

Digimapas Chile

INFORME FINAL PROYECTO:

LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO EN SECTOR NOROESTE DE ISLA CHILOÉ, REGIÓN DE LOS LAGOS

PROYECTO

3269_1904_Borde_Costero_Chiloe

ELABORADO POR:

NOMBRE: Equipo Técnico

FECHA: 3 de diciembre de 2020

REVISADO POR:

NOMBRE: Fulvio Cortes

CARGO: Gerente Técnico

FECHA: 3 de diciembre de 2020

Dr. Lothar Markus Rombach

22.102.247-5

Doctor en Geografía

Gerente General Digimapas Chile

DIGIMAPAS CHILE AEROFOTOGRAMETRÍA LTDA.

Representante Legal / Jefe del Proyecto
Dr. en Geografía Lothar Markus Rombach

Gerente Técnico
Técnico Superior en Aerofotogrametría Sr. Fulvio Cortes O.

Profesionales

Ingeniero de Ejecución en Geomensura Sr. Aníbal Stormezan – Encargado de
Procesamiento Geodésico

Ingeniero de Ejecución en Geomensura Sra. Valeria Burgoa – Encargada de
Control de Calidad

Ingeniero de Ejecución en Geomensura Sra. Daniela Norambuena –
Coordinadora de Operaciones de Sensores Remotos

Técnico de Nivel Superior en Aerofotogrametría Sr. Samuel León – Operador de
Vuelo

Ingeniero de Ejecución en Geomensura Sr. Gabriel Meza B – Procesamiento
DTM e Imágenes

Licenciada en Geografía Sra. Greyenri Subero R - – Procesamiento DTM e
Imágenes

Licenciada en Geografía Srta. Paula González C – Encargada de Procesamiento
de Modelos e Imágenes

Cartógrafo Sra. Carolina Monsalves – Procesamiento de Imágenes

Ingeniero de Ejecución en Geomensura Srta. Francisca Contreras – Asistente de
Gerencia

Cartógrafo Sra. Gabriela Hermosilla R – Encargada Operativa de Cartografía
Digital y SIG

RESUMEN EJECUTIVO

El contar con una cartografía actualizada facilitará el manejo de las solicitudes de concesiones de acuicultura; es por ello que el objetivo principal del desarrollo de este proyecto radica en el **Levantamiento Topográfico del sector noroeste de la Isla de Chiloé entre Bahía Cocotué y Punta Bonita.**

En los artículos n° 78, n° 79 y n°5 transitorio de la Ley General de Pesca y Acuicultura, la subsecretaría de Pesca y Acuicultura tiene la obligación de verificar las solicitudes de concesiones de acuicultura, antes de ser informadas al Ministerio de Defensa Nacional.

Debido a que actualmente, la industria acuícola de la Región de Los Lagos y en específico en el área de desarrollo de este levantamiento tiene gran interés en ampliar los sectores Áreas Apropriadas para el ejercicio de la Acuicultura (A.A.A) en los cuerpos de agua marítimos, por ende, para poder dar pie a dichos intereses, se hace imprescindible trabajar con la cartografía que ha desarrollado Digimapas Chile, la cual está referida al **Datum WGS 84**. Esta cartografía desarrollada a escala 1:20.000, aprobada por S.H.O.A y también es la base para la regularización de las Áreas de Manejo y Explotación de Recursos Bentónicos (AMERB), los Espacios Costeros Marinos Pueblos Originarios en trámite (ECMPO) y las concesiones marítimas presentes en sector del levantamiento.

Los vuelos aerofotogramétricos se efectuaron los días 03, 04 y 05 de septiembre de 2019 con el sensor LiDAR "**Trimble Harrier 68i**", la trayectoria de dichos vuelos se realizó en el marco del Sistema de Referencia Datum WGS- 84, Proyección Cartográfica UTM Huso 18 Sur y Modelo de Elevación Global Geoidal EGM08.

La captura aerofotogramétrica se ejecutó con un recubrimiento 70% longitudinal, es decir, respecto a la dirección del vuelo y con un 25% transversal o perpendicular a la dirección de vuelo para el sensor LiDAR y con 40 % transversal para la Cámara Digital. El tamaño de píxel de la Camera Digital corresponde a 0,24 m (GSD). La densidad de mediciones del sensor LiDAR correspondió a una captura de 2 a 3 pulsos por metro cuadrado de superficie terrestre.

Cabe destacar que los vértices MBR1 y ADA1, correspondientes a la Red Geodésica de este levantamiento topográfico, apoyaron los vuelos aerofotogramétricos. Cada una de las misiones de captura, han sido controladas en su cobertura de imágenes obtenidas y la calidad de densidad de puntos LiDAR.

La materialización física sobre el terreno de la Red Geodésica de Apoyo a este levantamiento, se realizó en base a los lineamientos normativos de las instrucciones hidrográficas de S.H.O.A n°09 (Pub.3109), por lo tanto, se encuentra referida a la Red Geodésica Nacional administrada por el S.H.O.A.

Las operaciones geodésicas de las coordenadas de los vértices que conforman la red y los vértices que participan como puntos de control tienen origen en el vértice S.H.O.A codificado como: **ADA1**, ubicado en la Gobernación Marítima de Castro.

El Sistema de Transporte de Coordenadas (STC) se materializó con 5 vértices, codificados de norte a sur del siguiente modo: MBR1, CHP2, SPD3, CHQ4, RHE5, además se incorporó la estación de monitoreo GNSS administrada por el Ministerio de Bienes Nacionales codificado como: **BN20**, ubicado en la Gobernación Provincial de Castro. Aunque BN20, no se encuentra en el área del levantamiento, cobra gran relevancia para los futuros levantamientos en el sector ya que su vinculación, permitirá al mandante concretar densificaciones futuras de la misma red materializada con 1 solo georeceptor.

Se debe también enfatizar, en que todas las mediciones GNSS se realizaron mediante georreceptores satelitales geodésicos de doble frecuencia (L1/L2), con precisión nominal 3 mm + 1 PPM, lo cual reviste la precisión en términos absolutos y relativos.

La referencia altimétrica del STC, se plasmó en base al modelo Geoidal EGM08, en conjunto con el análisis de las Cota N.M.M. definida por el SHOA para el vértice Geodésico SHOA - **ADA1**.

A partir del vuelo LiDAR efectuado, se obtuvo una nube de puntos de la superficie del terreno, cuya densidad promedio, ha permitido la clasificación, la tipificación y filtrado de la nube, por una parte, en elementos propios de la superficie de suelo incluyendo rocas, líneas de quiebre y accidentes notables y por otra parte de elementos de objeto tales como edificaciones, faros, vegetación entre otros. Asimismo, mediante instrucciones computacionales ejecutadas secuencialmente, se obtuvieron los modelos de elevación del área en estudio, tales como: Modelo Digital de Terreno (MDT) y Modelo Digital de Superficie (MDS).

Con la indicación de los parámetros de precisión para escala de trabajo, logrando una representación cuantitativa, sistemática y continua en formato digital de la superficie terrestre tipo suelo, se obtuvo el Modelo Digital de Terreno (MDT), el cual se distribuye en una grilla de resolución espacial de 2 metros x 2 metros (formato: ASCII GRID), la cual contiene la Posición (X,Y) en conjunto con la Altitud (Z), donde la coordenada Z está referida al nivel medio del mar S.H.O.A. en EGM08, referenciada posicionalmente en Sistema de Referencia Datum WGS- 84, Proyección Cartográfica UTM Huso 18 Sur.

Durante el vuelo Lidar y por medio de la cámara fotogramétrica digital incorporada en el sistema, se obtuvo las imágenes, las cuales posterior a su revelado digital, han sido sometidas a los procesos digitales de ortorectificación, referenciadas en Sistema de Referencia Datum WGS- 84, Proyección Cartográfica UTM Huso 18 Sur.

En el proceso de ortorectificación, se corrige cada imagen respecto de la inclinación del eje de la toma y del desplazamiento por relieve del terreno de modo, de obtener un mosaico perfectamente conectado dando como resultado una ortofoto del terreno, RGB cuya resolución espacial es de 0.25 metros x 0.25 metros (formatos: *.ECW /*.GEOTIFF).

Este Mosaico RGB tiene gran valor cartográfico, dado que ha sido la base en conjunto con el MDT de la restitución cartográfica en el área de interés de este levantamiento.

La restitución cartográfica digital, se realizó en el marco del Sistema de Referencia Datum WGS- 84, Proyección Cartográfica UTM Huso 18 Sur, NMM S.H.O.A., desarrollándose conforme a los estándares normativos de las instrucciones hidrográficas de S.H.O.A n°10 (Pub.3110), abordando lo indicado en los números 6.1 y 6.2 del Capítulo VI. “Formato de Planos” de dicho documento.

Se trazaron todos los accidentes geográficos de carácter notable y las capas de información geográfica que se organizaron según lo enunciado en el documento SHOA n°10 (Pub.3110), tabla 6.2 del Capítulo VI. “Formato de Planos”.

Los planos se encuentran distribuidos en 5 secciones de acuerdo a los espacios geográficos que representan:

NUMERO PLANO Formatos: DWG/*SHP	NOMBRE DEL SECTOR
X-26-SSP	Bahía Cocotué a Sur de Río Chepu
X-27-SSP	Punta Pulga a Punta Esperanza
X-28-SSP	Cabo Metalqui a Punta Chorrillo
X-29-SSP	Punta Saliente a Huelde
X-30-SSP	Cucao a Punta Bonita

Tabla 1: Número de Plano Costero y Nombre del Sector
Fuente: DMCL

Una vez, revisada la cartografía de borde costero, escala 1:20.000, se tomaron las coberturas FIPA correspondientes a: Áreas de Manejo y Explotación de Recursos Bentónicos (AMERB), los Espacios Costeros Marinos Pueblos Originarios en trámite (ECMPO), se realizaron las tareas de:

- Sistematización de la información de coordenadas geográficas correspondiente a las zonas: AMERB, ECMPO y concesiones marítimas decretadas de propiedad de SUBPESCA.
- Georreferenciación las coberturas de AMERB, ECMPO y concesiones marítimas decretadas desde el sistema de referencia PSAD-56 referidas de la carta SHOA 7000 al sistema de referencia cartográfico de este proyecto: WGS84 Huso 18 S.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN EJECUTIVO	3
1. OBJETIVOS DEL ESTUDIO	11
1.1. OBJETIVO GENERAL.....	11
1.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS	11
2. ANTECEDENTES	12
3. METODOLOGÍA DE TRABAJO POR OBJETIVOS.....	14
3.1. Calibración del sensor	14
3.2. Elaboración de los planes de vuelo.....	15
3.3. Verificación de las condiciones meteorológicas.....	16
3.4. Operaciones de Vuelo y Control de Calidad	17
3.4.1. Apoyo de vuelo.....	17
3.4.2. Coberturas levantadas	18
3.5. Densidad de Nube de Puntos LASER.....	20
3.6. Procesamiento LiDAR	22
3.7. Procesamiento Orto Imágenes Digitales.....	27
4. RESULTADO POR OBJETIVOS.....	32
4.1.1. Alcances.....	32
4.1.2. Levantamiento de planos del Borde Costero	32
4.1.3. Ajuste de las coberturas AMERB, ECMPO	34
4.1.4. Formatos Vectoriales	35
4.1.5. Coberturas en formato SHAPEFILE	35
4.1.6. Composición Cartográfica.....	35
5. ANALISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	38
5.1 Control de calidad productos Laser y orto imágenes.....	38
5.2. Control de Calidad Cartografía Digital.....	42
6. CONCLUSIONES.....	46
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48

8. ANEXOS 49

ÍNDICE FIGURAS Y TABLAS

<i>Figura 1: Área de interés Fuente: DMCL</i>	13
<i>Figura 2: Distribución de puntos de control e imágenes Fuente: DMCL</i>	15
<i>Figura 3: Líneas de vuelo a 1.290 y 2.080 metros de altura sobre el nivel del suelo (AGL) Fuente: DMCL</i>	16
<i>Figura 4: Verificación de Condiciones Meteorológicas Fuente: DMCL</i>	17
<i>Figura 5: Apoyos de vuelo Fuente: DMCL</i>	18
<i>Figura 6: Cobertura máxima de cámara digital y láser- Boots 2.471, 2.472, 2.473 y 2.474</i>	19
<i>Figura 7: Densidad de puntos obtenida en la cobertura Láser – Embalses Limache Calama</i>	20
<i>Figura 8: Índice de Vuelo Borde Costero Chiloé</i>	21
<i>Figura 9: NDP UTM18s, según líneas de vuelo Láser Borde Costero Chiloé. Vista de planta</i>	22
<i>Figura 10: NDP UTM18s según clasificación – Sección Borde Costero Chiloé. Vista de planta</i>	25
<i>Figura 11: NDP UTM18s según clasificación – Sección Borde Costero Chiloé. Vista isométrica</i>	25
<i>Figura 12: DTM UTM18s, resolución 2m Borde Costero Chiloé. Vista de planta</i>	26
<i>Figura 13: DTM UTM18s, resolución 2m Borde Costero Chiloé. Vista isométrica</i>	26
<i>Figura 14: DSM UTM18s. Resolución 2m – Sección Borde Costero Chiloé. Vista isométrica</i>	27
<i>Figura 15: Imagen revelada Fuente: DMCL</i>	28
<i>Figura 16: Principios básicos de la Ortorrectificación Fuente: Trimble-Inpho</i>	28
<i>Figura 17: Diagrama Flujo productivo proceso Ortorrectificación Fuente: DMCL</i>	29
<i>Figura 18: Imagen RGB Borde Costero Fuente: DMCL</i>	30
<i>Figura 19: Imagen RGB Borde Costero/cortado Fuente: DMCL</i>	31
<i>Figura 20: Restitución Cartográfica - RGB</i>	33
<i>Figura 21: Altimetría y Trazado de Cursos Hidrográficos según flujo - RGB</i>	34
<i>Figura 22: Ejemplo AJUSTE CARTOGRAFICO AMERB SOLICITADA</i>	34
<i>Figura 23: Extracto Lámina 01, Borde Costero Chiloé</i>	36
<i>Figura 24: Viñeta Plano 01, Borde Costero Chiloé</i>	37
<i>Figura 25: Completitud del producto Cartografía-UTM</i>	43
<i>Tabla 1: Calibración LÍDAR 29/06/2017 Fuente: DMCL</i>	14
<i>Tabla 2: Detalle, ajuste absoluto líneas según plan de vuelo LIDAR</i>	23
<i>Tabla 3: Restitución Cartográfica</i>	33
<i>Tabla 4: Laminas de Plano y Sector</i>	36
<i>Tabla 5: Especificaciones y Formatos.</i>	38
<i>Tabla 6: Control de Calidad Orto imágenes UTM</i>	39
<i>Tabla 7: Resumen estadístico GCP's orto imágenes UTM</i>	40
<i>Tabla 8: Exactitud altimétrica producto – DTM UTM</i>	41
<i>Tabla 9: Comparación altimétrica producto – DTM UTM</i>	42
<i>Tabla 10: Formatos</i>	43
<i>Tabla 11: Evaluación de Principios de Calidad Nch-ISO 19.113:2012</i>	44

1. OBJETIVOS DEL ESTUDIO

1.1. OBJETIVO GENERAL

Realizar cada una de las tareas que aseguren la ejecución del levantamiento topográfico de la cartografía del sector noreste de la Isla de Chiloé entre Bahía Cocotué y Punta Bonita.

1.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Realizar Vuelos Aero fotogramétricos del área de interés, con la finalidad de actualizar la topografía de la costa del Borde Costero y el sector colindante de 500 metros al interior de la línea de Costa y una franja de mar variable de hasta 1,5 millas marinas.
- Generar una red de Apoyo Geodésico al proyecto conforme con las instrucciones hidrográficas de S.H.O.A N°9 (Pub.3109).
- Elaborar cartografía de Borde Costero escala 1:20.000, de acuerdo a los requerimientos instrucciones hidrográficas de S.H.O.A n°10 (Pub.3110), incluyendo accidentes notables que no figuren en los mosaicos de imágenes de RGB.
- Integrar y representar en la Cartografía de Borde Costero, los datos preexistentes de propiedad de Unidad de Ordenamiento Territorial de la División de Acuicultura, correspondiente a las zonas: AMERB, ECMPO y concesiones marítimas decretadas y en trámite en los nuevos planos del borde costero referidos al Datum WGS-84.
- Entregar informes técnicos de estado de avance, ejecutivo y de cierre de proyecto en las etapas que se requiera.

2. ANTECEDENTES

El servicio consiste en generar planos del borde costero del área solicitada, actualizada a la fecha, en formato digital y papel, a escala de precisión 1:20.000 conforme con las especificaciones referidas en las instrucciones hidrográficas de S.H.O.A N°9 (Pub.3109) y n°10 (Pub.3110). Esta cartografía de borde costero permitirá la formulación de un instrumento de planificación territorial y su correspondiente estudio en el sector noreste de la Isla de Chiloé entre Bahía Cocotué y Punta Bonita.

Digimapas Chile (DMCL) efectuó sobrevuelos los días 03, 04 y 05 de septiembre de 2019, realizando el levantamiento Aerofotogramétrico de la zona requerida por el cliente mediante el sistema LiDAR y camera digital cual son implementado en el sistema "Trimble Harrier 68i" (TH68i), para el área de interés graficada en la siguiente figura con color amarilla:

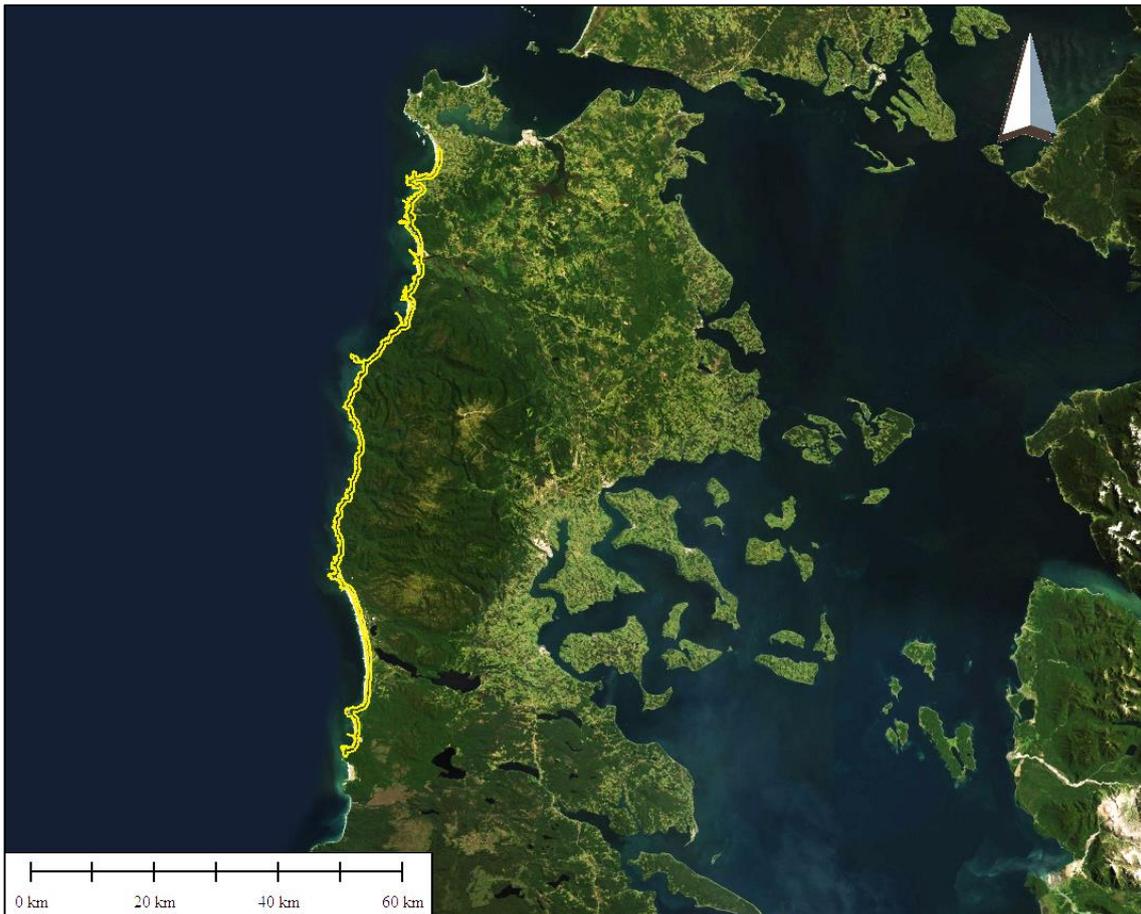


Figura 1: Área de interés
Fuente: DMCL

El sistema TH68i se compone de:

- Sistema Inercial de Navegación – INS: proporciona la información de los giros y trayectoria de la plataforma aérea mediante una IMU (Unidad de Medida Inercial).
- Sistema GNSS: proporciona información de la posición y altura de la plataforma aérea mediante un georreceptor satelital geodésico.
- FMS (Flight management system)
- Laser (Riegl)
- Camera Digital (PhaseOne & Rollei)

3. METODOLOGÍA DE TRABAJO POR OBJETIVOS

3.1. Calibración del sensor

DMCL diseña, fabrica y suministra productos y servicios con niveles de calidad certificados por la ISO 9001. Una regla de este estándar, trata acerca del control de las herramientas de seguimiento y medición, y requiere que, para asegurar resultados válidos, el equipo de medida tiene que estar calibrado o verificado por estándares de medida nacionales o internacionales en unos intervalos específicos o antes de ser usados.

Para el control de calibración del sistema Trimble Harrier 68i, se consideran tres ángulos, correspondientes a los movimientos del avión: pitch, roll y heading. Para encontrar los valores de estos parámetros se realiza el vuelo a la altura y con el traslape que recomienda el fabricante. El vuelo debe cubrir zonas con construcciones (preferentemente ciudades) y las líneas de vuelo deben estar orientadas paralelamente al sentido de las calles. Se recomienda no pasar sobre zonas de mucha pendiente, boscosas ni de agua. Los parámetros de la calibración se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 2: Calibración LÍDAR 01/09/2019
Fuente: DMCL

	Valor inicial	Resultado Calibración	Valor Final
PITCH	0.0433	0.0187	0.0620
ROLL	-0.0018	0.0012	-0.0006
HEADING	-0.0299	0.0234	-0.0065

La cámara utilizada para la toma de imágenes corresponde a la marca/modelo: ROLLEI, TAC AICpro P65+ cuyo código de identificación es CAMERA_0 SN201111163. El lente utilizado corresponde a Lens SN12069705. Para el control de la calibración del instrumento camera del sistema Trimble Harrier 68i, se aplica un ajuste en bloque de las imágenes a los puntos de control en el suelo (GCP's) como se muestra en la siguiente figura.

Los parámetros de la calibración de la cámara se encuentran en el ANEXO I y ANEXO II.

Calibración Cámara 13/08/2019

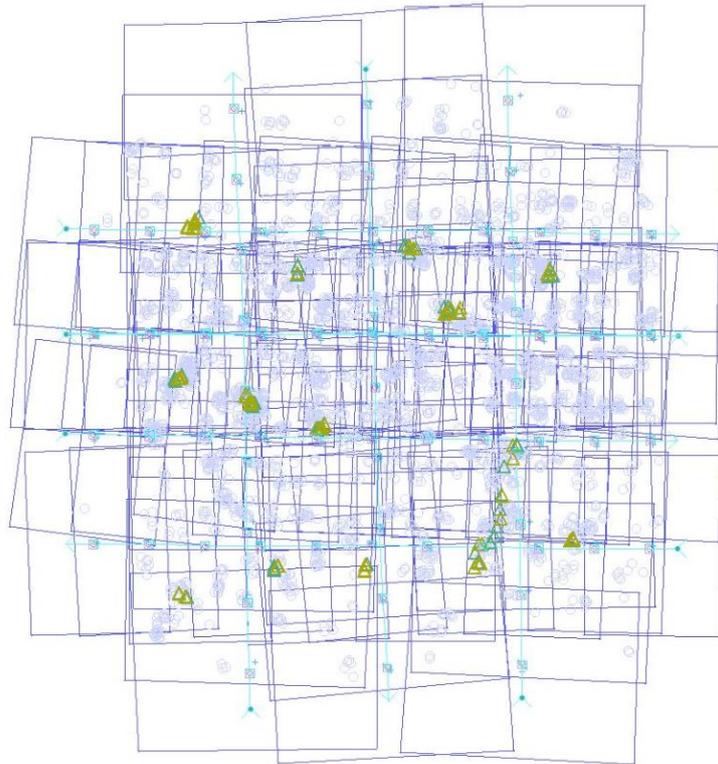


Figura 2: Distribución de puntos de control e imágenes
 Fuente: DMCL

3.2. Elaboración de los planes de vuelo

Para la planificación de vuelos se utilizó el Sistema de Referencia WGS84, Proyección Cartográfica UTM Huso 19 S y Modelo de Elevación Global Geoidal EGM08. Tomando como base el área de interés, se procedió a planificar el vuelo de manera de asegurar:

- a. La cobertura del área completa con captura de informaciones por el sensor LASER y sensor Camera Digital.
- b. El recubrimiento 70% longitudinal (en dirección de vuelo) y 40% transversal (perpendicular de dirección de vuelo), para la Camera Digital y 25% transversal para el sensor LASER.
- c. El tamaño de píxel de la Camera Digital (0,24 m GSD).
- d. La densidad de mediciones por m2 por el sensor Laser dentro del rango 2-3 pulsos por m2.

A continuación, se presentan las líneas de vuelo planificadas para el área de interés:

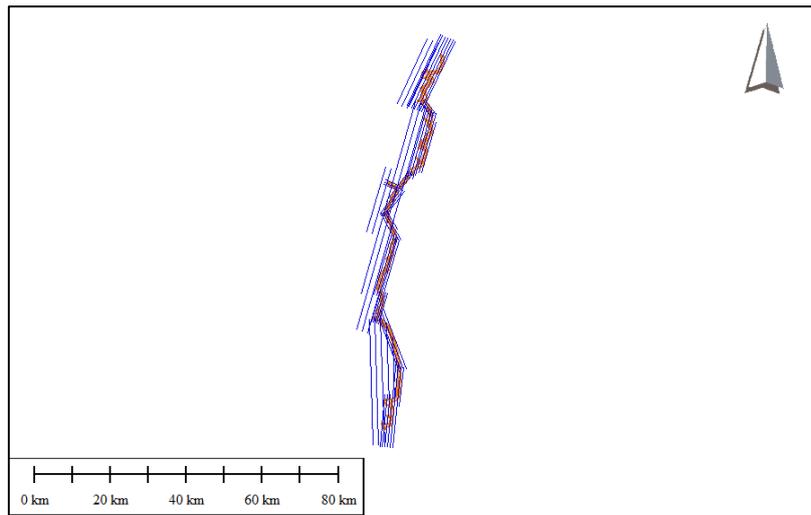


Figura 3: Líneas de vuelo a 1.290 y 2.080 metros de altura sobre el nivel del suelo (AGL)
 Fuente: DMCL

3.3. Verificación de las condiciones meteorológicas

Durante los días anteriores a la ejecución del vuelo se monitoreó la posibilidad de una ventana de buen tiempo, logrando determinar que la mejor opción de vuelo correspondió a los días 03, 04 y 05 de septiembre de 2019.

El control del tiempo es realizado hora a hora ya que existe la posibilidad que se abran ventanas locales de buen tiempo y permitan, en un par de horas, avanzar en el proyecto. Algunas de las herramientas usadas fueron imágenes satelitales como la que se muestra a continuación:

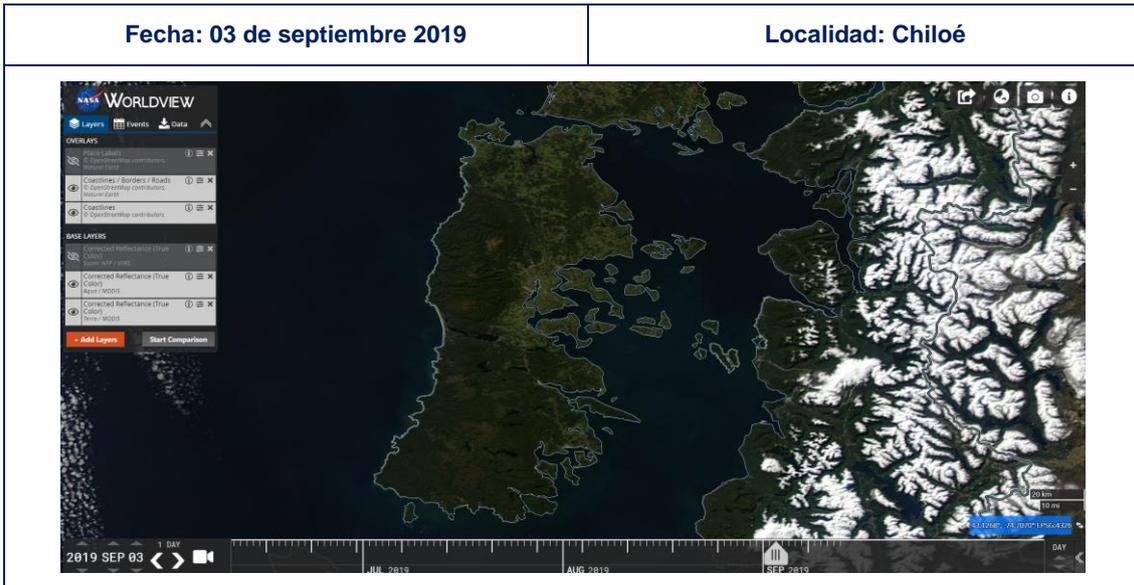


Figura 4: Verificación de Condiciones Meteorológicas
 Fuente: DMCL

3.4. Operaciones de Vuelo y Control de Calidad

3.4.1. Apoyo de vuelo

DMCL, realizó los sobrevuelos utilizando como apoyo de navegación vía diferencial GPS los vértices MBR1 y ADA1, materializados y observados por DMCL en esta campaña, según normativas S.H.O.A.

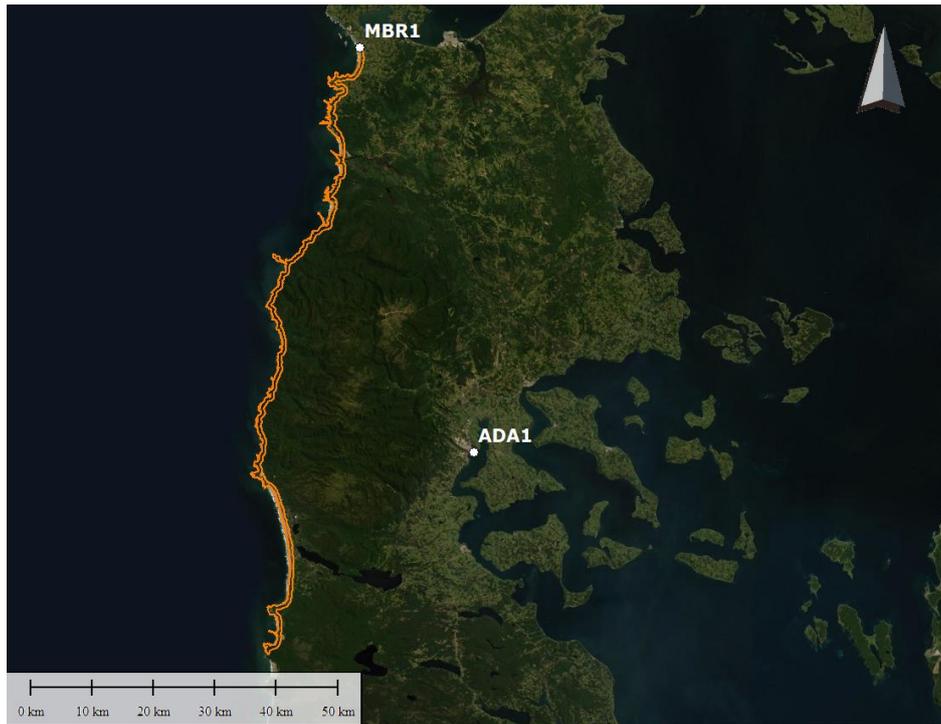


Figura 5: Apoyos de vuelo
 Fuente: DMCL

Sus ubicaciones cumplen con el radio de alcance recomendado por el fabricante, de 60 km, al receptor remoto del sensor (vértice base - avión), producto de ello se obtuvieron resultados íntegros en el post procesamiento de la navegación.

3.4.2. Coberturas levantadas

Como primer control de calidad del vuelo de cámara digital y del sensor LASER, se realizó un mosaico global a baja resolución para visualizar la cobertura completa del área y también un modelo de elevación de baja resolución. Mediante la realización de esta tarea se obtuvo una visualización y control completo del vuelo realizado y la verificación de la cobertura total del área a levantar. El resultado de este control y el detalle del vuelo se definen a continuación:

- Cobertura máxima posible para procesar es aproximadamente 90.680 ha (Ver ANEXO III), mientras que el área total solicitada es de 41.925 ha.

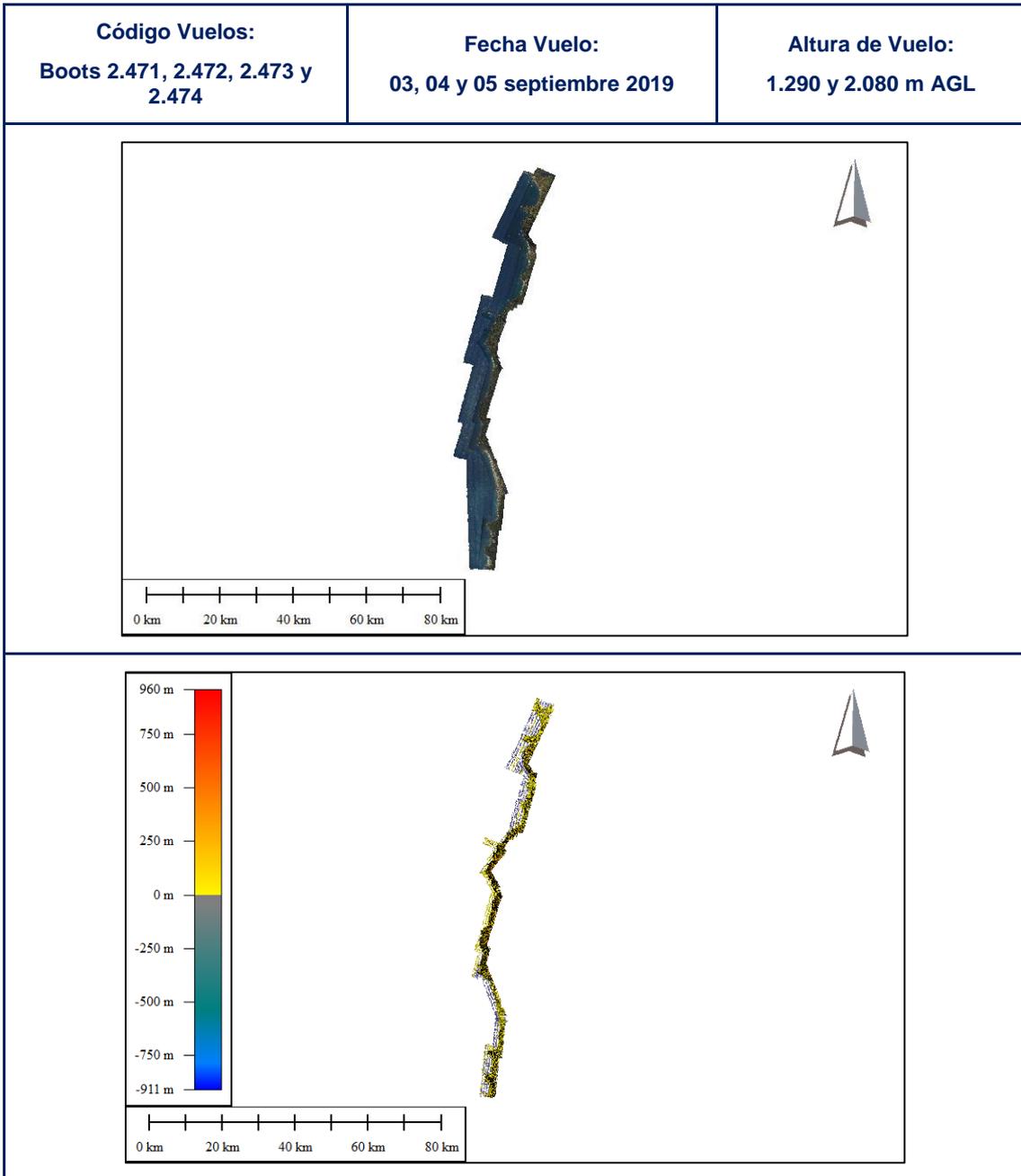


Figura 6: Cobertura máxima de cámara digital y láser- Boots 2.471, 2.472, 2.473 y 2.474
Fuente: DMCL

3.5. Densidad de Nube de Puntos LASER

Para asegurar la precisión de los productos solicitados según las especificaciones técnicas del proyecto, se verifica que la densidad de los puntos de alturas capturados por el subsistema LASER cumpla con la requerida; para este proyecto, 2 pulsos por metro cuadrado o más. En la siguiente imagen se representa la densidad en una escala de colores que va desde 0 puntos en azul hasta 2 pulsos por metro cuadrado o más en rojo saturado para el polígono de entrega.

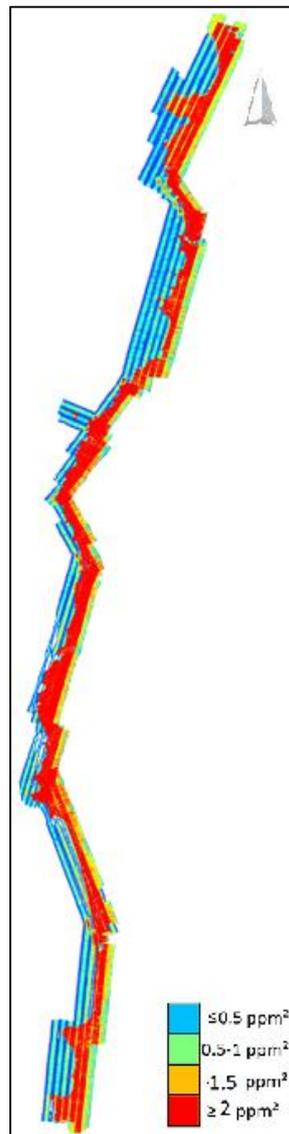


Figura 7: Densidad de puntos obtenida en la cobertura Láser – Embalses Limache Calama
 Fuente: DMCL

Se calcula la densidad de pulsos por metro cuadrado a partir de la cantidad total de los puntos capturados por el sensor. Esto se realiza de forma automatizada y se refleja en un reporte generado a partir de las líneas volados por el sensor LASER.

Se puede concluir que los vuelos planificados se efectuaron de forma satisfactoria en conformidad con las exigencias de los productos requeridos, logrando así la cobertura completa del área de estudio, con una densidad de pulsos promedio de 1.78 pulsos por metro cuadrado para todos los retornos y 1.59 pulsos por metro cuadrado, la densidad de puntos en terreno es mayor a 2 puntos por metro cuadrado según imagen para el último pulso, lo cual asegura la generación de productos con mayor precisión y calidad. Las densidades de color azul (cero o muy pocos retornos) se producen como esperado sobre las áreas con cobertura de aguas.

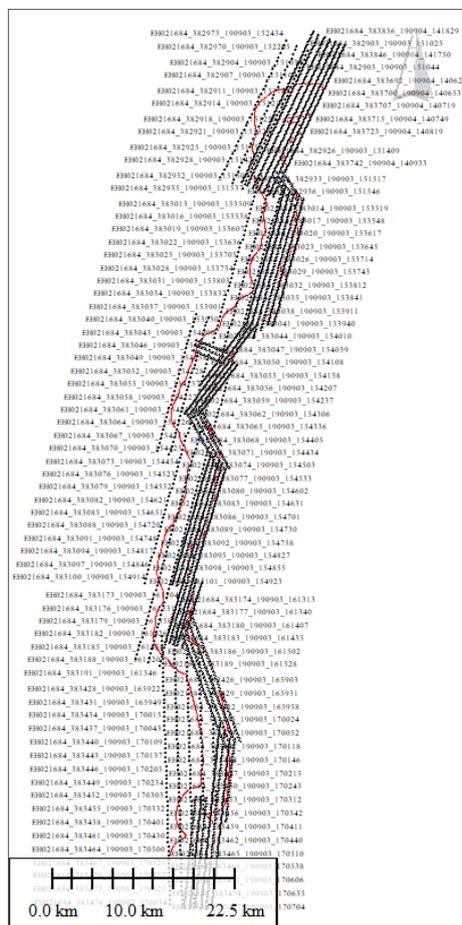


Figura 8: Índice de Vuelo Borde Costero Chiloé
 Fuente: DMCL

La figura 17 indica el Índice de Vuelo, el cual corresponde a centro de foto de cada una de las imágenes capturadas y su respectivo identificador.

3.6. Procesamiento LiDAR

Posterior a la revisión de calidad de la información proveniente de la captura de los datos en campo se procede a realizar el procesamiento de los datos LIDAR, referenciados en el sistema WGS84, proyección cartográfica UTM huso – 18S, con cota ortométrica EGM08 y se realiza el shift en altura para obtener la referencia N.M.M.; para ello es necesario integrar la solución de la navegación con los vuelos y los datos capturados por el sensor (Trimble Harrier 68i). El procesamiento de estos datos permite obtener la Nube de Puntos (NDP), con la información de todos los retornos de los impulsos de luz emitidos registrados y georreferenciados al sistema de referencia del proyecto, la cual es almacenada en el formato LAS1.3.

En la siguiente imagen se aprecia dicha NDP según polígono de entrega, donde cada color corresponde a una línea de vuelo.

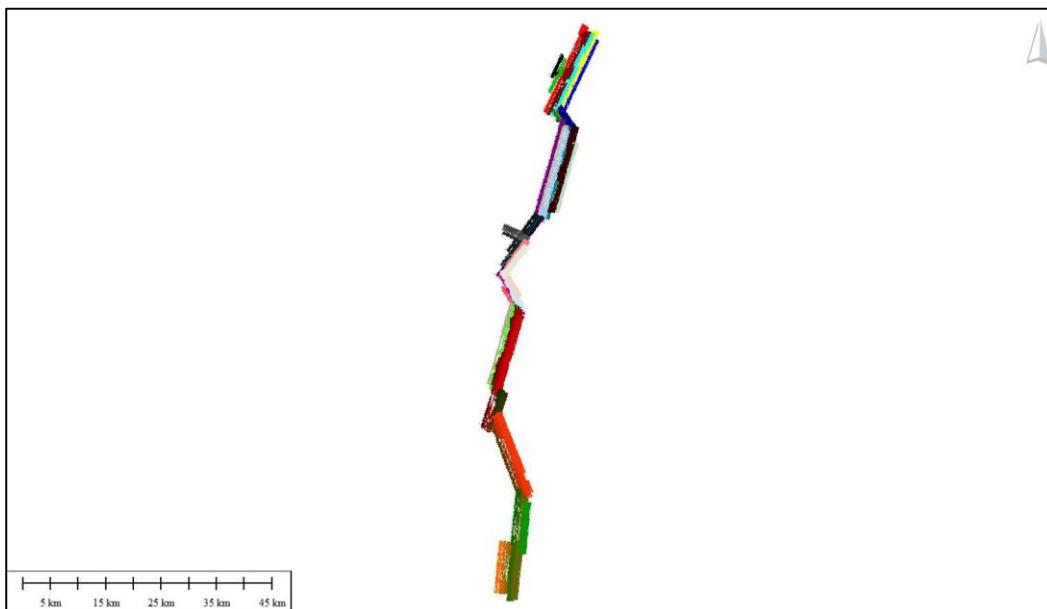


Figura 9: NDP UTM18s, según líneas de vuelo Láser Borde Costero Chiloé. Vista de planta
 Fuente: DMCL

A cada una de las líneas de vuelo que componen la totalidad de la cobertura se le aplica un ajuste relativo en las tres componentes (X, Y, Z), analizando los traslapes para obtener una sincronía entre ellas y así alcanzar un resultado de calidad. Consecutivamente, se compara el ajuste anterior con los GCP's disponibles, analizando los offset en las tres componentes para fijar la NDP en ajuste absoluto.

Tabla 3: Detalle, ajuste absoluto líneas según plan de vuelo LIDAR
 Fuente: DMCL

FECHA_VUELO_01_TIEMPO DE INICIO	ID LÍNEA	ΔX (m)	ΔY (m)	ΔZ (m)
cld_190904_01_140510	1	-0.031	-0.019	-0.022
cld_190904_01_141241	2	0.025	0.004	0.007
cld_190904_01_141952	3	-0.008	0.009	-0.004
cld_190904_01_142734	4	0.052	0.001	0.015
cld_190904_01_143503	5	-0.002	-0.011	0.018
cld_190904_01_144245	6	0.052	-0.020	-0.002
cld_190904_01_145028	7	-0.024	0.004	0.007
cld_190904_01_145934	8	0.025	0.001	-0.018
cld_190904_01_150323	9	-0.007	0.018	-0.025
cld_190904_01_150754	10	0.040	0.031	-0.009
cld_190904_01_151252	11	0.000	0.000	0.000
cld_190904_01_151951	12	-0.005	-0.013	0.004
cld_190904_01_152612	13	-0.035	0.012	0.004
cld_190904_02_163331	14	0.047	-0.006	-0.028
cld_190904_02_164002	15	-0.021	0.012	0.019
cld_190904_02_164828	16	0.002	0.007	-0.022
cld_190904_02_165825	17	0.003	-0.006	0.011
cld_190904_02_170514	18	0.012	0.000	-0.006
cld_190904_02_171048	19	0.026	-0.009	-0.007
cld_190904_02_171708	20	-0.027	0.009	0.016
cld_190904_02_172249	21	0.000	-0.003	0.017
cld_190904_02_172606	22	0.008	0.001	0.007
cld_190904_02_172950	23	-0.007	0.013	-0.012
cld_190904_02_173421	24	-0.006	0.010	0.000
cld_190904_02_173902	25	0.003	0.014	0.010
cld_190904_02_174345	26	0.024	0.001	0.005
cld_190904_02_174852	27	-0.004	-0.004	-0.012
cld_190904_02_175402	28	0.015	-0.009	-0.005
cld_190904_02_175847	29	0.000	0.000	0.000
cld_190905_01_140531	30	-0.037	-0.009	0.021

FECHA_VUELO_01_TIEMPO DE INICIO	ID LÍNEA	ΔX (m)	ΔY (m)	ΔZ (m)
cld_190905_01_141237	31	-0.049	0.056	0.004
cld_190905_01_142007	32	0.027	-0.040	-0.012
cld_190905_01_142938	33	-0.022	0.013	0.014
cld_190905_01_143847	34	-0.051	0.004	0.024
cld_190905_01_144650	35	-0.073	0.012	0.006
cld_190905_01_145138	36	0.078	-0.020	-0.022
cld_190905_01_145738	37	0.041	-0.007	-0.019
cld_190905_01_150350	38	-0.019	0.088	0.000
cld_190905_01_151109	39	-0.035	-0.037	-0.003
cld_190905_01_151744	40	-0.068	-0.017	-0.074
cld_190905_01_152800	41	0.029	0.009	0.016
cld_190905_01_153637	42	0.059	-0.013	0.015
cld_190905_01_154523	43	0.044	-0.013	0.011
cld_190905_01_155250	44	-0.027	0.001	0.019
cld_190905_01_155902	45	-0.041	0.014	0.003
cld_190905_01_160442	46	0.070	0.003	0.010
cld_190905_01_161307	47	0.036	-0.029	-0.014
	PROMEDIO	0.003	0.001	-0.001

Con la NDP, en formato *.LAS, ajustada y la exactitud posicional chequeada se procede a la clasificación del terreno a la clase suelo (02). Con el fin de agregar líneas de quiebre y rocas que no se clasificaron como suelo, se aplicó un offset de 0,30m de altura a la clase suelo. Esa magnitud en la componente Z es analizada según la morfología del terreno, con la finalidad de asegurar un modelo depurado y a su vez garantizar el mayor porcentaje posible de puntos de terreno clasificados en la clase suelo.

Al ejecutar el filtrado de la NDP, también se pretende eliminar la información que no se considera necesaria (polvo en suspensión y puntos elevados); adicionalmente se lleva a cabo una edición manual en la que se examina la NDP, con apoyo de las imágenes capturadas con el sistema, mediante una verificación visual exhaustiva y detallada, con la finalidad de certificar que sólo permanezcan elementos correspondientes al terreno, y así asegurar la calidad del producto.



Figura 10: NDP UTM18s según clasificación – Sección Borde Costero Chiloé. Vista de planta
Fuente: DMCL

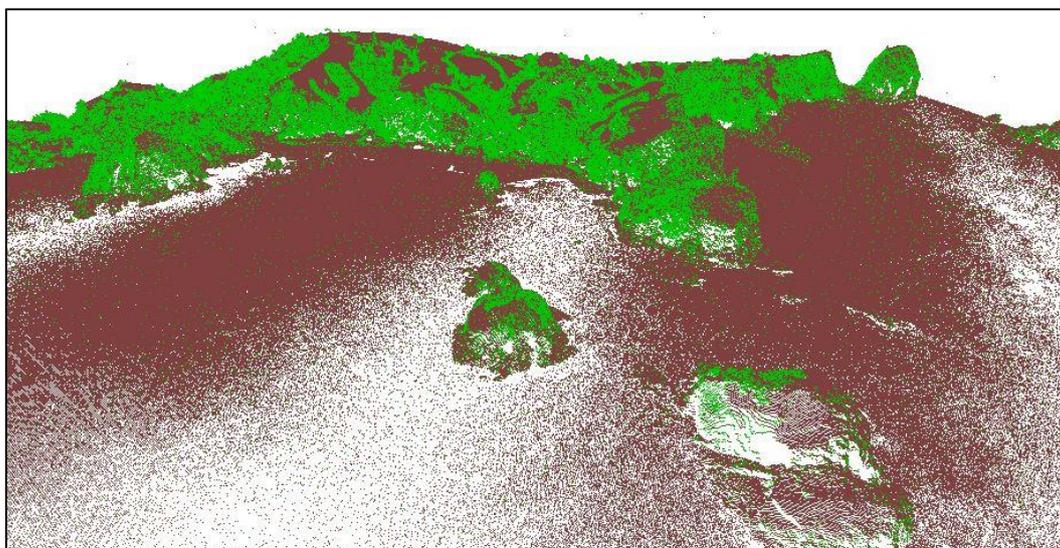


Figura 11: NDP UTM18s según clasificación – Sección Borde Costero Chiloé. Vista isométrica
Fuente: DMCL

Únicamente con los puntos de suelo, se aplica la interpolación que representa de mejor forma la zona del proyecto tomando en cuenta la resolución requerida (2m).

El Modelo Digital de Terreno (DTM, Digital Terrain Model) corresponde a la estructura numérica de datos generada a partir de los puntos clasificados en la categoría Ground.

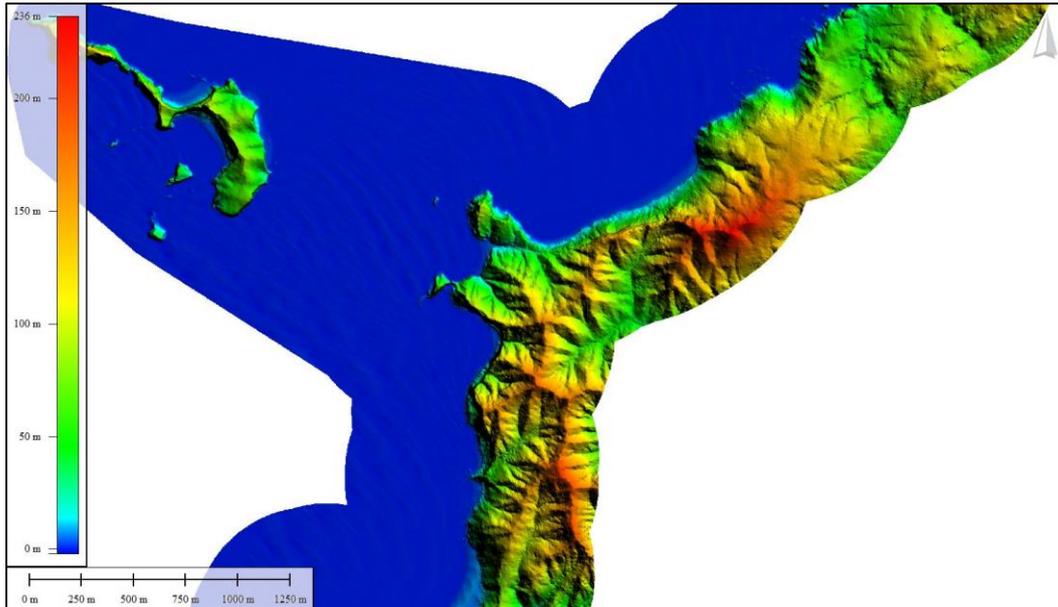


Figura 12: DTM UTM18s, resolución 2m Borde Costero Chiloé. Vista de planta
 Fuente: DMCL

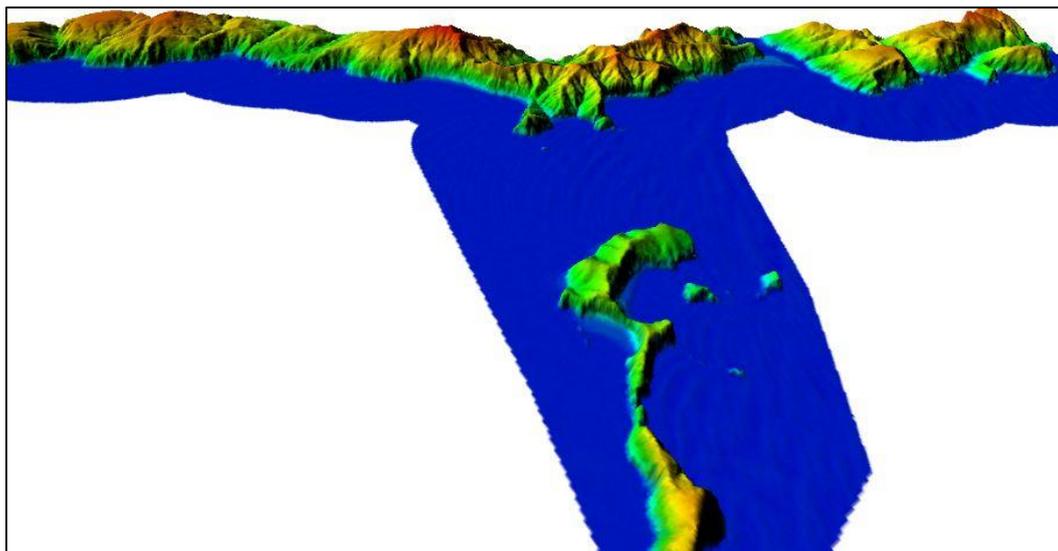


Figura 13: DTM UTM18s, resolución 2m Borde Costero Chiloé. Vista isométrica
 Fuente: DMCL

Con todos los puntos de primer retorno de las clases suelo y objeto, se aplica la interpolación que representa de mejor forma la zona del proyecto tomando en cuenta la resolución espacial requerida de 2 metros. El Modelo Digital de Superficie (DSM, Digital Surface Model) corresponde a la estructura numérica de datos generada a partir de los puntos clasificados en las categorías No Ground - Ground (01-02).

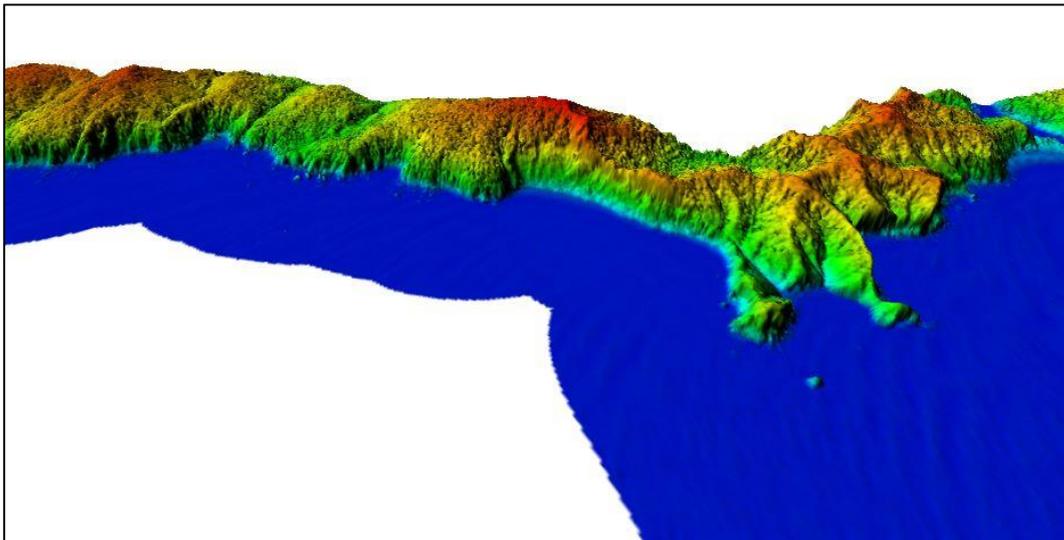


Figura 14: DSM UTM18s. Resolución 2m – Sección Borde Costero Chiloé. Vista isométrica
 Fuente: DMCL

3.7. Procesamiento Orto Imágenes Digitales

Las imágenes capturadas de forma vertical con el sistema TH68i, corresponden a imágenes en color verdadero con bandas en el espectro visible (rojo-verde-azul) entre los 400 y 900 nm.

Luego de revisar la calidad de la información proveniente de campo, en cuanto a presencia de nubes o sombras, correspondiente a los boot's 2.471, 2.472, 2.473 y 2.474 volados los días 3, 4 y 5 de septiembre del año 2019, luego se procede al revelado de las imágenes, el cual permite tomar los datos crudos (sin procesar) capturados por el sistema y llevarlos al formato requerido y leído por el sistema (TIF) para la orto rectificación.

En paralelo al revelado, se aplicaron ajustes de tonalidad y luminosidad, principalmente a lo referido al efecto Lens Vignetting. Es importante mencionar que esta corrección no aplica de igual manera en el agua debido a los reflejos de luz, por lo tanto; estas siempre presentaran diferencias de color y tonalidad.

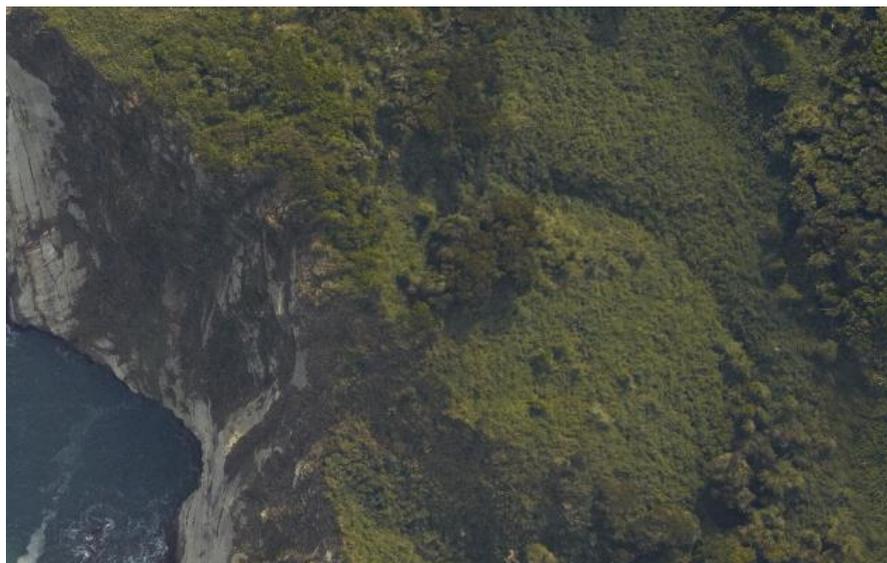


Figura 15: Imagen revelada
Fuente: DMCL

Luego del revelado se inicia al proceso de orto rectificación, que consiste en corregir digitalmente un conjunto de imágenes llevándolas desde su proyección cónica a una proyección ortogonal respecto de una superficie de referencia, eliminando el desplazamiento provocado por el relieve del terreno.

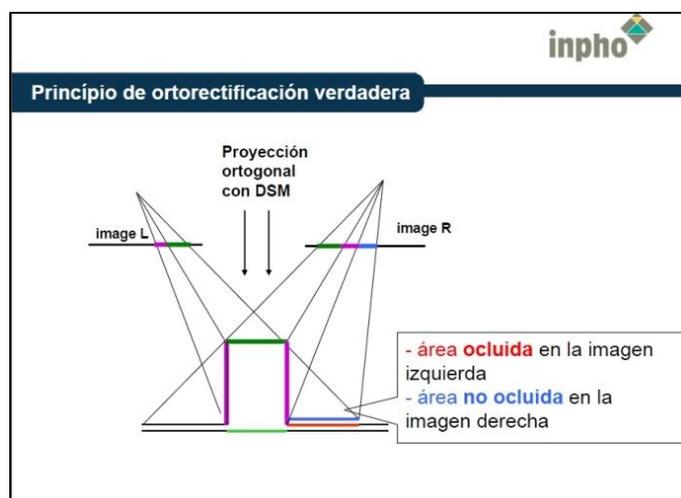


Figura 16: Principios básicos de la Ortorrectificación
Fuente: Trimble-Inpho

DMCL realizaron este proceso mediante la incorporación de tres componentes: Modelo Digital de Superficie (DSM), datos de navegación e imágenes reveladas de acuerdo a los parámetros definidos por el proveedor (TrimbleAplanix) en las especificaciones técnicas de la cámara utilizada.

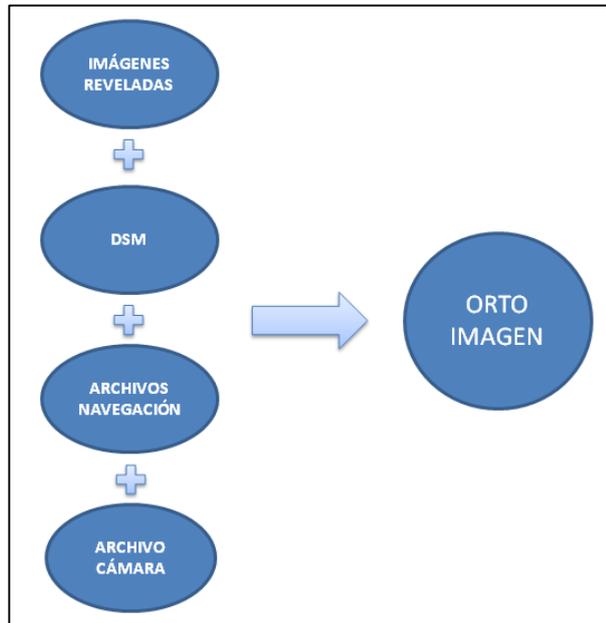


Figura 17: Diagrama Flujo productivo proceso Ortorrectificación
Fuente: DMCL

Una vez generado el mosaico, se corrobora nuevamente colores, contrastes, cobertura y tamaño del pixel, para este proyecto se solicitó una resolución de 0,25m. Posteriormente realizaron el corte de acuerdo al polígono del área de estudio y a la distribución de láminas que en este caso corresponde a un laminado de 2.000 x 2.000m. en formato Geotiff y ECW.

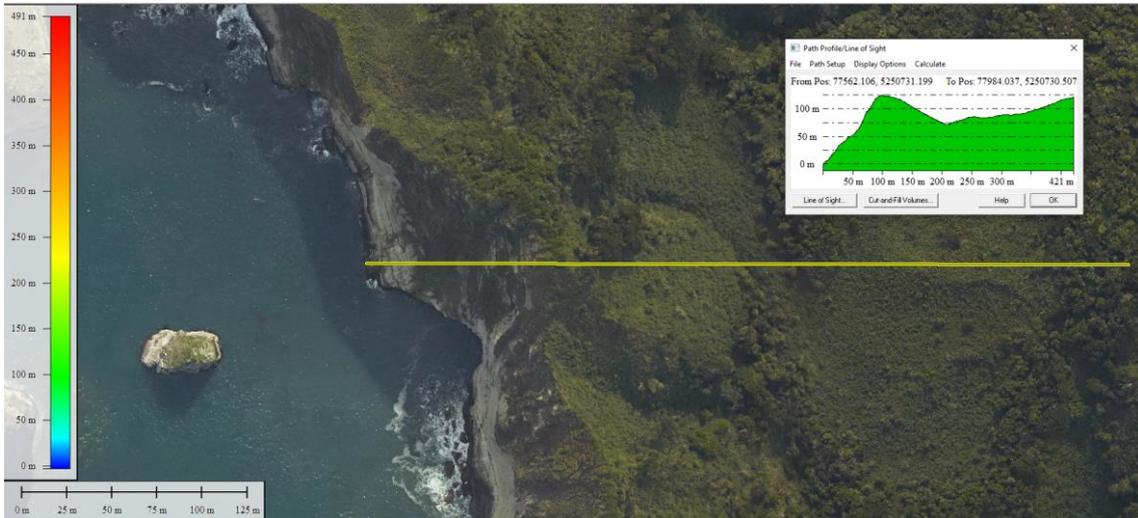


Figura 10: Vista Isométrica de MDT
Fuente: DMCL

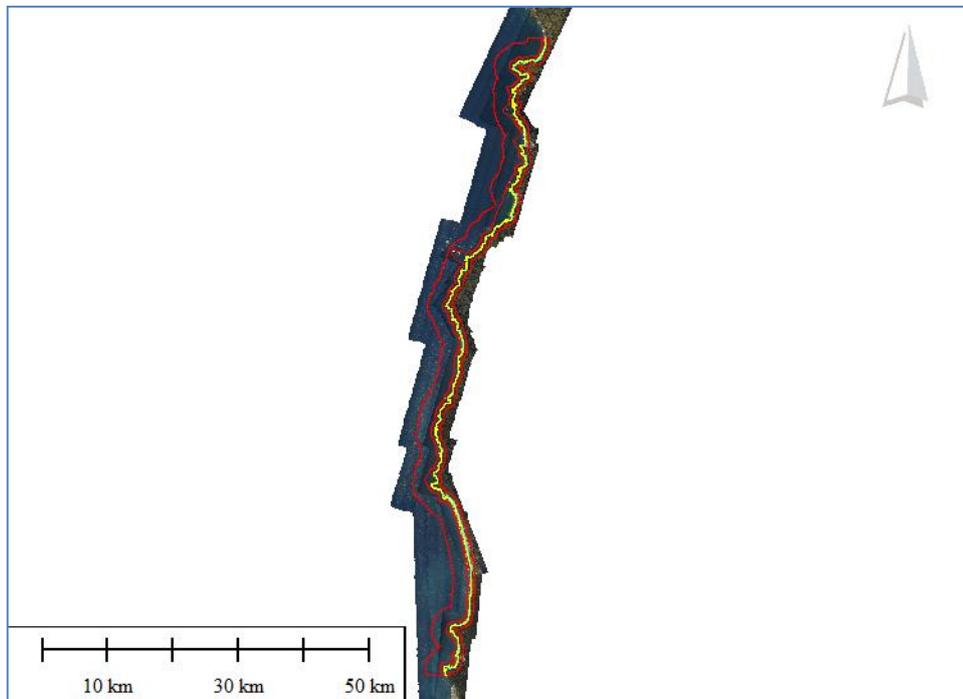


Figura 18: Imagen RGB Borde Costero
Fuente: DMCL

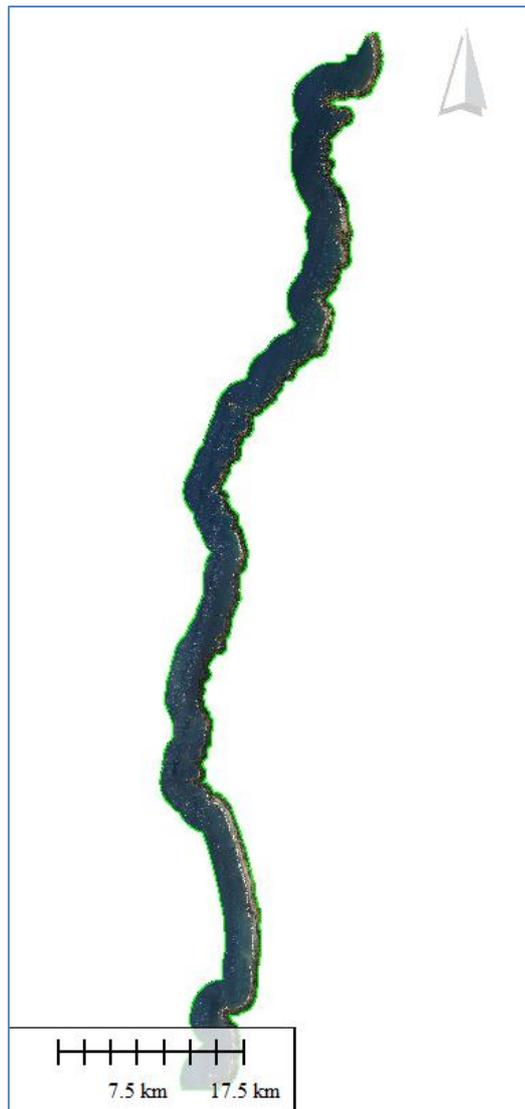


Figura 19: Imagen RGB Borde Costero/cortado
Fuente: DMCL

Se aclara que los productos de imágenes tienen dos cortes distintos. Uno que corresponde a los productos para cartografía y laminado con menor buffer (desde la línea costa 500 metros de buffer para ambos lados) y otro con un buffer de 2.800m desde a línea de costa hacia el mar.

4. RESULTADO POR OBJETIVOS

4.1.1. Alcances

Los siguientes alcances forman parte de los objetivos en respuesta a lo solicitado por las Bases Técnicas

- Proporcionar una Base Cartográfica Digital actualizada al año 2019 a escala 1:20.000 a partir del vuelo LiDAR 2019, en el área que se enmarca en una extensión latitudinal de 100 km aproximadamente en el sector noreste de la Isla de Chiloé entre Bahía Cocotué y Punta Bonita.
- Sistematizar la información de coordenadas geográficas correspondiente a las zonas: AMERB, ECMPO y concesiones marítimas decretadas de propiedad de SUBPESCA.
- Georreferenciar las coberturas de AMERB, ECMPO y concesiones marítimas decretadas desde el sistema de referencia PSAD-56 referidas de la carta SHOA 7000 al sistema de referencia cartográfico de este proyecto: WGS84 Huso 18 S.
- Ajustar y Georreferenciar la Cartografía actualizada del Borde Costero al plano X-08-SSP propiedad de SUBPESCA, de modo tal, de traslapar la información geográfica resultante actualizada.
- Presentación de los planos de borde costero al SHOA para su revisión.

4.1.2. Levantamiento de planos del Borde Costero

Se realizó una restitución digital de acuerdo a los estándares normativos de las instrucciones hidrográficas de S.H.O.A n°10 (Pub.3110), considerando lo indicado en los números 6.1 y 6.2 del Capítulo VI. "Formato de Planos" de dicho documento.

Además, se trazaron todos los accidentes geográficos de carácter notable, inclusive si no figuran en los mosaicos RGB del área de interés, tales como: faros, muelles, rampas y construcciones existentes. Y cada una de las capas mencionadas en el documento SHOA n°10 (Pub.3110), tabla 6.2 del Capítulo VI. "Formato de Planos".

Tabla 4: Restitución Cartográfica

Fuente: DMCL

Escala	Resolución Raster	Restitución	Área Territorial
1:20.000	0,25 m Ortoimagen RGB 2 m DTM LIDAR	Coberturas Geográficas: Planimetría y Altimetría Curva índice cada 100 metros Curva intermedia cada 20 metros	Extensión latitudinal de máximo 100 km, con un ancho desde la Línea de costa de 550 m en el sector noreste de la Isla de Chiloé entre Bahía Cocotué y Punta Bonita.

El proceso de restitución y trazado cartográfico se realizó verificando las topologías, de modo tal, de asegurar la calidad del producto, evitando inconsistencias en la vectorización, conformando las capas o layers que configuraran la cartografía respondiendo a los requerimientos técnicos de este proyecto. La representación del trazado se generó a partir de polilínea continua para trazar los vectores de redes hidrográficas y la representación del relieve se realizó construyendo las curvas de nivel índices. Las cuales son espacializadas mediante procesos computacionales automáticos que leen la grilla regular sistemática y continua de los Modelos Digital de Terreno (DTM) de resolución de 2 metros obtenido con tecnología Harrier 68i.



Figura 20: Restitución Cartográfica - RGB

Coordenada de Referencia: 583.059,3 m. E, 5.358.599,73 m. N

Fuente: DMCL



Figura 21: Altimetría y Trazado de Cursos Hidrográficos según flujo - RGB

Coordenada de Referencia: 570.011,1 m. E, 5311779.2 m. N

Fuente: DMCL

4.1.3. Ajuste de las coberturas AMERB, ECMPO

Se ajustaron las coberturas AMERB solicitadas, AMERB decretadas y ECMPO provistas por Sub pesca al sistema de referencia que definió el levantamiento del borde costero.

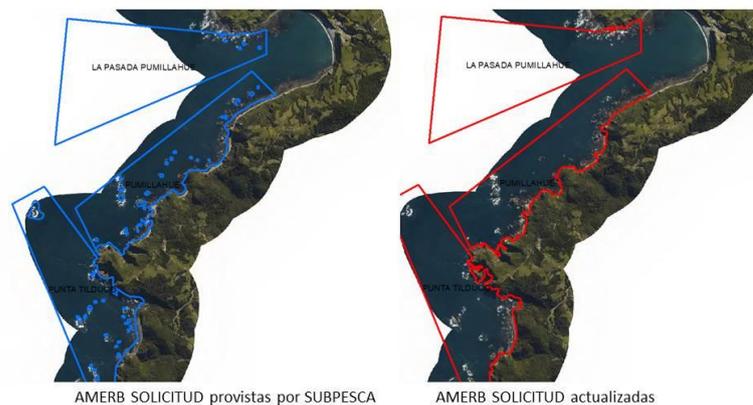


Figura 22: Ejemplo AJUSTE CARTOGRAFICO AMERB SOLICITADA

Coordenada de Referencia: 578274,7 m. E, 5.354.965,9 m. N

Fuente: DMCL

4.1.4. Formatos Vectoriales

Las capas de información geográfica del proyecto se entregan en formato AutoCAD 2015 (*.DWG) y ARCGIS 10.x (*.SHP) ambos en Proyección UTM, DATUM WGS 84, Huso 18 Sur.

4.1.5. Coberturas en formato SHAPEFILE

Los niveles o capas de información geográficos estarán conformes con lo solicitado según normativa SHOA n°10 (Pub.3110)

Cada una de las capas de información geográfica se entregan en formato *.SHP conforme a la geometría de su creación y ha sido atributados conservando el nombre del layer de la normativa indicada.

4.1.6. Composición Cartográfica

La composición cartográfica ha sido aplicada para los planos de Borde Costero referenciados en Datum WGS84, Coordenadas UTM, Huso 18 S. La restitución cartográfica cuenta con una distribución de láminas A0, dimensiones internas de 1,00 m x 0,80 m. según sea la orientación de la línea de costa, las láminas contemplan todos los sectores levantados en este proyecto, lo cual es posible apreciar en la figura siguiente:

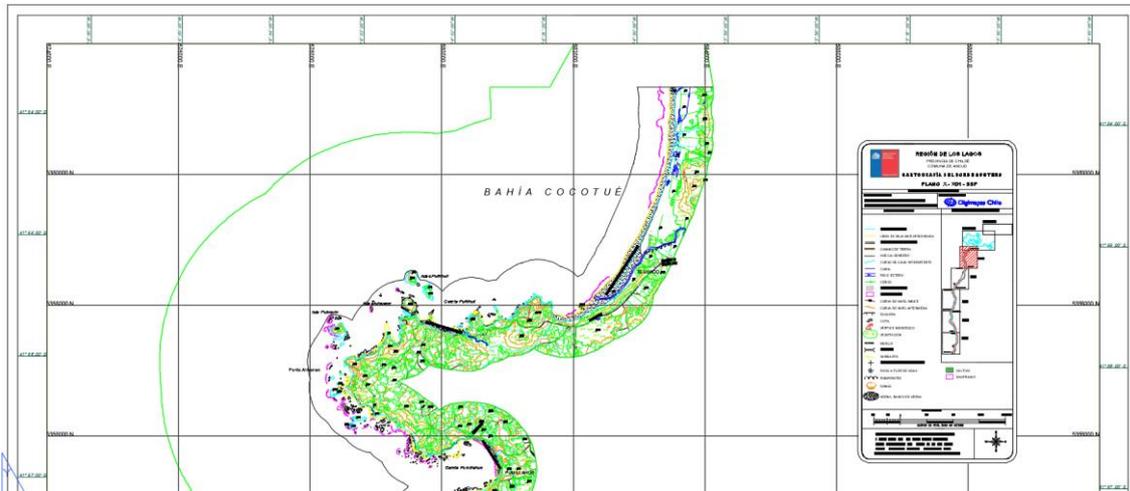


Figura 23: Extracto Lámina 01, Borde Costero Chiloé

Fuente: DMCL

La designación del nombre de cada archivo digital corresponderá al mandante, sin embargo, para comprensión y vista a lo normado en el número 6.4 del documento SHOA n°10 (Pub.3110). Los nombres de archivos han sido asignados por Digimapas Chile el ejecutor y los nombres de los sectores que titulan estos planos han sido definidos por S.H.O.A.

Tabla 5: Láminas de Plano y Sector

NUMERO PLANO	NOMBRE PLANO Formatos: DWG/versión	NOMBRE DEL SECTOR
01	X-26-SSP_v6	Bahía Cocotué a Sur de Río Chepu
02	X-27-SSP_v6	Punta Pulga a Punta Esperanza
03	X-28-SSP_v6	Cabo Metalqui a Punta Chorrillo
04	X-29-SSP_v6	Punta Saliente a Huelde
05	X-30-SSP_v6	Cucao a Punta Bonita

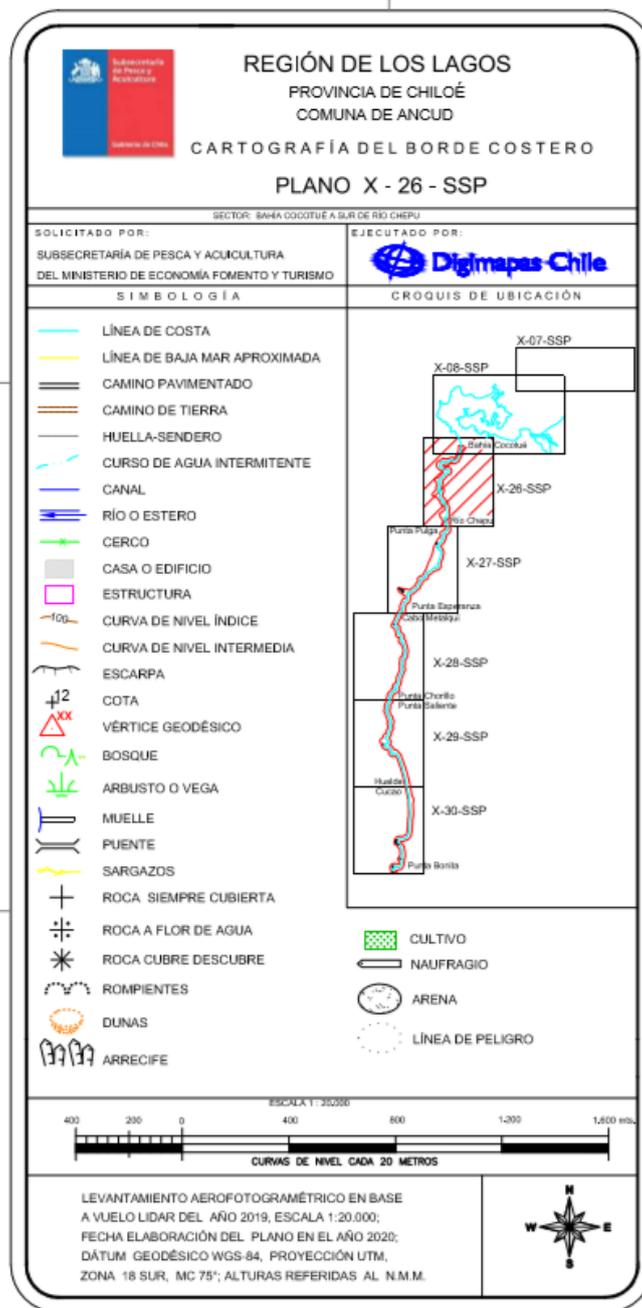


Figura 24: Viñeta Plano 01, Borde Costero Chiloé

Fuente: DMCL

5. ANALISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1 Control de calidad productos Laser y orto imágenes

Las metodologías de trabajo en gabinete desarrolladas por DMCL, contemplan procesos de control de calidad, los cuales se realizan en base a los criterios de calidad referidos a la norma “NCH ISO 19113:2002 Información Geográfica - Principios de Calidad”. Para cada uno de los productos requeridos fue controlado según se indica a continuación:

- **Complejidad del Producto:** se verificó que todos los productos LIDAR e imágenes tuvieran el 100% de cobertura, con especial cuidado en los bordes del polígono y que a su vez la información interior no presentara zonas sin dato, lo cual se cumple para toda el área contratada.
- **Consistencia de formato:** Se verificaron las características y propiedades de los archivos en cuanto a formato y especificaciones solicitadas por el mandante en cada uno de los productos.

Tabla 6: Especificaciones y Formatos.
Fuente: DMCL

Especificaciones y Formatos de productos solicitados por el mandante		
Productos	Especificaciones y Formatos	Resultados del control de calidad:
DTM	Resolución espacial 2x2m Formato ASCII GRID Modelo en Tiles Dimensiones 2.000x2.000	100% de los productos
NDP	Clasificación suelo y no suelo (clase 1 y 2) Formato *.LAS Modelo en Tiles Dimensiones 2.000x2.000	100% de los productos
DSM	Resolución espacial 2x2m Formato ASCII GRID Modelo en Tiles Dimensiones 2.000x2.000	100% de los productos
Orto imágenes	Resolución espacial 0,25m Formato GEOTIFF y ECW Mosaico en Tiles Dimensiones 2.000x2.000	100% de los productos

- Exactitud Posicional (x,y): Se realizó un análisis comparativo entre las coordenadas de los GCP's levantados en campo y su posición en las orto-imágenes digitales. Como resultado se obtuvieron las diferencias en las coordenadas este y norte expuestas en la siguiente tabla:

Tabla 7: Control de Calidad Orto imágenes UTM

Fuente: DMCL

GCPs' Campo	Observación GPS		Observación Ortofoto		Diferencias (m)		Desplazamiento 2D (m)	Lámina
	ESTE	NORTE	ESTE	NORTE	ESTE	NORTE		
GCP0001	572107,176	5283012,266	572107,028	5283012,386	0,148	-0,120	0,190	rgba05
GCP0002	572104,431	5283010,869	572104,329	5283011,056	0,102	-0,187	0,213	rgba05
GCP0003	572079,713	5283065,962	572079,624	5283066,209	0,089	-0,247	0,262	rgba05
GCP0004	572077,142	5283064,740	572077,108	5283064,866	0,034	-0,126	0,130	rgba05
GCP0009	572119,744	5282961,453	572119,639	5282961,426	0,105	0,027	0,108	rgba05
GCP0010	572120,941	5282957,876	572120,787	5282957,934	0,154	-0,058	0,165	rgba05
GCP0011	572105,308	5282953,411	572105,203	5282953,466	0,105	-0,055	0,119	rgba05
GCP0012	572106,097	5282951,102	572106,009	5282951,177	0,088	-0,075	0,116	rgba05
GCP0013	572103,218	5282950,122	572103,122	5282950,163	0,096	-0,041	0,104	rgba05
GCP0014	572102,477	5282952,442	572102,289	5282952,374	0,188	0,068	0,200	rgba05
GCP0015	571794,920	5272129,977	571794,535	5272130,342	0,385	-0,365	0,531	rgba05
GCP0016	571797,928	5272139,269	571797,591	5272139,669	0,337	-0,400	0,523	rgba05
GCP0017	571803,695	5272124,717	571803,367	5272124,861	0,328	-0,144	0,358	rgba05
GCP0018	571806,819	5272134,440	571806,495	5272134,495	0,324	-0,055	0,329	rgba05
GCP0019	571714,472	5272087,176	571713,991	5272087,528	0,481	-0,352	0,596	rgba05
GCP0020	571715,521	5272085,766	571715,322	5272085,993	0,199	-0,227	0,302	rgba05
GCP0021	571986,175	5272784,442	571985,972	5272784,993	0,203	-0,551	0,587	rgba05
GCP0022	571982,038	5272783,157	571981,661	5272783,587	0,377	-0,430	0,572	rgba05
GCP0023	571972,556	5272806,804	571972,383	5272806,846	0,173	-0,042	0,178	rgba05
GCP0024	571976,720	5272808,022	571976,527	5272808,137	0,193	-0,115	0,225	rgba05
GCP0027	581220,766	5344507,720	581220,464	5344508,072	0,302	-0,352	0,464	rgba02
GCP0028	581220,000	5344507,066	581219,780	5344507,489	0,220	-0,423	0,477	rgba02
GCP0029	581220,988	5344505,967	581220,924	5344506,312	0,064	-0,345	0,351	rgba02
GCP0030	581221,743	5344506,613	581221,574	5344506,906	0,169	-0,293	0,338	rgba02
GCP0031	581300,269	5344603,586	581300,178	5344603,983	0,091	-0,397	0,407	rgba02
GCP0032	581300,956	5344604,284	581300,885	5344604,664	0,071	-0,380	0,387	rgba02
GCP0033	581302,022	5344603,301	581301,881	5344603,617	0,141	-0,316	0,346	rgba02
GCP0034	581301,351	5344602,560	581301,225	5344602,923	0,126	-0,363	0,384	rgba02
GCP0035	583407,889	5362559,897	583407,925	5362560,240	-0,036	-0,343	0,345	rgba01
GCP0036	583408,389	5362558,534	583408,548	5362558,979	-0,159	-0,445	0,473	rgba01

Observación GPS			Observación Ortofoto		Diferencias (m)		Desplazamiento 2D (m)	Lámina
GCPs' Campo	ESTE	NORTE	ESTE	NORTE	ESTE	NORTE		
GCP0037	583407,568	5362558,207	583407,830	5362558,600	-0,262	-0,393	0,472	rgba01
GCP0038	583407,002	5362559,520	583407,071	5362559,833	-0,069	-0,313	0,321	rgba01
GCP0039	583389,166	5362522,985	583389,260	5362523,370	-0,094	-0,385	0,396	rgba01
GCP0040	583389,773	5362521,636	583389,897	5362522,068	-0,124	-0,432	0,450	rgba01
GCP0041	583388,992	5362521,282	583389,192	5362521,770	-0,200	-0,488	0,528	rgba01
GCP0042	583388,362	5362522,599	583388,474	5362523,058	-0,112	-0,459	0,472	rgba01
GCP0043	583453,132	5362507,952	583453,162	5362508,258	-0,030	-0,306	0,308	rgba01
GCP0044	583453,352	5362507,352	583453,668	5362507,626	-0,316	-0,274	0,418	rgba01

Tabla 8: Resumen estadístico GCP's orto imágenes UTM

Fuente: DMCL

Resumen	
Media (m)	0,346
Mediana (m)	0,348
Rango (m)	0,492
Mínimo (m)	0,104
Máximo (m)	0,596
Suma (m)	13,144
Cuenta GCP's	38
Varianza de la muestra (m ²)	0,021
Desviación estándar	0,146
RMSE (m)	0,024
Nivel de confianza (95,0%)	0,048

El intervalo de confianza es $0,346 \text{ m} \pm 0,048 \text{ m}$, lo que es igual a $0,298 \text{ m}$ hacia $0,394 \text{ m}$.

La verificación de la exactitud posicional entregó como resultado que las diferencias este - norte en las orto imágenes se encuentra en conformidad con el rango propuesto por DMCL y respaldada por la NSSDA (National Standard for Spatial Data Accuracy).

NOTA: Los puntos no incluidos en la tabla de control, fueron excluidos de la misma, debido a que son puntos tomados en altura o eran no fotoidentificables.

- Exactitud Posicional (z): este criterio se refiere al control de altura ortométrica mediante la comparación de las mediciones que fueron efectuadas en terreno y el DTM. En las siguientes tablas se presentan la altura ortométrica calculada de la medición en terreno (H_GCP), altura extraída del modelo (H_DTM) y la diferencia existente entre estas (ΔH) en Coordenadas UTM.

Tabla 9: Exactitud altimétrica producto – DTM UTM

Fuente: DMCL

GCP's Campo	Este UTM 19S (m)	Norte UTM 19S (m)	Altura GPS Referida al NMM (m)	H_DTM_NMM	Dif_GCP-DTM
GCP0009	572119,744	5282961,453	4,737	4,674	0,063
GCP0010	572120,941	5282957,876	4,765	4,683	0,082
GCP0011	572105,308	5282953,411	3,325	3,298	0,027
GCP0012	572106,097	5282951,102	3,283	3,363	-0,080
GCP0013	572103,218	5282950,122	3,209	3,045	0,164
GCP0014	572102,477	5282952,442	3,192	2,964	0,228
GCP0025	571973,310	5272811,927	4,262	4,051	0,211
GCP0026	571978,557	5272877,897	3,301	3,168	0,133
GCP0027	581220,766	5344507,720	1,527	1,445	0,082
GCP0028	581220,000	5344507,066	1,525	1,438	0,087
GCP0029	581220,988	5344505,967	1,588	1,506	0,082
GCP0030	581221,743	5344506,613	1,604	1,512	0,092
GCP0031	581300,269	5344603,586	2,751	2,656	0,095
GCP0032	581300,956	5344604,284	2,693	2,648	0,045
GCP0033	581302,022	5344603,301	2,697	2,607	0,090
GCP0034	581301,351	5344602,560	2,696	2,587	0,109
GCP0035	583407,889	5362559,897	4,474	4,535	-0,061
GCP0036	583408,389	5362558,534	4,419	4,552	-0,133
GCP0037	583407,568	5362558,207	4,441	4,519	-0,078
GCP0038	583407,002	5362559,520	4,478	4,536	-0,058
GCP0046	583593,797	5362691,315	6,739	6,612	0,127
GCP0047	583579,473	5362723,541	6,481	6,372	0,109

Los resultados de esta comparación estadística se presentan a continuación:

Tabla 10: Comparación altimétrica producto – DTM UTM

Fuente: DMCL

Resumen	
Media (m)	0.064
Mediana (m)	0.085
Rango (m)	0.361
Mínimo (m)	-0.133
Máximo (m)	0.228
Suma (m)	1.416
Cuenta GCP's	22
Varianza de la muestra (m ²)	0.009
Desviación estándar	0.094
RMSE (m)	0.020
Nivel de confianza (95,0%)	0.042

El intervalo de confianza es $0.064 \text{ m} \pm 0.042 \text{ m}$, lo que es igual a 0.106 m hacia 0.022 m .

En el Resumen estadístico de control altimétrico del DTM respecto al área solicitada, el RMSE, indicador definido como la distancia entre la posición real del punto y la posición estimada en el producto, se encuentra en el rango y cumple con la precisión requerida para la escala del proyecto.

5.2. Control de Calidad Cartografía Digital

El control de calidad se realizó considerando los siguientes aspectos normativos: completitud, consistencia de dominio, formato y topológica, de acuerdo a los alcances de la norma ISO 19113:2002/Nch-ISO 19.113:2012.

Se verificaron las propiedades de los archivos, en conformidad con lo solicitado por el mandante, en relación al formato, escala de trabajo e intervalos de las curvas de nivel.

Tabla 11: Formatos
Fuente: DMCL

Formatos solicitados por el mandante		
Producto	Especificaciones y Formatos	Resultados del Control de Calidad:
Cartografía Digital	Escala 1:20.000 UTM Intervalo Curvas de Nivel 20m Formato *.DWG 2D Laminado SHOA	100% de los productos

- Completitud del producto: se verificó que las curvas de nivel y elementos digitalizados comprendieran el 100% del área de estudio.



Figura 25: Completitud del producto Cartografía-UTM

Fuente: DMCL

La tabla a continuación, indica los detalles que se consideraron como alcance de calidad:

Tabla 12: Evaluación de Principios de Calidad Nch-ISO 19.113:2012
Fuente: DMCL

Aspectos Evaluados	Principio Normativo
<ul style="list-style-type: none"> • Orto imágenes RGB. • Todas las capas *.DWG y Categorías Temáticas. • Cubren completamente el área o límites de estudios, entiéndase límite de proyecto. • Validación y verificación de las coberturas completas dentro del límite del proyecto. 	Completitud
<ul style="list-style-type: none"> • Identificación de los conjuntos de coberturas o niveles de información geográfica clasificados en las distintas Categorías Temáticas. • Los vértices geodésicos corresponden a elementos puntuales que están dentro de la precisión planimetría y altimetría aceptada para este proyecto. 	Consistencia Lógica Consistencia de Dominio
<ul style="list-style-type: none"> • El modelado de las coberturas de Relieve corresponde a una representación de tipo discreta, conforme a la escala del levantamiento altimétrico, 1:20.000. Las curvas de nivel están conectadas, sin sobre posición. Las Cotas corresponden a una colección de puntos en los sectores de interés: cumbre o para densificar la información de altitud en sectores llanos. • De acuerdo a las coberturas o niveles de información geográficas asentadas en las Categorías Temáticas. • Las coberturas representadas con polígonos contienen a otras coberturas de distinta naturaleza al sobreponerse y se emplazan colindante entre las coberturas que corresponden a una misma clasificación, sin embargo, no está duplicadas. • Las coberturas representadas con líneas corresponden a demarcaciones en los distintos elementos clasificados, las cuales son descritas con consistencia vectorial y sin fragmentación en las que constituyen redes. • Las coberturas representadas como puntos corresponden a elementos geográficos posicionados en una única dirección y sin dimensiones de área ni longitud. 	Consistencia Topológica
<ul style="list-style-type: none"> • El 100% de los vectores restituidos están dentro de precisión horizontal requerida para el levantamiento del proyecto, es decir, un levantamiento a escala 1:20.000. Por lo tanto el 90% de dichos elementos están posicionados horizontalmente dentro de 2,5m, conforme a los alcances de medición que otorga el sensor Harrier 68i. • El 100% de las capas de Relieve está en la precisión vertical requerida para levantamiento escalas 1:20.000, por lo tanto, el 90% de dichos elementos están posicionados verticalmente dentro de 2,5m, conforme a los alcances de medición que otorga el sensor Harrier 68i. • La posición de los GCP está dentro del estándar permitido por la NSSDA (National Standard for Spacial Accuracy), la cual indica que para la escala de trabajo 1:20.000, el RMSE en x e y es menor a 2.5 m. <p><i>* Tolerancias de restitución aerofotogramétricas correspondientes a</i></p>	Exactitud Posicional

Aspectos Evaluados	Principio Normativo
<i>una escala 1:5000</i>	

En conformidad con lo requerido por el mandante se ha realizado el control de calidad logrando generar la cartografía base del polígono completo del proyecto.

6. CONCLUSIONES

De acuerdo a lo planteado en el presente informe, los vuelos planificados para el proyecto se efectuaron en forma satisfactoria de acuerdo a las exigencias del producto, logrando con ello la cobertura completa para los datos de imágenes digitales, tal como fue planificado. Por tanto, la metodología propuesta y su ejecución han sido las correctas.

Los valores de control de calibración estimados, para cámara digital cumplen con la precisión requerida y garantizan la calidad de los datos para ser utilizados en el proceso de generación de orto imágenes digitales y cartografía digital.

RESUMEN SOBREVUELO		
Nombre del Proyecto:	3269_1904_Borde_Costero_Chiloe	
Sistema Usado:	Trimble Harrier 68i	
Plataforma Usado:	Cessna U206G	
Fecha de Vuelo:	03, 04 y 05 de Septiembre de 2019	
Hora de Vuelo Boot 2.471:	Inicio	Término
Boot 2.472:	11:10	13:47
Boot 2.473:	10:05	11:32
Boot 2.474:	12:33	14:02
	10:05	12:17
	Láser	Cámara
Alturas de Vuelos sobre del terreno (AGL):	1.290 m	1.290 m 2.080 m
Cobertura/Coverage:	Completo 90.680 ha	
Frecuencia y Scanline Rate de sistema Láser:	150 kHz @ 51.18 Hz	-
Traslape de sistema Camera Digital (% in-/cross line):	40	40/70
GSD - Ground Sample Distance de sistema Camera (programado/resultado):	-	24/24
Configuración Cámara Digital:	-	VIS (RGB)

Conforme a las necesidades y requerimientos del cliente para el presente proyecto, se da cuenta satisfactoria de los procesos realizados mediante la captura de datos realizada por DMCL; y con la metodología expuesta para la obtención de NDP clasificada, DSM, DTM Y Orto-Imágenes se verificó, mediante los criterios de calidad de completitud del producto y consistencia de formato, el cumplimiento de la necesidad requerida (NDP clasificada en suelo y no suelo, y DTM-DSM de 2m de resolución, como producto adicional), Orto Imágenes de 0,25m en conformidad con las especificaciones técnicas del proyecto. Posteriormente, los productos son cortados con una distribución de láminas de 2.000mx2.000m generada para ellos.

Se generaron 5 láminas con estándar SHOA en papel bond formato A0 escala 1:20.000. Se debe señalar que la precisión de los productos es mejor que la precisión esperada para un plano 1:20.000.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- pub_3109_n9_3ra_2005.pdf
- ASPRS_Positional_Accuracy_Standards_For_Large-Scale_Maps1990
- Manual de Carreteras Vol. 2 (2017)
- NCH ISO 19113:2002 Información Geográfica - Principios de Calidad

8. ANEXOS

- ANEXO_I_IT-IMA-19-R014 Calibración_lens2.pdf
- ANEXO_II_IT_LAS-03-R019 Calibración HARRIER 68i 25012017_r2.pdf
- ANEXO_III_3269_1904_Borde_Costero_Chiloe_Cov_Max_UTM19S.dxf
- ANEXO_IV_GEODESIA

Santiago, 3 de diciembre de 2020



Dr. Lothar Markus Rombach
22.102.247-5
Doctor en Geografía
Gerente General Digimapas Chile