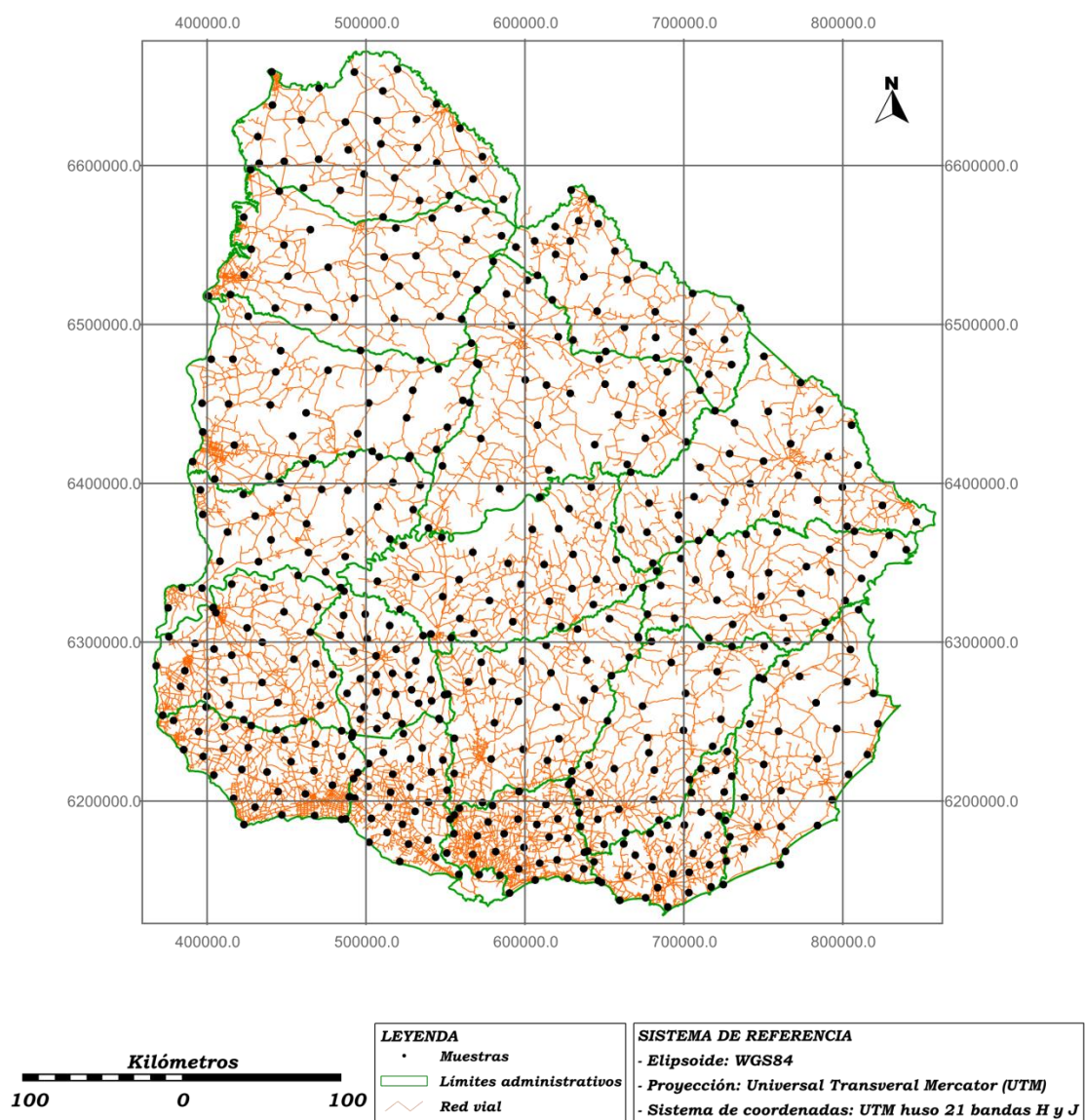


Ilustración 12: Distribución espacial de las muestras, Uruguay.  
Mapa elaborado con gvSIG + Inkscape para ser impreso en tamaño A4.

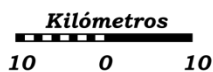
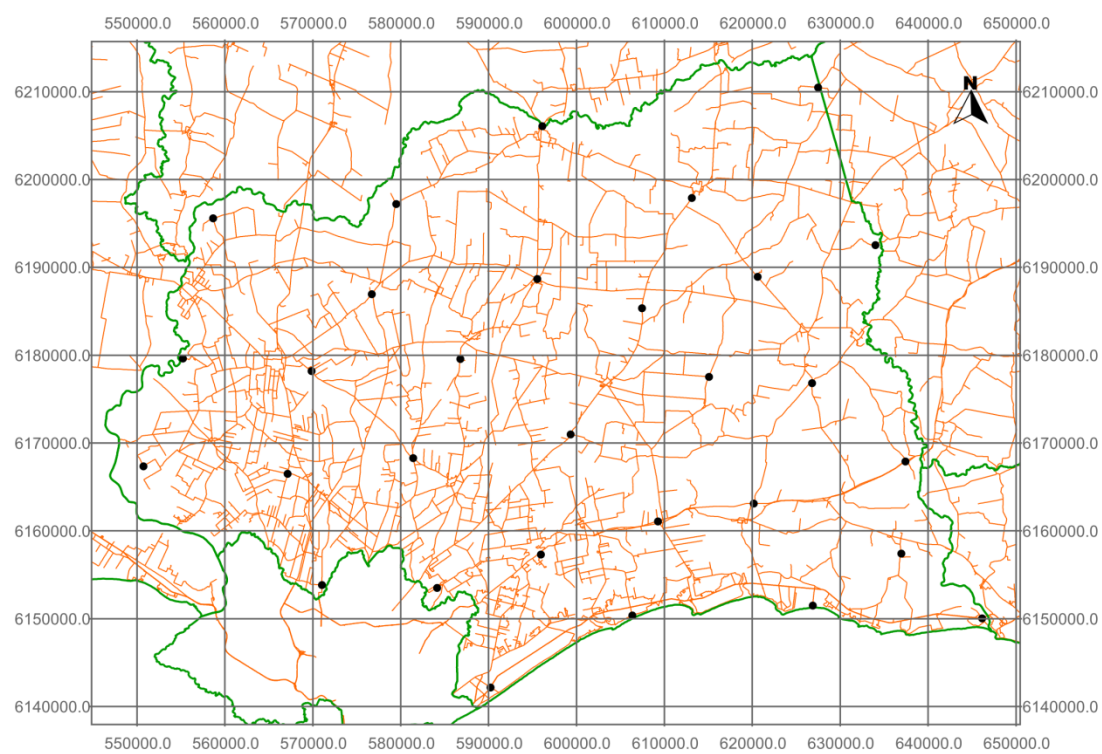




**Tecnólogo en Cartografía**  
**Proyecto**  
**2015**  
**Colombana - Reyes - Carlevaro**



**"Distribución espacial de las muestras,**  
**Canelones"**  
**Escala 1:650.000**



LEYENDA	
•	Muestras
—	Límites administrativos
—	Red vial

SISTEMA DE REFERENCIA	
-	Elipsoide: WGS84
-	Proyección: Universal Transversal Mercator (UTM)
-	Sistema de coordenadas: UTM huso 21 banda H

Ilustración 13: Distribución espacial de las muestras, Canelones.  
Mapa elaborado con gvSIG + Inkscape para ser impreso en tamaño A4.

Se utilizó uno de los sistemas de referencia recomendados por la IDEuy;

- WGS84 en el caso del elipsoide, porque es el utilizado por *Google Earth* y por el Visualizador de Mapas del Geoportal del MTOP.
- UTM husos 21 y 22 bandas H y J en el caso de la proyección y de los sistemas de coordenadas, con el fin de obtener valores en metros de *exactitud posicional planimétrica* mediante la aplicación del estándar *NSSDA*.

En la tabla 2 se incluyen, a modo de ejemplo, las coordenadas de la muestra de ptos. GE seleccionada en la zona correspondiente al Departamento de Canelones.

<b>UTM huso 21</b>			
<b>X-GE</b>	<b>Y-GE</b>	<b>X-GPS</b>	<b>Y-GPS</b>
550708	6167368	550704	6167375
555201	6179631	555197	6179640
558636	6195597	558635	6195607
567122	6166495	567115	6166510
569839	6178205	569833	6178226
571035	6153855	571029	6153867
576690	6186942	576685	6186965
579489	6197207	579479	6197215
581415	6168295	581410	6168307
584129	6153514	584125	6153529
586780	6179575	586772	6179592
590208	6142189	590206	6142201
595523	6188683	595521	6188690
595932	6157323	595927	6157338
596088	6206083	596087	6206079
599319	6170987	599321	6171002
606328	6150388	606319	6150391
607440	6185351	607431	6185371
609242	6161099	609237	6161108
613102	6197909	613101	6197921
615052	6177540	615048	6177547
620149	6163120	620145	6163127
620580	6188938	620568	6188951
626774	6176825	626770	6176839
626856	6151512	626852	6151541
627464	6210481	627453	6210491
633999	6192545	633990	6192550
636942	6157418	636937	6157444
637404	6167898	637404	6167905
646142	6150059	646136	6150073

Tabla 2: Coordenadas de las muestras, Canelones.  
*gvSIG + Sextante.*

En las zonas correspondientes a los Departamentos de Cerro Largo, Rocha, Treinta y Tres se utilizaron los husos 21 y 22 del sistema de coordenadas UTM, para las restantes se utilizó solamente el huso 21 del sistema de coordenadas UTM.

Los cálculos fueron realizados con una *Free Product Trial* de *MATLAB* (20 de Agosto de 2015), llevando a cabo de esa manera el estudio de los errores en las coordenadas X e Y ( $E_x$ ,  $E_y$ ) y la aplicación del estándar *NSSDA*, para las zonas correspondientes a cada uno de los 18 Departamentos del interior del país. Para ello se implementaron la función “*epp*” y el script “*epp\_uy*” específicamente en el marco del presente trabajo.

$E_x$  y  $E_y$  fueron sometidos al proceso de detección-eliminación de *outliers* aplicando el criterio de la mediana, al test de aleatoriedad de rachas por encima y por debajo del promedio, al test de normalidad de Kolmogorov Smirnov, y al cálculo del coeficiente de correlación por rangos de Spearman entre ambos. Luego se calcularon  $E_r$ ,  $RMSE_x$ ,  $RMSE_y$ ,  $RMSE_{min}$ ,  $RMSE_{max}$ , el cociente  $RMSE_{min}/RMSE_{max}$ ,  $RMSE_r$  y finalmente  $NSSDA_r$ .

‘En caso de que el cociente  $RMSE_{min}/RMSE_{max}$  no estuviera contenido en el intervalo [0.6,1.0] pero si lo estuviera en el intervalo [0.2,1.0] igualmente se realizaría el cálculo de  $NSSDA_r$  por considerar que la aproximación:

$$0.5 (RMSE_x + RMSE_y)$$

Utilizada en la ecuación 6, seguiría siendo válida (Greenwalt y Shultz 1968: 27, 35 y 59).<sup>16</sup>

Las coordenadas de las muestras de ptos. GE seleccionadas se incluyen en el Anexo A, el pseudo-código de los desarrollos en *MATLAB* en el Anexo B, la matriz preliminar de características de las muestras y resultados en el Anexo C.

A continuación se exponen los resultados definitivos.

---

<sup>16</sup> Bibliografía 9

## RESULTADOS

	# MUESTRA $\geq 20$	DISTR.NORM ( $E_x$ )	DISTR.NORM ( $E_y$ )	CORREL( $E_x, E_y$ )	RMSE <sub>min</sub> /RMSE <sub>max</sub> $\in [0.6, 1.0]$
ARTIGAS	SI	SI	SI	NO	SI
CANELONES	SI	SI	SI	NO	NO
CERRO LARGO	SI	SI	SI	NO	SI
COLONIA	SI	SI	SI	NO	NO
DURAZNO	SI	SI	SI	NO	SI
FLORES	SI	SI	SI	NO	SI
FLORIDA	SI	SI	SI	NO	NO
LAVALLEJA	SI	SI	SI	NO	SI
MALDONADO	SI	SI	SI	NO	SI
PAYSANDU	SI	SI	SI	NO	SI
RIO NEGRO	SI	SI	SI	NO	SI
RIVERA	SI	SI	SI	NO	NO
ROCHA	SI	SI	SI	NO	NO
SALTO	SI	SI	SI	NO	SI
SAN JOSE	SI	SI	SI	NO	NO
SORIANO	SI	SI	SI	NO	SI
TACUAREMBO	SI	SI	SI	NO	SI
TREINTA Y TRES	SI	SI	SI	NO	SI

Tabla 3: Características de las muestras.

En la presente tabla se observa que:

- Luego de realizar el proceso de detección-eliminación de *outliers* aplicando el criterio de la mediana, el tamaño de las muestras es mayor o igual a 20.
- Luego de realizar el test de Kolmogorov-Smirnov,  $E_x$  y  $E_y$  siguen una distribución normal para un nivel de confianza del 95%.
- Luego de calcular el coeficiente de correlación por rangos de Spearman, la relación lineal entre  $E_x$  y  $E_y$  es débil.
- Luego de calcular el cociente  $RMSE_{min}/RMSE_{max}$ , el mismo no se encuentra contenido en el intervalo  $[0.6, 1.0]$  para 6 de las 18 muestras pero para las restantes 12 sí.

**"Vectores de error ( $v$ ),  
Uruguay"**  
**Escala 1:3.500.000**

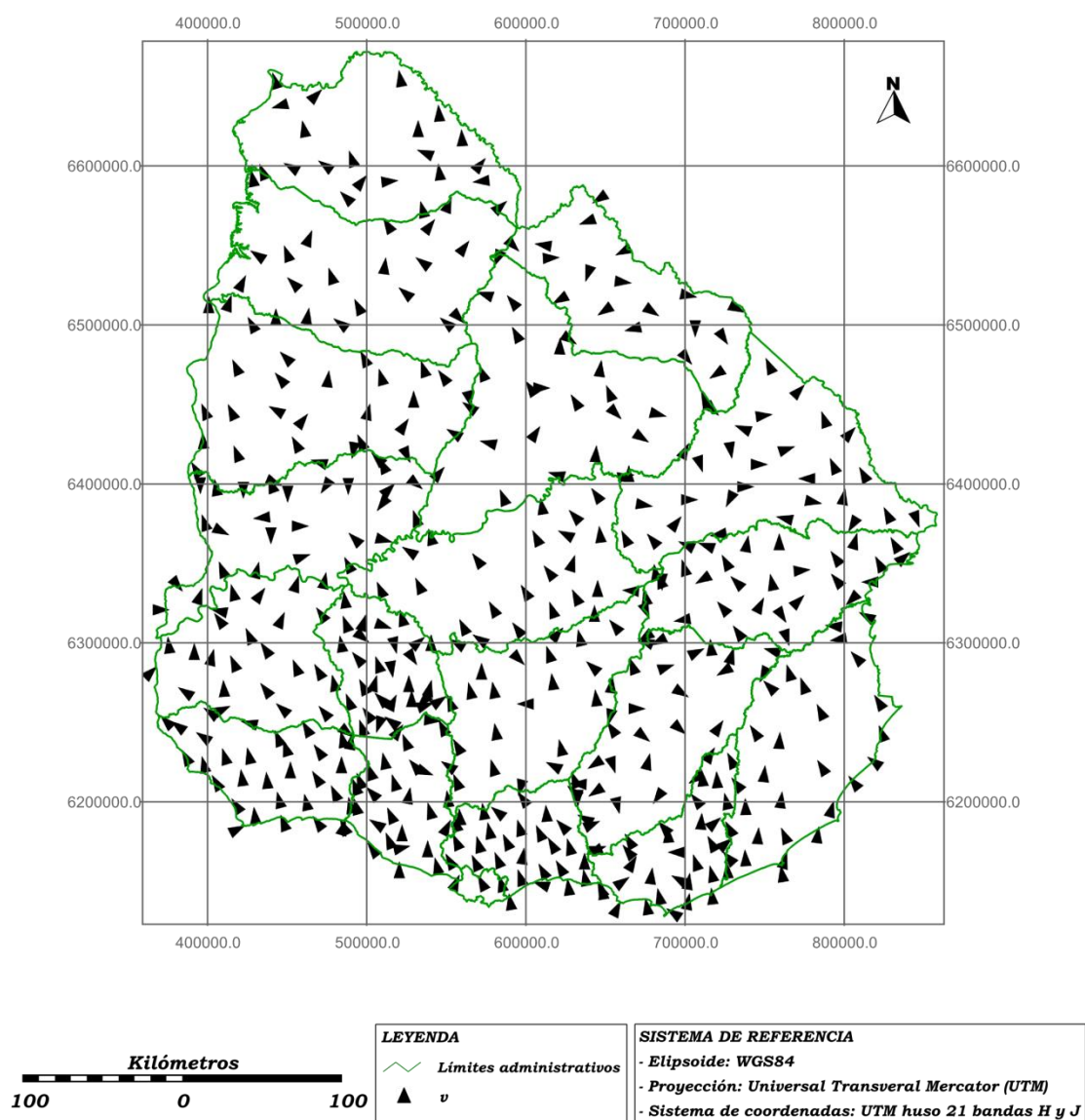


Ilustración 14: Vectores de error ( $v$ ).  
Mapa elaborado con *Darcy + gvSIG + Inkscape* para ser impreso en tamaño A4.



**Tecnólogo en Cartografía**  
**Proyecto**  
**2015**  
**Colombana - Reyes - Carlevaro**



**"Categorización del error radial ( $E_r$ ),  
Uruguay"**

**Escala 1:3.500.000**

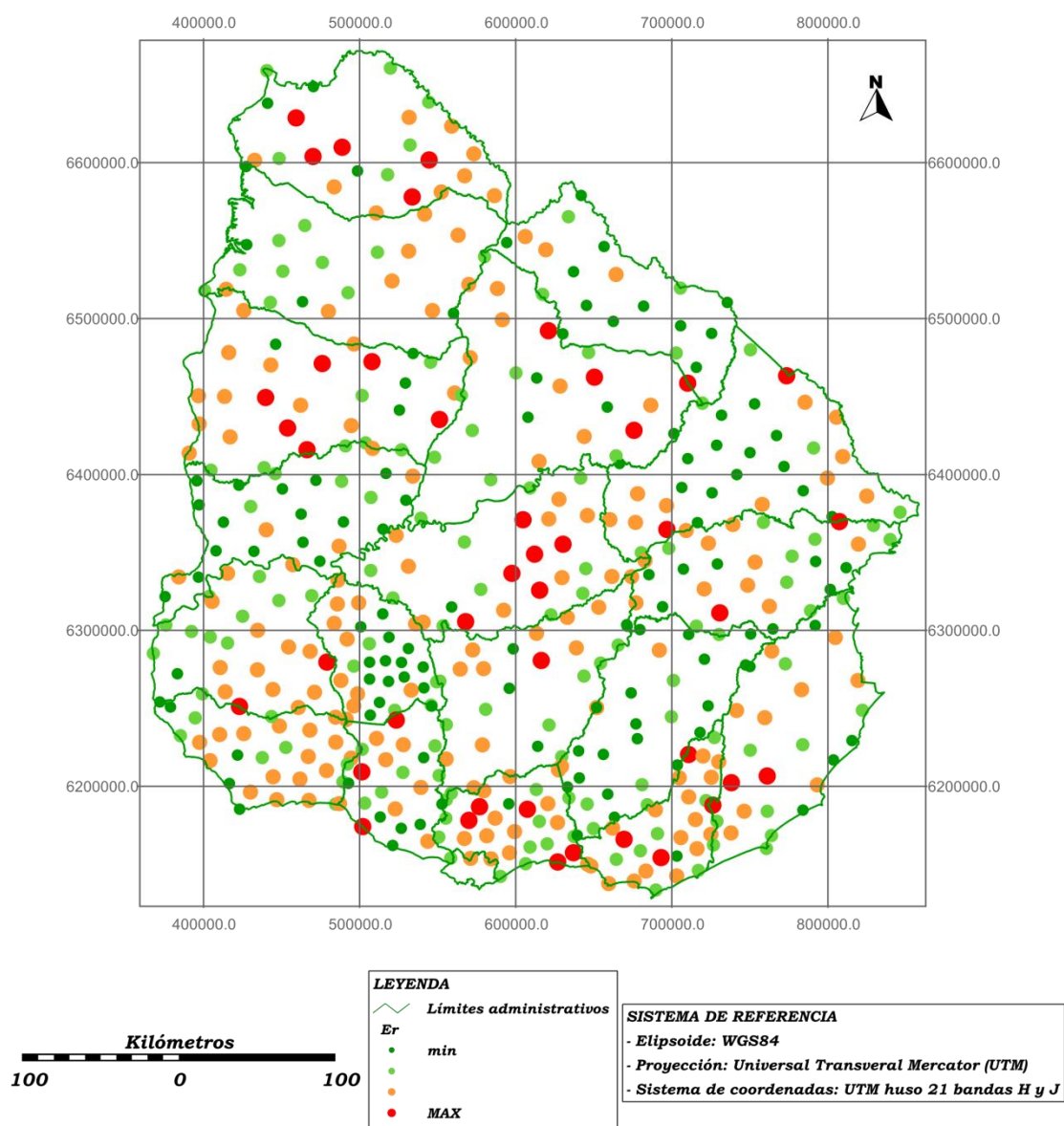
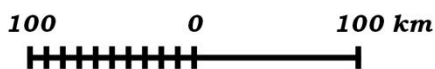
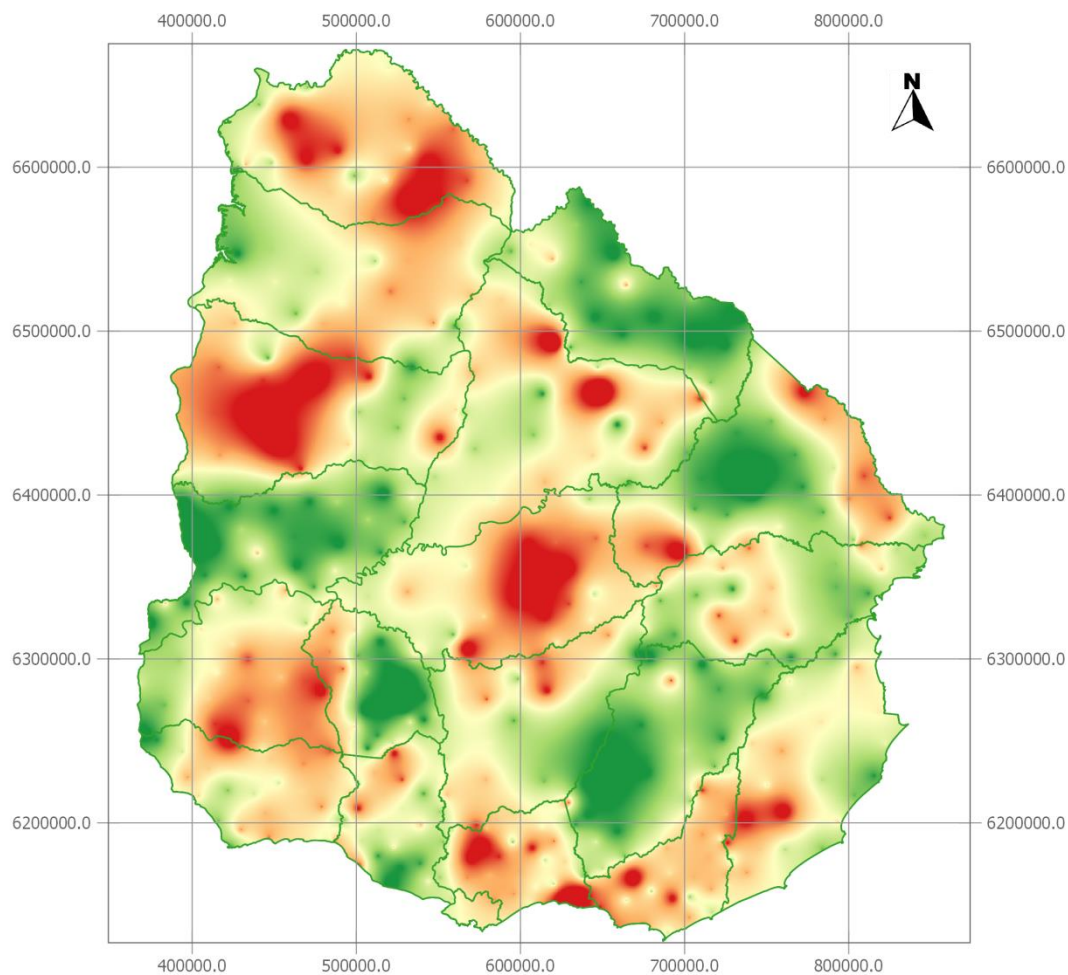


Ilustración 15. Categorización del error radial ( $E_r$ ).  
Mapa elaborado con gvSIG + Inkscape para ser impreso en tamaño A4.

**"Modelo digital de error radial (Er),  
Uruguay"**  
**Escala 1:3.500.000**



**SISTEMA DE REFERENCIA**  
- Elipsoide: WGS84  
- Proyección: Universal Transversal Mercator (UTM)  
- Sistema de coordenadas: UTM huso 21 bandas H y J

Ilustración 16: Modelo digital de error radial (Er).  
Mapa elaborado con Sextante + QGIS para ser impreso en tamaño A4.

"Exactitud posicional planimétrica (NSSDAr),  
Uruguay"  
Escala 1:3.500.000

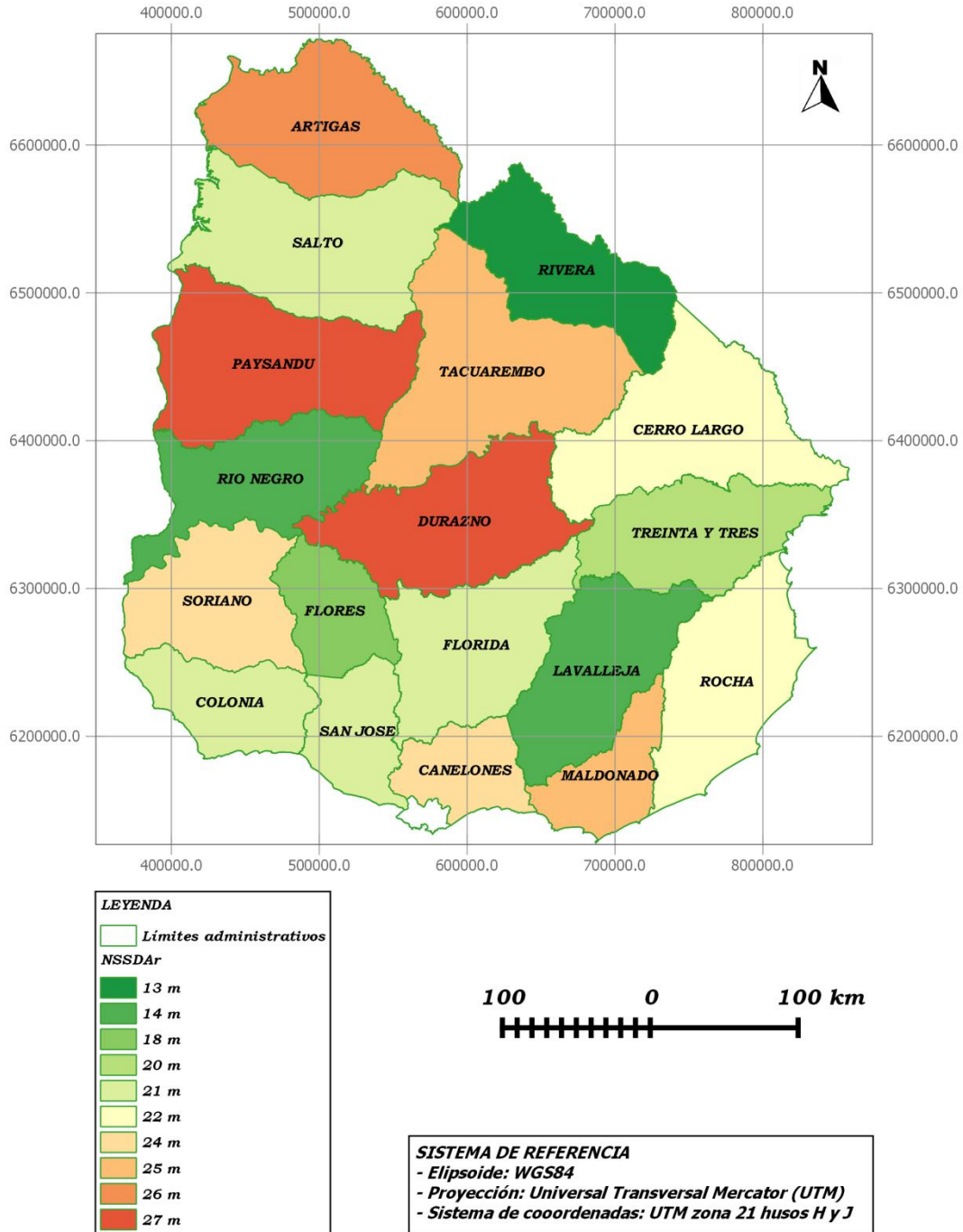


Ilustración 17: Exactitud posicional planimétrica (NSSDAr).  
Mapa elaborado con QGIS para ser impreso en tamaño A4.



	<i>RMSE<sub>x</sub> (m)</i>	<i>RMSE<sub>y</sub> (m)</i>	<i>RMSE<sub>r</sub> (m)</i>	<i>NSSDA<sub>r</sub> (m)</i>
ARTIGAS	8	13	16	26
CANELONES	6	14	15	24
CERRO LARGO	9	9	12	22
COLONIA	5	12	13	21
DURAZNO	9	13	16	27
FLORES	6	9	10	18
FLORIDA	5	12	13	21
LAVALLEJA	7	4	8	14
MALDONADO	7	13	15	25
PAYSANDU	9	13	16	27
RIO NEGRO	5	7	8	14
RIVERA	7	3	8	13
ROCHA	5	12	13	22
SALTO	8	10	12	21
SAN JOSE	6	11	13	21
SORIANO	8	12	14	24
TACUAREMBO	8	13	15	25
TREINTA Y TRES	7	10	12	20

Tabla 4: Resultados.

En la presente tabla se observa que:

- El valor de  $RMSE_x$  oscila entre 5 metros y 9 metros.
- El valor de  $RMSE_y$  oscila entre 3 metros y 14 metros.
- El valor de  $RMSE_r$  oscila entre 8 metros y 16 metros.
- El valor de  $NSSDA_r$  oscila entre 13 metros y 27 metros, para un nivel de confianza del 95%.

## CONCLUSIONES

Se logró cumplir con el objetivo general de evaluar la *exactitud posicional planimétrica* de *Google earth* para Uruguay, a excepción de la zona correspondiente al Departamento de Montevideo.

En particular, luego de llevar a cabo el estudio del error en las coordenadas X ( $E_x$ ) e Y ( $E_y$ ) y de aplicar el *National Standard for Spatial Data Accuracy (NSSDA)* de exactitud posicional, para las zonas correspondientes a cada uno de los 18 Departamentos del interior del país, en sendas muestras de puntos seleccionadas mediante fotointerpretación de imágenes satelitales de *Google Earth*:

- Se comprobó que el abordaje del trabajo ha sido acertado, dado el rango de valores de *exactitud posicional planimétrica* observados.
- Se comprobó que el relevamiento *GPS* satisface la condición de ser 3 veces más exacto que *Google Earth*.
- Se observó que el comportamiento de  $E_x$  y de  $E_y$  es uniforme.
- Se comprobó que luego del proceso de detección-eliminación de *outliers* las muestras poseen las características requeridas por el estándar, excepto que el cociente  $RMSE_{min}/RMSE_{max}$  se encuentre contenido en el intervalo [0.6,1.0].
- Se observó que el mínimo valor de *exactitud posicional planimétrica* se encuentra en el entorno de los 13 metros para un nivel de confianza del 95%.
- Se observó que el máximo valor de *exactitud posicional planimétrica* se encuentra en el entorno de los 27 metros para un nivel de confianza del 95%.

Respecto al relevamiento *GPS*. El cual cuenta con una *exactitud posicional planimétrica* intrínseca de 2.5 metros, según sus correspondientes metadatos.

Se considera que la investigación realizada en el presente trabajo no solamente representa un fin en sí misma, sino que además representa un punto de partida para futuras líneas de investigación entre las cuales se destacan: el estudio de los *outliers* presentes en las muestras seleccionadas, el análisis de las herramientas estadísticas utilizadas por el estándar, la evolución temporal de la *exactitud posicional planimétrica*, el análisis del comportamiento espacial del error utilizando métodos geoestadísticos.

## BIBLIOGRAFÍA

1. ARIZA LOPEZ, Francisco Javier; GARCIA BALBOA, José Luis; ATKINSON GORDO, Alan David; DOMINGUEZ GARCIA-GIL, Juan Angel; ROMERO, Wenceslao. Proyecto de Norma sobre Evaluación de la Componente Posicional - Seminario sobre Metodologías de Control Posicional. España: Asociación Española de Normalización / Universidad de Jaén / Universidad de Extremadura / Centro Geográfico del Ejército de Tierra, Marzo 2008.  
([http://coello.ujaen.es/investigacion/web\\_giic/SubWeb\\_Giic\\_PNCPos/Ficheros\\_WebPNCpos/Madrid\\_2008\\_Seminario\\_ControlPosicional\\_Todo\\_v2.pdf](http://coello.ujaen.es/investigacion/web_giic/SubWeb_Giic_PNCPos/Ficheros_WebPNCpos/Madrid_2008_Seminario_ControlPosicional_Todo_v2.pdf))
2. BERMUDEZ, Hebenor. Materiales del curso de Introducción a la Evaluación de la Calidad de la Información Geográfica. Uruguay: Universidad de la República - Facultad de Ingeniería, 2014.
3. Cálculo del NSSDA realizado en Octubre 2009 por el SGM en zona de hoja Pando (j-28) del Plan Cartográfico 1/50.000 en Google Earth con mediciones GPS. Uruguay: Servicio Geográfico Militar, Noviembre 2009.  
([http://www.sgm.gub.uy/index.php/documentos/doc\\_download/30-calculo-del-nssda-a-una-imagen-google-earth](http://www.sgm.gub.uy/index.php/documentos/doc_download/30-calculo-del-nssda-a-una-imagen-google-earth))
4. DA SILVA LIMA, Renato; DIAS PONS, Nívea Adriana; PALMA LIMA, Josiane. Google Earth para obtencion de mapas viários urbanos. Brasil: MundoGEO - Instituto GEOeduc, 2015.  
([http://www.geoeduc.com/google-earth-para-obtencion-de-mapas-viarios-urbanos/?utm\\_campaign=google+earth+re+01&utm\\_medium=email&utm\\_source=RD+Station](http://www.geoeduc.com/google-earth-para-obtencion-de-mapas-viarios-urbanos/?utm_campaign=google+earth+re+01&utm_medium=email&utm_source=RD+Station))
5. Especificaciones Técnicas - Sistemas de Referencia y Sistemas de Proyecciones. Uruguay: Infraestructura de Datos Espaciales de Uruguay, 2011.  
([http://ide.uy/wps/wcm/connect/f747910040a1150ebbc7ffff29651486/SistemaReferencia\\_Proyecciones.pdf?MOD=AJPERES](http://ide.uy/wps/wcm/connect/f747910040a1150ebbc7ffff29651486/SistemaReferencia_Proyecciones.pdf?MOD=AJPERES))
6. Estándares de exactitud posicional (versión 3.0). México: Dirección General de Geografía, 2003.  
([http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/comite/geografia/geo\\_1/normas\\_tecnicas/Estandares\\_de\\_exactitud\\_posicional.pdf](http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/comite/geografia/geo_1/normas_tecnicas/Estandares_de_exactitud_posicional.pdf))
7. FAURE, Jorge; MENDEZ Rodolfo; BERMUDEZ, Hebenor; BARRETO Liliana; STRIEWE, Esteban; BLANCO, Danilo; DI LEONI Alberto; SANCHEZ, Mario. Evaluación de la exactitud geométrica absoluta del parcelario rural digital vectorial del departamento de Lavalleja. Uruguay: Universidad de la República - Facultad de Ingeniería / Dirección Nacional de Catastro, Marzo 2011.  
(<http://www.catastro.gub.uy/wp-content/uploads/2008/09/EXACTITUD-CARTOGRAFIA-RURAL.pdf>)

8. Geospatial Positioning Accuracy Standards - Part 3: National Standard for Spatial Data Accuracy. Estados Unidos: Federal Geographic Data Committee, 1998.  
(<https://www.fgdc.gov/standards/projects/FGDC-standards-projects/accuracy/part3/chapter3>)
9. GREENWALT, Clyde R; SHULTZ, Melvin E. Technical Report No. 96 - Principles of error theory and cartographic applications. Estados Unidos: United States Air Force - Aeronautical Chart and Information Center, Febrero de 1962. Re-impreso en Junio de 1968.  
(<http://earth-info.nga.mil/GandG/publications/tr96.pdf>)
10. MENDEZ BAILLO, Rodolfo; LOPEZ VAZQUEZ, Carlos. Evaluación de exactitud posicional horizontal y vertical de la Cartografía Oficial a escala 1:50.000. Uruguay; Servicio Geográfico Militar / LatinGEO, 2010.  
([http://www.thedigitalmap.com/~carlos/papers/rep10\\_3/EvaluacionDeExactitudPosicionalHorizontalyVerticalDeLaCartografiaOficial.pdf](http://www.thedigitalmap.com/~carlos/papers/rep10_3/EvaluacionDeExactitudPosicionalHorizontalyVerticalDeLaCartografiaOficial.pdf))
11. MENDEZ BAILLO, Rodolfo. Materiales del curso de Estadística y Geoestadística. Uruguay: Universidad de la República - Facultad de Ingeniería, 2013 / 2014.
12. Positional Accuracy Handbook - Using the National Standard for Spatial Data Accuracy to measure and report geographic data quality. Estados Unidos: Minnesota Planning, Octubre 1999.  
([http://www.mnplan.state.mn.us/pdf/1999/lmic/nssda\\_o.pdf](http://www.mnplan.state.mn.us/pdf/1999/lmic/nssda_o.pdf))
13. SUAREZ, Norbertino. Materiales del curso de Producción Cartográfica. Uruguay: Universidad de la República - Facultad de Ingeniería / Servicio Geográfico Militar, 2014.

## **PAGINAS WEB VISITADAS**

14. EnviroProjects Digital Initiative (epdi). Global UTM zones grid.  
(<http://www.enviroprojects.org/geospatial-services/gis-resources/global-utm-zones/view>)
15. European Commission. Universidad de Extremadura. Sextante. Grid Tools. Close Gaps.  
([https://joinup.ec.europa.eu/svn/sextante/soft/sextante\\_lib/tags/sextante\\_0.6/gridTools/src/es/unex/sextante/gridTools/closeGaps/CloseGapsAlgorithm.java](https://joinup.ec.europa.eu/svn/sextante/soft/sextante_lib/tags/sextante_0.6/gridTools/src/es/unex/sextante/gridTools/closeGaps/CloseGapsAlgorithm.java))
16. Federal Geographic Data Committee (FGDC). Geospatial Positioning Accuracy Standards, Part 3: National Standard for Spatial Data Accuracy (NSSDA).  
(<https://www.fgdc.gov/standards/projects/FGDC-standards-projects/accuracy/part3/index.html>)

17. Geoportal del Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO). Límites administrativos. Metadatos.  
(<http://190.0.131.125:8080/geonetwork/srv/es/metadata.show?uuid=c887a149-53f4-4020-8756-4150a60e971b>)
18. Geoportal del Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO). Límites administrativos. Shapefile.  
([http://190.0.131.125:8080/geoserver/geoportal\\_capas\\_base/ows?service=WFS&version=1.0.0&request=GetFeature&typeName=geoportal\\_capas\\_base:departamentos&outputFormat=SHAPE-ZIP](http://190.0.131.125:8080/geoserver/geoportal_capas_base/ows?service=WFS&version=1.0.0&request=GetFeature&typeName=geoportal_capas_base:departamentos&outputFormat=SHAPE-ZIP))
19. Geoportal del Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO). Red vial. Metadatos.  
(<http://190.0.131.125:8080/geonetwork/srv/es/metadata.show?uuid=c7ae535c-6732-4e12-8c49-cfc6d34a4675>)
20. Geoportal del Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO). Red vial. Shapefile.  
([http://190.0.131.125:8080/geoserver/inf\\_tte\\_tteolog\\_terrestre/ows?service=WFS&version=1.0.0&request=GetFeature&typeName=inf\\_tte\\_tteolog\\_terrestre:v\\_camineria\\_nacional&outputFormat=SHAPE-ZIP](http://190.0.131.125:8080/geoserver/inf_tte_tteolog_terrestre/ows?service=WFS&version=1.0.0&request=GetFeature&typeName=inf_tte_tteolog_terrestre:v_camineria_nacional&outputFormat=SHAPE-ZIP))
21. Geoportal del Servicio Geográfico Militar. Mapas. Descargas. Cartografía. PCN 1:50.000.  
(<http://www.sgm.gub.uy/geoportal/index.php/mapas/descargas/cartografia/pcn150000>)
22. Google Code. Universidad de Extremadura. Sextante. GridTools. CloseGaps.  
([http://sextante.googlecode.com/svn=/tags/SEXTANTE\\_1\\_0\\_1/docs/xml/en/es.unex.sextante.gridTools.closeGaps/closegaps.xml](http://sextante.googlecode.com/svn=/tags/SEXTANTE_1_0_1/docs/xml/en/es.unex.sextante.gridTools.closeGaps/closegaps.xml))
23. Google Uruguay.  
(<https://www.google.com.uy>)
24. Infraestructura de Datos Espaciales de Uruguay (IDEuy). Recomendaciones. Sistema de Referencia y Sistema de Proyecciones.  
([http://ide.uy/wps/wcm/connect/f747910040a1150ebbc7fff29651486/SistemaReferencia\\_Proyecciones.pdf?MOD=AJPERES](http://ide.uy/wps/wcm/connect/f747910040a1150ebbc7fff29651486/SistemaReferencia_Proyecciones.pdf?MOD=AJPERES))
25. MathWorks. MATLAB.  
(<http://www.mathworks.com/products/matlab/>)
26. Plan Ceibal. Población y muestra.  
([http://www.ceibal.edu.uy/contenidos/areas\\_conocimiento/mat/estadistica/poblacin\\_y\\_muestra.html](http://www.ceibal.edu.uy/contenidos/areas_conocimiento/mat/estadistica/poblacin_y_muestra.html))

27. Portal gvSIG. Eventos. Jornadas Uruguay. 3as Jornadas (Octubre 2014). Ponencias y artículos. Cartografía de la Red Vial Departamental – convenios 370 y 371. Grabación.  
(<https://www.youtube.com/watch?v=QqEMsyYg2JU>)
28. Portal gvSIG. Eventos. Jornadas Uruguay. 3as Jornadas (Octubre 2014). Ponencias y artículos. Cartografía de la Red Vial Departamental – convenios 370 y 371. Material presentado.  
(<http://downloads.gvsig.org/download/events/jornadas-uruguay/2014/ponencias/3J-Uruguay-RedVialRuralDepartamental.pdf>)
29. SlideShare.  
(<http://www.slideshare.net/>)
30. Théoriser et Modéliser pour Aménager (ThéMA). Darcy.  
(<http://thema.univ-fcomte.fr/16-categories-en-francais/cat-productions-fr/cat-logiciels-fr/294-art-darcy>)
31. Wikipedia. Coeficiente de correlación de Pearson.  
([https://es.wikipedia.org/wiki/Coeficiente\\_de\\_correlaci%C3%B3n\\_de\\_Pearson](https://es.wikipedia.org/wiki/Coeficiente_de_correlaci%C3%B3n_de_Pearson))
32. Wikipedia. Coeficiente de correlación de Spearman.  
([https://es.wikipedia.org/wiki/Coeficiente\\_de\\_correlaci%C3%B3n\\_de\\_Spearman](https://es.wikipedia.org/wiki/Coeficiente_de_correlaci%C3%B3n_de_Spearman))
33. Wikipedia. Globo virtual.  
([https://es.wikipedia.org/wiki/Globo\\_virtual](https://es.wikipedia.org/wiki/Globo_virtual))
34. Wikipedia. Google Earth  
([https://es.wikipedia.org/wiki/Google\\_Earth](https://es.wikipedia.org/wiki/Google_Earth))
35. Wikipedia. Keyhole, Inc.  
([https://en.wikipedia.org/wiki/Keyhole,\\_Inc](https://en.wikipedia.org/wiki/Keyhole,_Inc))
36. Wikipedia. Marble.  
(<https://es.wikipedia.org/wiki/Marble>)
37. Wikipedia. Muestra estadística.  
([https://es.wikipedia.org/wiki/Muestra\\_estad%C3%ADstica](https://es.wikipedia.org/wiki/Muestra_estad%C3%ADstica))
38. Wikipedia. NASA World Wind.  
([https://es.wikipedia.org/wiki/NASA\\_World\\_Wind](https://es.wikipedia.org/wiki/NASA_World_Wind))
39. Wikipedia. Población estadística.  
([https://es.wikipedia.org/wiki/Poblaci%C3%B3n\\_estad%C3%ADstica](https://es.wikipedia.org/wiki/Poblaci%C3%B3n_estad%C3%ADstica))

**Todos los enlaces fueron consultados por última vez en Setiembre de 2015.**

# ANEXO A

## COORDENADAS

UTM huso 21				416943	6424078	416937	6424093	450448	6390742	450448	6390738
X-GE	Y-GE	X-GPS	Y-GPS	421728	6219980	421727	6219987	450698	6530260	450690	6530268
371937	6254181	371935	6254183	422654	6393154	422654	6393150	452624	6224922	452624	6224933
375321	6321668	375323	6321668	422871	6251325	422846	6251331	453651	6429838	453639	6429860
375735	6303450	375734	6303458	422915	6567471	422924	6567509	454495	6289350	454490	6289362
378810	6250827	378806	6250830	423121	6185280	423125	6185282	457161	6342079	457166	6342095
383247	6272124	383241	6272128	423265	6531211	423270	6531221	459234	6628674	459229	6628698
384010	6334273	384020	6334261	424993	6309043	424988	6309054	460576	6585931	460665	6585897
385100	6232410	385095	6232419	425757	6505071	425750	6505084	460751	6250559	460743	6250573
385881	6282186	385869	6282171	425772	6233798	425769	6233811	461700	6204629	461697	6204642
390669	6413695	390662	6413707	427194	6597469	427193	6597474	461807	6412310	461795	6412287
392200	6299376	392200	6299383	427625	6247587	427642	6247589	462173	6444326	462184	6444340
394540	6243871	394531	6243877	427655	6547357	427652	6547359	462446	6374587	462452	6374587
395670	6395934	395670	6395931	429954	6196353	429952	6196370	463355	6510821	463356	6510827
396678	6450479	396672	6450493	430199	6379421	430189	6379420	463592	6356436	463595	6356437
396671	6334194	396672	6334197	431847	6618172	431929	6618164	464825	6559645	464829	6559655
397044	6432383	397043	6432398	432279	6350772	432280	6350776	464889	6306442	464885	6306431
397065	6380575	397064	6380578	432659	6601484	432653	6601499	466132	6415997	466112	6416003
397373	6228195	397369	6228211	434530	6274668	434520	6274681	466990	6219196	466983	6219207
399171	6259282	399161	6259289	434568	6300100	434557	6300116	467468	6190954	467460	6190965
399714	6266077	399712	6266060	435745	6334636	435750	6334643	468074	6236010	468065	6236023
400639	6517842	400639	6517852	437640	6218388	437639	6218398	468197	6286568	468189	6286582
402496	6478184	402499	6478213	438762	6404394	438759	6404402	469337	6322322	469332	6322329
403708	6321888	403699	6321890	439587	6449457	439567	6449468	470037	6604038	470019	6604051
404077	6216461	404070	6216473	440035	6364497	440035	6364481	470316	6648756	470321	6648761
404162	6295718	404165	6295730	440501	6658996	440498	6659006	471129	6260350	471119	6260362
404746	6402748	404744	6402759	440905	6638080	440898	6638078	471925	6396258	471923	6396255
405435	6318576	405427	6318587	442745	6510266	442745	6510279	474456	6344293	474457	6344298
407955	6351003	407953	6351008	443105	6470132	443093	6470146	476021	6471227	476024	6471252
410253	6233260	410249	6233273	443444	6244773	443440	6244783	476172	6535950	476169	6535959
410536	6276197	410535	6276210	444453	6262097	444443	6262106	478705	6210126	478698	6210141
410935	6246774	410954	6246784	444584	6206022	444580	6206037	478959	6279726	478954	6279748
412627	6369415	412629	6369414	445350	6583869	445450	6583885	480020	6504515	480008	6504524
413379	6450085	413372	6450100	445806	6400474	445813	6400471	483644	6304436	483641	6304453
413829	6260678	413846	6260686	446234	6483470	446231	6483473	483717	6584436	483707	6584446
414472	6518729	414476	6518741	446970	6191477	446964	6191493	483778	6334445	483804	6334438
415340	6291839	415336	6291848	448203	6550038	448200	6550046	484475	6244315	484471	6244333
415410	6336609	415406	6336624	448255	6319221	448260	6319232	484555	6188676	484551	6188684
416152	6478193	416145	6478208	448431	6602600	448424	6602604	484670	6228287	484670	6228302
416523	6201841	416519	6201847	448567	6238652	448563	6238665	485786	6316870	485780	6316886

486026	6332185	486024	6332199
486716	6354003	486710	6354015
486965	6627405	487002	6627412
487025	6188906	487030	6188923
487890	6267863	487885	6267876
488443	6395673	488443	6395663
488719	6609855	488712	6609875
489344	6202777	489342	6202786
489656	6369513	489654	6369515
490883	6418325	490881	6418313
490920	6240419	490929	6240406
491326	6242985	491329	6243002
491519	6242292	491528	6242285
491956	6294377	491945	6294390
492072	6214251	492068	6214262
492481	6658801	492490	6658841
492545	6516492	492540	6516502
492797	6201980	492795	6201987
494642	6431281	494634	6431292
494639	6218039	494637	6218052
496264	6251550	496260	6251562
496321	6277085	496316	6277095
496470	6483694	496462	6483710
498613	6259293	498605	6259304
498662	6594653	498666	6594658
499322	6317747	499326	6317760
500768	6302214	500773	6302210
501222	6209357	501207	6209373
501597	6223731	501594	6223740
501629	6450626	501631	6450634
501867	6174238	501854	6174255
503288	6189174	503280	6189179
503812	6420185	503806	6420191
506251	6291435	506248	6291444
506357	6268745	506356	6268746
506385	6279574	506387	6279581
506801	6245701	506800	6245698
506996	6628347	507032	6628356
507126	6338415	507122	6338424
507259	6385252	507253	6385244
507881	6472423	507875	6472444
508214	6416627	508208	6416639
509341	6613682	509394	6613702
510513	6646979	510550	6646983

510560	6567690	510552	6567703
510729	6230700	510726	6230714
511437	6542524	511438	6542532
512746	6253870	512742	6253873
513116	6180356	513114	6180361
513981	6196244	513977	6196253
514720	6310613	514723	6310612
514900	6364954	514904	6364953
515425	6205614	515481	6205583
516585	6280478	516586	6280472
516674	6217087	516670	6217100
516793	6400735	516794	6400736
517732	6503967	517737	6503965
517949	6592240	517959	6592241
518511	6267356	518513	6267360
518622	6560735	518607	6560728
518779	6295646	518780	6295642
519613	6660635	519611	6660646
520683	6524129	520670	6524140
521130	6162151	521130	6162153
521340	6320853	521337	6320864
522507	6248751	522512	6248758
522744	6185442	522744	6185456
523389	6360992	523378	6360999
523425	6242583	523416	6242605
525406	6441329	525410	6441335
526675	6172976	526679	6172977
526758	6415729	526763	6415718
526777	6279456	526777	6279458
527629	6208959	527631	6208970
527715	6417407	527737	6417427
527940	6226671	527928	6226685
528596	6270078	528596	6270079
529309	6458665	529309	6458672
529557	6383551	529555	6383557
530839	6193635	530854	6193623
531183	6288286	531185	6288283
531266	6341025	531259	6341040
531359	6543165	531347	6543174
531636	6629035	531636	6629051
532209	6611216	532199	6611220
532943	6261667	532934	6261658
533556	6578079	533550	6578102
534057	6398912	534067	6398904

534231	6477564	534230	6477567
535159	6233494	535181	6233490
535758	6304148	535770	6304158
538850	6175496	538850	6175502
539169	6199317	539165	6199331
539200	6371909	539197	6371920
540650	6305301	540650	6305315
540742	6276544	540743	6276548
541049	6218342	541054	6218340
541219	6263097	541222	6263098
541528	6566977	541538	6566990
543610	6164772	543607	6164784
544313	6638837	544312	6638849
544319	6421466	544344	6421458
544451	6601769	544448	6601791
545421	6471936	545416	6471943
545759	6251991	545771	6251990
546190	6251496	546188	6251500
546599	6505192	546586	6505203
547495	6366011	547491	6365986
547920	6411111	547926	6411118
548140	6328827	548135	6328801
548219	6225904	548210	6225910
549326	6266963	549336	6266970
550708	6167368	550704	6167375
550924	6207018	550923	6207026
551055	6435295	551035	6435307
551388	6267437	551385	6267445
552236	6581122	552243	6581140
552688	6188607	552691	6188613
553398	6302908	553391	6302912
555201	6179631	555197	6179640
555327	6217466	555321	6217480
555458	6239524	555453	6239533
555463	6191427	555460	6191438
556860	6531499	556829	6531490
558092	6572953	558090	6572950
558348	6153990	558352	6153999
558421	6339493	558439	6339500
558636	6195597	558635	6195607
558867	6623366	558866	6623383
558973	6315058	558971	6315062
560164	6503370	560167	6503367
560903	6452179	560892	6452187



563105	6553515	563114	6553527
564400	6275134	564397	6275147
565161	6450750	565163	6450742
566178	6488180	566145	6488191
567078	6356681	567072	6356689
567122	6166495	567115	6166510
567182	6591554	567164	6591552
567842	6305746	567818	6305762
569540	6475850	569569	6475852
569839	6178205	569833	6178226
569875	6521948	569860	6521953
570808	6474960	570802	6474975
571035	6153855	571029	6153867
572175	6428226	572167	6428228
572356	6287381	572356	6287395
573119	6605587	573128	6605598
573216	6199130	573213	6199149
575171	6571407	575173	6571404
576690	6186942	576685	6186965
577596	6326232	577590	6326243
578668	6226611	578664	6226625
579394	6275506	579391	6275524
579489	6197207	579479	6197215
580036	6539694	580033	6539687
580786	6249292	580784	6249304
581415	6168295	581410	6168307
584044	6396643	584040	6396653
584129	6153514	584125	6153529
585145	6555855	585148	6555851
586356	6578737	586366	6578746
586780	6179575	586772	6179592
588346	6519175	588337	6519186
589291	6349633	589283	6349610
590208	6142189	590206	6142201
591412	6499178	591405	6499191
592335	6313003	592326	6313015
594161	6548754	594165	6548750
595523	6188683	595521	6188690
595818	6262785	595812	6262785
595932	6157323	595927	6157338
596088	6206083	596087	6206079
596226	6206267	596218	6206278
597532	6336621	597521	6336639
598412	6288238	598416	6288234

598761	6232694	598786	6232703
599319	6170987	599321	6171002
600197	6465102	600191	6465111
601401	6527877	601375	6527891
604625	6370995	604616	6371013
606082	6552550	606069	6552552
606328	6150388	606319	6150391
607440	6185351	607431	6185371
607778	6530912	607771	6530901
607881	6436639	607885	6436645
609180	6391304	609178	6391316
609242	6161099	609237	6161108
611942	6348958	611929	6348975
613102	6197909	613101	6197921
613322	6298105	613316	6298123
613543	6461859	613546	6461859
614113	6225655	614107	6225658
614976	6408395	614962	6408399
615052	6177540	615048	6177547
615194	6325878	615187	6325898
616358	6280845	616355	6280867
617177	6515564	617170	6515560
618944	6561544	619143	6561522
619214	6544064	619230	6544065
619726	6259119	619701	6259136
620149	6163120	620145	6163127
620580	6188938	620568	6188951
620921	6492278	620922	6492312
621189	6371407	621175	6371414
621289	6239293	621287	6239301
622577	6309982	622584	6309990
626774	6176825	626770	6176839
626856	6151512	626852	6151541
627464	6210481	627453	6210491
627673	6384057	627663	6384068
628377	6552537	628385	6552549
628504	6456635	628496	6456648
629102	6584520	629105	6584525
629276	6212727	629257	6212728
629490	6218936	629487	6218944
629558	6333804	629550	6333820
630249	6355331	630256	6355353
630253	6490224	630256	6490222
633014	6308419	633011	6308432

633127	6199553	633127	6199549
633838	6565321	633830	6565318
633999	6192545	633990	6192550
634746	6184072	634716	6184069
636942	6157418	636937	6157444
637018	6263389	636956	6263299
637031	6530077	637029	6530071
637404	6167898	637404	6167905
638855	6288833	638845	6288842
639475	6168636	639470	6168634
640272	6222735	640269	6222733
640751	6205320	640748	6205318
641592	6397745	641587	6397752
641877	6578967	641874	6578965
643001	6323829	643001	6323840
643391	6161865	643415	6161807
643724	6270655	643723	6270664
643852	6424395	643853	6424409
644956	6339570	644956	6339579
645399	6508400	645396	6508398
650882	6483033	645451	6482008
645804	6188667	645815	6188672
645933	6373684	645931	6373701
646113	6563448	646115	6563440
646142	6150059	646136	6150073
646674	6478229	646675	6478237
648171	6148959	648168	6148978
649751	6172886	649760	6172889
650413	6462472	650399	6462506
651901	6250536	651891	6250551
651919	6250489	651918	6250485
653218	6314913	653207	6314926
654350	6278997	654351	6279005
656193	6220497	656194	6220494
656591	6546133	656589	6546132
657381	6352046	657401	6352014
658675	6443167	658676	6443166
658924	6194939	658925	6194935
659554	6137643	659561	6137657
660353	6370984	660347	6370996
661663	6334532	661650	6334533
662044	6173154	662035	6173165
662518	6498209	662514	6498208
663242	6180130	663239	6180135

664277	6411997	664277	6412008	700361	6185112	700347	6185142	728973	6177712	728979	6177717
664358	6528233	664375	6528231	701118	6267958	701126	6267953	729216	6342566	729214	6342568
664483	6153183	664490	6153188	701331	6426110	701334	6426116	730131	6215668	730122	6215679
665701	6290542	665697	6290553	702857	6477805	702862	6477799	730188	6297312	730191	6297322
666541	6407105	666546	6407106	703068	6142570	703071	6142586	730697	6311371	730685	6311388
667193	6462165	667129	6462182	703238	6155283	703239	6155289	731863	6438063	731858	6438065
669318	6166070	669333	6166096	703568	6213630	703562	6213626	735508	6510273	735510	6510272
671189	6303626	671184	6303628	704739	6205514	704731	6205524	737990	6170152	737989	6170168
671416	6302781	671413	6302779	705458	6519493	705468	6519491	738070	6202421	738069	6202444
673894	6259938	673899	6259938	705628	6495374	705628	6495371	739130	6367918	739133	6367935
674190	6334439	674187	6334453	705823	6167100	705818	6167115	741481	6248589	741473	6248601
674782	6537281	674803	6537294	706388	6391643	706394	6391643	741595	6399866	741595	6399866
675693	6428431	675710	6428420	707355	6339380	707350	6339377	746446	6184076	746447	6184090
675899	6139322	675896	6139338	709171	6364059	709157	6364064	747354	6277832	747352	6277828
676709	6369191	676697	6369205	710048	6458604	710039	6458624	748665	6328945	748672	6328959
677043	6240012	677048	6240008	710205	6410206	710207	6410200	750043	6276832	750039	6276836
677046	6317641	677052	6317627	710744	6220397	710742	6220417	750072	6413978	750075	6413978
677911	6230571	677912	6230575	710761	6193137	710762	6193153	750316	6223159	750317	6223169
678064	6387578	678076	6387576	710824	6297397	710826	6297398	750449	6479885	750444	6479896
678644	6179659	678690	6179918	715153	6178683	715146	6178696	750573	6297689	750566	6297691
679531	6300516	679529	6300515	715715	6468720	715709	6468716	753010	6445330	753017	6445331
679787	6158656	679788	6158664	715788	6302716	715787	6302726	753362	6343758	753359	6343772
680488	6349765	680486	6349777	716226	6159975	716222	6159991	758021	6380878	758008	6380881
680936	6201103	680931	6201096	716448	6369085	716442	6369084	758716	6369246	758716	6369257
681334	6219629	681332	6219641	716992	6146033	716991	6146042	759516	6244095	759517	6244112
681862	6508024	681865	6508022	718165	6234566	718168	6234571	760642	6160176	760640	6160188
682297	6491759	682301	6491745	719613	6445653	719619	6445647	761038	6206737	761041	6206761
682526	6479029	682526	6479021	719611	6445654	719619	6445647	761143	6183980	761139	6183989
682890	6344798	682884	6344815	720045	6219360	720044	6219375	762606	6315386	762615	6315372
683465	6145661	683462	6145674	720821	6326549	720809	6326563	763952	6168444	763955	6168454
684380	6188118	684373	6188126	720883	6281553	720878	6281550	764028	6286758	764024	6286771
685368	6335706	685368	6335699	721936	6190775	721943	6190781	764818	6300901	764819	6300898
686568	6444372	686584	6444368	723276	6251650	723278	6251653	767195	6424903	767201	6424905
689480	6184889	689479	6184904	723383	6355860	723376	6355873	771879	6405093	771874	6405093
689429	6470149	689482	6470173	729919	6474779	724464	6475754	772779	6278584	772775	6278595
689823	6133474	689814	6133480	724787	6147524	724749	6147518	773460	6463379	773476	6463396
690804	6169570	690792	6169570	725059	6169153	725049	6169164	773701	6330861	773708	6330868
691962	6287305	691980	6287311	725293	6205730	725290	6205743	777104	6347661	777114	6347662
693055	6154329	693035	6154340	725435	6490533	725437	6490530	<b>UTM huso 22</b>			
694047	6315215	694041	6315214	725867	6388246	725864	6388240	<b>X-GE</b>	<b>Y-GE</b>	<b>X-GPS</b>	<b>Y-GPS</b>
696547	6380133	696555	6380143	726292	6187970	726282	6187988	219062	6446411	219056	6446425
696751	6364771	696725	6364783	726663	6162379	726662	6162391	221039	6389754	221044	6389753
698071	6352704	698068	6352714	727319	6231221	727314	6231231	226222	6417377	226217	6417387
699663	6244676	699671	6244669	728735	6418779	728736	6418773	227350	6262195	227343	6262206

230069	6227163	230063	6227170
230174	6313162	230164	6313163
230403	6359025	230397	6359031
231542	6344894	231537	6344900
232748	6185309	232749	6185317
233710	6303938	233705	6303936
236092	6398762	236094	6398779
239686	6437990	239695	6438001
240524	6374151	240521	6374146
240966	6201965	240969	6201979
241257	6246706	241220	6246709
241980	6327556	241976	6327552
245030	6412968	245020	6412983
245179	6371298	245183	6371317
245977	6276585	245951	6276594
246928	6296915	246916	6296927
250290	6218564	250285	6218569
250774	6322257	250763	6322262
251324	6341947	251320	6341947
258349	6357475	258342	6357488
261482	6231548	261477	6231551
261854	6388602	261845	6388618
263108	6270353	263101	6270364
266969	6251306	266964	6251317
267268	6370038	267264	6370045
278429	6361627	278436	6361633
283755	6379499	283758	6379492

Tabla 5: Coordenadas de las muestras, Uruguay.  
*gvSIG + Sextante.*

## ANEXO B

### MATLAB

#### Función “epp”

Encabezado. Salida. Entrada: Nombre del archivo de coordenadas.  
Lectura de archivo de coordenadas.  
Cálculo de  $E_x$ .  
Cálculo de  $E_y$ .  
Detección-eliminación de *outliers*. Bucle “while”.  
    Mediana de  $E_x$ .  
    Mediana de  $E_y$ .  
Detección de *outliers*. Bucle “for”.  
    Criterio de la mediana. Estructura de control “if”.  
    Eliminación de *outliers*.  
Test de aleatoriedad de  $E_x$ . (Anexo C).  
Test de aleatoriedad de  $E_y$ . (Anexo C).  
Test de normalidad de  $E_x$ . (Anexo C).  
Test de normalidad de  $E_y$ . (Anexo C).  
Coeficiente de correlación entre  $E_x$  y  $E_y$ . (Anexo C).  
Cálculo de  $E_r$ .  
Cálculo de  $RMSE_x$ .  
Cálculo de  $RMSE_y$ .  
Cálculo de  $RMSE_{min}$  y de  $RMSE_{max}$ . Estructura de control “if”.  
Cálculo de  $RMSE_{min}/RMSE_{max}$ .  
Cálculo de  $RMSE_r$ .  
Estructura de control “if”  
    Cálculo de  $NSSDA_r$ .  
Salida: Vector de resultados.

#### Script “epp\_uy”

Lectura de archivo contenedor de el/los nombre/s del/de los archivo/s de coordenadas.  
Bucle “for”.  
    Vector preliminar: Invocación de la función “epp”.  
    Matriz preliminar: Concatenación de vectores preliminares.  
Escritura de archivo contenedor de la matriz preliminar.

## ANEXO C

### MATRIZ PRELIMINAR

ARTIGAS	23	0	0	0	0	0.023	8	13	0.6	16	26
CANELONES	30	0	0	0	0	-0.210	6	14	0.4	15	24
CERRO LARGO	30	0	0	0	0	-0.304	9	9	0.9	12	22
COLONIA	28	0	0	0	0	-0.080	5	12	0.4	13	21
DURAZNO	25	0	0	0	0	-0.008	9	13	0.7	16	27
FLORES	30	0	0	0	0	-0.350	6	9	0.7	10	18
FLORIDA	27	0	0	0	0	0.007	5	12	0.4	13	21
LAVALLEJA	28	0	0	0	0	0.090	7	4	0.6	8	14
MALDONADO	27	0	0	0	0	0.259	7	13	0.6	15	25
PAYSANDU	27	0	0	0	0	-0.084	9	13	0.7	16	27
RIO NEGRO	29	0	0	0	0	-0.311	5	7	0.7	8	14
RIVERA	20	0	0	0	0	-0.066	7	3	0.4	8	13
ROCHA	27	0	0	0	0	0.224	5	12	0.4	13	22
SALTO	21	0	0	0	0	0.168	8	10	0.8	12	21
SAN JOSE	26	0	0	0	0	-0.428	6	11	0.5	13	21
SORIANO	26	0	0	0	0	-0.119	8	12	0.7	14	24
TACUAREMBO	26	0	0	0	0	-0.581	8	13	0.6	15	25
TREINTA Y TRES	30	0	0	0	0	-0.142	7	10	0.7	12	20

Tabla 6: Matriz preliminar, características de las muestras y resultados.  
MATLAB.

- En la 2da. columna, el tamaño de las muestras luego del proceso de detección-eliminación de *outliers* aplicando el criterio de la mediana.
- En la 3ra. columna, el resultado de aplicar a  $E_x$  el test de aleatoriedad de rachas por encima y por debajo del promedio. El valor 0 indica que la hipótesis nula no se rechaza, para un nivel de confianza del 95%.
- En la 4ta. columna, el resultado de aplicar a  $E_y$  el test de aleatoriedad de rachas por encima y por debajo del promedio.
- En la 5ta. columna, el resultado de aplicar a  $E_x$  el test de normalidad de Kolmogorov-Smirnov. El valor 0 indica que la hipótesis nula no se rechaza, para un nivel de confianza del 95%.
- En la 6ta. columna, el resultado de aplicar a  $E_y$  el test de normalidad de Kolmogorov-Smirnov.

- En la 7ma. columna, el coeficiente de correlación por rangos de Spearman entre  $E_x$  y  $E_y$ .
- En la 8va. columna, el valor en metros de  $RMSE_x$ .
- En la 9na. columna, el valor en metros de  $RMSE_y$ .
- En la 10ma. columna, el cociente  $RMSE_{min}/RMSE_{max}$ .
- En la 11ra. columna, el valor en metros de  $RMSE_r$ .
- En la 12da. columna, el valor de  $NSSDA_r$ , para un nivel de confianza del 95%.