



**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE INGENIERÍA
INSTITUTO DE AGRIMENSURA**

Proyecto para optar al Título de
TECNÓLOGO EN CARTOGRAFÍA

**Exactitud posicional planimétrica de un
relevamiento fotogramétrico realizado
con UAV y propuesta de procedimiento
para la comparación temporal**



AUTORAS

**Leticia Paola Barona Garré
Merilyn Nashaya Larrañaga Carrión**

TUTOR

Prof. Adj. Luis Alberto Calderón Ruíz

Montevideo, Uruguay

2019



1 PÁGINA DE APROBACIÓN

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

Título:

Exactitud posicional planimétrica de un relevamiento fotogramétrico realizado con UAV y propuesta de procedimiento para la comparación temporal.

Autor/es:

Leticia Barona
Merilyn Larrañaga

Tutor:

Prof Adj. Luis Calderón

Carrera:

Tecnólogo en Cartografía

Puntaje:

.....

Tribunal:

Hebenor Bermúdez

Rodolfo Méndez

Carlos Chiale

Fecha:

Diciembre 2019

2 AGRADecIMIENTOS

Facultad de ingeniería - Instituto de Agrimensura

Ing. Agrim. Luis Calderón.

Ing.Agrim. Rodolfo Méndez.

Servicio Geográfico Militar - Comandante Caubarrere.

Serv. Sensores Remotos Cap. Blanca Núñez y Tte.Cnel (Nav) Andrés Arcauz.

3 TABLA DE CONTENIDO

PÁGINA DE APROBACIÓN.....	1
AGRADECIMIENTOS.....	2
RESUMEN.....	6
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	7
ÍNDICE DE TABLAS.....	7
ÍNDICE DE ECUACIONES Y FÓRMULAS.....	8
8.1 Antecedentes.....	15
8.2 Motivación para la elección del tema.....	10
8.3 Relevancia de la investigación.....	11
9.1 Objetivo General.....	12
9.2 Objetivos Especificos.....	12
10.1 Fotogrametría con drones.....	13
10.2 Ventajas de realizar fotogrametría con drones.....	14
10.3 Altura del vuelo:.....	15
10.4 Aplicaciones para planificar el vuelo del dron.....	15
10.5 Calidad de los datos.....	16
10.6 Metodologías de control posicional por puntos (MCP).....	17
10.7 National Standard for Spatial Data Accuracy (NSSDA).....	17
10.8 Outliers.....	19
10.9 Distribución Normal.....	19
10.10 Correlación.....	22
10.11 RMSE _x y RMSE _y	23
12.1 Materiales y software.....	26
12.2 Fuentes de información.....	27
12.3 Metodología.....	34
5.3.1. Metodología Parte N°1 (Control de Calidad).....	35
5.3.2. Metodología Parte N°2 (Captura de capas de información geográfica).....	45
13.1 Outliers.....	49

13.2	Normalidad	51
13.3	Correlación	54
13.4	Estándar NSSDA	54
13.5	Capas de información geográfica	55
14.1	CONCLUSIONES	56
14.2	RECOMENDACIONES	58
15.1	Libros electrónicos y publicaciones online:.....	60
15.2	Información de Cursos de la Carrera Tecnólogo en Cartografía:.....	61
15.3	Sitios Web:	61
15.4	Otros:.....	62
16.1	procesamiento de las imágenes obtenidas del vuelo con dron	63
16.2	ANEXO N°2: información adicional del procesamiento de las imágenes del vuelo N°1 .	66
16.3	ANEXO N°3: Cálculos para detectar Outliers	75
16.4	ANEXO N°4: Cálculos para verificación de distribución de datos	78
16.5	ANEXO N°5: Cálculos para determinar el coeficiente de correlación de Pearson	84
16.6	ANEXO N°6: Cálculos para determinar RMSE _x y RMSE _y	85
16.7	ANEXO N°7: Datos relevantes de MVOTMA sobre la zona de estudio y el departamento donde se encuentra	87
16.8	ANEXO N°7: Costos para seguimiento de la zona de estudio	88
16.9	ANEXO N°8: Entrevista ONG “El Águila”- Consultas ¿Cuándo y por qué se crea la comisión del Águila? y ¿Qué objetivos se plantean cumplir?.....	89
16.10	ANEXO N°9: Resolución 291- 2014, Dirección Nacional de Aviación Civil e Infraestructura Aeronáutica (DINACIA).....	90
16.11	ANEXO N°10: Resolución N° 093-2019, Dirección Nacional de Aviación Civil e Infraestructura Aeronáutica (DINACIA).....	93
16.12	ANEXO N°11: Red Geodésica Nacional Activa de la República Oriental del Uruguay (REGNA-ROU).....	96
16.13	ANEXO N° 13 : Especificaciones DJI Phantom 4 Pro	98
16.14	ANEXO N°14: Cronograma de ejecución de tareas.	103

4 RESUMEN

La cartografía es la técnica de representar en forma convencional parte de la superficie terrestre sobre un plano, utilizando para este fin un sistema de proyección y una relación de proporcionalidad (escala), entre el terreno y el mapa. La cartografía topográfica recolecta, procesa y elabora datos del relieve. Se apoya en ciencias básicas como la geodesia, la fotogrametría y la percepción remota para determinar la forma y el tamaño de la superficie de la Tierra y representarla sobre un plano.¹

Con motivo de concluir el plan de estudios, se presenta el informe del Proyecto Final correspondiente a la carrera de Tecnólogo de Cartografía, con la finalidad ampliar y mejorar la calidad de los datos cartográficos producidos previamente en el trabajo de pasantía.

El presente trabajo tiene como objetivo realizar una evaluación de la calidad de la exactitud posicional planimétrica de un relevamiento fotogramétrico realizado con UAV en el año 2018, en las cercanías de la estructura “El Águila” ubicada en el balneario Villa Argentina - Canelones. Así como obtener capas de información geográfica a partir del ortomosaico generado previamente.

Para la evaluación en el control posicional, se emplea el National Standard for Spatial Data Accuracy (NSSDA). Los puntos de control provienen de un relevamiento GPS realizado por nuestro equipo de trabajo en la zona de estudio.

Aplicado el estándar NSSDA se obtuvo el siguiente resultado; 0.09m de exactitud horizontal a 95% de nivel de confianza.

A partir del Ortomosaico se logró generar las siguientes capas de información geográfica; Parcelas, Manzanas, Espigones, Piscinas, Construcciones.

Palabras claves: NSSDA, MRSE, MCPP, GCP, UAV, error

¹ Bibliografía 12

5 ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Recomendación para la distribución espacial de los puntos de control.	18
Ilustración 2: Distribución Normal Estándar.	20
Ilustración 3: Correlación- Diagrama de dispersión.	22
Ilustración 4: Zona de estudio.	25
Ilustración 5: GPS utilizado para relevamiento.	26
Ilustración 6: Fotografías de salida de campo N°1.	28
Ilustración 7: Fotografías de salida de campo N°2.	29
Ilustración 8: Fotografías de salida de campo N°3.	30
Ilustración 9: Fotografías de salida de campo N°4.	31
Ilustración 10: Campos completados.	32
Ilustración 11: Visualización de la nube de puntos, total de puntos 3.753.943 - categoría suelo 709.155 puntos.	32
Ilustración 12: Digitalización del límite superior, Zona de fácil reconocimiento - Zona con presencia de vegetación.	34
Ilustración 13: Capas generadas en el trabajo de pasantía.	34
Ilustración 14: Puntos preliminares escogidos como posibles puntos de control.	36
Ilustración 15: Recorrido preestablecido para el relevamiento de datos.	38
Ilustración 16: Puntos de Control.	40
Ilustración 17: Feature dataset, Capas_Geográficas.	45
Ilustración 18: Digitalización de piscinas.	46
Ilustración 19: Digitalización de construcciones.	46
Ilustración 20: Digitalización de manzanas.	47
Ilustración 21 : Parcelas sin editar / parcelas editadas.	48
Ilustración 22: Distribución del Error Cuadrático Medio en la componente x.	52
Ilustración 23: Distribución del Error Cuadrático Medio en la componente Y.	53
Ilustración 24: Diagrama de dispersión.	54
Ilustración 25: Mapa con capas digitalizadas.	55

6 ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Capas generadas en el trabajo de pasantía	10
Tabla 2: Datos del vuelo	30
Tabla 3: Coordenadas de los puntos de control	41
Tabla 4: Capas de información	45
Tabla 5: Outliers	49
Tabla 6: Valores de exactitud	54

7 ÍNDICE DE ECUACIONES Y FÓRMULAS

Ecuación 1: Criterio de la mediana	19
Ecuación 2: Método descriptivo, Mendenhall y Sincic.....	21
Ecuación 3: Test Kolmogorov - Smirnov.....	21
Ecuación 4: Coeficiente de correlación de Pearson	23
Ecuación 5: Error medio cuadrático en la componente X.....	23
Ecuación 6: Error medio cuadrático en la componente Y.....	23
Ecuación 7: Coeficiente de exactitud posicional XY para $RMSE_x = RMSE_y$	24
Ecuación 8: Error medio cuadrático en la componente posicional XY	24
Ecuación 9: Coeficiente de exactitud posicional XY para $RMSE_x \neq RMSE_y$	24

8 INTRODUCCIÓN

En la actualidad el uso de drones se ha transformado en una excelente herramienta de trabajo que supone una revolución tecnológica y que avanza a pasos agigantados para ofrecer nuevas prestaciones.

Algunas de sus aplicaciones más destacadas son; vigilancia fronteriza, control fiscal, control de incendios forestales, zonas rurales, topográfica, eventos y publicidades. Si nos centramos en su aplicación en topografía; el relevamiento fotogramétrico con UAV permite obtener una gran cantidad de imágenes de alta resolución que una vez procesadas permiten generar modelos digitales de alta precisión, tanto de terreno como de superficie.

Por otra parte, el uso de drones o UAV es una herramienta rápida y rentable para actualizar cartografía a escala de gran detalle tanto para la planificación urbana como para el seguimiento de obras.

El uso de esta tecnología a gran escala, ocasiona la necesidad de poder evaluar de forma estandarizada, la calidad posicional de alguno de sus productos. Para ello existen distintos test de control de calidad, entre ellos, National Standard for Spatial Data Accuracy (NSDDA).

El presente trabajo tiene por objetivo, realizar un control de calidad de la exactitud posicional planimetría de un Ortomosaico generado en el año 2018, en la zona de la edificación “El Águila” ubicada en la zona costera de Villa Argentina, Canelones.

Como parte de nuestra formación como futuros profesionales, nos embarcamos en el proceso de aprendizaje guiado por los planes de estudio designados por la dirección de la carrera, donde surge la importancia de la implementación de todas las herramientas aprendidas a lo largo de este ciclo.

8.1 ANTECEDENTES

Se destaca el trabajo realizado como pasantía (año 2018), donde el mismo tenía por objetivo generar y brindar un aporte cartográfico que sirva de base para un plan

de conservación de la edificación “El Águila” y de la zona costera de Villa Argentina. Por lo tanto, el trabajo fue tomado como antecedente para llevar a cabo este proyecto.

Datos relevantes de la pasantía:

Constó de 4 salidas de campo: una inspección primaria de la zona de estudio y 3 relevamientos de datos (con estación total en la franja costera, con GPS en un sistema de coordenadas global y con un dispositivo no tripulado UAV).

Una vez procesados los datos obtenidos, se generaron las siguientes capas de información.

Vectorial	Ráster
Curvas de nivel.shp	MDT de la zona de estudio.tif
Puntos de control.shp	MDT playa.tif
Límite superior del barranco.shp	MDS.tif
Límite inferior del barranco.shp	Escurrimiento.tif
Puntos estación total.shp	Pendiente.tif
Puntos GPS.shp	Ortomosaico 2018.tif

Tabla 1: Capas generadas en el trabajo de pasantía / Fuente: Elaboración propia.

8.2 MOTIVACIÓN PARA LA ELECCIÓN DEL TEMA

Uno de los grandes desafíos en cuanto a la elección del tema era combinar buena parte de los ejes programáticos que implica la carrera para lo cual se seleccionó una zona de estudio que particularmente carecía de antecedentes. Además, se combinaron técnicas de levantamiento de datos como ser vuelo con dron y relevamiento con GPS.

8.3 RELEVANCIA DE LA INVESTIGACIÓN

Podemos destacar que el presente trabajo servirá como base para futuros estudios del área, dado que la zona de estudio, es una zona de constante cambio físico, a causa de la erosión que sufre el barranco donde se encuentra la estructura “El Águila”. Por lo tanto, el Ortomosaico con su correspondiente control de calidad servirá como punto de partida para realizar un seguimiento de la zona.

9 OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN

9.1 OBJETIVO GENERAL

En cuanto al tema a trabajar se hizo especial énfasis a la formación personal además de que genere conocimientos y experiencia así como un aporte a la comunidad, por lo que se decidió:

- Ampliar y mejorar la calidad de los datos cartográficos producidos previamente en el trabajo realizado como pasantía de la carrera.
- Que el aporte sirva de base para un plan de conservación de la edificación “El Águila” y de la zona costera de Villa Argentina.

9.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar la calidad de la exactitud posicional planimétrica del Ortomosaico generado de la zona de estudio, empleando el estándar NSSDA.
- Capturar capas de información geográfica a partir del ortomosaico.
- Emplear herramientas aprendidas durante la carrera de Tecnólogo en cartografía.

10 MARCO TEÓRICO

La elección de métodos y de instrumentos en trabajos topográfico es fundamental, ya que cada trabajo y cada terreno requieren un método y el uso de instrumentos apropiados.

La elección entre diferentes métodos, para determinados trabajos, permite optar por aquel que nos posibilite con eficacia lograr los objetivos planteados y con eficiencia utilizar los recursos a nuestro alcance.

10.1 FOTOGRAMETRÍA CON DRONES²

Esta técnica nos permite conocer las propiedades geométricas de un objeto o una superficie a partir de la información obtenida a partir de varias imágenes con información redundante. Para que un objeto pueda estar fielmente reconstruido, éste, debe de aparecer en un número suficiente de imágenes. Es esta información repetida, la que permite extraer su estructura.

Esta información se consigue a través del solapamiento entre imágenes consecutivas (overlap). Para ello un piloto de RPA tiene que planificar la misión de forma que cada imagen contenga elementos que también aparecen en la imagen anterior, posterior y las vecinas, en los laterales.

El porcentaje de solape suele oscilar entre el 60 y el 90%, y habitualmente viene calculado por el software de planificación de vuelos. Estos programas se encargan de calcular secuencias de disparos a partir de la posición esperada del dron, su altura y el solape deseado.

Se destaca que un buen trabajo durante la planificación de la misión es clave para que los resultados sean óptimos. Una vez obtenidas las imágenes es necesario utilizar un software de fotogrametría que las procese y que sea capaz de “inferir” la posición XYZ de millones de puntos. Estos millones de puntos servirán para generar las reconstrucciones 3D en forma de polígonos, nubes de puntos, o bien, ortofotos.

² Bibliografía 13

El software se encarga de buscar correspondencias entre imágenes, determina cuales son las posiciones probables en base a los diferentes puntos de vista de un mismo elemento, y finalmente las limita a una sola. A este proceso se le denomina stitching.

10.2 VENTAJAS DE REALIZAR FOTOGRAMETRÍA CON DRONES³

Hasta la reciente aparición de los drones, la fotogrametría aérea, se realizaba con imágenes satelitales o directamente desde helicópteros/avionetas. Cada método presenta ventajas e inconvenientes, por lo que no existe una solución única para todo tipo de trabajos:

- **Helicópteros:** aunque pueden ofrecer una buena resolución (20/40 cm/píxel), son caros de operar y el procesamiento supone un costo importante.
- **Avioneta:** ofrecen una resolución similar a los helicópteros pero son más económicos. Es necesario estimar los costos de procesamiento.
- **Satélites:** aunque no se trata de una tecnología excesivamente cara ofrecen una resolución muy baja para ese tipo de trabajos (1m por píxel). Otros problemas asociados a esta tecnología son el tiempo de revisita y existencia de oclusiones (nubes).

Los drones para fotogrametría ofrecen rapidez, hablamos de que en unas pocas horas podremos disponer del mapa totalmente procesado, a bajos costos (más económicos que las alternativas anteriores) y mayor control en el resultado final.

Si se utiliza directamente un dron que ya incorpore un GPS RTK, entonces las fotografías ya incorporan en sus metadatos las coordenadas exactas de donde fueron tomadas y el modelo generado después del procesado ya tendrá una buena precisión para poder trabajar con él generando un importante ahorro de tiempo y dinero.

³ Bibliografía 13

10.3 **ALTURA DEL VUELO:**

Dependerá fundamentalmente de dos aspectos: precisión y hectáreas a mapear. A más altura más hectáreas, por lo que se podrá mapear en un mismo vuelo pero se conseguirá menos precisión.

10.4 **APLICACIONES PARA PLANIFICAR EL VUELO DEL DRON**

Existen diversas aplicaciones destinadas a la planificación de vuelos, alguna de las más destacadas son: DJI Ground Station Pro, UGCS, Mission Planner, Litchi, DroneDeploy, Pix4d Capture.

A continuación se detalla información sobre la aplicación empleada en este trabajo.

Pix4d Capture:⁴

Es una de las aplicaciones más conocidas para la planificación de vuelo. Se trata de una aplicación móvil disponible tanto para Android como para iOS. Es compatible con la mayoría de drones profesionales más comercializados (phantom, inspire, mavic, bebop 2, 3dr solo...). El manejo de esta aplicación es sencillo, una vez que se tenga definida la zona que se quiere mapear, se abre la aplicación y se selecciona el área a sobrevolar. Como en otras apps, es muy fácil configurar aspectos relativos al vuelo como ser: velocidad, ángulo de inclinación de la cámara o el porcentaje de solape entre imágenes.

Una vez definido y calculadas las rutas, la aplicación se comunicará con el dron y éste empezará el vuelo de forma autónoma. Esta app permite definir vuelos en forma de cuadrícula, doble cuadrícula (solapando dos cuadrículas perpendiculares), vuelos circulares, incluso unir varios de los anteriores dentro de un único vuelo. Es así entonces que estarán aseguradas las reconstrucciones de mapas planos, volúmenes y objetos tridimensionales.

⁴ Bibliografía 13

10.5 CALIDAD DE LOS DATOS⁵

Los datos continuamente se están modificando (creando, actualizando, procesando) por lo que la calidad varía en forma continua.

Los principales actores en el tema de los datos son los productores y los usuarios. El productor quiere evaluar que tanto se ajusta el conjunto de datos que produjo al universo de discurso mientras que el usuario evalúa la calidad como la aptitud de un producto frente a su uso previsto.

Por tal - Genichi Tagucci se refiere a la calidad de un producto como “la pérdida que un producto o servicio infligen a la sociedad desde su producción hasta el consumo”.

Existen 3 circunstancias que pueden modificar la calidad de los datos:

- Cuando se elimina, modifica o añade cualquier cantidad de datos al conjunto.
- Cuando se modifican las especificaciones del producto de datos o si se identifican nuevos requerimientos de los usuarios.
- Cuando cambia el mundo real.

Los procesos de evaluación de la calidad se utilizan a lo largo de todo el ciclo de la vida del producto, siendo las fases del ciclo de vida:

- Especificaciones del producto o requerimiento de usuario
- Producción
- Entrega
- Uso
- Actualización.

⁵ Bibliografía 5

10.6 **METODOLOGÍAS DE CONTROL POSICIONAL POR PUNTOS (MCP)**

En el control posicional tenemos las llamadas Metodologías de Control Posicional por Puntos (MCP). Dentro de ellas encontramos los estándares más comunes como:

- NMAP (National Map Accuracy Standard)
- EMAS (Engineering Map Accuracy Standard)
- ASLMS (Accuracy Standards for Large Scale Maps)
- NSSDA (National Standard for Spatial Data Accuracy)

Para poder realizar estos procedimientos es necesario recurrir a una fuente de mayor exactitud la cual puede ser relevamiento directo o utilizando otra cartografía. Por esto es necesario saber cuál es la exactitud esperada para así poder definir el método de control.⁶

10.7 **NATIONAL STANDARD FOR SPATIAL DATA ACCURACY (NSSDA)**

El National Standard for Spatial Data Accuracy de la Federal Geographic Data Committee (FGDC) es un estándar de uso obligatorio en las agencias federales de los Estados Unidos. Además es uno de los estándares de control posicional más utilizados en el mundo.⁷

Este estándar no acepta o rechaza un producto sino que simplemente determina la calidad posicional del producto, siendo el productor quien determina en función de sus necesidades la aceptación del producto evaluado.⁸

⁶ Bibliografía 5

⁷ Bibliografía 5

⁸ Bibliografía 5

El estándar trabaja con el error medio cuadrático (EMC). El error es la diferencia entre las coordenadas del punto a evaluar y el punto considerado como bueno.⁹

Este estándar establece como tamaño mínimo de la muestra 20 puntos. Además se recomienda que la distribución espacial de los puntos de control sea la siguiente: debe de haber al menos 20% de puntos en cada cuadrante y la distancia entre los mismos debe de ser igual o mayor a $1/10$ de la longitud de la diagonal, como se observa en la figura N°1; de todos modos no deja de ser una recomendación, quedando sujeta a la posibilidad real de poder lograrla.

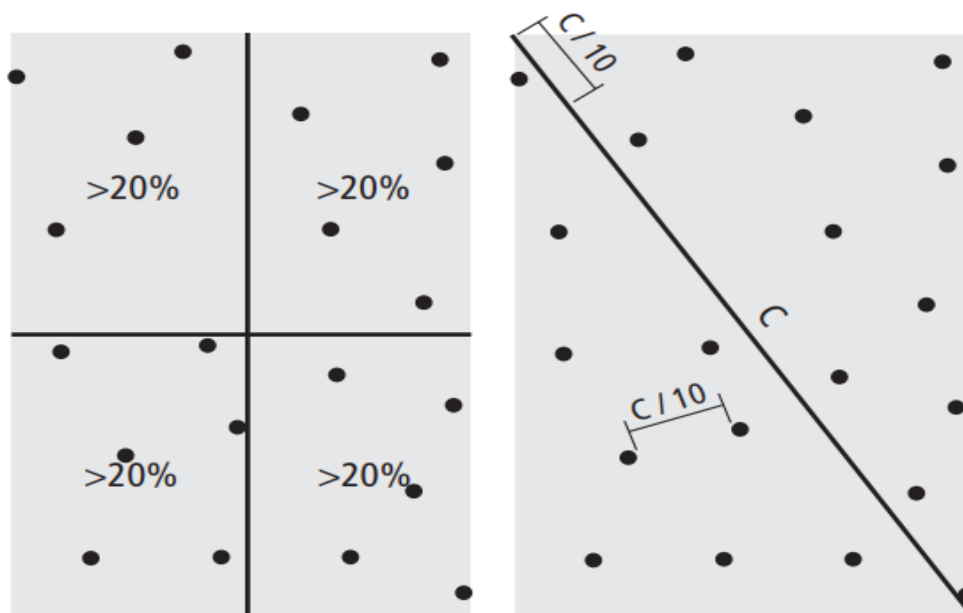


Ilustración 1: Recomendación para la distribución espacial de los puntos de control / Fuente: extraída de "Positional Accuracy Handbook- Minnesota Planning".

⁹ Bibliografía 5

Para poder aplicar el estándar, la muestra debe de cumplir las siguientes condiciones:

- En caso de existir outliers (valores atípicos) en la muestra deben de ser eliminados de la misma.
- Que el error cuadrático medio en la componente X e Y sean independientes entre sí y que ambos tengan una distribución normal.
- El cociente entre $RSME_{\min}$ (error cuadrático medio mínimo) y $RSME_{\max}$ (error cuadrático medio máximo) debe de estar comprendido en el intervalo [0.6; 0.1]. Dónde $RSME_{\min} = \text{mínimo } \{RSME_X \text{ y } RMSE_Y\}$ y $RSME_{\max} = \text{máximo } \{RSME_X \text{ y } RMSE_Y\}$.

10.8 OUTLIERS

Un outlier (valor atípico) es una observación anormal y extrema en una muestra estadística o serie temporal de datos que puede afectar potencialmente a la estimación de los parámetros del mismo.

Para poder aplicar el estándar NSSDA es necesario eliminar los valores atípicos de la muestra, aplicando algún criterio para detectar estos errores groseros.

Criterio de la mediana:

$$\frac{|Xi - M|}{med(|Xi - M|)} > 5$$

Ec.1- Criterio de la mediana.

Donde; M es la mediana muestral y el denominador es la mediana de las desviaciones en valor absoluto a la mediana muestral.¹⁰

10.9 DISTRIBUCIÓN NORMAL

La distribución normal o gaussiana es la distribución de probabilidad más importante de estadística y corresponde a una variable aleatoria continua.

¹⁰ Bibliografía 10

Hay cuatro propiedades importantes que están asociadas con la distribución normal:

- Tiene forma de campana.
- Es asintótica al eje de las abscisas (para $x = \pm\infty$).
- Es simétrica con respecto a la media (μ) donde coinciden la mediana (Mn) y la moda (Mo).
- Los puntos de inflexión tienen como abscisas los valores $\mu \pm \sigma$.¹¹

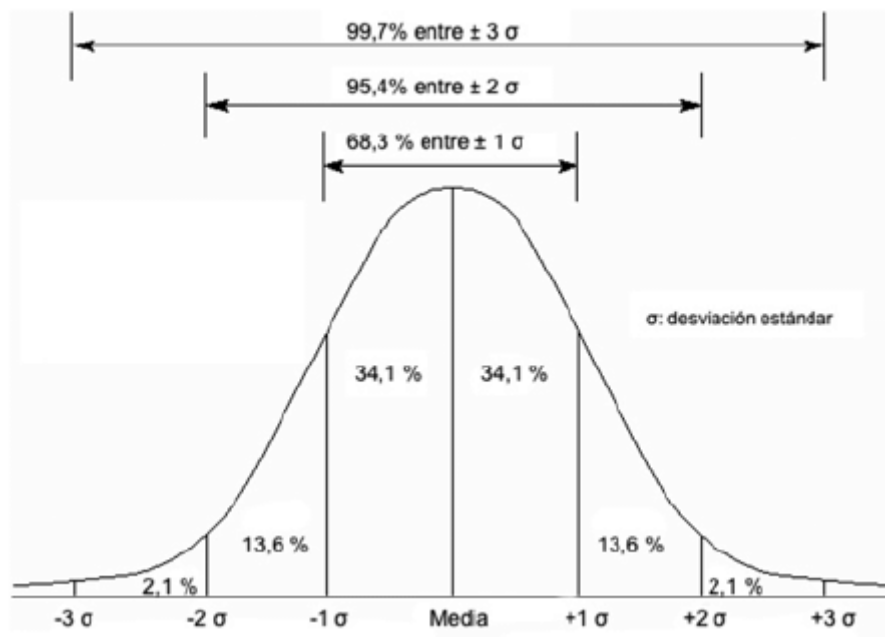


Ilustración 2: Distribución Normal Estándar / Fuente: Extraída de Google Uruguay.

Para aplicar el estándar NSSDA a un conjunto de datos es necesario que el error cuadrático medio en la componente X e Y presenten una distribución normal, para ello existen una serie de test o pruebas de normalidad que permiten determinar si los datos se ajustan a dicha distribución.

Entre ellos encontramos el “Método descriptivo, Mendenhall y Sincich (1997)” y el test de “Kolmogorov-Smirnov”.

¹¹ Bibliografía 18

- **Método descriptivo, Mendenhall y Sincich (1997)**

Este método se basa en el cálculo del cociente entre el intervalo intercuartiles y la desviación estándar de la muestra. Este cociente debe ser aproximadamente igual a 1,3.

$$\frac{IQR}{S} \sim 1.3$$

Ec.2 - Método descriptivo, Mendenhall y Sincich

Donde, IQR es el intervalo intercuartiles de la muestra y S es la desviación estándar de la muestra.

- **Test de Kolmogorov-Smirnov**

Este test compara la función de distribución acumulada de los datos con la de una distribución normal, midiendo la máxima distancia entre ambas curvas. Si la máxima distancia entre las curvas (estadístico unilateral de Kolmogorov-Smirnov, D_n^+) es superior al valor crítico del test ($d_{n, \alpha}$) la distribución de la muestra no es normal. El test de Kolmogorov-Smirnov otorga un peso menor a las observaciones extremas.

Cuando la prueba Kolmogorov-Smirnov se aplica para contrastar la hipótesis de normalidad de la población, el estadístico de prueba es la máxima diferencia:

$$D = \max |Fn(x) - Fo(x) |$$

Ec.3 - Test Kolmogorov - Smirnov

Siendo $F_n(x)$ la función de distribución de la muestra y $F_o(x)$ la función teórica o correspondiente a la población normal especificada en la hipótesis nula.¹²

¹² Bibliografía 11

10.10 CORRELACIÓN

La correlación (r) mide la fuerza y la dirección de la relación lineal entre dos variables cuantitativas. Decimos que si r es positiva indica asociación positiva y si es negativa indica asociación negativa.

Los valores de correlación están comprendidos entre -1 y 1 , si r es igual a cero ($r=0$) la relación lineal es muy débil, pero si es cercano a -1 o 1 , los valores se acercan mucho a una recta.

Cómo r usa valores estandarizados no varía cuando cambian las unidades, pero se ve fuertemente afectada por observaciones atípicas, por lo que debe de ser usado con precaución.

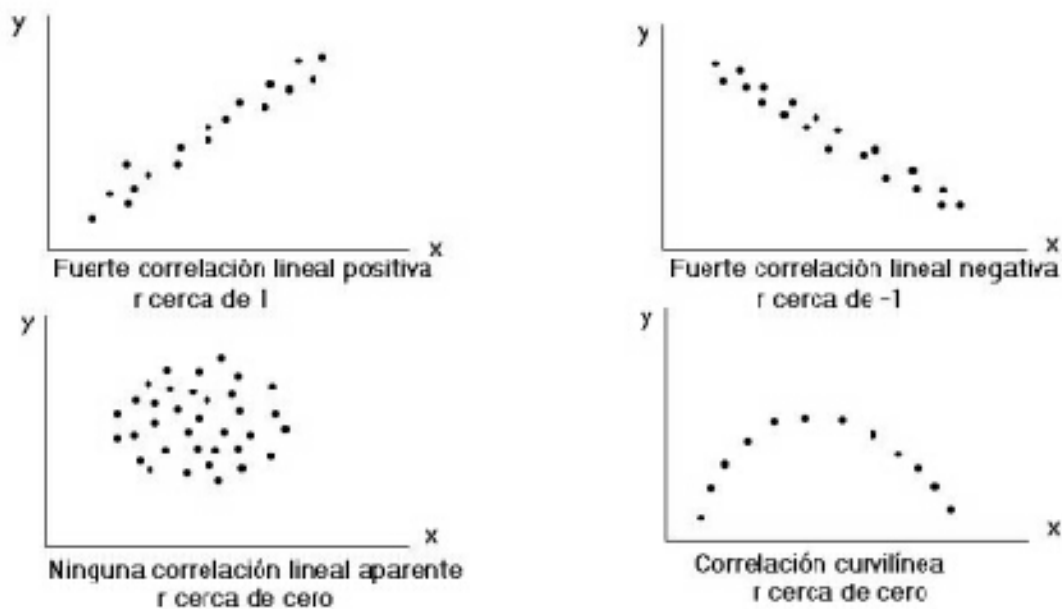


Ilustración 3: Correlación- Diagrama de dispersión / Fuente: Extraída de Google Uruguay.

- **Coefficiente de correlación de Pearson**

En estadística, el coeficiente de correlación de Pearson es una medida de la relación lineal entre dos variables aleatorias cuantitativas. A diferencia de la covarianza (valor que indica el grado de variación conjunta de 2 variables

aleatorias) la correlación de Pearson es independiente de la escala de medida de las variables.

De manera menos formal, podemos definir el coeficiente de correlación de Pearson como un índice que puede utilizarse para medir el grado de relación de dos variables siempre y cuando ambas sean cuantitativas.

$$p_{x,y} = \frac{\sigma_{xy}}{\sigma_x \sigma_y}$$

Ec.4 - Coeficiente de correlación de Pearson.

Dónde:

- σ_{xy} es la covarianza de (x, y).
- σ_x es la desviación típica de la variable x.
- σ_y es la desviación típica de la variable y.¹³

10.11 RMSEX Y RMSEY

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

Para calcular $RMSE_x$ y $RMSE_y$ se aplican las siguientes ecuaciones:

$$RMSE_x = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n e_{xi}^2} \quad \text{y} \quad RMSE_y = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n e_{yi}^2}$$

Ec.5 - Ec.6 - Error medio cuadrático en la componente X e Y respectivamente.

Donde;

- “n” es el número de puntos de la muestra.
- e_{xi} es el error en la componente X para el punto i.

¹³ Bibliografía 11

- e_{yi} es el error en la componente Y para el punto i .¹⁴

Calcular el coeficiente de exactitud posicional a un 95 % de confianza depende de dos opciones:

- En caso de que $RMSE_X = RMSE_Y$, se emplea la siguiente ecuación;

$$NSSDA_r = 1.7308 \cdot RMSE_r$$

Ec.7 - Coeficiente de exactitud posicional XY para $RMSE_x = RMSE_y$

Donde, el error medio cuadrático en la componente posicional XY ($RMSE_r$) es:

$$RMSE_r = \sqrt{RMSE_X^2 + RMSE_Y^2}$$

Ec.8 - Error medio cuadrático en la componente posicional XY

- En el caso de que $RMSE_X \neq RMSE_Y$, se emplea la siguiente ecuación;

$$NSSDA_r = 1.22385 \cdot (RMSE_X + RMSE_Y)$$

*Ec.9 - Coeficiente de exactitud posicional XY para $RMSE_x \neq RMSE_y$.*¹⁵

¹⁴ Bibliografía 1

¹⁵ Bibliografía 1

11 ZONA DE ESTUDIO

La zona de estudio es la que abarca el ortomosaico generado en el año 2018 mediante el trabajo de pasantía. Es un polígono irregular que se localiza al sur del departamento de Canelones, dentro del balneario Villa Argentina (Coordenadas: $34^{\circ} 46'6''S$ / $34^{\circ} 46'19''S$; $55^{\circ}46'36''W$ / $55^{\circ}46'50''W$) y posee una superficie aproximada de 11has.

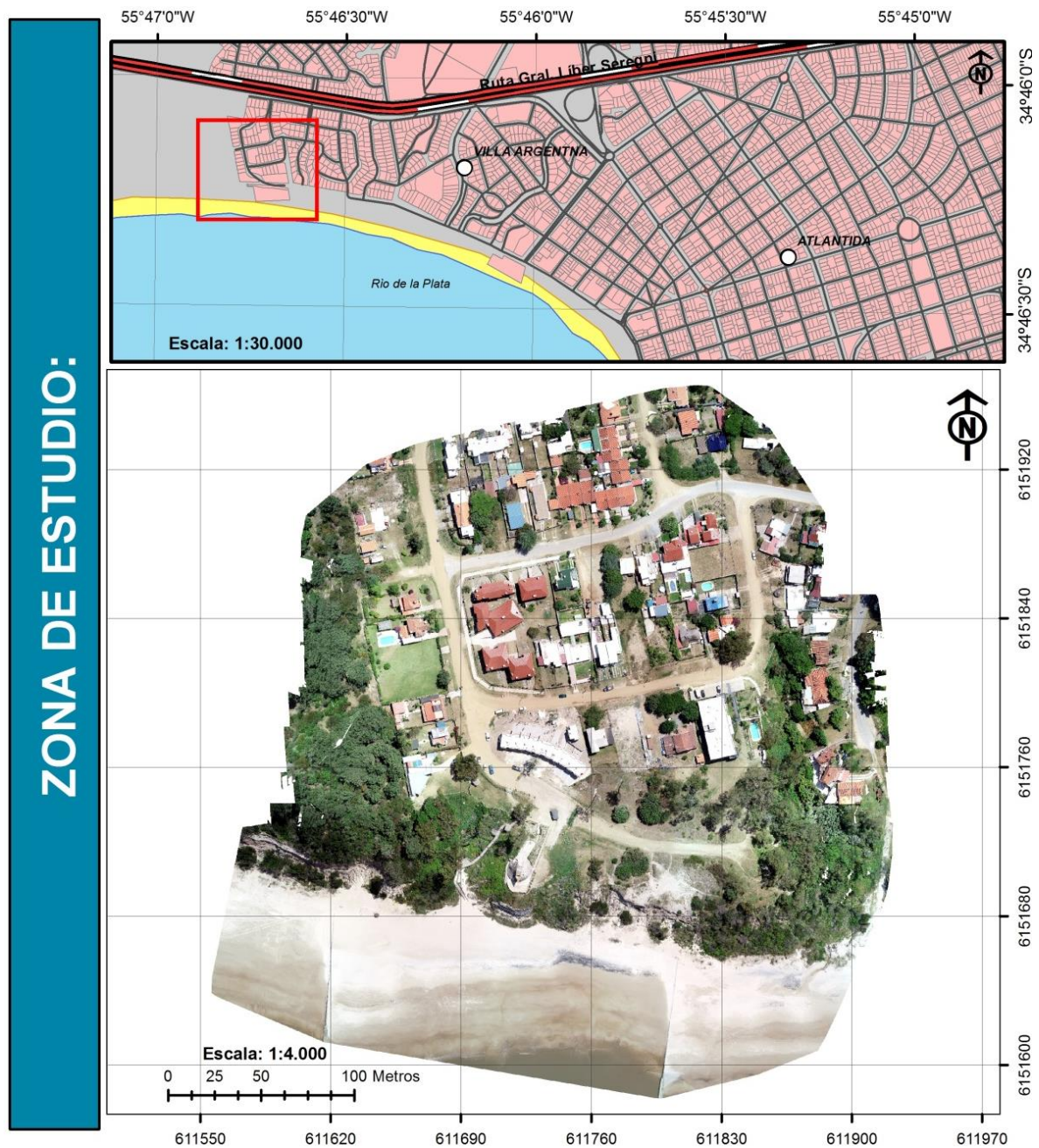


Ilustración 4: Zona de estudio / Fuente: Elaboración propia.

12 MATERIALES Y METODOLOGÍA

12.1 MATERIALES Y SOFTWARE

Para llevar a cabo este trabajo se emplearon los siguientes materiales:

- Cámaras fotográficas
- GPS Leica Modelo GS08



Ilustración 5: GPS utilizado para relevamiento / Fuente: Elaboración propia.

Software empleado:

- Google Earth.
- ArcMap 10.3.
- QGIS 3.0.2.
- Microsoft office.
- Control con App desarrollada por profesores en geomática UDELAR.

12.2 FUENTES DE INFORMACIÓN

- **Relevamiento de campo:** Puntos de control para evaluación de la exactitud posicional planimétrica del Ortomosaico 2018.
- **Shapefile de parcelario urbano y rural de Uruguay obtenido del geoportal de catastro.**

A continuación se presenta una síntesis del trabajo realizado como pasantía:

El mismo tenía por objetivo generar y brindar un aporte cartográfico que sirva de base para un plan de conservación de la edificación “El Águila” y de la zona costera de villa argentina. Así como realizar un estudio temporal de la zona de estudio, identificar puntos de control para futuros trabajos y general un modelo digital de terreno.

Para lograr dicho cometido se recopiló información de diversas fuentes:

- Fotos aéreas del vuelo correspondiente al año 66 (Escala 1:40.000);
- Carta Geográfica (Escala 1:25.000) brindadas por el Servicio Geográfico Militar (SGM);
- Material fotográfico de vuelo del año 2011 (Escala 1:20.000), brindado por el servicio de Sensores Remotos de la Fuerza Aérea.

Además se realizaron cuatro salidas de campo con el fin de recabar más datos de la zona:

- **Salida de campo N°1:** se inspeccionó la zona de estudio, con el fin obtener datos primarios (mediciones de distancias, fotografías) que permitiera al equipo de trabajo definir los puntos a seguir.



Ilustración 6: Fotografías de salida de campo N°1 / Fuente: Elaboración propia.

- **Salida de campo N°2:** consistió en realizar un relevamiento con “Estación Total” de la zona costera (entre espigones), borde inferior de la barranca e identificar los puntos de control. Esto permitió generar una nube de puntos que dejan acumular datos para seguir con el estudio (total de puntos relevados 170).



Ilustración 7: Fotografías de salida de campo N°2 / Fuente: Elaboración propia.

- **Salida de campo N°3:** utilizando GPS Leica Modelo GS08 se realizó un segundo relevamiento de puntos; puntos identificados en la salida N°2 como puntos de control, límite inferior del barranco, límite superior del barranco y puntos de apoyo para un posterior vuelo de Dron (total de puntos relevados 76).



Ilustración 8: Fotografías de salida de campo N°3 / Fuente: Elaboración propia.

- Salida de campo N°4:** Finalmente se realizaron dos vuelos con Dron (Dji - Phantom 4 Pro), de aproximadamente 8 minutos cada uno; el primero abarcó una zona mayor a la definida como “área de estudio” a una altura aproximada de 80 metros. El segundo vuelo se centró en la zona del barranco y fue realizado a 50m de altura. Ambos vuelos fueron programados mediante la aplicación móvil “Pix4DCapture”. Esta metodología permite acceder en forma rápida y con una muy buena precisión y bajo nivel de error, a una cantidad de fotos aéreas del lugar que se le indique. Era necesario utilizar este dispositivo dado que es de muy difícil acceso la barranca.

Aparato:	Dron de ala rotatoria, Dji-Phaton 4 Pro.
Modelo de cámara:	FC6310_8.8_5472x3648(RGB)
Cantidad de imágenes	110
Altura de vuelo:	80 metros
Distancia promedio de muestreo en tierra (GDD):	2.25 centímetros
Área cubierta:	10.7526 has

Duración de vuelo:	8 minutos
Capas obtenidas una vez procesadas las imágenes	Modelo Digital de Superficie; Ortomosaico Nube de Punto (archivo LAS); Malla 3D de la zona

Tabla 2: Datos del vuelo / Fuente: Elaboración propia.

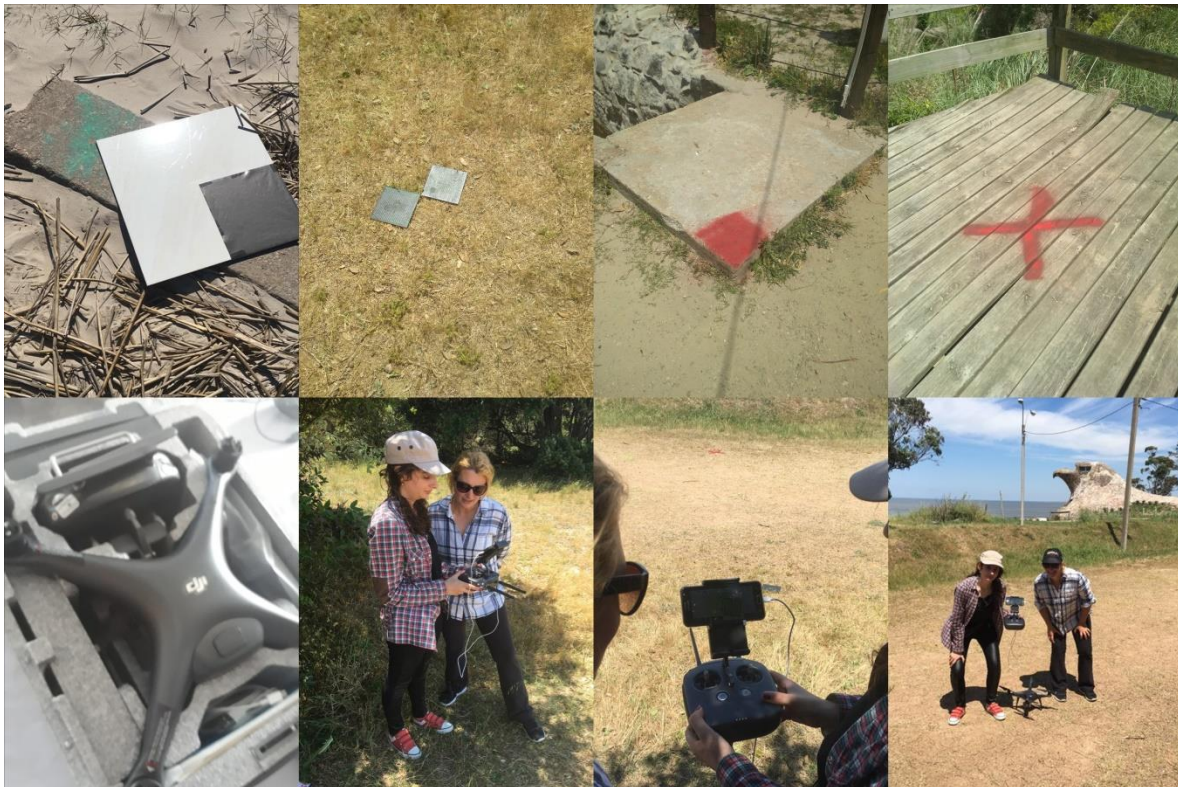


Ilustración 9: Fotografías de salida de campo N°4 / Fuente: Elaboración propia.

Una vez realizado el trabajo de campo y procesadas las imágenes obtenidas de los vuelos se genera el MDT empleando el software ArcMap y el archivo de la nube de puntos (Vuelo1.las) que fue generado a partir del procesamiento de las imágenes del vuelo N°1 (ver ANEXO N°1):

Pasos previos a generar el modelo:

- Creación de un **“LAS Dataset”** en ArcMAP.
- En las propiedades del **“LAS Dataset”** se realizan los siguientes pasos:

- En LAS Files, se carga el archivo “Vuelo1.las”
- En “XY Coordinate System” se asigna el sistema de referencia WGS84 UTM Zone 21S
- En “Statistics”, se obtienen las estadísticas generales del LasDataset.

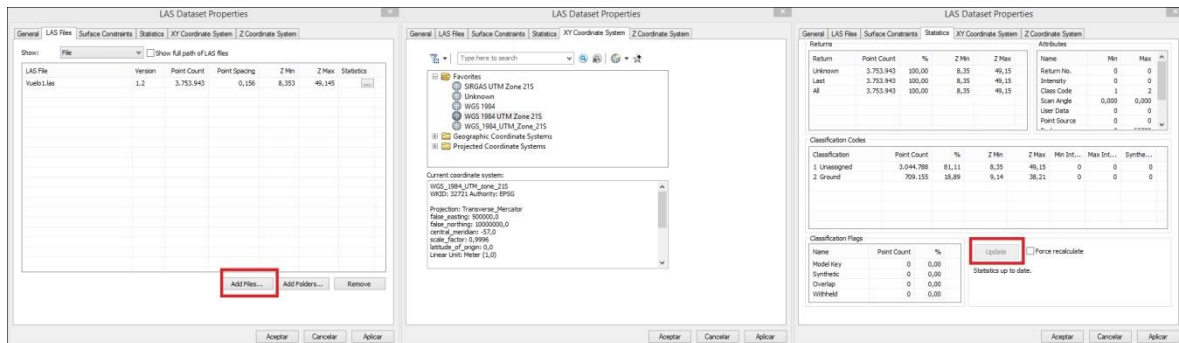


Ilustración 10: Campos completados / Fuente: Elaboración propia.

- Se carga el “LAS Dataset” generado en ArcMap. En sus propiedades se desactiva la visualización de los puntos que no corresponden a la categoría de suelo.

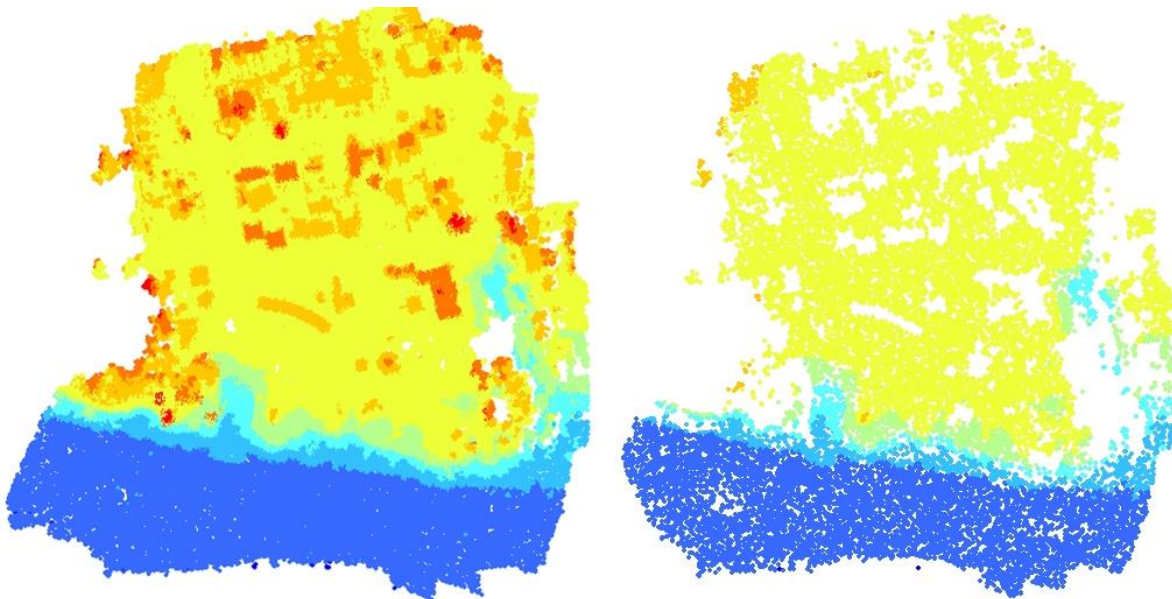


Ilustración 11: Visualización de la nube de puntos, total de puntos 3.753.943 - categoría suelo 709.155 puntos / Fuente: Elaboración propia.

Culminado este proceso, se procede a generar el MDT empleando la herramienta “Las Dataset to ráster” de conversión. Con un tamaño de píxel es de 25cm y con una extensión espacial igual a la del LasDataset. Para eliminar imperfecciones del MDT se empleó la herramienta “Fill” de análisis espacial.

A partir del MDT y empleando el software ArcMap se generaron los siguientes subproductos:

- **Curvas de Nivel:** Para obtener las curvas de nivel se empleó la herramienta “Contour” de análisis espacial, se generaron curvas cada 50 cm.
- **Pendiente:** El mapa de pendiente se generó utilizando la herramienta “Slope” de análisis espacial.
- **Dirección de flujo:** Para generar el ráster de escurrimiento se empleó la herramienta “Flow direction” de análisis espacial. Esta herramienta nos dice el sentido del agua, para donde corre.
- **Acumulación de flujo:** El ráster de acumulación de flujo se generó a partir del ráster de Dirección de flujo; a través de la herramienta “Flow Accumulation” de análisis espacial. Esta herramienta nos permite ver los puntos de acumulación del agua para nuestra zona de trabajo.

Además empleando el Ortomosaico generado a partir del procesamiento de las imágenes obtenidas durante el vuelo con Dron, el MDT de la zona y la capa de curvas de nivel se digitalizaron los límites del barranco (superior e inferior).

En las zonas que son fácilmente reconocibles los límites del barranco, se utilizó como base para la digitalización el ortomosaico y en las áreas con presencia en pequeño grado de vegetación se recurrió al MDT y las curvas de nivel. No fueron digitalizados los límites en zonas de arbolado.



Ilustración 12: Digitalización del límite superior, Zona de fácil reconocimiento - Zona con presencia de vegetación / Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se presenta una ilustración con alguna de las capas generadas durante el trabajo de pasantía.

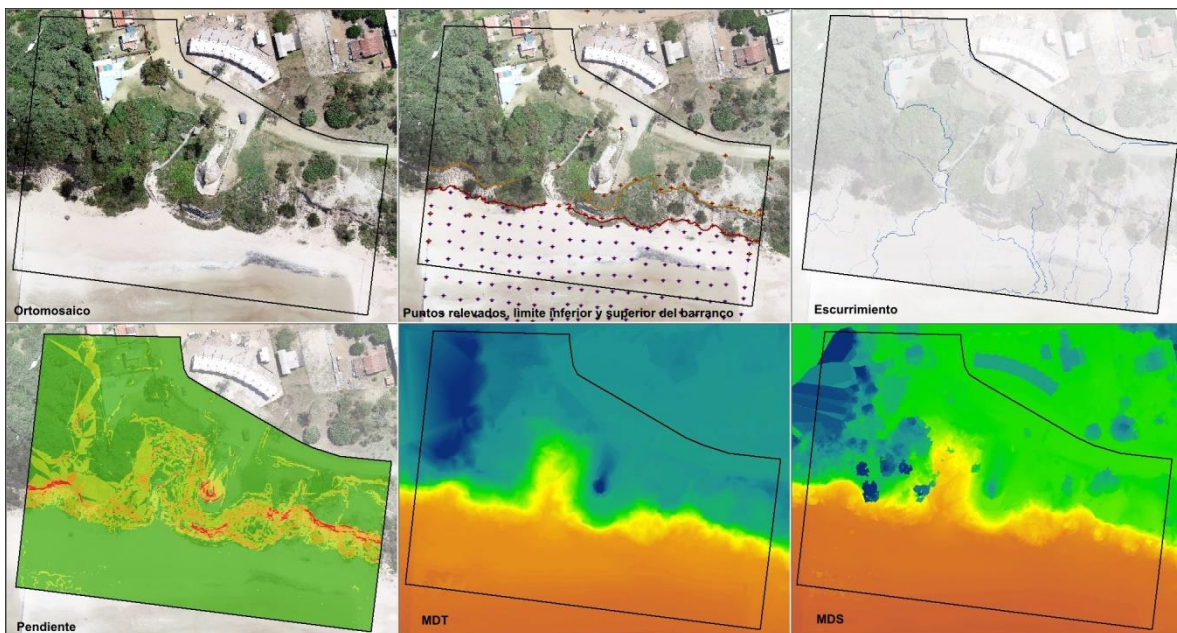


Ilustración 13: Capas generadas en el trabajo de pasantía / Fuente: Elaboración propia.

12.3 METODOLOGÍA

Esta etapa se divide en dos partes; en primer lugar la relacionada con el control de calidad de la exactitud posicional planimétrica del Ortomosaico 2018, aplicando el estándar NSSDA. Y en segundo lugar encontramos la captura de capas de información geográfica a partir del Ortomosaico.

5.3.1. METODOLOGÍA PARTE N°1 (CONTROL DE CALIDAD)

La planificación para realizar el control de calidad se divide en tres instancias:

- Planificación del relevamiento de datos.
- Trabajo de campo.
- Trabajo de gabinete.

En primera etapa se planifica relevamiento de datos, se eligieron una serie de “posibles” puntos de control sobre el Ortomosaico 2018 teniendo en cuenta que no coincidieran con los puntos relevados previamente para generar el Ortomosaico (Trabajo de Pasantía).

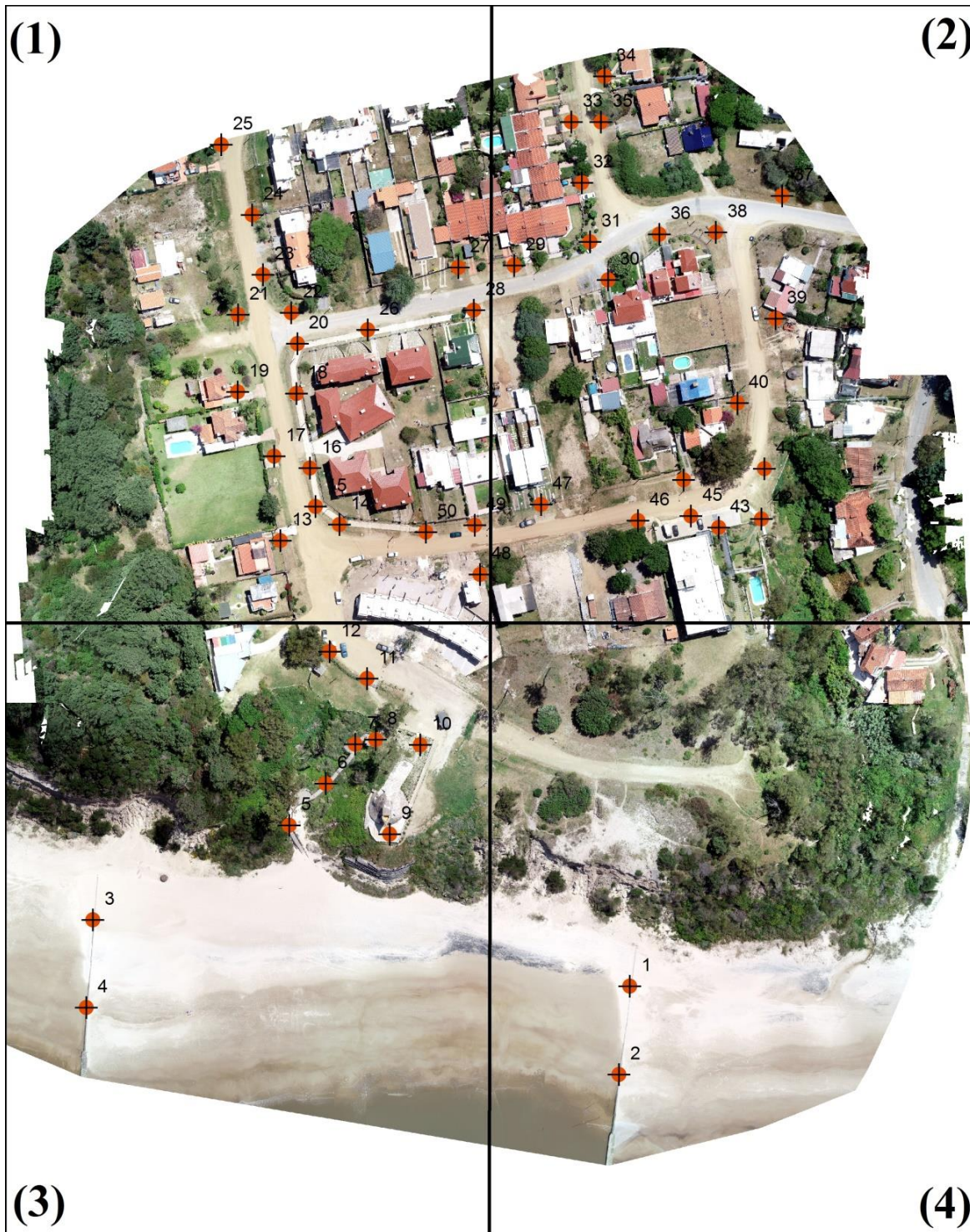


Ilustración 14: Puntos preliminares escogidos como posibles puntos de control / Fuente: Elaboración propia.

Una vez seleccionado una serie de puntos preliminares, se decide evaluar una de las recomendaciones que establece el estándar NSSDA (tener al menos 20% de puntos en cada cuadrante):

- Cuadrante N°1: 38% de puntos.
- Cuadrante N°2: 38% de puntos.
- Cuadrante N°3: 20% de puntos.
- Cuadrante N°4: 4% de puntos.

Se observa que no se cumple la recomendación que establece el estándar NSSDA, de igual forma se procede al siguiente paso; establecer el recorrido del relevamiento.

Antes de realizar la tarea de campo, se crea una ruta que permita realizar un recorrido ordenado, con el fin de optimizar la tarea. En la siguiente imagen, se presenta un esquema con el recorrido donde se realiza el relevamiento.



Ilustración 15: Recorrido preestablecido para el relevamiento de datos / Fuente: Elaboración propia

Finalizada esta tarea, se realizó el relevamiento de los puntos mediante un GPS Leica modelo GS08, el mismo se conectó con la estación de referencia del SGM de la Fortaleza del Cerro (MVD) así como también con la base que se encuentra en la Isla de Flores y se aceptó una precisión de 2,5cm.

Para esta salida de campo, fue necesario llevar impreso los puntos identificables y los que se tomarían como referencia. Se descartaron algunos dado que hubo cambios físicos en la zona y otros por no visualizarse bien a nuestro referente.

En algunos casos se colocó el dispositivo sobre mojones fijos con la intención de obtener la mejor precisión posible.

Esta salida llevó un tiempo aproximado de 3 hs, recorriendo la zona a pie comenzando por relevar los puntos en los espigones y encontrándonos con la dificultad que varios de ellos no fueron identificables por los montículos de arena de aproximadamente 1 metro. Se aclara que dicha zona es dinámica por la continua acción del viento y la marea que arrastra, acumula o quita material sobre estas construcciones.

Sin embargo, el resto del recorrido definido no encontró grandes variables, observando que la escalera de acceso (bajada de la calle hasta la playa) también sufrió algunos cambios estructurales por el tipo de material con el que está construida (madera) y cimentada (sobre el barranco en la arena).

Se relevaron un total de 44 puntos, el recorrido establecido en la etapa de planificación del relevamiento de datos (Figura N°7) no sufrió grandes variaciones.

A continuación se presenta una imagen con los puntos relevados en la salida.



Ilustración 16: Puntos de Control / Fuente: Elaboración propia.

Distribución de puntos de control en cada cuadrante:

- Cuadrante N°1: 38,6% de Pts.
- Cuadrante N°2: 38,6% de Pts.
- Cuadrante N°3: 15,9% de Pts.
- Cuadrante N°4: 6,8% de Pts.

Cuadrantes N°3 y N°4:

Presentan menor cantidad de puntos, dada la predominante vegetación de la zona, esto dificulta la identificación de puntos tanto en la imagen como en el terreno. Ambos cuadrantes presentan un gran porcentaje de playa (arena) lo que impide escoger puntos sobre esa área.

La tercera instancia y última correspondiente al control de calidad, es el trabajo de gabinete. En esta etapa se da inicio al procesamiento de los datos obtenidos en el trabajo de campo.

En primer lugar se carga en ArcMap el shapefile correspondiente a los puntos de control tomados en la salida, se determinan las coordenadas de sus puntos homólogos sobre el ortomosaico y se confecciona la siguiente tabla:

N° Punto	X Ortofoto (m)	Y Ortofoto (m)	X Punto Control (m)	Y Punto Control (m)
1	611804.361	6151643.452	611804.362	6151643.374
2	611695.423	6151709.112	611695.490	6151709.143
3	611710.183	6151726.365	611710.163	6151726.286
4	611717.175	6151727.958	611717.124	6151727.669
5	611724.865	6151727.654	611724.807	6151727.610
6	611732.516	6151726.197	611732.512	6151726.193
7	611721.952	6151695.627	611721.946	6151695.625
8	611776.018	6151757.459	611776.084	6151757.503
9	611790.362	6151758.663	611790.353	6151758.777
10	611713.322	6151749.348	611713.368	6151749.352
11	611687.248	6151798.097	611687.272	6151798.107
12	611696.583	6151807.869	611696.608	6151807.847
13	611694.724	6151821.117	611694.687	6151821.157
14	611690.008	6151846.666	611689.993	6151846.628
15	611690.350	6151863.732	611690.322	6151863.702
16	611670.033	6151860.853	611670.062	6151860.867
17	611669.922	6151873.544	611669.913	6151873.503
18	611688.235	6151874.303	611688.237	6151874.283

19	611678.567	6151887.401	611678.612	6151887.372
20	611674.844	6151907.884	611674.849	6151907.834
21	611661.944	6151924.585	611662.010	6151924.566
22	611664.259	6151931.933	611664.329	6151931.871
23	611718.530	6151867.228	611718.581	6151867.253
24	611746.689	6151885.639	611746.719	6151885.625
25	611750.874	6151875.133	611750.879	6151875.114
26	611796.889	6151885.595	611796.934	6151885.601
27	611790.613	6151898.315	611790.619	6151898.273
28	611788.202	6151918.640	611788.250	6151918.627
29	611784.250	6151939.728	611784.303	6151939.648
30	611795.660	6151955.338	611795.650	6151955.332
31	611799.769	6151939.277	611799.772	6151939.240
32	611814.429	6151901.213	611814.452	6151901.209
33	611833.807	6151901.923	611833.819	6151901.934
34	611853.054	6151900.591	611852.544	6151900.397
35	611853.922	6151872.337	611853.922	6151872.337
36	611840.877	6151842.728	611840.891	6151842.688
37	611849.359	6151803.670	611849.535	6151803.635
38	611835.092	6151800.473	611835.085	6151800.446
39	611825.245	6151804.648	611825.221	6151804.538
40	611822.791	6151817.061	611822.784	6151817.070
41	611807.117	6151803.118	611807.118	6151803.076
42	611773.903	6151808.537	611773.894	6151808.538
43	611751.183	6151801.546	611751.190	6151801.547
44	611734.394	6151799.062	611734.409	6151799.076

Tabla 3: Coordenadas de puntos de control / Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente las coordenadas son procesadas en una planilla de Excel para poder evaluar las condiciones que establece el estándar NSSDA (Outliers, Normalidad, Correlación).

Outliers:

Empleando el criterio de la mediana se eliminaron de la muestra cuatro puntos (N°4, N°9, N°34 y N°37). Ver cálculos en Anexo N°2.

Normalidad:

Para determinar que los errores tanto en la componente X como en la componente Y presentan una distribución normal se aplica el test del “Método descriptivo, Mendenhall y Sincich (1997)”, donde el cociente entre el intervalo intercuartiles (IQR) y la desviación estándar (s) de la muestra debe ser igual o próximo a 1,3.

Aplicando una serie de cálculos obtenemos los siguientes resultados:

- $IQR/S_x = 1.351$
- $IQR/S_y = 1.329$

Dado que este test no establece los parámetros a tener en cuenta para determinar hasta qué grado un cociente es considerado próximo al valor establecido como óptimo, se optó por aplicar otro test de normalidad.

Test de Kolmogorov-Smirnov:

Los resultados obtenidos luego de aplicar test son los siguientes:

Componente X:

- estadístico unilateral de Kolmogorov-Smirnov: $D_{n+} = 0,129$.
- valor crítico del test: $D_{\alpha} = 0,139$.

De estos datos obtenemos que el valor del estadístico unilateral de Kolmogorov-Smirnov es menor al valor crítico del test ($0,129 < 0,139$) por lo tanto el error cuadrático medio en la componente X presenta una distribución normal.

Componente Y:

- estadístico unilateral de Kolmogorov-Smirnov: $D_{n+} = 0,094$.
- valor crítico del test: $D_{\alpha} = 0,139$

Igual como sucede en la componente X, el valor del estadístico unilateral de Kolmogorov- Smirnov es menor al valor crítico del test ($0,094 < 0,139$). Por lo tanto el error cuadrático medio en la componente Y también presenta una distribución normal.

Ver cálculos de ambos test en anexo N°3.

Correlación:

Para determinar si el error cuadrático medio en la componente X e Y son independientes entre sí, se calcula el coeficiente de correlación de Pearson y se obtiene el siguiente resultado:

- $\sigma_{xy}/\sigma_x\sigma_y = 0,26$

Este valor indica una asociación positiva, la relación lineal es débil a moderada si tomamos en cuenta que 0,26 está más próximo a cero que a los extremos (-1 y 1).

Ver cálculos completos en anexo N°4.

RMSE:

Una vez identificados los outliers, verificado que el error cuadrático medio en la componente X e Y presentan una distribución normal y determinado el grado de correlación de los errores, se procede a calcular $RMSE_X$ y $RMSE_Y$.

- Error medio cuadrático en la componente X

$$RMSE_X = 0.033m$$

- Error medio cuadrático en la componente Y

$$RMSE_Y = 0.038m$$

Dado que $RMSE_X \neq RMSE_Y$, se aplica la fórmula correspondiente a esa condición (Ec.9) para determinar coeficiente de exactitud posicional XY.

$$NSSDA_r = 1.22385 \cdot (0.033m + 0.038m) = 0.09m$$

Ver cálculos completos en anexo N°5.

5.3.2. METODOLOGÍA PARTE N°2 (CAPTURA DE CAPAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA)

Esta etapa se basa en la captura de capas de información geográfica a partir del Ortomosaico, para ello se emplea el software ArcMap 10.3.

Primeramente en la ventana de catálogo se crea una nueva geodatabase; en la misma se genera un nuevo “Feature Dataset” denominado “Capas_Geográficas” se elige el sistema de coordenadas WGS84 UTM Zona 21S.

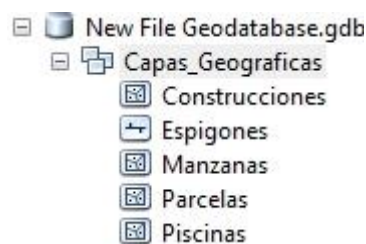


Ilustración 17: Feature dataset, Capas_Geográficas / Fuente: elaboración propia

Luego se procede a generar los distintos “Feature Class” como se indica en la siguiente tabla:

Nombre	Tipo
Piscinas	Polígono
Construcciones	Polígono
Manzanas	Polígono
Espigones	Línea
Parcelas	Polígono

Tabla N°4: Capas de información /Fuente: Elaboración propia

Piscinas:

Para generar esta capa es necesario identificar en la imagen las piscinas (total de piscinas localizadas seis), luego se elige una escala adecuada para su digitalización. Se emplea la herramienta de edición “Straigth Segment” para digitalizar las mismas.

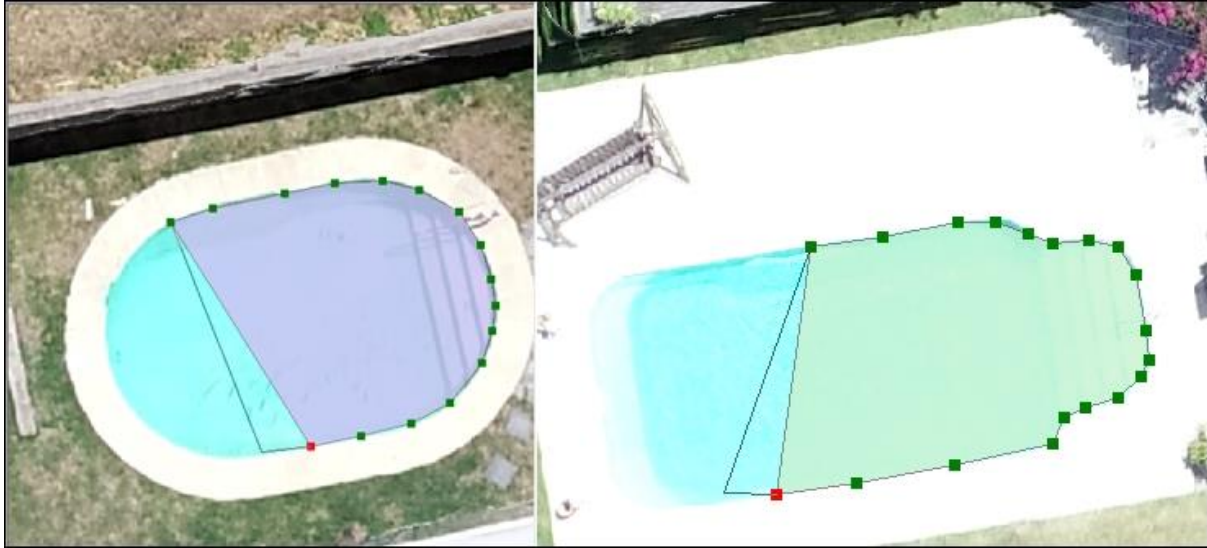


Ilustración 18: Digitalización de piscinas / Fuente: Elaboración propia

Construcciones:

Se decide digitalizar aquellas construcciones principales cuya superficie supera los 40m². El procedimiento de digitalización es el mismo que se empleó en la capa "Piscinas".



Ilustración 19: Digitalización de construcciones / Fuente: Elaboración propia.

Manzanas:

El método de digitalización es idéntico a los dos anteriores ítems (Piscinas, Construcciones).



Lustración 20: Digitalización de manzanas / Fuente: Elaboración propia.

Espigones:

Para digitalizar los espigones se emplea la herramienta “Straight Segment” de edición de ArcMap; sobre el Ortomosaico se identifican los extremos de los espigones, se procede a unirlos utilizando la herramienta anteriormente mencionada.

Parcelas:

En primera instancia se carga en ArcMap el Shapefile “Canelones Urbano” obtenido de Catastro.

Se procede a seleccionar aquellas parcelas que se encuentran en nuestra zona de estudio y se exportan al Dataset “Capas_Geográficas” con el nombre de “Parcelas”.

Luego se abre la edición de la capa y se procede a editar los extremos de las mismas, haciendo que coincidan con los límites de parcelas identificados en el Ortomosaico.



Ilustración 21 : Parcelas sin editar / parcelas editadas / Fuente: elaboración propia.

13 RESULTADOS

En este punto se analizan los resultados obtenidos en el transcurso del trabajo.

13.1 OUTLIERS

Una vez aplicado el test de la Mediana se descartaron de la muestra 4 puntos, en la siguiente tabla se presentan fotografías y una breve descripción de los mismos.

Punto N°4:



Punto ubicado en uno de los vértices de la escalera de acceso a la zona de playa.

Posibles causas de error: material con que está construida la escalera; madera cimentada sobre el barranco de arena, esta construcción data del año 2004.

Punto N°9:



Punto ubicado en poste de alambrado lindero.

Posible causa de error: este punto fue escogido durante la salida de campo (no pertenece a la serie preliminar de puntos seleccionados como posibles Puntos de Control), por lo cual, no se verificó previamente sobre el Ortomosaico.

Punto N°34:



Punto ubicado sobre un poste de una reja.

Posible causa de error: se repite ítem anterior (Nº9), punto escogido durante la salida de campo sin previa identificación en el Ortomosaico.

Punto N°37



Punto ubicado en un vértice de un cordón de una vereda. Este punto si pertenece a la serie preliminar de puntos escogidos para control, es fácilmente identificable tanto en el ortomosaico como en el terreno.

Posible causa de error: se considera que sea un error de observación en el momento de tomar el dato.

Tabla 5: Outliers / Fuente: Elaboración propia.

13.2 NORMALIDAD

A continuación se presentan dos gráficos que muestra la distribución normal del error cuadrático medio de los datos en la componente X e Y, para un valor de media y desviación estándar especificados.

Las características típicas de la distribución normal son la forma de campana, es asintótica al eje de las abscisas (para $x=\pm\infty$), simétrica con respecto a la media (μ) donde coinciden la mediana (M_n) y la moda (M_o).

Los puntos de inflexión tienen como abscisas los valores $\mu \pm \sigma$.

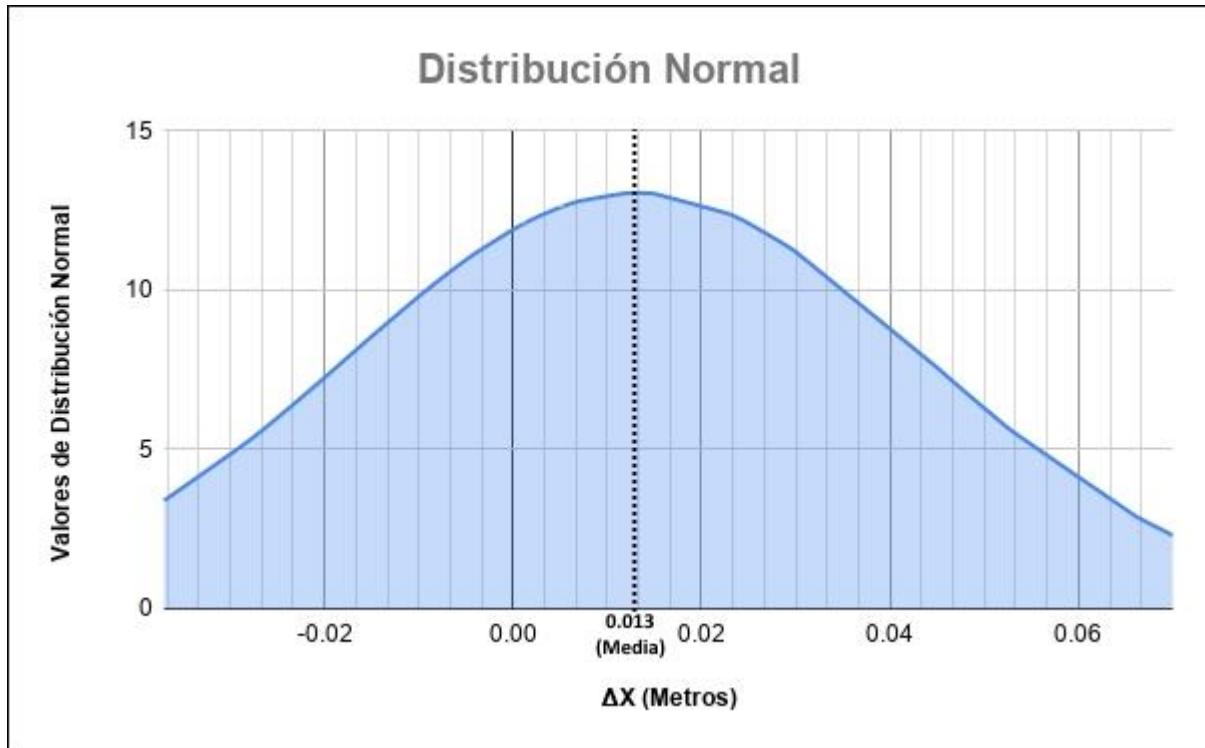


Ilustración 22: Distribución del Error Cuadrático Medio en la componente x / Fuente: Elaboración propia.

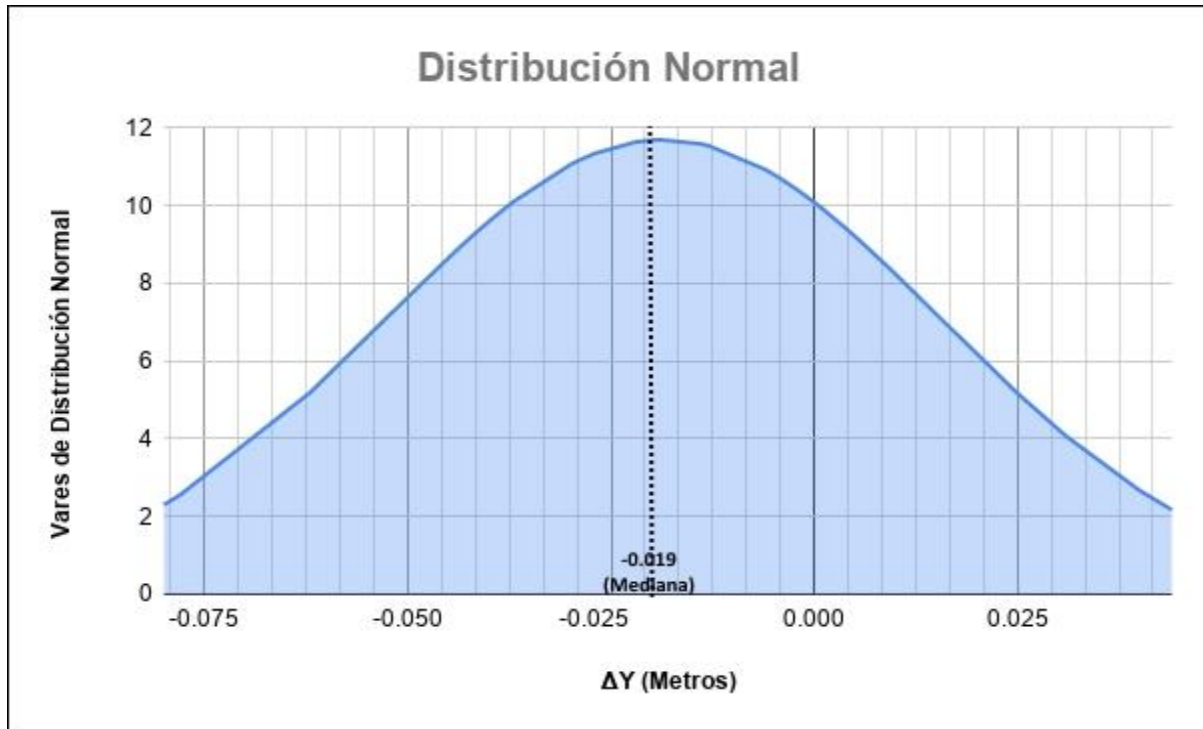


Ilustración 23: Distribución del Error Cuadrático Medio en la componente Y / Fuente: Elaboración propia.

En el caso del primer gráfico, se muestra la distribución del error cuadrático medio en la componente x para un valor de media de 0.013 m y una desviación estándar de 0.031m. El segundo gráfico corresponde a la distribución del error cuadrático medio en la componente Y, para un valor de media de 0.019m y desviación estándar de 0.034m.

Se logra visualizar que ambos gráficos tienen forma de campana y asintóticas al eje de las abscisas para (para $x = \pm\infty$), su eje de simetría es la mediana de los datos. Cumpliendo con algunas de las características de la distribución normal.

13.3 CORRELACIÓN

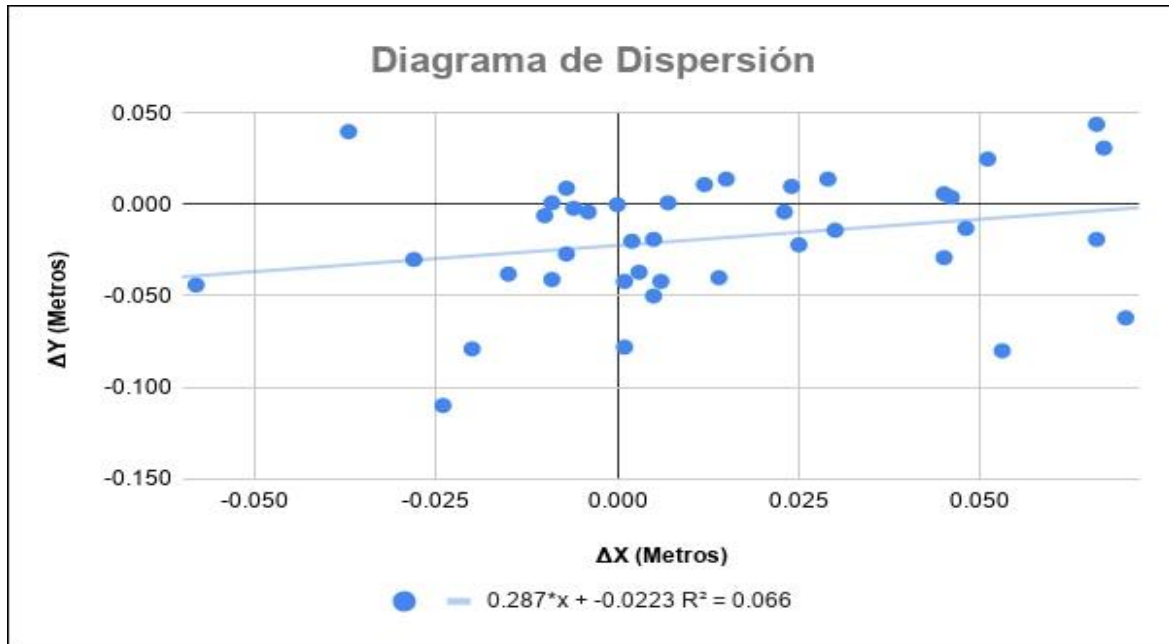


Ilustración 24: Diagrama de dispersión / Fuente: Elaboración propia.

El presente diagrama o gráfico representa los errores de los puntos tanto en la componente X como en la componente Y. Muestra la línea de tendencia de los errores así como el coeficiente de determinación (R^2) el cual refleja la bondad del ajuste de un modelo a la variable que pretende explicar. R^2 es simplemente el cuadrado del coeficiente de correlación de Pearson; en nuestro caso $R^2 = 0.26^2$.

13.4 ESTÁNDAR NSSDA

En la siguiente tabla se presentan los resultados obtenidos una vez aplicado el estándar NSSDA

	Ex	Ey
RMSE	0.04 m - 4 cm	0.03m - 3cm
RMSEx/RMSEy	0.86	
NSSDAr	0.09 m - 9cm	

Tabla 5: Valores de exactitud / Fuente: Elaboración propia.

El valor del error cuadrático medio en la componente X (RMSE_x) corresponde a 4 cm, el valor de RMSE_y es igual a 3 cm, y equivalen a un valor de exactitud posicional planimétrica de 9 cm.

13.5 CAPAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA



Ilustración 25: Mapa con capas digitalizadas / Fuente: elaboración propia.

14 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

14.1 CONCLUSIONES

Respecto al presente trabajo, podemos exponer que el objetivo general del mismo se cumplió en gran escala, dado que se logró combinar distintos ejes pragmáticos de la carrera de Tecnólogo en Cartografía, involucrando varias tareas como el relevamiento de datos, procesamiento y análisis de los mismos, además de la exposición de los resultados.

Se destaca además, que como estudiantes de la tecnicatura, tenemos especial formación en software de procesamientos de datos (QGIS, ArcGIS, Sopi entre otros...) pero no tanto así en el manejo de aparatos de medición como ser estación total, drones etc... Por lo cual resultó enriquecedor para nuestra experiencia manejar otras tecnologías.

En cuanto a la metodología descrita en este artículo y utilizada en la elaboración de los productos finales, la misma demostró su utilidad ya que permitió que se cumplieran satisfactoriamente los objetivos fijados.

Los mapas generados fueron elaborados siguiendo las especificaciones anteriormente detalladas permitiendo que toda su información, atributos, geometría, requisitos de calidad y metadatos estén estandarizados y que el intercambio de dicha información se puede hacer de una manera consistente y confiable.

En relación al objetivo general, también vale destacar que se logró ampliar la información cartográfica producida previamente durante el trabajo de pasantía, se generaron nuevas capas de información asociadas a la misma zona de estudio; manzanas, construcciones, piscinas, espigones.

Además, se innovó en cuanto a la experiencia, trabajo con software, combinación de metodologías y uso de drones dado que carecíamos de datos precedentes. No se han entregado hasta el momento estudios de este estilo dentro de la carrera del tecnólogo.

En cuanto a los objetivos específicos, se logró llevar a cabo la evaluación de la exactitud posicional planimétrica del ortomosaico 2018, a pesar de las dificultades presentadas, como la selección de puntos de control, dado que la zona de estudio es una zona dinámica, con constantes cambios físicos sobre la franja costera.

Los resultados obtenidos luego de aplicar el estándar arrojan un valor de RMSE_x de 3 cm, valor de RMSE_y de 4cm, y equivalen a un valor de exactitud posicional planimetría de 9cm con un nivel de confianza de 95%.

Podemos concluir:

La fotogrametría con UAV es un método rápido y eficaz que logra generar modelos digitales de alta precisión, siendo una gran herramienta que permite producir subproductos derivados (capas ráster y vectorial), sobre todo para aplicar en aquellas zonas que cuentan con escasa o nula información cartográfica.

CONCLUSIONES PERSONALES:

La Cartografía es una disciplina con conocimientos integrados, de amplia aplicación y grandes responsabilidades. Por tal motivo, la ejecución de este trabajo nos permitió planificar, desarrollar y ejecutar diversas tareas, consolidando conocimientos y conceptos adquiridos.

Barona, Leticia: Destaco el hecho de haber trabajado en equipo junto a mi compañera, donde cada una siempre aportó su perspectiva, conocimientos y habilidades para lograr buenos resultados. En lo personal, lo considero una gran experiencia por poner en práctica lo aprendido e innovar en campos fuera de nuestra currícula. El tema elegido nos permitió conocer los vínculos entre la Cartografía y otras disciplinas, dejando en claro que nuestra tarea es en muchos casos un aporte a otras actividades.

Larrañaga, Merilyn: En lo personal considero que este trabajo fue un gran desafío, dado que nos embarcamos en una zona que carecía de datos precedentes lo cual nos llevó a generar, capturar datos a partir de distintos métodos de medición. También me gustaría destacar el trabajo en equipo

con mi compañera tanto en este proyecto como en el trabajo de pasantía, lo cual nos permitió, intercambiar ideas para poder encontrar las mejores

Soluciones a los problemas que se nos presentaban. Además pudimos aprender una de otra y complementarnos para lograr buenos resultados desde mi perspectiva, siendo muy provechoso para mi futura experiencia profesional.

14.2 **RECOMENDACIONES**

En cuanto a las recomendaciones se sugiere:

- El seguimiento y ampliación de los datos generados en el informe, de ser posible semestral o anualmente, dado que es una zona dinámica, en constante evolución edilicia, morfológica y poblacional.
- Como dato relevante, deberán quedar fijos: la base de los puntos de apoyo y control para no repetir mediciones pero sí controlar los resultados anteriormente generados.
- Se recomienda la misma metodología (o similar) y herramientas para la recolección de información por quedar demostrada su eficiencia, bajo costo, fácil acceso y precisión. Dicha tarea puede llevarse a cabo en 1 o 2 salidas de campo.
- El equipo de trabajo no requiere más de 2 o 3 personas y el procesamiento de los datos será rápido dado que ya habría una base de información sobre la cual trabajar.
- Red de puntos de apoyo, se recomienda establecer y registrar una red que sirva de base para realizar futuros vuelos en la zona.
- Red de puntos de control, como en el caso anterior establecer una red de puntos de control para ser utilizada en futuros trabajos.

- Definir un “Raster con template”, esto permite que todas las capas de información tipo ráster tengan el mismo tamaño de celda y puedan ser comparadas o superpuestas sin que se presente ningún inconveniente.
- Automatizar: Slope, Flowdir, Flow Acc, esto permite que en cada nueva evaluación de la zona se generen las mismas capas de información que se elaboraron en la anterior.
- Buscar herramientas de comparación, establecer un listado de herramientas que permitan comparar valores de los ráster o capas vectoriales generadas en los distintos seguimientos de la zona.

De esta manera, se continúa con el estudio de la evolución temporal de la zona, analizando los componentes que afectan la misma y las posibles soluciones a la problemática del lugar.

Esta información sería relevante para la Junta Departamental de Atlántida, comisión de protección de la estructura del Águila, MTOP, MVOTMA, etc., por tener no sólo un contenido cartográfico sino que se entrega un material consecutivo de años donde aparecen diversos antecedentes de la zona, se aportan datos del terreno y se analizan otras características que inciden - se agrega que en la exposición y entrega de la pasantía una de las variables que se mencionaba era la construcción de los espigones por parte del MTOP varios años atrás como forma de proteger la costa, hecho que ha generado otras deformaciones.

15 BIBLIOGRAFÍA

15.1 LIBROS ELECTRÓNICOS Y PUBLICACIONES ONLINE:

1. Atkinson Gordo, Ala; Ariza López, Francisco; García Balboa, José Luis. 2001. *Los diferentes test para el control de calidad posicional en cartografía* [en línea]. España: Universidad de Extremadura, Departamento de Expresión Gráfica. [Consulta: Octubre, 2019]. Disponible en:
https://www.researchgate.net/publication/326107156_Los_diferentes_test_para_el_control_de_calidad_posicional_en_cartografia
2. MÉNDEZ BAILLO, Rodolfo; LOPEZ VAZQUEZ, Carlos. *Evaluación de exactitud posicional horizontal y vertical de la Cartografía Oficial a escala 1:50.000* [en línea]. Uruguay: Servicio Geográfico Militar / LatinGEO, 2010. [Consulta: Agosto, 2019]. Disponible en:
<http://redgeomatica.rediris.es/redlatingeo/2010/EvaluacionDeExactitudPosicionalHorizontalYVerticalDeLaCartografiaOficial.pdf>
3. MOYA ZAMORA, Jorge. 2010. *Determinación de la exactitud vertical del modelo geométrico del geoide MGH44 mediante la aplicación del estándar de la NSSDA* [en línea]. Heredia, Costa Rica: Universidad Nacional, Escuela de Topografía, Catastro y Geodesia I. [Consulta: Julio, 2019]. Disponible en:
<https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/uniciencia/article/view/155>
4. Positional Accuracy Handbook. *Using the National Standard for Spatial Data Accuracy to measure and report geographic data quality* [en línea]. Estados Unidos: Minnesota Planning, Octubre 2019. [Consulta: Junio, 2019]. Disponible en:
https://www.mngeo.state.mn.us/committee/standards/positional_accuracy/positional_accuracy_handbook_nssda.pdf

15.2 INFORMACIÓN DE CURSOS DE LA CARRERA TECNÓLOGO EN CARTOGRAFÍA:

5. BERMÚDEZ, Hebenor. *Materiales del curso de Introducción a la Evaluación de la Calidad de la Información Geográfica*. Uruguay: Universidad de la República - Facultad de Ingeniería, 2018.
6. CANTÓN, Víctor; Sosa, Beatriz. *Materiales del curso de Evaluación de los Recursos Naturales e Impacto Ambiental*. Uruguay: Universidad de la República -Facultad de Ciencias, 2017.
7. ACHKAR, Marcel; DÍAZ, Ismael. *Materiales del curso Geografía Rural*. Uruguay: Universidad de la República -Facultad de Ciencias, 2018.
8. PESCE, Fernando; DÍAZ, Ismael. *Materiales del curso Hidrología*. Uruguay: Universidad de la República -Facultad de Ciencias, 2015.
9. FERNÁNDEZ, Gabriela. *Materiales del curso de Territorio Dimensión Física y Social*. Uruguay: Universidad de la República - Facultad de Ciencias, Instituto Profesores Artigas, 2015.
10. MÉNDEZ BAILLO, Rodolfo. *Materiales del curso Estadística y Geoestadística*. Uruguay: Universidad de la República - Facultad de Ingeniería, 2015.
11. SUÁREZ, Norbertino. *Materiales del curso Producción Cartográfica*. Uruguay: Universidad de la República - Facultad de Ingeniería, 2016.
12. YELICICH, Ricardo. *Materiales del curso Introducción a la Geodesia y Sistemas de Posicionamiento Global*. Uruguay: Universidad de la República - Facultad de Ingeniería, 2015.

15.3 SITIOS WEB:

13. Aerial Insights. *Fotogrametría con drones*. [Consulta: Agosto, 2019].
Disponible en: <http://www.aerial-insights.co/blog/fotogrametria-con-drones/>
14. CursosGis. *Diferencias entre QGIS y ArcGIS*. [Consulta: Julio, 2019].
Disponible en: <https://www.cursosgis.com/>
15. DJI. *Especificaciones DJI Phantom 4 Pro*. [Consulta: Octubre, 2019].
Disponible en: <https://www.dji.com/phantom-4-pro/info>

16. Geoportal de Catastro. Servicios, Geocatastro. Parcelario Urbano y Rural. Shapefile. Disponible en:

<http://sede.catastro.gub.uy/Sede/apia.portal.PortalAction.run>

17. Portal de Dirección Nacional de Aviación Civil e Infraestructura Aeronáutica (DINACIA). *Normativa de ordenamiento básico de drones*. [Consulta: Julio, 2019]. Disponible en: <https://www.dinacia.gub.uy/>

18. SlideShare. *Distribución Muestral.2009*. México. [Consulta: Agosto, 2019]. Disponible en: <https://es.slideshare.net/bemaquali/distribucion-muestral>

15.4 OTROS:

19. Información y materiales brindados por Comisión “El Águila” (Fotos, entrevista).

16 ANEXOS

16.1 PROCESAMIENTO DE LAS IMÁGENES OBTENIDAS DEL VUELO CON DRON

Para generar el ortomosaico se emplea el Shapefile de Puntos de Control (correspondiente al año 2018, relevado durante trabajo de campo) y las imágenes obtenidas del vuelo realizado en la zona de estudio.

Para procesar las 110 imágenes obtenidas en vuelo N°1 se empleó el software Pix4D Mapper (esta herramienta transforma las imágenes en modelos espaciales digitales).

Una vez cargadas las imágenes en dicho software, el mismo detecta el sistema de referencia en el cual trabajar, en este caso WGS 84/ UTM Huso 21S. Posteriormente se elige la opción de procesado estándar (mapas 3D) la cual incluye un Modelo Digital de Superficie, un ortomosaico, una nube de puntos y una malla 3D de la zona. Para llevar a cabo este procesamiento es necesario realizar los siguientes pasos:

1. Cargar el archivo de los puntos relevados con GPS (puntos de control), mediante el botón “GCP/MTP Manager”

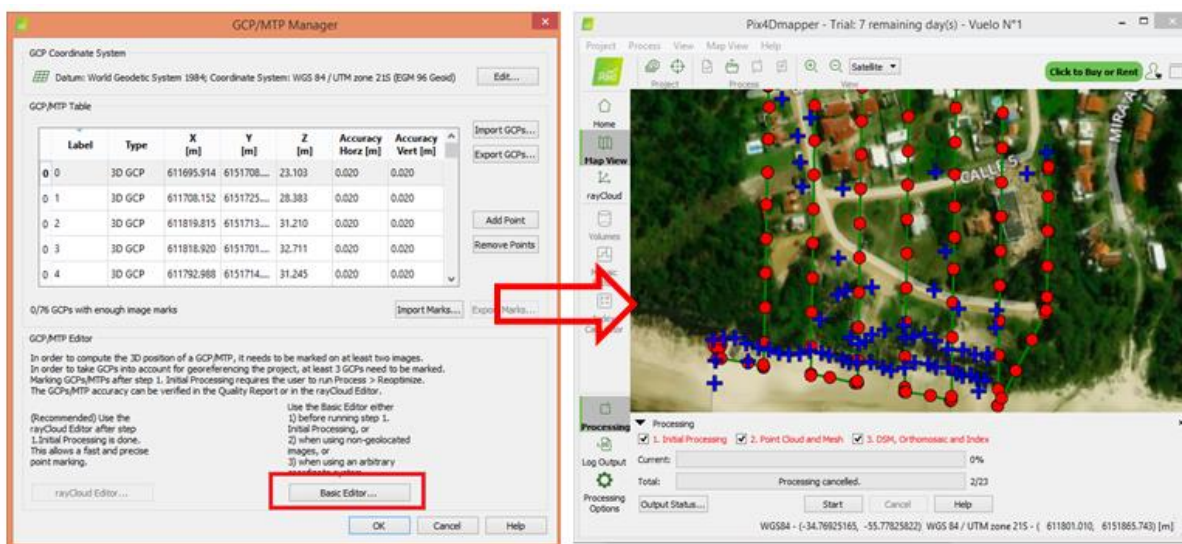


Ilustración: Puntos de apoyo.

- Luego, en la ventana principal de “Pix4D Mapper” se elige un de los punto de control (GCP) y se abre el editor, realizado este paso, se selecciona la primer imagen de la lista, se localiza y se marca el punto elegido en dicha imagen (cruz amarilla). Este proceso se repite con las siguientes imágenes hasta que se obtengan un total de entre 10 o 15 imágenes asociadas para el punto escogido.

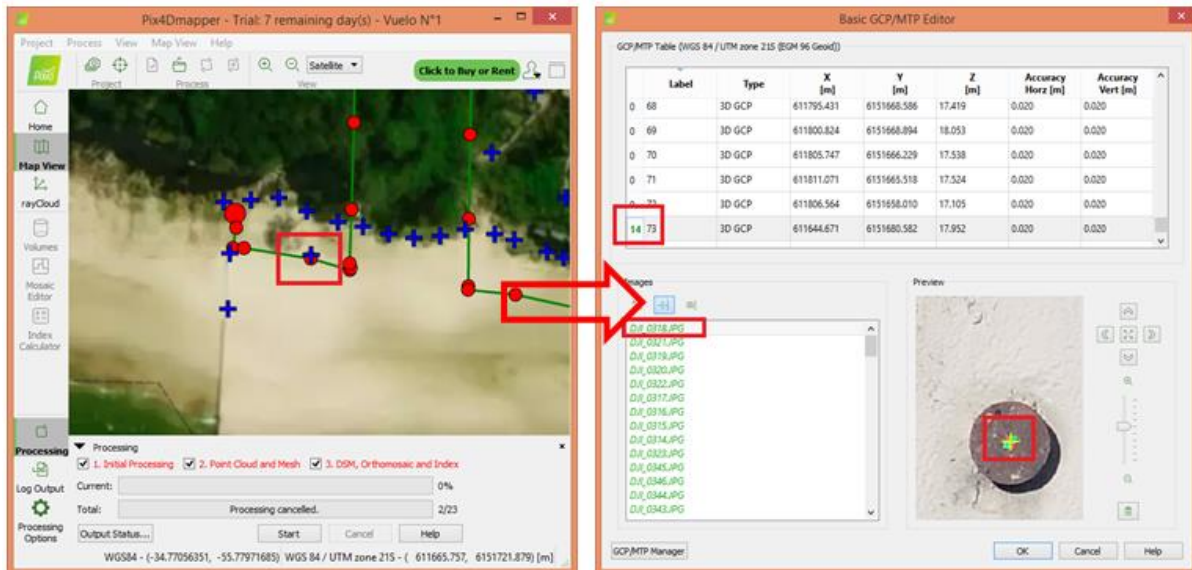


Ilustración: Asociación de imágenes al punto GCP seleccionado.

- Nuevamente se repite el ítem anterior para los restantes puntos GCP (total 30 puntos)
- Una vez asociado cada punto GCP con sus correspondientes imágenes del vuelo, se da inicio al procesado de datos. Mediante el botón “Start” de la ventana principal de “Pix4D Mapper”.

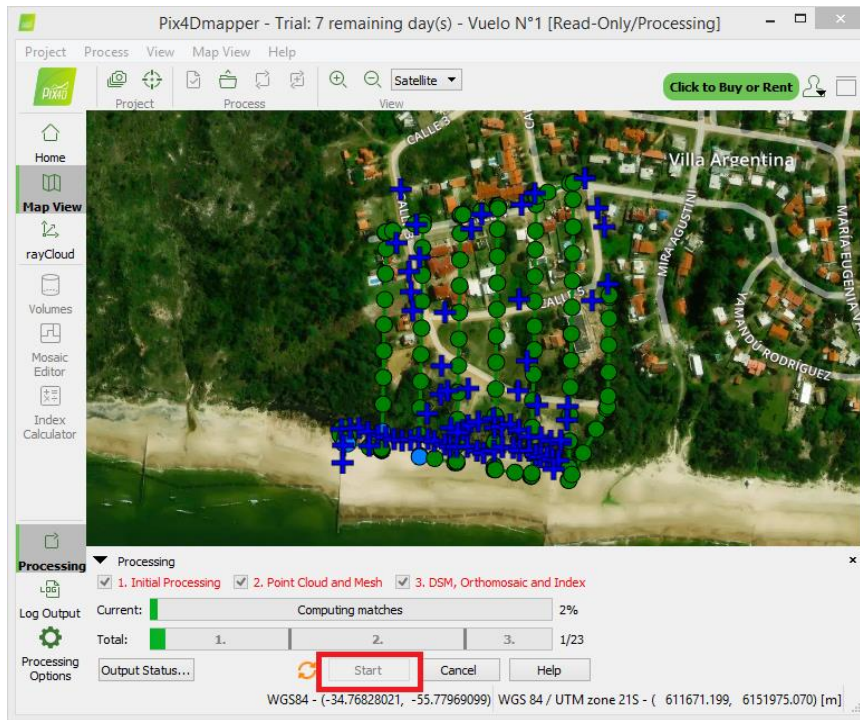


Ilustración: Procesamiento de las imágenes.

16.2 ANEXO N°2: INFORMACIÓN ADICIONAL DEL PROCESAMIENTO DE LAS IMÁGENES DEL VUELO N°1

Quality Report



Generated with Pix4Dmapper version 4.3.31

! **Important:** Click on the different icons for:

- ?** Help to analyze the results in the Quality Report
- i** Additional information about the sections

? Click [here](#) for additional tips to analyze the Quality Report

Summary

Project	Vuelo 1
Processed	2018-11-09 21:41:41
Camera Model Name(s)	FC6310_8.8_5472x3648 (RGB)
Average Ground Sampling Distance (GSD)	2.25 cm / 0.88 in
Area Covered	0.108 km ² / 10.7526 ha / 0.04 sq. mi. / 26.5839 acres
Time for Initial Processing (without report)	07m:37s

Quality Check

? Images	median of 5074 keypoints per image	✓
? Dataset	111 out of 111 images calibrated (100%), all images enabled	✓
? Camera Optimization	0.49% relative difference between initial and optimized internal camera parameters	✓
? Matching	median of 2275.79 matches per calibrated image	✓
? Georeferencing	yes, 25 GCPs (25 3D), mean RMS error = 0.043 m	✓

? Preview

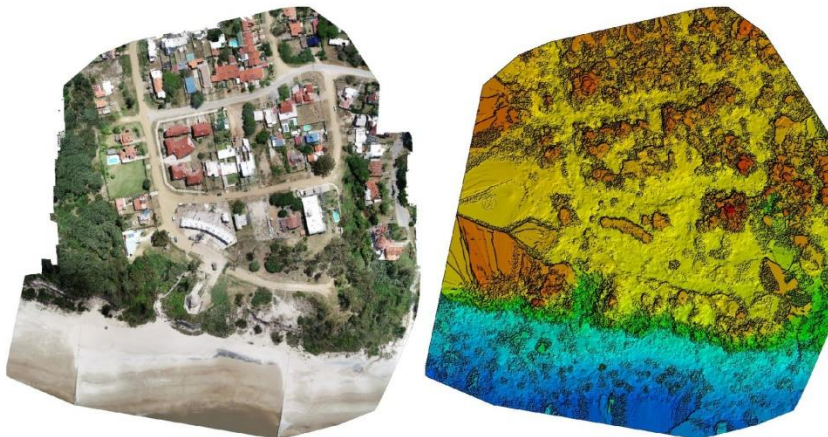


Figure 1: Orthomosaic and the corresponding sparse Digital Surface Model (DSM) before densification.

Calibration Details

Number of Calibrated Images	111 out of 111
Number of Geolocated Images	111 out of 111

Initial Image Positions

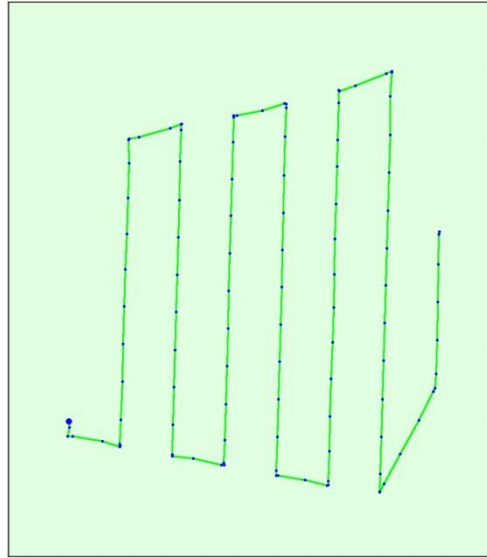
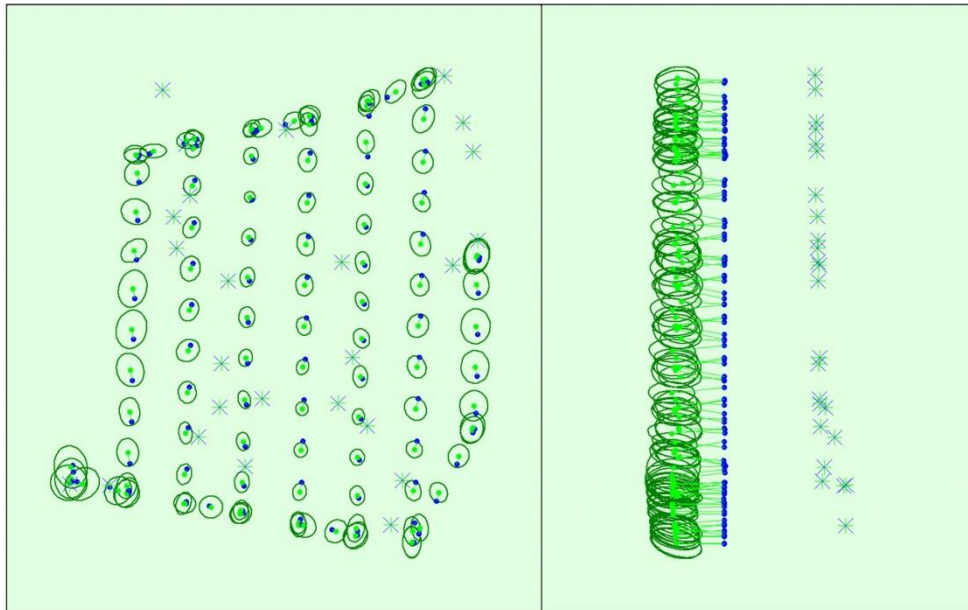
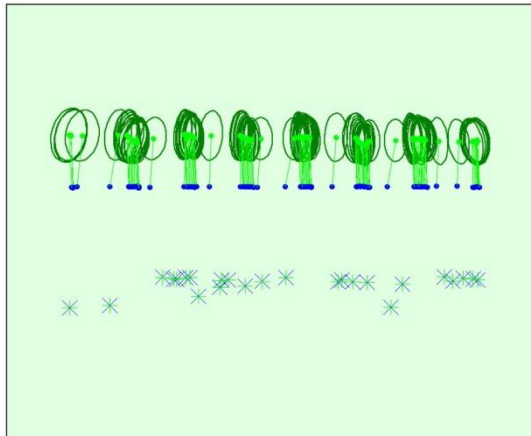


Figure 2: Top view of the initial image position. The green line follows the position of the images in time starting from the large blue dot.

Computed Image/GCPs/Manual Tie Points Positions





Uncertainty ellipses 500x magnified

Figure 3: Offset between initial (blue dots) and computed (green dots) image positions as well as the offset between the GCPs initial positions (blue crosses) and their computed positions (green crosses) in the top-view (XY plane), front-view (XZ plane), and side-view (YZ plane). Dark green ellipses indicate the absolute position uncertainty of the bundle block adjustment result.

2 Absolute camera position and orientation uncertainties



	X[m]	Y[m]	Z[m]	Omega [degree]	Phi [degree]	Kappa [degree]
Mean	0.012	0.013	0.026	0.008	0.007	0.002
Sigma	0.003	0.004	0.002	0.002	0.002	0.001

2 Overlap

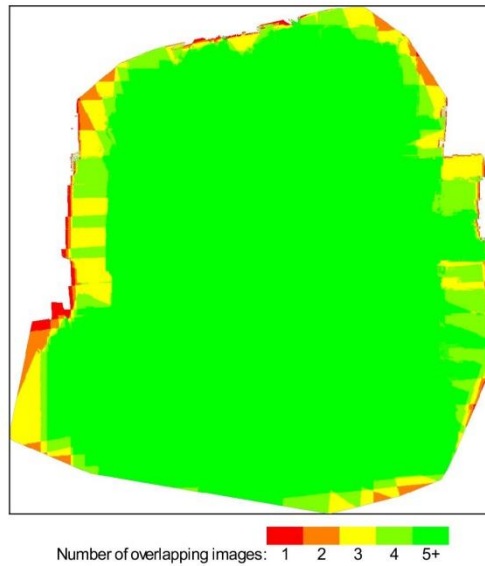


Figure 4: Number of overlapping images computed for each pixel of the orthomosaic. Red and yellow areas indicate low overlap for which poor results may be generated. Green areas indicate an overlap of over 5 images for every pixel. Good quality results will be generated as long as the number of keypoint matches is also sufficient for these areas (see Figure 5 for keypoint matches).

Bundle Block Adjustment Details

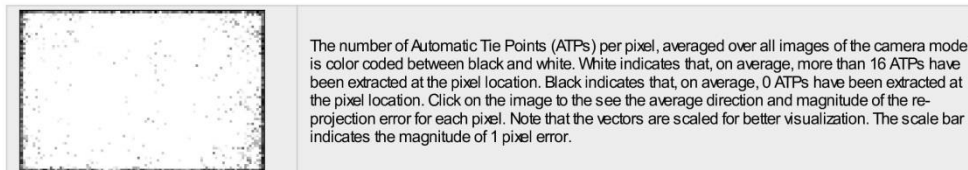
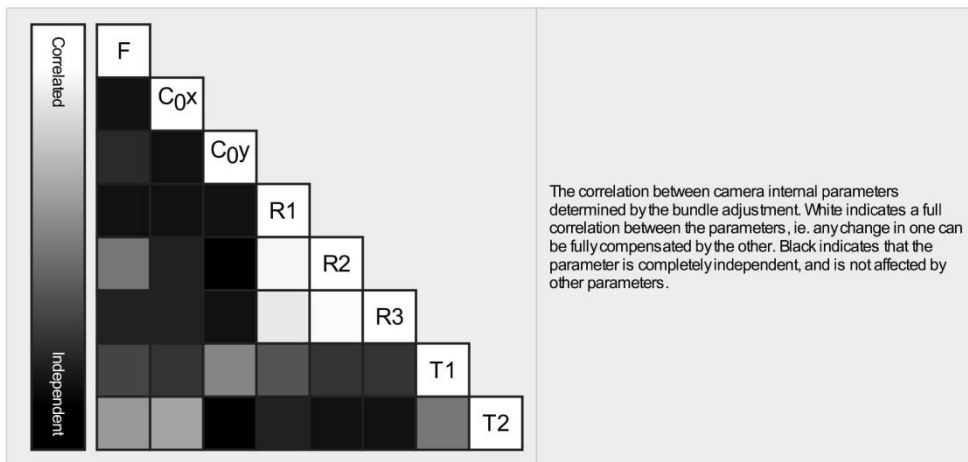
Number of 2D Keypoint Observations for Bundle Block Adjustment	252877
Number of 3D Points for Bundle Block Adjustment	80197
Mean Reprojection Error [pixels]	0.106

Internal Camera Parameters

FC6310_8.8_5472x3648 (RGB). Sensor Dimensions: 12.833 [mm] x 8.556 [mm]

EXIF ID: FC6310_8.8_5472x3648

	Focal Length	Principal Point x	Principal Point y	R1	R2	R3	T1	T2
Initial Values	3668.759 [pixel] 8.604 [mm]	2736.001 [pixel] 6.417 [mm]	1823.999 [pixel] 4.278 [mm]	0.003	-0.008	0.008	-0.000	0.000
Optimized Values	3650.740 [pixel] 8.562 [mm]	2730.042 [pixel] 6.403 [mm]	1838.332 [pixel] 4.311 [mm]	0.006	-0.016	0.014	0.000	-0.001
Uncertainties (Sigma)	1.110 [pixel] 0.003 [mm]	0.203 [pixel] 0.000 [mm]	0.167 [pixel] 0.000 [mm]	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000



2D Keypoints Table

	Number of 2D Keypoints per Image	Number of Matched 2D Keypoints per Image
Median	5074	2276
Min	4374	762
Max	5859	3494
Mean	5094	2278

3D Points from 2D Keypoint Matches

	Number of 3D Points Observed
In 2 Images	49155
In 3 Images	14052

In 4 Images	6085
In 5 Images	2913
In 6 Images	1929
In 7 Images	1445
In 8 Images	1055
In 9 Images	809
In 10 Images	608
In 11 Images	490
In 12 Images	400
In 13 Images	311
In 14 Images	235
In 15 Images	189
In 16 Images	122
In 17 Images	101
In 18 Images	83
In 19 Images	55
In 20 Images	55
In 21 Images	35
In 22 Images	30
In 23 Images	19
In 24 Images	11
In 25 Images	7
In 26 Images	2
In 27 Images	1

? 2D Keypoint Matches



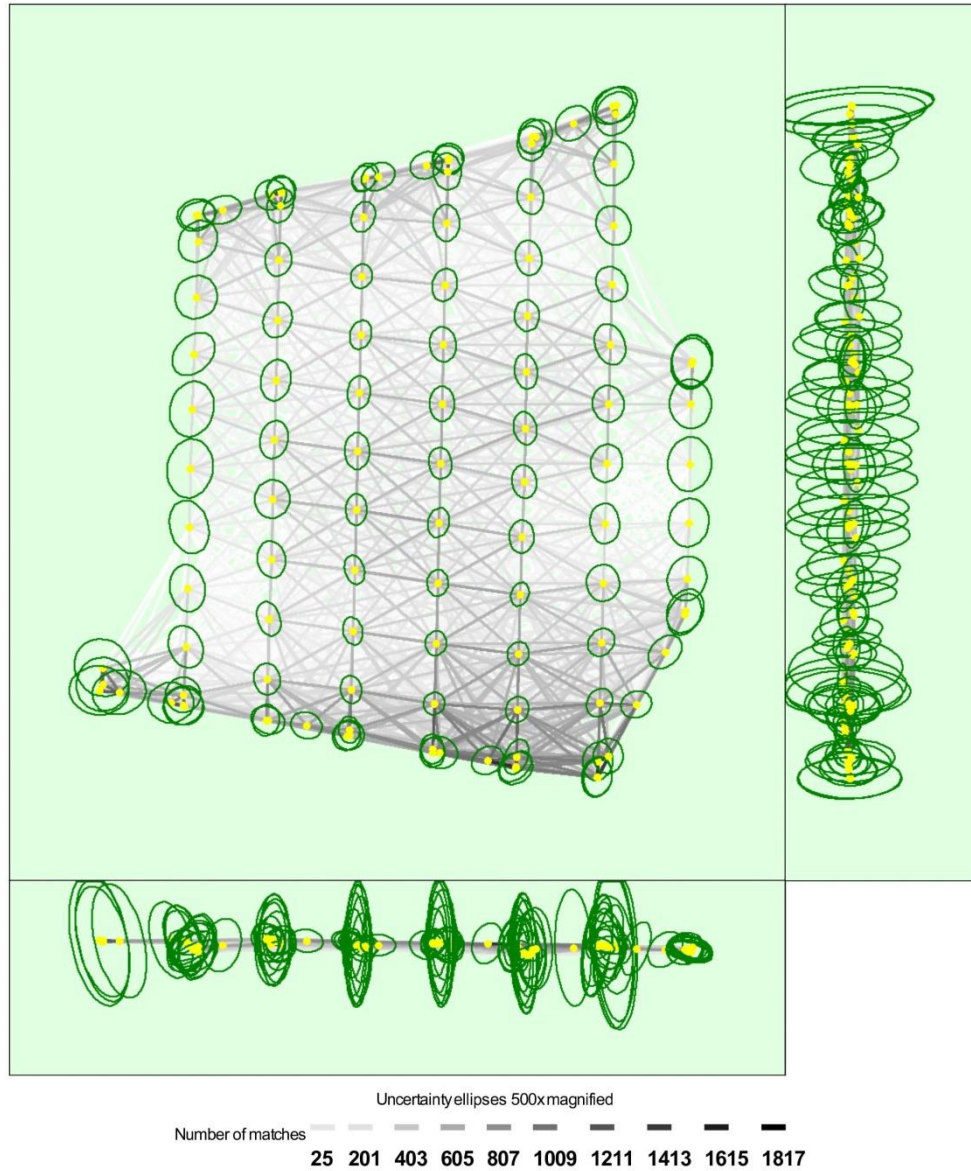


Figure 5: Computed image positions with links between matched images. The darkness of the links indicates the number of matched 2D keypoints between the images. Bright links indicate weak links and require manual tie points or more images. Dark green ellipses indicate the relative camera position uncertainty of the bundle block adjustment result.

Relative camera position and orientation uncertainties

	X[m]	Y[m]	Z[m]	Omega [degree]	Phi [degree]	Kappa [degree]
Mean	0.013	0.014	0.024	0.038	0.032	0.004
Sigma	0.003	0.003	0.015	0.019	0.020	0.001

Geolocation Details

? Ground Control Points



GCP Name	Accuracy XYZ [m]	Error X[m]	Error Y[m]	Error Z[m]	Projection Error [pixel]	Verified/Marked
0 (3D)	0.020/0.020	-0.024	-0.016	0.023	0.580	15 / 15
1 (3D)	0.020/0.020	0.019	-0.006	-0.019	0.669	14 / 14
4 (3D)	0.020/0.020	-0.000	0.004	0.008	0.627	15 / 15
5 (3D)	0.020/0.020	-0.003	-0.014	-0.043	1.085	10 / 10
6 (3D)	0.020/0.020	0.032	0.026	-0.000	0.698	11 / 11
7 (3D)	0.020/0.020	0.004	0.001	-0.006	0.784	11 / 11
8 (3D)	0.020/0.020	0.008	-0.006	0.024	0.582	12 / 12
9 (3D)	0.020/0.020	-0.010	0.011	-0.032	0.638	7 / 7
10 (3D)	0.020/0.020	0.018	-0.019	-0.015	1.221	7 / 7
11 (3D)	0.020/0.020	-0.020	0.024	-0.003	0.577	8 / 8
12 (3D)	0.020/0.020	0.005	-0.011	0.023	0.337	6 / 6
15 (3D)	0.020/0.020	0.009	-0.002	-0.017	0.901	11 / 11
17 (3D)	0.020/0.020	-0.047	-0.060	-0.017	0.414	13 / 13
18 (3D)	0.020/0.020	0.047	0.031	0.021	0.859	9 / 9
20 (3D)	0.020/0.020	-0.002	0.025	0.035	0.843	16 / 16
21 (3D)	0.020/0.020	0.000	0.009	-0.028	0.387	13 / 13
22 (3D)	0.020/0.020	-0.014	-0.009	0.014	0.487	12 / 12
24 (3D)	0.020/0.020	0.004	0.019	0.005	0.486	12 / 12
26 (3D)	0.020/0.020	-0.005	-0.000	0.015	0.444	10 / 10
39 (3D)	0.020/0.020	0.263	0.222	0.111	0.618	15 / 15
40 (3D)	0.020/0.020	0.024	-0.009	-0.008	0.614	13 / 13
42 (3D)	0.020/0.020	0.006	-0.015	0.001	0.459	18 / 18
72 (3D)	0.020/0.020	-0.018	0.016	0.018	0.419	15 / 15
73 (3D)	0.020/0.020	-0.011	0.023	-0.017	0.451	14 / 14
74 (3D)	0.020/0.020	0.008	-0.015	0.008	0.324	13 / 13
Mean [m]		0.011736	0.009246	0.003955		
Sigma [m]		0.054575	0.047544	0.029169		
RMS Error [m]		0.055823	0.048434	0.029436		

Localisation accuracy per GCP and mean errors in the three coordinate directions. The last column counts the number of calibrated images where the GCP has been automatically verified v.s. manually marked.

? Absolute Geolocation Variance



Mn Error [m]	Max Error [m]	Geolocation Error X[%]	Geolocation Error Y[%]	Geolocation Error Z[%]
-	-15.00	0.00	0.00	0.00
-15.00	-12.00	0.00	0.00	0.00
-12.00	-9.00	0.00	0.00	0.00
-9.00	-6.00	0.00	1.80	0.00
-6.00	-3.00	4.50	14.41	0.00
-3.00	0.00	13.51	40.54	60.36
0.00	3.00	81.98	18.92	34.23
3.00	6.00	0.00	21.62	5.41
6.00	9.00	0.00	2.70	0.00
9.00	12.00	0.00	0.00	0.00
12.00	15.00	0.00	0.00	0.00
15.00	-	0.00	0.00	0.00
Mean [m]		0.681166	-0.016838	-27.646595
Sigma [m]		1.314680	3.376431	1.559563
RMS Error [m]		1.480665	3.376473	27.690548

Min Error and Max Error represent geolocation error intervals between -1.5 and 1.5 times the maximum accuracy of all the images. Columns X, Y, Z show the percentage of images with geolocation errors within the predefined error intervals. The geolocation error is the difference between the initial and computed image positions. Note that the image geolocation errors do not correspond to the accuracy of the observed 3D points.

Geolocation Bias	X	Y	Z
Translation [m]	0.681166	-0.016838	-27.646595

Bias between image initial and computed geolocation given in output coordinate system.

Relative Geolocation Variance

Relative Geolocation Error	Images X[%]	Images Y[%]	Images Z[%]
[-1.00, 1.00]	97.30	81.98	100.00
[-2.00, 2.00]	100.00	100.00	100.00
[-3.00, 3.00]	100.00	100.00	100.00
Mean of Geolocation Accuracy [m]	5.000000	5.000000	10.000000
Sigma of Geolocation Accuracy [m]	0.000000	0.000000	0.000000

Images X, Y, Z represent the percentage of images with a relative geolocation error in X, Y, Z.

Geolocation Orientational Variance	RMS [degree]
Omega	0.692
Phi	0.477
Kappa	5.064

Geolocation RMS error of the orientation angles given by the difference between the initial and computed image orientation angles.

Initial Processing Details

System Information

Hardware	CPU: AMD A12-9720P RADEON R7, 12 COMPUTE CORES 4C+8G RAM: 7GB GPU: AMD Radeon R7 Graphics (Driver: 21.19.414.1280)
Operating System	Windows 10 Home, 64-bit

Coordinate Systems

Image Coordinate System	WGS 84 (EGM96 Geoid)
Ground Control Point (GCP) Coordinate System	WGS 84 / UTMzone 21S (EGM96 Geoid)
Output Coordinate System	WGS 84 / UTMzone 21S (EGM96 Geoid)

Processing Options

Detected Template	No Template Available
Keypoints Image Scale	Rapid, Image Scale: 0.25
Advanced: Matching Image Pairs	Aerial Grid or Corridor
Advanced: Matching Strategy	Use Geometrically Verified Matching: no
Advanced: Keypoint Extraction	Targeted Number of Keypoints: Automatic
Advanced: Calibration	Calibration Method: Standard Internal Parameters Optimization: All External Parameters Optimization: All Rematch: Auto, yes

Point Cloud Densification details

Processing Options

Image Scale	multiscale, 1/2 (Half image size, Default)
Point Density	Low (Fast)
Minimum Number of Matches	3
3D Textured Mesh Generation	yes
3D Textured Mesh Settings:	Resolution: Custom Maximum Octree Depth: 6 Texture Size [pixels]: 8192x8192 Decimation Criteria: Quantitative, Maximum Number of Triangles: 700000 Color Balancing: no
LOD	Generated: no
Advanced: 3D Textured Mesh Settings	Sample Density Divider: 1
Advanced: Image Groups	group1
Advanced: Use Processing Area	yes
Advanced: Use Annotations	yes
Time for Point Cloud Densification	27m:43s
Time for Point Cloud Classification	NA
Time for 3D Textured Mesh Generation	03m:47s

Results

Number of Generated Tiles	1
Number of 3D Densified Points	3753943
Average Density (per m ³)	69.15

DSM, Orthomosaic and Index Details

Processing Options

DSM and Orthomosaic Resolution	1 x GSD (2.25 [cm/pixel])
DSM Filters	Noise Filtering: yes Surface Smoothing: yes, Type: Sharp
Raster DSM	Generated: yes Method: Inverse Distance Weighting Merge Tiles: yes
Orthomosaic	Generated: yes Merge Tiles: yes GeoTIFF Without Transparency: no Google Maps Tiles and KML: no
Time for DSM Generation	26m:07s
Time for Orthomosaic Generation	01h:32m:20s
Time for DTM Generation	00s
Time for Contour Lines Generation	00s
Time for Reflectance Map Generation	00s
Time for Index Map Generation	00s

16.3 ANEXO N°3: CÁLCULOS PARA DETECTAR OUTLIERS

N° Punto	X Punto Control	X Ortofoto	ΔX	$ \Delta X - M $	$ \Delta X - M / [M(\Delta X - M)]$
1	611804.362	611804.361	0.001	0.004	0.205
2	611695.490	611695.423	0.067	0.062	3.179
3	611710.163	611710.183	-0.020	0.025	1.282
4	611717.124	611717.175	-0.051	0.056	2.872
5	611724.807	611724.865	-0.058	0.063	3.231
6	611732.512	611732.516	-0.004	0.009	0.462
7	611721.946	611721.952	-0.006	0.011	0.564
8	611776.084	611776.018	0.066	0.061	3.128
9	611790.353	611790.362	-0.009	0.014	0.718
10	611713.368	611713.322	0.046	0.041	2.103
11	611687.272	611687.248	0.024	0.019	0.974
12	611696.608	611696.583	0.025	0.020	1.026
13	611694.687	611694.724	-0.037	0.042	2.154
14	611689.993	611690.008	-0.015	0.020	1.026
15	611690.322	611690.350	-0.028	0.033	1.692
16	611670.062	611670.033	0.029	0.024	1.231
17	611669.913	611669.922	-0.009	0.014	0.718
18	611688.237	611688.235	0.002	0.003	0.154
19	611678.612	611678.567	0.045	0.040	2.051
20	611674.849	611674.844	0.005	0.000	0.000
21	611662.010	611661.944	0.066	0.061	3.128
22	611664.329	611664.259	0.070	0.065	3.333
23	611718.581	611718.530	0.051	0.046	2.359
24	611746.719	611746.689	0.030	0.025	1.282
25	611750.879	611750.874	0.005	0.000	0.000
26	611796.934	611796.889	0.045	0.040	2.051
27	611790.619	611790.613	0.006	0.001	0.051
28	611788.250	611788.202	0.048	0.043	2.205

29	611784.303	611784.250	0.053	0.048	2.462
30	611795.650	611795.660	-0.010	0.015	0.769
31	611799.772	611799.769	0.003	0.002	0.103
32	611814.452	611814.429	0.023	0.018	0.923
33	611833.819	611833.807	0.012	0.007	0.359
34	611852.544	611853.054	-0.510	0.515	26.410
35	611853.922	611853.922	0.000	0.005	0.256
36	611840.891	611840.877	0.014	0.009	0.462
37	611849.535	611849.359	0.176	0.171	8.769
38	611835.085	611835.092	-0.007	0.012	0.615
39	611825.221	611825.245	-0.024	0.029	1.487
40	611822.784	611822.791	-0.007	0.012	0.615
41	611807.118	611807.117	0.001	0.004	0.205
42	611773.894	611773.903	-0.009	0.014	0.718
43	611751.190	611751.183	0.007	0.002	0.103
44	611734.409	611734.394	0.015	0.010	0.513

Mediana:	0.005
Mediana $ \Delta x - M =$	0.019

N° Punto	Y Punto Control	Y Ortofoto	ΔY	$ \Delta Y - M $	$ \Delta Y - M / [M(\Delta Y - M)]$
1	6151643.374	6151643.452	-0.078	0.059	2.565
2	6151709.143	6151709.112	0.031	0.050	2.174
3	6151726.286	6151726.365	-0.079	0.060	2.609
4	6151727.669	6151727.958	-0.289	0.270	11.739
5	6151727.610	6151727.654	-0.044	0.025	1.087
6	6151726.193	6151726.197	-0.004	0.015	0.652
7	6151695.625	6151695.627	-0.002	0.017	0.739
8	6151757.503	6151757.459	0.044	0.063	2.739
9	6151758.777	6151758.663	0.114	0.133	5.783
10	6151749.352	6151749.348	0.004	0.023	1.000
11	6151798.107	6151798.097	0.010	0.029	1.261

12	6151807.847	6151807.869	-0.022	0.003	0.130
13	6151821.157	6151821.117	0.040	0.059	2.565
14	6151846.628	6151846.666	-0.038	0.019	0.826
15	6151863.702	6151863.732	-0.030	0.011	0.478
16	6151860.867	6151860.853	0.014	0.033	1.435
17	6151873.503	6151873.544	-0.041	0.022	0.957
18	6151874.283	6151874.303	-0.020	0.001	0.043
19	6151887.372	6151887.401	-0.029	0.010	0.435
20	6151907.834	6151907.884	-0.050	0.031	1.348
21	6151924.566	6151924.585	-0.019	0.000	0.000
22	6151931.871	6151931.933	-0.062	0.043	1.870
23	6151867.253	6151867.228	0.025	0.044	1.913
24	6151885.625	6151885.639	-0.014	0.005	0.217
25	6151875.114	6151875.133	-0.019	0.000	0.000
26	6151885.601	6151885.595	0.006	0.025	1.087
27	6151898.273	6151898.315	-0.042	0.023	1.000
28	6151918.627	6151918.640	-0.013	0.006	0.261
29	6151939.648	6151939.728	-0.080	0.061	2.652
30	6151955.332	6151955.338	-0.006	0.013	0.565
31	6151939.240	6151939.277	-0.037	0.018	0.783
32	6151901.209	6151901.213	-0.004	0.015	0.652
33	6151901.934	6151901.923	0.011	0.030	1.304
34	6151900.397	6151900.591	-0.194	0.175	7.609
35	6151872.337	6151872.337	0.000	0.019	0.826
36	6151842.688	6151842.728	-0.040	0.021	0.913
37	6151803.635	6151803.670	-0.035	0.016	0.696
38	6151800.446	6151800.473	-0.027	0.008	0.348
39	6151804.538	6151804.648	-0.110	0.091	3.957
40	6151817.070	6151817.061	0.009	0.028	1.217
41	6151803.076	6151803.118	-0.042	0.023	1.000
42	6151808.538	6151808.537	0.001	0.020	0.870
43	6151801.547	6151801.546	0.001	0.020	0.870

44	6151799.076	6151799.062	0.014	0.033	1.435
----	-------------	-------------	-------	-------	-------

Mediana:	-0.019		Puntos Descartados
Mediana $ \Delta x - M =$	0.023	Puntos N°	4,9,34,37

16.4 ANEXO N°4: CÁLCULOS PARA VERIFICACIÓN DE DISTRIBUCIÓN DE DATOS

- Método Descriptivo (IQR/S)=1.3

N° Punto	X Punto Control	X Ortofoto	ΔX	$(\Delta X - X)$	$(\Delta X - X)^2$
1	611804.362	611804.361	0.001	-0.012	0.0001470156
2	611695.490	611695.423	0.067	0.054	0.0029025156
3	611710.163	611710.183	-0.020	-0.033	0.0010972656
5	611724.807	611724.865	-0.058	-0.071	0.0050587656
6	611732.512	611732.516	-0.004	-0.017	0.0002932656
7	611721.946	611721.952	-0.006	-0.019	0.0003657656
8	611776.084	611776.018	0.066	0.053	0.0027957656
10	611713.368	611713.322	0.046	0.033	0.0010807656
11	611687.272	611687.248	0.024	0.011	0.0001182656
12	611696.608	611696.583	0.025	0.012	0.0001410156
13	611694.687	611694.724	-0.037	-0.050	0.0025125156
14	611689.993	611690.008	-0.015	-0.028	0.0007910156
15	611690.322	611690.350	-0.028	-0.041	0.0016912656
16	611670.062	611670.033	0.029	0.016	0.0002520156
17	611669.913	611669.922	-0.009	-0.022	0.0004895156
18	611688.237	611688.235	0.002	-0.011	0.0001237656
19	611678.612	611678.567	0.045	0.032	0.0010160156
20	611674.849	611674.844	0.005	-0.008	0.0000660156
21	611662.010	611661.944	0.066	0.053	0.0027957656
22	611664.329	611664.259	0.070	0.057	0.0032347656
23	611718.581	611718.530	0.051	0.038	0.0014345156
24	611746.719	611746.689	0.030	0.017	0.0002847656

25	611750.879	611750.874	0.005	-0.008	0.0000660156
26	611796.934	611796.889	0.045	0.032	0.0010160156
27	611790.619	611790.613	0.006	-0.007	0.0000507656
28	611788.250	611788.202	0.048	0.035	0.0012162656
29	611784.303	611784.250	0.053	0.040	0.0015900156
30	611795.650	611795.660	-0.010	-0.023	0.0005347656
31	611799.772	611799.769	0.003	-0.010	0.0001025156
32	611814.452	611814.429	0.023	0.010	0.0000975156
33	611833.819	611833.807	0.012	-0.001	0.0000012656
35	611853.922	611853.922	0.000	-0.013	0.0001722656
36	611840.891	611840.877	0.014	0.001	0.0000007656
38	611835.085	611835.092	-0.007	-0.020	0.0004050156
39	611825.221	611825.245	-0.024	-0.037	0.0013782656
40	611822.784	611822.791	-0.007	-0.020	0.0004050156
41	611807.118	611807.117	0.001	-0.012	0.0001470156
42	611773.894	611773.903	-0.009	-0.022	0.0004895156
43	611751.190	611751.183	0.007	-0.006	0.0000375156
44	611734.409	611734.394	0.015	0.002	0.0000035156
				0.000	0.0364063750

Promedio (X)=	0.013
Sx=	0.030
Q3=	0.03375
Q1=	-0.006999999983
IQR=	0.04074999999
IQR/Sx=	1.351

Y Punto Control	Y Ortofoto	ΔY	$(\Delta Y - Y)$	$(\Delta Y - Y)^2$
6151643.374	6151643.452	-0.078	-0.059	0.003534302468
6151709.143	6151709.112	0.031	0.050	0.002455202543
6151726.286	6151726.365	-0.079	-0.060	0.003654202488
6151727.610	6151727.654	-0.044	-0.025	0.0006477024872
6151726.193	6151726.197	-0.004	0.015	0.0002117025084

6151695.625	6151695.627	-0.002	0.017	0.0002739024896
6151757.503	6151757.459	0.044	0.063	0.003912502472
6151749.352	6151749.348	0.004	0.023	0.0005085024882
6151798.107	6151798.097	0.010	0.029	0.000815102488
6151807.847	6151807.869	-0.022	-0.003	0.00001190249908
6151821.157	6151821.117	0.040	0.059	0.003428102506
6151846.628	6151846.666	-0.038	-0.019	0.0003783025244
6151863.702	6151863.732	-0.030	-0.011	0.0001311025057
6151860.867	6151860.853	0.014	0.033	0.001059502468
6151873.503	6151873.544	-0.041	-0.022	0.0005040025084
6151874.283	6151874.303	-0.020	-0.001	0.000002102501364
6151887.372	6151887.401	-0.029	-0.010	0.0001092024823
6151907.834	6151907.884	-0.050	-0.031	0.0009891024874
6151924.566	6151924.585	-0.019	0.000	0.0000002025002759
6151931.871	6151931.933	-0.062	-0.043	0.001887902492
6151867.253	6151867.228	0.025	0.044	0.001896602453
6151885.625	6151885.639	-0.014	0.005	0.00002070249619
6151875.114	6151875.133	-0.019	0.000	0.0000002025002759
6151885.601	6151885.595	0.006	0.025	0.0006027025032
6151898.273	6151898.315	-0.042	-0.023	0.0005499025165
6151918.627	6151918.640	-0.013	0.006	0.00003080250751
6151939.648	6151939.728	-0.080	-0.061	0.003776102507
6151955.332	6151955.338	-0.006	0.013	0.000157502499
6151939.240	6151939.277	-0.037	-0.018	0.0003404024827
6151901.209	6151901.213	-0.004	0.015	0.0002117024813
6151901.934	6151901.923	0.011	0.030	0.0008732024973
6151872.337	6151872.337	0.000	0.019	0.0003441025005
6151842.688	6151842.728	-0.040	-0.021	0.000460102501
6151800.446	6151800.473	-0.027	-0.008	0.00007140249586
6151804.538	6151804.648	-0.110	-0.091	0.008363102559
6151817.070	6151817.061	0.009	0.028	0.0007590025307
6151803.076	6151803.118	-0.042	-0.023	0.0005499024728

6151808.538	6151808.537	0.001	0.020	0.0003822025069
6151801.547	6151801.546	0.001	0.020	0.0003822025069
6151799.076	6151799.062	0.014	0.033	0.001059502529
			0.000	0.04534589995

Promedio (Y)=	-0.019
Sy=	0.034
Q3=	0.004499999806
Q1=	-0.04025000008
IQR=	0.04474999988
IQR/SY=	1.329

- Test de Kolmogorov-Smirnov:

X Punto Control	X Ortofoto	ΔX	Orden	F(i)	F(i-1)	Z	Fo	D+	D-
611724.807	611724.865	-0.058	1	0.025	0.000	-2.328	0.010	-0.015	0.010
611694.687	611694.724	-0.037	2	0.05	0.025	-1.641	0.050	0.000	0.025
611690.322	611690.350	-0.028	3	0.075	0.050	-1.346	0.089	0.014	0.039
611825.221	611825.245	-0.024	4	0.1	0.075	-1.215	0.112	0.012	0.037
611710.163	611710.183	-0.020	5	0.125	0.100	-1.084	0.139	0.014	0.039
611689.993	611690.008	-0.015	6	0.15	0.125	-0.921	0.179	0.029	0.054
611795.650	611795.660	-0.010	7	0.175	0.150	-0.757	0.225	0.050	0.075
611669.913	611669.922	-0.009	8	0.2	0.175	-0.724	0.234	0.034	0.059
611773.894	611773.903	-0.009	9	0.225	0.200	-0.724	0.234	0.009	0.034
611835.085	611835.092	-0.007	10	0.25	0.225	-0.659	0.255	0.005	0.030
611822.784	611822.791	-0.007	11	0.275	0.250	-0.659	0.255	0.020	0.005
611721.946	611721.952	-0.006	12	0.3	0.275	-0.626	0.266	0.034	0.009
611732.512	611732.516	-0.004	13	0.325	0.300	-0.560	0.288	0.037	0.012
611853.922	611853.922	0.000	14	0.35	0.325	-0.430	0.334	0.016	0.009
611804.362	611804.361	0.001	15	0.375	0.350	-0.397	0.346	0.029	0.004
611807.118	611807.117	0.001	16	0.4	0.375	-0.397	0.346	0.054	0.029
611688.237	611688.235	0.002	17	0.425	0.400	-0.364	0.358	0.067	0.042
611799.772	611799.769	0.003	18	0.45	0.425	-0.331	0.370	0.080	0.055
611674.849	611674.844	0.005	19	0.475	0.450	-0.266	0.395	0.080	0.055
611750.879	611750.874	0.005	20	0.5	0.475	-0.266	0.395	0.105	0.080

611790.619	611790.613	0.006	21	0.525	0.500	-0.233	0.408	0.117	0.092
611751.190	611751.183	0.007	22	0.55	0.525	-0.200	0.421	0.129	0.104
611833.819	611833.807	0.012	23	0.575	0.550	-0.037	0.485	0.090	0.065
611840.891	611840.877	0.014	24	0.6	0.575	0.029	0.511	0.089	0.064
611734.409	611734.394	0.015	25	0.625	0.600	0.061	0.524	0.101	0.076
611814.452	611814.429	0.023	26	0.65	0.625	0.323	0.627	0.023	0.002
611687.272	611687.248	0.024	27	0.675	0.650	0.356	0.639	0.036	0.011
611696.608	611696.583	0.025	28	0.7	0.675	0.389	0.651	0.049	0.024
611670.062	611670.033	0.029	29	0.725	0.700	0.520	0.698	0.027	0.002
611746.719	611746.689	0.030	30	0.75	0.725	0.552	0.710	0.040	0.015
611678.612	611678.567	0.045	31	0.775	0.750	1.043	0.852	0.077	0.102
611796.934	611796.889	0.045	32	0.8	0.775	1.043	0.852	0.052	0.077
611713.368	611713.322	0.046	33	0.825	0.800	1.076	0.859	0.034	0.059
611788.250	611788.202	0.048	34	0.85	0.825	1.141	0.873	0.023	0.048
611718.581	611718.530	0.051	35	0.875	0.850	1.240	0.892	0.017	0.042
611784.303	611784.250	0.053	36	0.9	0.875	1.305	0.904	0.004	0.029
611776.084	611776.018	0.066	37	0.925	0.900	1.731	0.958	0.033	0.058
611662.010	611661.944	0.066	38	0.95	0.925	1.731	0.958	0.008	0.033
611695.490	611695.423	0.067	39	0.975	0.950	1.763	0.961	0.014	0.011
611664.329	611664.259	0.070	40	1	0.975	1.862	0.969	0.031	0.006

N	40	Max D+	0.129	α	0.05	Compo nente χ
Media	0.013	Max D-	0.104	$C\alpha$	0.895	
Desv.Estan	0.031	Dn+	0.129	K(n)	6.44895212	
				Dα	0.139	

- Estadístico unilateral de Kolmogorov-Smirnov: $D_{n+} = 0.129$
- Valor crítico del Test: $D\alpha = 0.139$
- $D_{n+} = 0.129 < D\alpha = 0.139$

Y Punto Control	Y Ortofoto	ΔY	Orden	F(i)	F(i-1)	Z	Fo	D+	D-
6151804.538	6151804.648	-0.11	1	0.025	0	-2.682	0.004	0.021	0.004
6151939.648	6151939.728	-0.08	2	0.05	0.025	-1.802	0.036	0.014	0.011
6151726.286	6151726.365	-0.079	3	0.075	0.05	-1.773	0.038	0.037	0.012
6151643.374	6151643.452	-0.078	4	0.1	0.075	-1.743	0.041	0.059	0.034

6151931.871	6151931.933	-0.062	5	0.125	0.1	-1.274	0.101	0.024	0.001
6151907.834	6151907.884	-0.05	6	0.15	0.125	-0.922	0.178	0.028	0.053
6151727.610	6151727.654	-0.044	7	0.175	0.15	-0.746	0.228	0.053	0.078
6151898.273	6151898.315	-0.042	8	0.2	0.175	-0.688	0.246	0.046	0.071
6151803.076	6151803.118	-0.042	9	0.225	0.2	-0.688	0.246	0.021	0.046
6151873.503	6151873.544	-0.041	10	0.25	0.225	-0.658	0.255	0.005	0.03
6151842.688	6151842.728	-0.04	11	0.275	0.25	-0.629	0.265	0.01	0.015
6151846.628	6151846.666	-0.038	12	0.3	0.275	-0.57	0.284	0.016	0.009
6151939.240	6151939.277	-0.037	13	0.325	0.3	-0.541	0.294	0.031	0.006
6151863.702	6151863.732	-0.03	14	0.35	0.325	-0.336	0.369	0.019	0.044
6151887.372	6151887.401	-0.029	15	0.375	0.35	-0.306	0.38	0.005	0.03
6151800.446	6151800.473	-0.027	16	0.4	0.375	-0.248	0.402	0.002	0.027
6151807.847	6151807.869	-0.022	17	0.425	0.4	-0.101	0.46	0.035	0.06
6151874.283	6151874.303	-0.02	18	0.45	0.425	-0.043	0.483	0.033	0.058
6151924.566	6151924.585	-0.019	19	0.475	0.45	-0.013	0.495	0.02	0.045
6151875.114	6151875.133	-0.019	20	0.5	0.475	-0.013	0.495	0.005	0.02
6151885.625	6151885.639	-0.014	21	0.525	0.5	0.133	0.553	0.028	0.053
6151918.627	6151918.640	-0.013	22	0.55	0.525	0.163	0.565	0.015	0.04
6151955.332	6151955.338	-0.006	23	0.575	0.55	0.368	0.644	0.069	0.094
6151726.193	6151726.197	-0.004	24	0.6	0.575	0.427	0.665	0.065	0.09
6151901.209	6151901.213	-0.004	25	0.625	0.6	0.427	0.665	0.04	0.065
6151695.625	6151695.627	-0.002	26	0.65	0.625	0.485	0.686	0.036	0.061
6151872.337	6151872.337	0	27	0.675	0.65	0.544	0.707	0.032	0.057
6151808.538	6151808.537	0.001	28	0.7	0.675	0.573	0.717	0.017	0.042
6151801.547	6151801.546	0.001	29	0.725	0.7	0.573	0.717	0.008	0.017
6151749.352	6151749.348	0.004	30	0.75	0.725	0.661	0.746	0.004	0.021
6151885.601	6151885.595	0.006	31	0.775	0.75	0.72	0.764	0.011	0.014
6151817.070	6151817.061	0.009	32	0.8	0.775	0.808	0.79	0.01	0.015
6151798.107	6151798.097	0.01	33	0.825	0.8	0.837	0.799	0.026	0.001
6151901.934	6151901.923	0.011	34	0.85	0.825	0.867	0.807	0.043	0.018
6151860.867	6151860.853	0.014	35	0.875	0.85	0.955	0.83	0.045	0.02
6151799.076	6151799.062	0.014	36	0.9	0.875	0.955	0.83	0.07	0.045
6151867.253	6151867.228	0.025	37	0.925	0.9	1.277	0.899	0.026	0.001
6151709.143	6151709.112	0.031	38	0.95	0.925	1.453	0.927	0.023	0.002

6151821.157	6151821.117	0.04	39	0.975	0.95	1.717	0.957	0.018	0.007
6151757.503	6151757.459	0.044	40	1	0.975	1.834	0.967	0.033	0.008
N	40	Max D+	0.07	α	0.05				
Media	-0.019	Max D-	0.094	Cα	0.895				
Desv.Estan	0.034	Dn+	0.094	K(n)	6.448952121				
				Dα	0.139				

Componente Y

- Estadístico unilateral de Kolmogorov-Smirnov: $D_{n+} = 0.094$
- Valor crítico del Test: $D_{\alpha} = 0.139$
- $D_{n+} = 0.094 < D_{\alpha} = 0.139$

16.5 ANEXO N°5: CÁLCULOS PARA DETERMINAR EL COEFICIENTE DE CORRELACIÓN DE PEARSON

N° Punto	$(\Delta X - X)/S_x$	$(\Delta Y - Y)/S_y$	$[(\Delta X - X)/S_x] * [(\Delta Y - Y)/S_y]$
1	-0.402	-1.766	0.7096363706
2	1.786	1.472	2.628047471
3	-1.098	-1.795	1.971307849
5	-2.358	-0.756	1.782018962
6	-0.568	0.432	-0.2452990354
7	-0.634	0.492	-0.3116030459
8	1.753	1.858	3.255966683
10	1.090	0.670	0.7298179856
11	0.360	0.848	0.3056593138
12	0.394	-0.102	-0.04033248279
13	-1.661	1.739	-2.889239509
14	-0.932	-0.578	0.538535591
15	-1.363	-0.340	0.4635682313
16	0.526	0.967	0.50870614
17	-0.733	-0.667	0.4889921523
18	-0.369	-0.043	0.01588072857
19	1.057	-0.310	-0.3279206055

20	-0.269	-0.934	0.2515627164
21	1.753	-0.013	-0.02342423679
22	1.885	-1.290	-2.43283945
23	1.255	1.293	1.623839325
24	0.559	0.135	0.07558879091
25	-0.269	-0.013	0.003599469006
26	1.057	0.729	0.7703781406
27	-0.236	-0.696	0.1644863961
28	1.156	0.165	0.1905502449
29	1.322	-1.825	-2.41226404
30	-0.767	0.373	-0.2857115028
31	-0.336	-0.548	0.1839050477
32	0.327	0.432	0.1414498008
33	-0.037	0.878	-0.03272745762
35	-0.435	0.551	-0.2396875552
36	0.029	-0.637	-0.01847726109
38	-0.667	-0.251	0.167415184
39	-1.231	-2.716	3.342353902
40	-0.667	0.818	-0.545832964
41	-0.402	-0.696	0.2799154314
42	-0.733	0.581	-0.4258261284
43	-0.203	0.581	-0.1178840693
44	0.062	0.967	0.06008340475

$$r = 0.2642101535$$

16.6 ANEXO N°6: CÁLCULOS PARA DETERMINAR RMSEX Y RMSEY

N° Punto	ΔX	$(\Delta X)^2$	ΔY	$(\Delta Y)^2$
1	0.001	0.000000999999862	-0.078	0.00608399996
2	0.067	0.004489000005241	0.031	0.0009610000263
3	-0.020	0.000400000000745	-0.079	0.006240999986

5	-0.058	0.003363999995463	-0.044	0.001935999979
6	-0.004	0.00001599999657	-0.004	0.00001599999779
7	-0.006	0.000036000000626	-0.002	0.000004000001311
8	0.066	0.004355999998894	0.044	0.001935999979
10	0.046	0.002115999997515	0.004	0.00001599999779
11	0.024	0.000575999998838	0.010	0.00009999999553
12	0.025	0.000625000001164	-0.022	0.0004839999948
13	-0.037	0.001369000000827	0.040	0.001600000003
14	-0.015	0.000225000000419	-0.038	0.001444000049
15	-0.028	0.000783999996245	-0.030	0.0009000000156
16	0.029	0.000840999998866	0.014	0.000195999986
17	-0.009	0.000081000001408	-0.041	0.001681000016
18	0.002	0.000003999999914	-0.020	0.0004000000194
19	0.045	0.002024999993294	-0.029	0.0008409999516
20	0.005	0.000025000000047	-0.050	0.002499999981
21	0.066	0.004355999998894	-0.019	0.0003610000122
22	0.070	0.004900000009127	-0.062	0.00384399999
23	0.051	0.002600999997720	0.025	0.0006249999721
24	0.030	0.000900000001676	-0.014	0.0001960000121
25	0.005	0.000025000000047	-0.019	0.0003610000122
26	0.045	0.002025000003772	0.006	0.00003600000063
27	0.006	0.000035999999229	-0.042	0.001764000031
28	0.048	0.002303999995351	-0.013	0.0001689999828
29	0.053	0.002808999995360	-0.080	0.006400000012
30	-0.010	0.000100000000186	-0.006	0.00003600000063
31	0.003	0.0000090000000156	-0.037	0.001368999966
32	0.023	0.000529000002056	-0.004	0.00001600000525
33	0.012	0.000143999999709	0.011	0.0001209999987
35	0.000	0.000000000000000	0.000	0.00000000000
36	0.014	0.000195999999061	-0.040	0.001600000003
38	-0.007	0.000048999999765	-0.027	0.0007289999875
39	-0.024	0.000575999998838	-0.110	0.01210000007

40	-0.007	0.000048999999765	0.009	0.00008100000979
41	0.001	0.000001000000095	-0.042	0.001763999952
42	-0.009	0.000081000001408	0.001	0.000001000000328
43	0.007	0.000048999999765	0.001	0.000001000000328
44	0.015	0.000225000000419	0.014	0.0001960000121
		0.043296999991426		0.05910999997

RMSE_x=	0.032900227959479
RMSE_y=	0.038441514009789
RMSE_x/RMS E_y =	0.855851513837365
NSSDA_r =	0.087311590909089

El coeficiente de exactitud posicional XY es 0.09 metros para un nivel de confianza de 95%.

16.7 **ANEXO N°7: DATOS RELEVANTES DE MVOTMA SOBRE LA ZONA DE ESTUDIO Y EL DEPARTAMENTO DONDE SE ENCUENTRA**

Mediante el visualizador del Mvotma se puede descargar la información que a continuación se detalla:

Ubicación	
Zona	Villa Argentina - Canelones
Coordenada	34° 46' 14.27"S, 55° 46' 44.69" W
En decimal	Lat (-34.77063°), (Longitud) -55.77908°
UTM	6151714 611724 21H

Espacio Costero	
Superficie departamental	4.531 km ²
Superficie espacio costero	1.398 km ²
Espacio costero terrestre	632 km ²
Espacio costero marino (Prefecturas jurisdicción Canelones)	766 km ²

Porcentaje departamental del espacio costero terrestre representa	13.9%
---	-------

Población	
Habitantes en el departamento	520.187
Localidades espacio costero (Censo 2011)	57
Personas en el espacio costero	185.305
% Población costera en Canelones	35.6
Densidad población costera	293.2 hab/km ²

Espacios Naturales y Turísticos	
Playas	36
Costa	65km
Lugares de avistamiento sobre la costa	5
Cantidad de áreas protegidas en el espacio costero (46.81km ² espacio costero marino - 6.11% de espacio marino departamental)	1
Áreas marinas relevantes para la conservación	2

Ocupación del Suelo	
1.282 ha. de humedales	representa el 2,03% del espacio costero Canelones
109 ha. de bosque y matorral psamófilo	representa el 0,17% del espacio costero Canelones
19.339,2 ha. de área urbanizada	representa el 29,02% del espacio costero Canelones

16.8 ANEXO N°7: COSTOS PARA SEGUIMIENTO DE LA ZONA DE ESTUDIO

Los costos para el seguimiento de esta zona van a variar según las necesidades que se presenten pero como anteriormente se detalló en la pasantía se adjuntan el costo del alquiler de equipos requeridos para esta tarea debiéndose agregar el procesamiento de los datos y estudio de la zona.

Promedio de alquiler por día de:

GPS Leica GS08 + Vuelo de DRON U\$S 1.000 + IVA

Cotización empresa KPN Diciembre 2018 - Ing. Agrim. Antonio Villaluenga.

16.9 ANEXO N°8: ENTREVISTA ONG “EL ÁGUILA”- **CONSULTAS ¿CUÁNDO Y POR QUÉ SE CREA LA COMISIÓN DEL ÁGUILA? Y ¿QUÉ OBJETIVOS SE PLANTEAN CUMPLIR?**

Integrante Sra. María del Carmen Flores (Maestra y Empresaria de la zona)

En esta instancia de entrevista con la ONG encargada de la recuperación y conservación del Águila se dialogó sobre sus principios, evolución, cuál era su objetivo y que se ha logrado hasta el momento.

“Existe una ONG llamada “Recuperemos el Águila” que se formó en el año 2014 a pedido de la Intendencia Departamental de Canelones y del Municipio de Atlántida, desde la Coordinadora de Atlántida integrada por un grupo de vecinos además de Instituciones públicas y privadas donde se trabaja por la conservación del espacio, cultivo sin elementos tóxicos, cuidado medio ambiental, estructuración y reestructuración de todos los espacios públicos, motivando a que conserven los mismos y dentro de ésta relevancia se consideró la estructura de la edificación del Águila. Se hicieron reuniones con los Intendentes de Canelones Dr. Marcos Carámbula (período anterior) y Yamandú Orsi (período actual) y el Director de Medio Ambiente solicitando que se formara una ONG dedicada a recuperar la estructura del Águila por que se necesitaba una comisión tripartita que estaría integrada por la Intendencia, Municipio y por el grupo de vecinos junto con instituciones públicas y privadas para la recuperación y conservación de “El Águila”. Es así que se comienza, se crea esta ONG sin fines de lucro, donde al principio se hacían aportes de los vecinos con una cuota mínima de \$50 mensuales y se suman a esta actividad más personas.

Se llevó a cabo una primera etapa de investigación donde se trabajó con la Facultad de Ciencias, OSE, Personalidad Jurídica donde se analizó que lo que era necesario hacer y qué era lo que se podía hacer para que el impacto de lo que se estaba arreglando no fuera a generar otro impacto negativo más, también se dialogó mucho con los parapentistas que utilizaban mucho esa zona para encontrar otro lugar donde pudieran practicar este deporte y así no se agravaba la situación del barranco, también se plantaron plantas de Yuca entre las piedras de ascenso para

evitar el pasaje de personas en esa zona y no se siguiera deteriorando, se hizo cartelería indicando las resoluciones y que por el estado de conservación era necesario que no se accediera a determinadas zonas como ser el pico del águila. También trabajó un Agrimensor y rearmó lo que era el predio original del Águila y con el dinero de los socios cooperadores se compraron postes y se pagó el trabajo a un alambrador, se hizo todo un alambrado alrededor y se colocaron unos macetones que limitan el acceso a vehículos para que de esa forma se resguarde el área circundante, luego se hizo un convenio público-privado donde desde la ONG y el Municipio se trabajó en conjunto para restaurar el Águila. La Intendencia Instaló una Cabina de Turismo a modo de que haya personal allí brindando información y supervisando las medidas, se repusieron ventanas del mismo estilo que tenía originalmente y mediante todo este movimiento se ha logrado que en vez de tener un monumento endémico, cayéndose y tapiado tengamos hoy en día un monumento histórico con acceso a los visitantes.

La comisión sigue proyectándose y trabajando, está integrada por 12 personas.

Cada monto que se recauda se invierte en lo que es la implementación respetando siempre el estilo original de la estructura. El hecho de delimitar cuáles son los terrenos fue sumamente importante, tan así que había una lengua a la entrada que era parte del espacio privado del vecino que abarcaba la bajada de la escalera por lo que la Intendencia tuvo que expropiar a ese vecino esa parte, esa lengua de terreno para que quedara un libre acceso a la escalera de descenso quedando integrada la zona.

Cabe destacar que dentro de los estatutos de la ONG está como objetivo el cuidado de otros edificios históricos de la zona.

Como reflexión de nuestra ONG queremos ser ejemplo para aquellas cosas que se deben recuperar o mantener y como a veces aunando esfuerzos se llega”.

16.10 ANEXO N°9: RESOLUCIÓN 291- 2014, DIRECCIÓN NACIONAL DE AVIACIÓN CIVIL E INFRAESTRUCTURA AERONÁUTICA (DINACIA)

ORDENAMIENTO BÁSICO DE DRONES

1. Los Dispositivos Aéreos Operados a Distancia, cualquiera sea su denominación comercial o común se clasifica en:
 - a. Dispositivos Aéreos Operados a Distancia - Menores, de hasta 25 Kg de peso de lanzamiento.
 - b. Dispositivos Aéreos Operados a Distancia - Medianos, de más de 25 Kg de peso de lanzamiento y hasta 260 Kg de peso vacío inclusive.
 - c. Dispositivos Aéreos Operados a Distancia - Mayores o Sistema de Aeronave Piloteada a Distancia (RPAS) de más de 260 Kg de peso vacío.
2. Para todos los dispositivos se prohíbe salvo autorización expresa de la Autoridad Aeronáutica:
 - a. transporte de pasajeros.
 - b. las operaciones internacionales.
 - c. el vuelo en áreas prohibidas o restringidas.
 - d. el vuelo sobre áreas pobladas o concentraciones de personas.
 - e. el vuelo en zonas de tráfico de aeropuertos y aeródromos.
3. Dispositivos Aéreos Operados a Distancia - Menores, dedicados exclusivamente al deporte o a la recreación
 - a. No requieren:
 - i. Registro.
 - ii. Certificado de Aeronavegabilidad.
 - iii. Licencia, autorización o permiso para operador.
 - b. No podrán operar:
 - i. En espacios aéreos controlados o en la zona de tráfico de aeródromos, salvo autorización otorgada por la autoridad ATM (Control de Tránsito Aéreo).
 - ii. Por encima de 120 m AGL.
 - c. La operación se realizará en todos los casos en condiciones VMC y en línea directa de vista.
4. Dispositivos Aéreos Operados a Distancia - Medianos dedicados exclusivamente al deporte o a la recreación:
 - a. Deberán inscribirse en un registro técnico a ser llevado por la Dirección de Seguridad Operacional.

- b. No se les asignará matrícula, sino un número correlativo iniciando por el 1 (uno) el que deberá lucir visible en los laterales y en la superficie superior e inferior del dispositivo.
- c. No se extenderá Certificado de Aeronavegabilidad.
- d. Para su operación no se requerirá Licencia Aeronáutica.

En su lugar el Departamento de personal Aeronáutico otorgará un “Permiso de Operador de Dispositivo Aéreo Operado a Distancia” una vez que el interesado, mediante un examen teórico-práctico demuestre ante la DINACIA:

- i. Conocimientos básicos de Normativa Aeronáutica, incluyendo, por lo menos la A.I.P Uruguay y la presente Resolución.
- ii. Pericia de vuelo y;
- iii. Resolución de situaciones de emergencia.

e. Podrán operar únicamente en condiciones VMC, no pudiendo hacerlo en espacios aéreos controlados o en zonas de tráfico de aeródromos, ni por encima de 120m AGL, salvo autorización otorgada por la autoridad ATM (Control de Tránsito Aéreo) y de acuerdo a las coordinaciones y procedimientos que se establezcan en el caso concreto.

5. Sistema de Aeronave Pilotada a Distancia (RPAS) de más de 260 Kg de peso vacío, dedicados exclusivamente al deporte o a la recreación.

- a. Son aeronaves y deberán dar cumplimiento a la normativa nacional aplicable, además de lo expresamente previsto en la presente Resolución.
- b. Para su operación se deberá poseer licencia aeronáutica, además del “Permiso de Operador de Dispositivo Aéreo Operado a Distancia” el que será extendido una vez que el titular de una licencia aeronáutica y mediante un examen práctico, demuestre ante la DINACIA:
 - i. Pericia de vuelo y;
 - ii. Resolución de situaciones de emergencia.

c. Podrán operar en aquellos espacios aéreos que le permita su equipamiento de a bordo, únicamente en condiciones VMC y siempre que el operador tenga enlace radial efectivo con la autoridad ATM (Control de Tránsito Aéreo).

6. Dispositivos Aéreos Operados a Distancias Menores, Medianos y Sistemas de Aeronaves Piloteada a Distancia (RPAS) utilizados en actividades remuneradas.

- a. La utilización de Dispositivos Aéreos Operados a Distancia Menores, Medianos o de Sistema de Aeronave Pilotada a Distancia (RPAS), en actividades remuneradas de cualquier tipo se consideran incluidas en lo dispuesto en el art. 122 “Trabajos Aéreos” del Código Aeronáutico uruguayo, debiéndose dar cumplimiento a los Decretos Nros 39/977 de 31 de enero de 1977 y 314/994 de 5 de julio de 1994.
 - b. El interesado deberá contar con seguro de responsabilidad civil o seguro aeronáutico en el caso que se trate de aeronaves.
 - c. En este tipo de operación, incluso cuando la misma se realice únicamente con Dispositivos Aéreos Operados a Distancia - Menores, los operadores deberán contar con el “Permiso de Operador de Dispositivo Aéreo Operado a Distancia”, sin perjuicio de la correspondiente licencia aeronáutica para el caso de Sistema de Aeronave Pilotada a Distancia (RPAS)
 - d. Hasta tanto se establezca la reglamentación definitiva y los procesos de certificación correspondientes, la Dirección de Seguridad Operacional determinará para cada caso concreto, las condiciones específicas de operación que garanticen niveles aceptables de Seguridad Operacional, las que serán debidamente notificadas al interesado previo al efectivo inicio de las actividades.
7. El incumplimiento a lo dispuesto en la presente Resolución dará lugar a la intervención de la Junta de Infracciones y a la eventual aplicación de las sanciones administrativas aeronáuticas correspondientes.

*Director Nacional de Aviación Civil e Infraestructura Aeronáutica
Brigadier General (AV.) Antonio Alarcón.*

16.11 ANEXO N°10: RESOLUCIÓN N° 093-2019, DIRECCIÓN NACIONAL DE AVIACIÓN CIVIL E INFRAESTRUCTURA AERONÁUTICA (DINACIA)

ZONAS DESIGNADAS PARA VUELOS RECREATIVOS DE DRONES EN MONTEVIDEO

El Director Nacional de Aviación Civil e Infraestructura Aeronáutica Brigadier General (AV.) Rodolfo D. Pereyra, resuelve:

1. Designase las zonas de vuelo libre que tendrán como única finalidad la de permitir la operación de Dispositivos Aéreos Operados a Distancia - Menores (hasta 25Kg de peso), dedicados exclusivamente al deporte o la recreación.

Dichas zonas son:

- a. Parque Marcos Sastre zona cercana a Ruta 8.
- b. Parque Arq. Eugenio Baroffio zona norte.
- c. Parque Tomkinson, a excepción del espacio concedido al Club de baby football Naranja Mecánica.
- d. Parque Miguelete tramo entre Silva y Bvar Aparicio Saravia.

2. Se dispone que la altura máxima de vuelo en todas las zonas será de 30 metros sobre el nivel del suelo (AGL).

3. Los sitios que se designan en la presente se consideran aptos para el vuelo de este tipo de dispositivos aun cuando se encuentran ubicadas en áreas pobladas o con alta concentración de personas.

4. La autoridad aeronáutica se reserva la autoridad de suspender o revocar por razones de seguridad operacional las zonas designadas en el numeral 1° de la presente.

5. El Servicio de Información Aeronáutica (AIS) publicará en la AIP las zonas de vuelo deportivo y recreativo que se designan y autorizan en la presente.

6. Remítase copia de la presente resolución al A.I.S. para cumplimiento de lo dispuesto en el numeral 5° y a la Asesoría de Normas Técnico-Aeronáuticas para efectuar la publicación en el sitio web de la DINACIA.

7. Notifíquese a la Asociación Uruguaya de Drones y remítase copia de la presente resolución a la Intendencia Municipal de Montevideo, Planificación Gestión y Diseño.

8. Remítase el presente al Director General de Aviación Civil y al Director General de Infraestructura Aeronáutica para conocimiento, cumplimiento y demás efectos.

Información publicada por el Servicio de Información Aeronáutica (AIS) en el AIP sobre las zonas de vuelo deportivo y recreativo que se designan y autorizan - AIP (del inglés: Aeronautical Information Publication), es una publicación editada por las autoridades competentes en aviación civil que contiene información aeronáutica de carácter esencial para la navegación aérea. (Información actualizada el 23 de mayo de 2019)

ENR 5.5 - ACTIVIDADES AÉREAS DEPORTIVAS Y DE RECREO

- ZONAS PLANEADORES: ENR 5.5-1 (01 DEC 2013):
 - Aeródromo La Alameda - San Carlos
 - Paysandú Aeropuerto
- ZONAS DE VUELO LIBRE, PARAPENTES, PARAMOTOR Y ALA DELTA:
 - Punta Ballena
 - Cerro de la Virgen
 - Cerro Verdún
 - Cerro del Cura
 - San José
 - Cerro Largo - Minas
 - Quinte - Rocha
 - Club del Caño
 - Mal Abrigo ENR 5.5-2 (01 DEC 2018)
 - Kiyú
 - Sierra de los Caracoles
 - Cuervos - Rivera
 - Atlántida - Canelones
 - El Águila - Canelones
 - Cerro del Burro
 - *Punta Negra*
 - *Montevideo y Canelones*
 - *Cerro Negro*
 - *Aeropuerto Paysandú ENR 5.5-3 (01 DEC 2018)*
 - *Aeródromo Guichón*
 - *Aeródromos Termas de Almirón*
 - *Aeropuerto de Salto*
 - *Aeropuerto de Artigas*
 - *Desde Punta Manantiales hasta José Ignacio*
 - *Línea de Costa Departamento de Canelones (desde Solymar hasta Arroyo Pando)*
 - *Soca*
 - *Estación Atlántida*

- *Playa Penino*
- *Punta del Tigre*
- **ZONAS DE SALTO EN PARACAÍDAS ENR 5.5-4 (01 DEC 2013):**
 - *La Calera*
 - *Aeroclub Canelones*
 - *San Jacinto*
 - *Toledo*
 - *San José*
 - *Fray Bentos*
 - *Punta del Este*
 - *Minas*
 - *Paysandú*
 - *Aeródromo Guichón ENR 5.5-5 (13 OCT 2016)*
 - *Aeródromo Termas de Almirón*
 - *Aeropuerto de Salto*
 - *Aeropuerto de Artigas*

16.12 ANEXO N°11: RED GEODÉSICA NACIONAL ACTIVA DE LA REPÚBLICA ORIENTAL DEL URUGUAY (REGNA-ROU)

Infraestructura al servicio del desarrollo de nuevas capacidades mediante el empleo de Tecnologías de la Información Geográfica (TIG)

Norbertino Suárez División Geodesia y Topografía Servicio Geográfico Militar.

Nuestro país cuenta hoy en día con 7 CORS (Estaciones de Referencia de Observación Continua), las que conforman la Red Geodésica Nacional Activa de la República Oriental del Uruguay (REGNA-ROU), desarrollada y administrada por el Servicio Geográfico Militar (SGM), en el marco del cumplimiento de una de sus misiones fundamentales.

Si bien los primeros avances en este sentido se logran entre los años 1994 y 1995, con la instalación de estaciones provisorias, es en el mes de setiembre del año 2006 que el SGM, en convenio con la Universidad de Memphis de Estados Unidos

de América y en el marco del Proyecto de los Andes Centrales (CAP), instala su primera CORS, próxima a la ciudad de Tacuarembó (emplazada en roca madre), para el monitoreo de la placa Sudamericana. Este acontecimiento constituyó el hito fundamental para la implementación futura de la REGNA-ROU.

A principios del año 2007, con la incorporación de 2 nuevas estaciones (UYRO en Santa Teresa-Rocha y UYMO en la Fortaleza del Cerro de Montevideo), se inaugura definitivamente la REGNA-ROU.

En los últimos 3 años se incorporaron otras 4 estaciones (UYDU en Sarandí del Yi - Durazno, UYPA en Paysandú, UYLP en La Paloma - Rocha y UYSO en Mercedes – Soriano). En un futuro cercano se pretende alcanzar una distribución en todo el territorio nacional donde cada estación cubra un “buffer” de 70 Km (22 estaciones como mínimo).

Cada una de las estaciones está conectada mediante routers GPRS/3G, al servidor central (hardware y software de gestión de datos GNSS), lo que permite el monitoreo y acceso a las observaciones en forma permanente y segura. Los datos registrados son administrados por el Servidor y puestos a disposición de la web en forma libre y gratuita, como geoservicio a través de Internet.

Aquellos usuarios que tengan acceso a Internet pueden realizar las correcciones diferenciales a sus observaciones obteniendo precisiones sensiblemente superiores a las coordenadas determinadas individualmente por sus propios equipos.

La forma más habitual de empleo de los datos GNSS, para posicionamiento preciso de puntos con coordenadas desconocidas, ha sido hasta el momento la Corrección Diferencial Post Proceso (DGPS/PP). Esto es posible mediante la combinación (en gabinete) de las observaciones realizadas simultáneamente por un equipo ubicado en una estación-base (mojón o vértice geodésico), con coordenadas conocidas de alta precisión (las estaciones de la REGNA-ROU cumplen ese rol), y las observaciones del equipo ubicado en el punto remoto a georreferenciar. Como resultado se obtienen las coordenadas de este último, cuya precisión, dependiendo

de las características del instrumento empleado y del tiempo de observación, puede alcanzar desde los 2 m a los 5 mm.

Por otra parte, el Servicio Geográfico Militar y el Instituto de Agrimensura de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de la República (UDELAR) han llevado adelante además, un proyecto conjunto para el desarrollo e implementación de un servicio adicional de Corrección Diferencial en Tiempo Real (DGPS/RTK) a través de Internet. Los primeros avances se presentaron en la reunión de la Asociación Internacional de Geodesia (Buenos Aires, 2009) y los resultados más contundentes se mostraron en el Primer Congreso Uruguayo de Infraestructura de Datos Espaciales (Montevideo, 2010). Esta metodología permite que un aparato de posicionamiento (llamado comúnmente GPS) pueda recibir las correcciones diferenciales de forma automática y prácticamente al instante, simplemente conectándolo mediante un dispositivo GPRS/3G al servidor de la REGNA-ROU. Al respecto existen diferentes configuraciones de conectividad, las que van desde la utilización de un equipo conectado por bluetooth a un teléfono móvil y este simultáneamente al servidor de la red a través de Internet, o en su defecto, utilizando un equipo enlazado a una Netbook a través de un puerto USB y está conectada a Internet mediante un modem 3G. Lo que se busca actualmente es que los equipos de posicionamiento global (navegadores, instrumentos topográficos o geodésicos), u otro tipo de aparato (PDA, colectoras de datos, etc.) que ya tengan incluido en el hardware un navegador, incorporen además un zócalo para una tarjeta SIM (chip celular), lo que permite acceder directamente al servidor sin necesidad de más accesorios. Esta modalidad permite el replanteo de localizaciones directamente en el terreno, en tiempo real, con elevado grado de exactitud posicional.

Más información en:

http://www.sirgas.org/fileadmin/docs/Boletines/Bol19/49_Suarez_2014_RedGeodesicaUruguay.pdf

16.13 ANEXO N° 13 : ESPECIFICACIONES DJI PHANTOM 4 PRO

Especificaciones DJI Phantom 4 Pro

Peso (batería y hélices inc.)	1388g
Tamaño diagonal (hélices exc.)	350mm
Velocidad máxima de ascenso	<ul style="list-style-type: none"> • Modo S: 6 m/s • Modo P: 5 m/s
Velocidad máxima de descenso	<ul style="list-style-type: none"> • Modo S: 4 m/s • Modo P: 3 m/s
Máxima velocidad	<ul style="list-style-type: none"> • Modo S: 45 mph (72 kph) • Modo A: 36 mph (58 kph) • Modo P: 31 mph (50 kph)
Ángulo de inclinación máximo	<ul style="list-style-type: none"> • Modo S: 42° • Modo A: 35° • Modo P: 25°
Velocidad angular máxima	<ul style="list-style-type: none"> • Modo S: 250°/s • Modo A: 150°/s
Techo de servicio máximo sobre el nivel del mar	19685 pies (6000m)
Resistencia máxima a la velocidad del viento	10m/s
Tiempo máximo de vuelo	30 min
Rango de temperatura de funcionamiento	32° a 104° F (0° a 40° C)
Sistema de posicionamiento satelital	GPS/ GLONASS
Rango de precisión de desplazamiento	<p>Vertical:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ± 0.1 m (con posicionamiento visual) • ± 0.5 m (con posicionamiento GPS) <p>Horizontal:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ± 0.3 m (con posicionamiento visual) • ± 1.5 m (con posicionamiento GPS)

Sistema de Visión	
Sistema de visión	<ul style="list-style-type: none"> ● Sistema de visión hacia adelante ● Sistema de visión hacia atrás ● Sistema de visión hacia abajo
Rango de velocidad	≤ 31 mph (50 kph) a 6.6 pies (2 m) sobre el suelo
Rango de altitud	0 - 33 pies (0 - 10m)
rango de operación	0 - 33 pies (0 - 10m)
FOV	<ul style="list-style-type: none"> ● Hacia adelante 60°(Horizontal), ±27°(Vertical) ● Hacia atrás Hacia adelante 60°(Horizontal), ±27°(Vertical) ● Hacia abajo 70°(delantero y trasero), 50°(izquierdo y derecho)
Frecuencia de medición	<ul style="list-style-type: none"> ● Hacia adelante 10 HZ ● Hacia atrás: 10 Hz ● Hacia abajo: 20 Hz

Cámara	
Sensor	Píxeles efectivos CMOS de 1":20M
Lente	FOV 84° 8.8 mm/24 mm (equivalente en formato de 35mm) f/2.8 - f/11 enfoque automático a 1 m - ∞
Rango ISO	Video: <ul style="list-style-type: none"> ● 100 - 3200 (Automático) ● 100 - 6400 (Manual) Foto: <ul style="list-style-type: none"> ● 100 - 3200 (Automático) ● 100- 12800 (Manual)
Velocidad de obturación mecánica	8 - 1/2000 s
Velocidad de Obturación electrónica	8 - 1/8000 s
Tamaño de la imagen	<ul style="list-style-type: none"> ● Relación de aspecto 3: 2: 5472 x 3648 ● Relación de aspecto 4: 3: 4864 x 3648 ● Relación de aspecto 16: 9: 5472 x 3078
Sistemas de archivos compatibles	FAT32 (≤32 GB); exFAT (> 32 GB)
Foto	JPEG, DNG (RAW), JPEG + DNG
Video	MP4 / MOV (AVC / H.264; HEVC / H.265)

Tarjetas SD compatibles	Micro SD, Capacidad máxima: 128 GB Velocidad de escritura ≥ 15 MB / s, se requiere clase 10 o clasificación UHS-1
-------------------------	---

APLICACIÓN / VISTA EN VIVO	
Aplicación móvil	DJI GO 4
Frecuencia de trabajo de visualización en vivo	2.4 GHz ISM, 5.8 GHz ISM
Calidad de visualización en vivo	720P a 30 fps
Latencia	Phantom 4 Pro: 220 ms (según las condiciones y el dispositivo móvil) Phantom 4 Pro + : 160 - 180 ms

CARDÁN	
Estabilización	3 ejes (cabeceo, balanceo, guiñada)
Rango controlable	Paso: -90° a $+30^\circ$
Velocidad angular máxima controlable	Paso: $90^\circ / s$
Rango de vibración angular	$\pm 0.02^\circ$

SISTEMA DE DETECCIÓN DE INFRARROJOS	
Obstáculo Rango sensorial	0.6 - 23 pies (0.2 - 7 m)
FOV	70° (horizontal), $\pm 10^\circ$ (vertical)
Frecuencia de medición	10 Hz
Entorno operativo	Superficie con material de reflexión difusa y reflectividad $> 8\%$ (como paredes, árboles, humanos, etc.)

CONTROL REMOTO	
Frecuencia de operación	2.400 - 2.483 GHz y 5.725 - 5.825 GHz
Distancia máxima de transmisión	2.400 - 2.483 GHz (sin obstáculos, sin interferencias) <ul style="list-style-type: none"> ● FCC: 4.3 mi (7 km) ● CE: 2.2 mi (3.5 km)

	<ul style="list-style-type: none"> ● SRRC: 2.5 mi (4 km) 5.725 - 5.825 GHz (sin obstáculos, sin interferencias) <ul style="list-style-type: none"> ● FCC: 4.3 mi (7 km) ● CE: 1.2 mi (2 km) ● SRRC: 3.1 mi (5 km)
Rango de temperatura de funcionamiento	32 ° a 104 ° F (0 ° a 40 ° C)
Batería	6000 mAh LiPo 2S
Potencia del transmisor (PIRE)	2.400 - 2.483 GHz <ul style="list-style-type: none"> ● FCC: 26 dBm ● CE: 17 dBm ● SRRC: 20 dBm ● MIC: 17 dBm 5.725 - 5.825 GHz <ul style="list-style-type: none"> ● FCC: 28 dBm ● CE: 14 dBm ● SRRC: 20 dBm ● MIC: -
Corriente de funcionamiento / voltaje	1.2 A@7.4 V
Puerto de salida de video	<ul style="list-style-type: none"> ● GL300E: HDMI ● GL300F: USB
Soporte para dispositivo móvil	GL300E: dispositivo de visualización incorporado (pantalla de 5,5 pulgadas, 1920 x 1080, 1000 cd / m ² , sistema Android, 4 GB de RAM, más de 16 GB de ROM) GL300F: tabletas y teléfonos inteligentes

BATERÍA DE VUELO INTELIGENTE	
Capacidad	5870 mAh
Voltaje	15,2 V
Tipo de Batería	LiPo 4S
Energía	89,2 Wh
Peso neto	468 g
Rango de temperatura de carga	41 ° a 104 ° F (5 ° a 40 ° C)
Máx. potencia de carga	160 W

Ver más características del dron DJP Phantom4 Pro en:

<https://www.dji.com/phantom-4-pro/info>

16.14 ANEXO N°14: CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN DE TAREAS.

Reuniones de equipo	Recolección de información	Salidas de campo
Análisis y temática de estudio, designación de tareas y enfoque.	<i>Entrevistas con diferentes actores, búsqueda en la web y biblioteca UDELAR</i>	<i>Relevamiento a pie de la zona de estudio dado que evolucionan las construcciones y el desgaste costero</i>
Organización de tareas y materiales para el relevamiento de datos y calibración de equipos.	<i>Búsqueda de softwares y normas que apliquen a nuestro trabajo así como la solicitud de materiales</i>	<i>Trabajo de campo: relevamiento de datos a pie con GPS</i>
<i>Análisis del procesamiento de los datos y búsqueda de aplicación de método más adecuado</i>	<i>Trabajo de gabinete generación de tablas e informes estadísticos</i>	<i>Relevamiento a pie de los puntos que dieron error para analizar las posibles causas</i>
<i>Correcciones del trabajo, consultas y avances en el informe</i>	<i>Búsqueda de información para los anexos - DINACIA y SGM</i>	
<i>Generación de nuevas capas de información, análisis y ejecución</i>		