

Georeferenciación de Plano de 1886 y Detectar Cambios entre Varios Años en la Ensenada Honda, Culebra, PR

*Rafael J. Rosado Martínez
Maestría en Ciencia y Tecnología Geoespacial
Prof. Raúl Matos
Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental y Agrimensura
Universidad Politécnica de Puerto Rico*

Abstracto — *En el presente estudio se aplican una serie de métodos para poder georeferenciar un plano de 1886 en la Ensenada Honda de la Isla de Culebra en Puerto Rico realizado por ingenieros españoles y con fotos área en formato raster de diferentes épocas, con la identificación de puntos en el terreno con equipo de Sistema de Posicionamiento Global se identificaron colindancias del plano que son existente alrededor de la isla, diferentes capas de información de años recientes y utilizando el sistemas de coordenadas North American Datum 1983 se realiza el estudio. Se utilizan programas de Sistemas de Información Geográfico, solapando las capas, analizando todo los datos encontrados y realizando controles de calidad en diferentes áreas del plano comparando los con datos de métodos precisos se puede determinar las variaciones o similitudes de la zona.*

Términos Claves — *Control de Calidad, Fotos Aéreas, Georeferenciación, Plano Histórico, Sistemas de Información Geográfico.*

PROBLEMA

Culebra fue descubierta en el segundo viaje de Cristóbal Colón. Durante los primeros años de la colonización española, la isla fue utilizada como refugio por los Indios Taínos y los Caribe. Sin embargo, no fue hasta 1879, que el gobernador Eugenio Despujols Murray, anunció, por medio de una circular, la intención de colonizar la pequeña isla. En 1880 se inician los procesos de colonización, por su labor los colonos recibían parcelas de tierras con la condición de defender la isla y residirla. La división de solares comenzó en el 1887. [1]

En 1898 Puerto Rico fue invadido por Estados Unidos y el presidente de EU Theodore Roosevelt proclamo que todos los terrenos públicos pasarían a

la Marina de los EU. En 1975 estos terrenos pasaron a ser parte del Gobierno de Puerto Rico (GPR) cuando la Marina abandona la isla. [1]

En el año 2000 GPR realizo construcciones a lo largo de la costa de la Ensenada Honda, los terrenos alegados en titularidad del Estado libre Asociado se alega que se encontraban erróneamente geoposicionados y que debido a la erosión en las costas de la isla ocasionadas por el mar, estos terrenos estén sumergidos por las aguas de la Ensenada Honda. La alegación está basada en el hecho que los dibujos de referencia los cuales se han utilizado en este caso, parten de un plano geográfico matriz el cual se levantó en la Isla de Culebra para el año de 1886. [2] Este muestra terrenos segregados, denominados como Parcela número 85, localizados gráficamente aleados al litoral costero oeste de la Ensenada Honda.

Residentes del lugar indican cambios en el litoral costero de la Ensenada Honda en la Isla de Culebra en los últimos ciento veinte (120) años motivados por la erosión del mar moviendo la costa hacia el oeste, localizando los terrenos dentro del mar absorbiendo los mismos.

OBJETIVOS

Los objetivos de este análisis son los siguientes:

- Georeferenciación precisa del plano de 1886 de la Isla de Culebra. [2]
- Identificar en foto aérea año 2007 y en visitas al campo con GPS colindancias en común con el plano de 1886 de la Isla de Culebra. [2]
- Detectar cambios en diferentes años desde 1887 con el plano de Culebra contra fotos aéreas de 1964 [3] y 2007. [4] Realizando un control de calidad en diferentes puntos de la isla.

JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Para detectar si los terrenos en la costa de la Ensenada Honda se han visto afectados por cambios por el paso del tiempo, es importante georeferenciar el plano, ya que ha habido varias construcciones del gobierno e invasiones de terrenos. Existe esa discrepancia entre quien es el titular de los solares en la costa.

REVISIÓN DE LA LITERATURA

La tendencia a encontrar erosión o cambios geográficos en las costas se debe entre otros a eventos atmosféricos significativos ocurridos con el pasar del tiempo. Según Ojeda (2001), se entiende por erosión costera la modificación (retroceso) de la línea de la costa preexistente con la consiguiente pérdida de sedimentos. [5] Estos eventos atmosféricos serían eventos de alta intensidad como temporales, tsunamis y huracanes que conlleven inundaciones.

Se ha determinado que la introducción de mapas históricos ha sido fundamental en la detección de cambios con temporales y comparar los mismos con mapas o imágenes actuales. Los mapas históricos ofrecen otro tipo de información no escrita que ayuda a la toma de decisiones del área de estudio. Los mapas incluyen datos de coordenadas, tiempo de creación y métodos precisos cartográficos que ayudan a la identificación de elementos en el mapa. [6] En Chicago se realizó un proyecto para mostrar características en la cuadrícula según la guía del mapa del año 1868 y compararlo con la guía del año de 1997. En este proyecto se puede identificar algunos de los métodos para georeferenciar mapas históricos. El cómo una vez digitalizado el mapa se identifica las coordenadas o controles del mismo y lugares existente al día de hoy para sobre poner el mapa y establecer una precisión del mismo. Una vez identificados los controles se realizan unos ajustes al mapa para minimizar el error de encogimiento y estiramiento del mapa. [6] Incluir esto en los Sistemas de Información Geográfica como una capa ofrece información visual, análisis y

permite identificar cambios o similitudes entre dos imágenes. Se pueden convertir líneas del mapa en vectores para poder establecer rutas o colindancias históricas.

Con la combinación de datos históricos y datos actuales se puede realizar una georeferenciación precisa comparando las distancias del mapa con las distancias en una mensura reciente para poder determinar y analizar el área.

MARCO TEÓRICO

La Isla de Culebra desde 1886 hasta el presente a recibido una serie de eventos atmosféricos particularmente Huracanes que han sido impactantes para los residentes.

Métodos o Procedimientos

Se encontraron visualmente similitudes del plano de 1886 [5] contra la foto aérea de 2007 [4]. Luego de encontrar las similitudes en la foto se procedió a visitar la Isla para coleccionar puntos con GPS para establecer coordenadas en el Sistema NAD-83. También se coleccionó información de diferentes puntos en la Isla para referencias.

Se digitalizó el plano de 1887 y se puso a escala con las informaciones de distancias y ángulos que tiene el mismo. Con esto se obtuvo una buena precisión en las dimensiones del mapa y con los puntos coleccionados en el campo se pudo georeferenciar el plano. Se visitó la Autoridad de Carreteras, Oficina de Sistemas de Información Geográfica para solicitar fotografías aéreas antiguas en sistema de coordenadas NAD-83 para realizar un análisis de comparación entre varios años de diferencias y ver el resultado en el Área de la Ensenada Honda. También se visitó la Autoridad de Edificios Públicos para la obtención del plano de mensura de la Escuela Ecológica en la costa de la Ensenada para incluirlos en la comparación de las imágenes raster.

La información coleccionada se colocó en capas en el programa de ArcMap y con el mismo se realizó el análisis de detección de cambio en el área sujeto.

ANÁLISIS

El programa utilizado para georeferenciar el plano de 1886 [1] de la Isla de Culebra y realizar el estudio de terrenos fue el ArcGIS versión 10.3.

El análisis se realizó con los siguientes pasos:

1. Se dibujó una línea de 4,500 metros con un ángulo de 180 grados desde la esquina noreste (NE) del solar número 28 hasta la esquina noroeste (NW) del solar número 43. Se dibujó una línea de 1,500 metros desde la esquina noreste (NE) del solar número 28 con un ángulo de 180 grados hasta la esquina noroeste (NW) del solar número 14 y otra con un ángulo de 270 grados de 2,625 metros desde la esquina noroeste (NW) del solar número 14 hasta la esquina sureste (SE) del solar número 73. Se llevó a escala el plano de la corona de 1887 utilizando el programa "ArcGIS", con el siguiente procedimiento:
 - Se inserta el plano de la corona escaneado al programa "ArcGIS".

- Se identifica en el plano las esquinas de los solares antes mencionados de donde se dibujaron las líneas de 4,500 metros y la de 2,625 metros.
- Se lleva el plano desde la esquina noreste (NE) del solar número 28 hacia el inicio de la línea de 4,500 metros dibujada y la esquina noroeste (NW) del solar número 43 hacia el final de la misma línea.
- Luego sin que se mueva el plano de las dos esquinas del paso anterior, se identifica la esquina sureste (SE) del solar número 73 y se lleva al final de la línea de 2,625 metros dibujada.

Con este procedimiento se lleva el plano a escala y se puede corroborar cualquier dimensión del plano con una escala métrica y va a concordar con las dimensiones escritas en el plano de la corona de 1886 [1]. (Ver Figura 1)

2. Al tener el plano en escala se procede a georeferenciar el mismo utilizando foto aérea del 2007 [4] y parcelario del Centro de

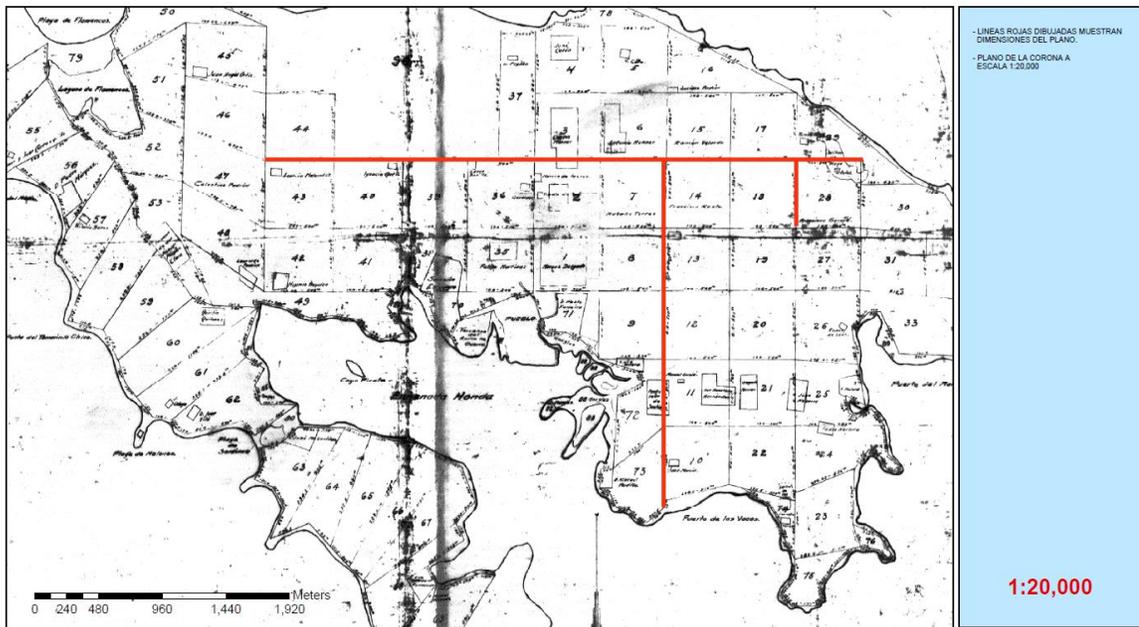


Figura 1
Líneas Rojas muestran Dimensiones del Plano a Escala Real

Recaudación de Ingresos Municipales (CRIM) [7]. Este proceso se hizo buscando zonas similares del plano de la corona con el parcelario del CRIM y la fotografía aérea del 2007. En el análisis se encontró que las costas del catastro del CRIM, la foto aérea del 2007 [4] y la costa sur del solar núm. 41, solar núm. 32, la costa este del solar núm. 49 y la costa oeste del solar núm. 70 del plano de la corona son similares. Se procedió a georeferenciar el plano en

esa zona. Sobre poniendo las referidas costas del plano de la corona sobre la foto aérea del 2007 [4]. (Véase figura 2)

Otra fase del análisis de georeferenciación fue que se obtuvo de la Autoridad de Carretera en la Oficina de Fotogrametría la foto aérea de 1964 [3] de culebra para demostrar que la foto y el catastro del CRIM son similares en las costas y no habido ningún cambio desde entonces. (Ver figura 3)

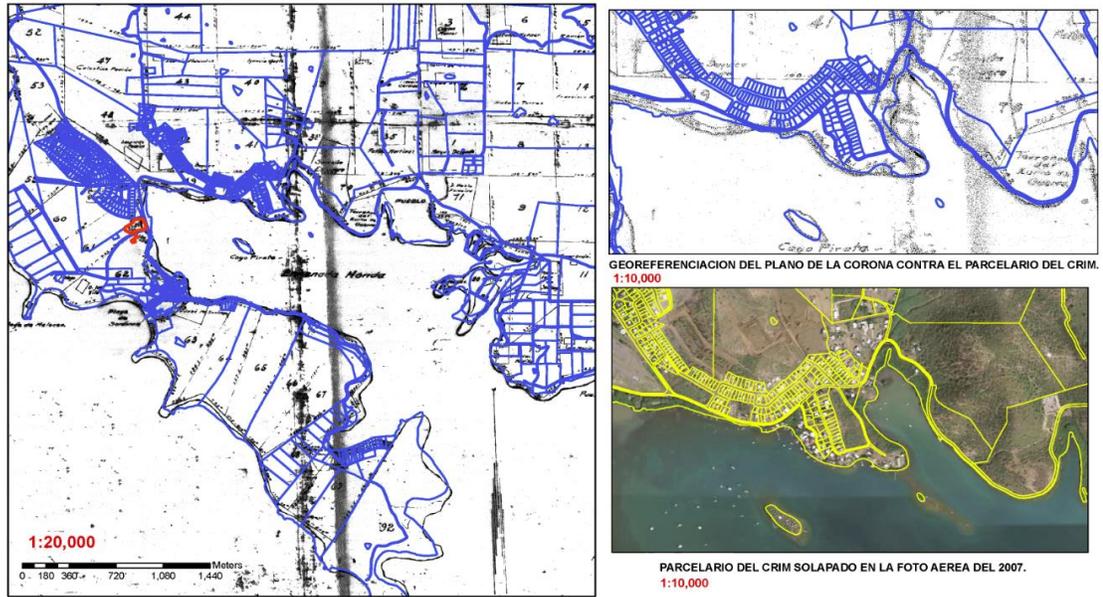


Figura 2
Análisis en las Costas del Plano de la Corona sobre la Foto Aérea del 2007

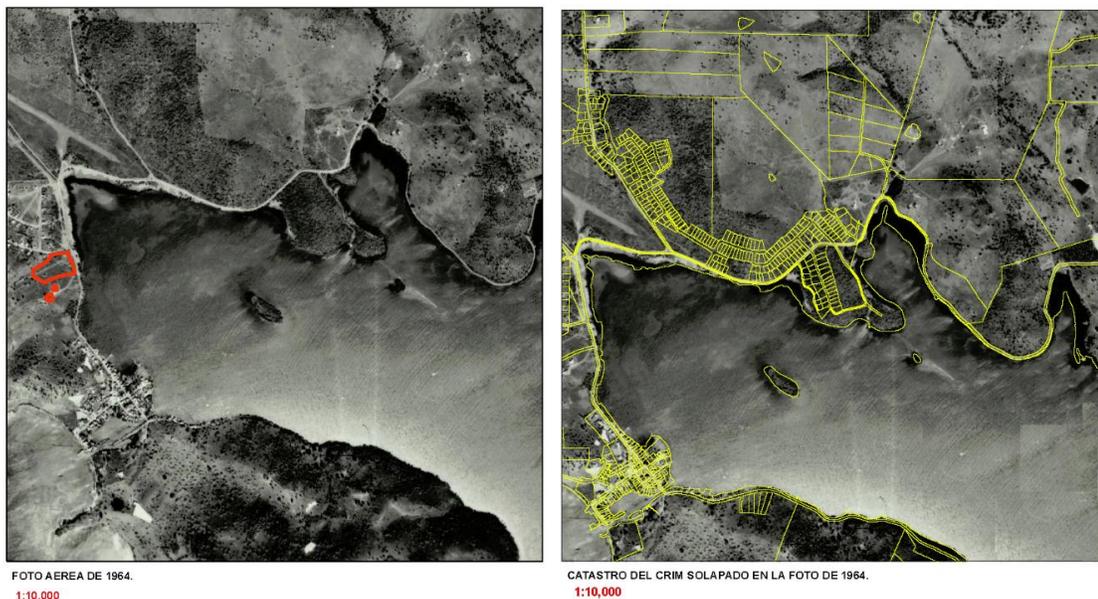


Figura 3
Análisis en las Costas del Parcelario de CRIM sobre la Foto Aérea del 1964

- Con el plano georeferenciado se procedió a comparar la data de campo adquirida con equipo de Sistema de Posicionamiento Global (GPS en sus siglas en ingles). El trabajo de campo se realizó mensurando la línea de colindancia noroeste (NE) del solar núm. 92 y la línea de colindancia noroeste (NW) del solar núm. 54 del plano, según verjas y monumentos a lo largo de la colindancia. (Ver Figura 4) También se encontraron monumentos testigos de la época en que realizaron el plano. (Ver figura 5).



Figura 5

Monumentos Testigos en Piedras Evidenciado Monumento

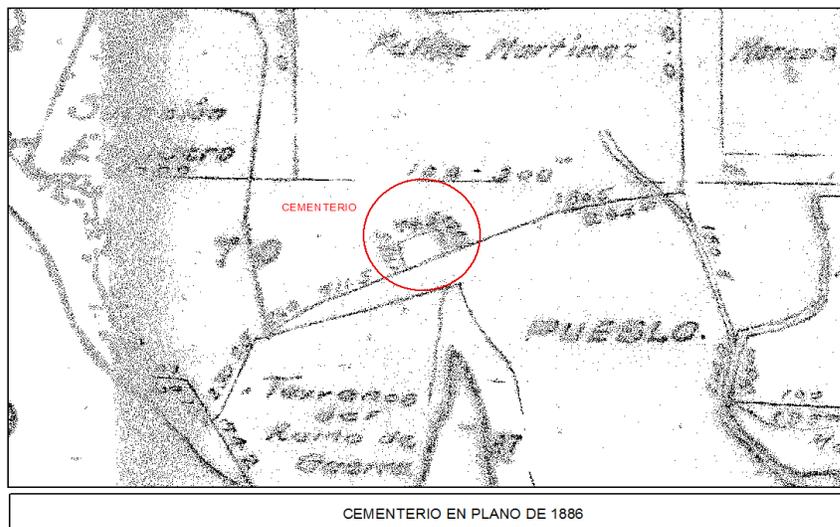


Figura 4

Monumento Encontrado a lo largo de la Colindancia

Al comparar los datos de campo con el plano de la corona se encontró que la línea de colindancia del solar núm. 92 coincide con los puntos colectados en el campo. También se comparó los datos obtenidos con GPS con el parcelario del CRIM y la misma coincidió con las líneas de colindancias del catastro. (Ver figura 5)

- Se realizó un control de calidad de la georeferenciación del plano de la corona de 1886 contra la foto aérea de 1964 [3] y la del 2007 [4]. Localizando referencias y colindancias en común. Se localizó el cementerio del plano de 1886 [3] (Figura 6 y 7) y se comparó con la foto 2007 [4]. (Figura 8) Se hizo lo mismo con la foto de 1964 [3] contra la foto 2007 [4].



CEMENTERIO EN PLANO DE 1886

Figura 6

Cementerio en el Plano de 1886



Figura 7

Control de Calidad del Cementerio en el Plano de 1886 Solapado en la Foto Aérea de 2007



Figura 8

Control de Calidad del Cementerio en la Foto Aérea de 1964 contra la Foto Aérea de 2007

5. En el extremo sur oeste de la isla se observan colindancias existentes y se comparan con el plano de 1886 y foto 2007. Se pueden apreciar la precisión de la georeferenciacion. (Ver Figura 9).



Figura 9

Colindancias del Plano de 1886 contra las Colindancias Existentes de la Foto Aérea de 2007

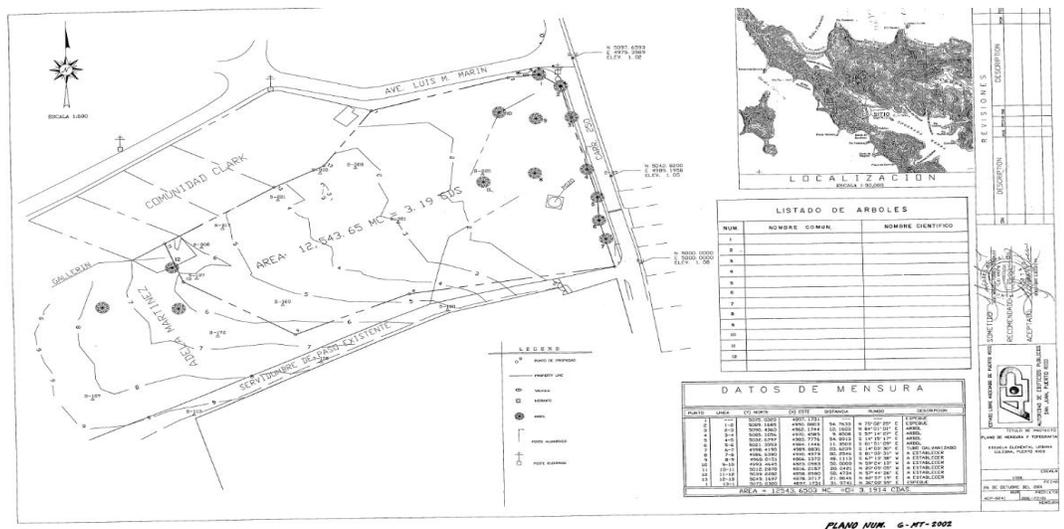


Figura 10

Plano de Mensura de 3.19 cdas de la Escuela Ecológica de Culebra realizado por la Autoridad de Edificios Públicos de PR

6. Se localizó un plano de mensura del 2002 del área de la escuela ecológica de Culebra. [8] (Ver Figura 10) El mismo tiene una cabida de 3.19 cdas. Este plano se utiliza para realizar

cálculo en cabida del lote 85 del plano de 1886 contra el plano de mensura. También se compara contra la foto 2007. (Ver Figuras 11 y 12 respectivamente).

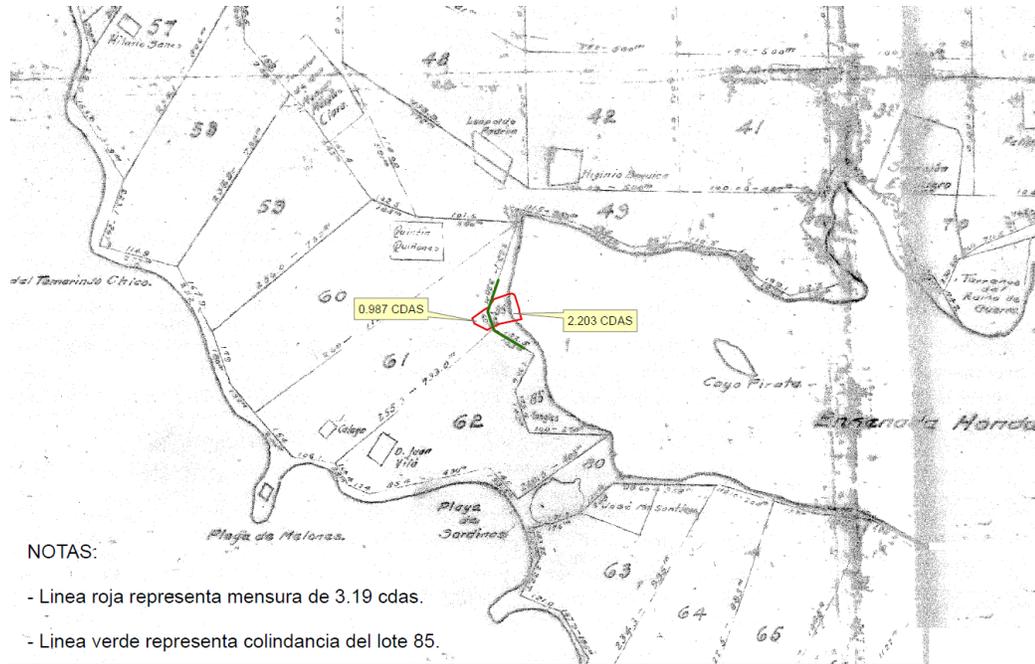


Figura 11
Plano de 1886 Solapado Mensura de la Escuela Ecológica de Culebra



Figura 12
Foto Aérea de 2007 y Mensura de la Escuela

Se realiza medida lineal identificando colindancia de la costa de la foto 2007. (Ver figura colindancia de la costa del plano de 1887 vs 13.)



Figura 13

Medida Lineal de 78.63 metros aproximados del Plano de 1886 hasta la Costa de la Foto Aérea de 2007

CONCLUSIÓN

Se estableció un método para poder georeferenciar con precisión un plano histórico en nuestro caso el plano de 1887, que sería los siguientes:

- Identificar sistema métrico del plano y sus ángulos en el caso de no tener una tabla de mensura.
- Llevar el plano a escala real con el sistema identificado.
- Realizar un análisis visual para encontrar similitudes del plano histórico y la foto aérea.
- Luego de encontrar las similitudes entre ambas, salir al campo a coleccionar puntos de GPS de las áreas encontradas. Estableces precisión en los puntos y sistema de coordenadas de los mismos.
- Con el plano a escala georeferenciar el mismo con los puntos de GPS con el método de rotación y desplazamiento del programa.

- Realizar Control de Calidad para observar áreas en común del plano georeferenciado contra la foto aérea. Este método se realiza visualmente pero con los puntos de GPS solapados en el plano ayudan a obtener mejor resultado.
- Realizar cálculos de diferencias en cabida y medidas líneas y obtener diferencias.

Luego de los pasos anteriores se identifica en el plano de 1886 en el área de la Ensenada Honda de la isla de Culebras las áreas en las costas que coinciden, áreas en relleno y áreas con erosión. En la Figura 14 se observa el resultado de la georeferenciación del plano de 1886 solapado en la foto aérea de 2007 y en la Figura 14 con círculos identificamos las áreas de erosiones que con el tiempo el área de la Ensenada se ha visto afectada y otras áreas de relleno que el humano ha realizado para su disfrute. (Ver Figura 15).



Figura 14

Georeferenciación del Plano de 1886 Solapado en la Foto Aérea de 2007, Ensenada Honda, Culebra, PR



Figura 15

Círculos Identificando Rellenos y Erosión

REFERENCIAS

- [1] D. Torrelio. (2004, Septiembre). *Historia Isla Culebra* [Online]. Disponible: <http://www.Prfrogui.Com/Home/Culebra.htm>.
- [2] Archivo Histórico de Puerto Rico, Plano de Mensura de la Corona Española de 1887, Isla de Culebra de Puerto Rico, Tamaño 24 pulg x 36 pulg. Escala 1:10,000.
- [3] Autoridad de Carreteras de PR, Oficina de Sistemas de Información Geográfica, *Orthophoto Isla de Culebra de 1964*, Formato Digital Jpeg, Escala: 1:1000.
- [4] Administración de Terrenos de PR, Área de Sistemas de Información Geográfica, *Orthophoto Isla de Culebra de 2007*, Formato Digital Jpeg, Escala 1:1000.
- [5] J. Ojeda Zújar, “Métodos para el Cálculo de la erosión costera”, *Revisión, Tendencias y Propuesta*, Departamento de Geografía, Física y AGR Universidad de Sevilla. Boletín de la A.G.E.N 30-2000, 2001, pp. 103-118.
- [6] D. Rumsey & M. Williams. (2002). *Historical maps in GIS* [Online]. Disponible: <http://www.davidrumsey.com/gis/ch01.pdf>.
- [7] Centro de Recaudaciones de Ingresos Municipales (CRIM), Parcelario de la Isla de Culebra de Puerto Rico, Formato Digital: Shapefile, Escala: 1:1000.
- [8] Autoridad de Edificios Públicos de PR, Plano de Mensura de la Escuela Ecológica del Municipio de Culebra, Año 2002, Tamaño: 24 pulg x 36 pulg., Escala: 1:500.

