



VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE METODOS PARA CONFECCIONAR PLANOS, EN APOYO DEL MAPEO GEOLOGICO

L. Campos, A. Cabré, B. Cáceres, M. Pereira, J. Supanta.

Departamento de Ingeniería de Minas, Facultad de Ingeniería, Universidad de Atacama, Copiapó.
leticia.campos@uda.cl, Mpereira@mbienes.cl

RESUMEN

El presente estudio tiene como finalidad realizar un análisis de los resultados obtenidos por dos tipos de metodologías para la creación de planos georreferenciados, los cuales apoyan durante las diferentes etapas del mapeo geológico.

El primer método corresponderá a la confección de planos, que se realizan sólo a través de imágenes satelitales gratuitas, mientras que el segundo será una combinación de topografía de detalle levantada en terreno, más imágenes satelitales.

Luego de la creación de éstos, y su posterior utilización en terreno, se podrá determinar cuáles son las ventajas y desventajas de cada uno, para que un profesional del área pueda optar con fundamentos, por una u otra metodología.

Palabras claves: Topografía de detalle, Imágenes Satelitales, Mapeos Geológicos.

ABSTRACT

The present study aims to analyze the results obtained by two types of methodologies for the creation of georeferenced maps, which support during the different stages of geological mapping.

The first method will be the preparation of plans, which are done only through free satellite images, while the second will be a combination of detailed topography raised in terrain plus satellite imagery.

After the creation of these, and their subsequent use in the field, it will be possible to determine what are the advantages and disadvantages of each one, so that a professional of the area can choose with fundamentals, by one or another methodology.

Keywords: Detail Surveying, Satellite Images, Geological Mapping.

1. INTRODUCCIÓN

Desde la antigüedad el hombre quiso "orientarse", acuñando el concepto de "ubicación", lo que conllevó necesariamente a graficar el lugar donde habitaba, para poder establecer los lugares en donde se encontraban el agua, el refugio y el alimento para subsistir.

Estos gráficos, son inclusive anterior a la escritura, por tanto la creación de mapas, es tan antigua como la historia del hombre. En la actualidad la elaboración de mapas es de vital importancia en obras de ingeniería, de construcción, de riesgos geológicos, de uso de suelo, etc.

Por consiguiente el hombre, ha incursionado en la ciencia de la cartografía, la que se basa en la elaboración de mapas, cartas y planos, los cuales se clasifican según el tamaño de la escala a utilizar.

Entonces según la finalidad de los gráficos a construir se deberá incluir diferentes elementos, pero todos sin excepción deben representar de la forma más fidedigna posible una porción de la superficie terrestre, a través de coordenadas x , y , z . Los puntos para la creación de estos gráficos escalados, se pueden obtener por medio de topografía tradicional, fotogrametría, fotos satelitales, entre otros.

Como se mencionó anteriormente el uso de mapas, cartas o planos, es muy importante en cualquier obra que se ejecute en la actualidad, en minería y geología, son las base para situar los cuerpos mineralizados, que según sus condiciones pueden ser finalmente explotados.

El ciclo minero comienza con una exploración geológica, donde unos de sus trabajos más comunes es el mapeo geológico, tarea que en sus diferentes etapas se hace acompañar y apoyar por la cartografía, que permite contar con mapas para el trabajo en terreno, como asimismo terminado éste, graficar los

resultados levantados, generando planos y perfiles del sector de estudio.

2. MARCO TEORICO

El planeta Tierra es redondo, parecido a un huevo o una mandarina, estas las primeras informaciones que se le presentan a un individuo en su etapa escolar, para indicar la forma del planeta. Pero a través de estudios realizados a lo largo de los siglos se ha llegado a determinar que la verdadera forma de La Tierra es el geoide, definido por vez primera en 1828 por Carl Gauss, el cual es la superficie equipotencial de los océanos en estado de reposo, prolongada en forma continua por debajo de los continentes. En cada uno de sus puntos, el vector gravedad es perpendicular a su superficie (Datum vertical). Como esta dirección de la gravedad no tiene una distribución uniforme, se prefiere sustituirla por figuras que puedan ser expresadas en forma matemática, como la esfera y el elipsoide.

Si se quiere representar una porción de la superficie terrestre en un plano, es necesario levantar el sector, por medio de la topografía, la cual se relaciona con otras disciplinas. En consecuencia los objetos a representar deberán tener un "posicionamiento" dentro del sector, relacionado a un sistema de coordenadas tridimensionales absoluto o local.

2.1. Topografía

Aranha Domínguez (1979) definió topografía como: "El conjunto de principios, métodos, instrumentos y procedimientos utilizados para la determinación del entorno, dimensiones y posición relativa de una porción limitada de la superficie terrestre, del fondo de los mares y del interior de las minas. También compete a la topografía el replanteo de proyectos".

La precisión y su fiabilidad dependen no solamente de la experiencia del topógrafo,

sino también de la comprensión que esté tenga de los principios científicos sobre los que actúa y que afecta a todas las formas de medidas topográficas

Actualmente, la topografía está englobada dentro de la Geodesia, donde se le conoce también con el nombre de geodesia común (Wahl, 1964). Dentro de aquella ciencia general, conformada por diversas disciplinas, la topografía interactúa con las mismas, principalmente con:

Cartografía: como la ciencia que permite conocer los métodos y procedimientos para elaboración de planos, cartas o mapas; dependiendo de la escala del dibujo.

Fotogrametría: como base para el control de fotografías y modelos Aero fotogramétricos.

Geodesia: para la densificación de redes geodésicas con fines de control en levantamientos catastrales, localizaciones petroleras etc.

Los productos finales de la topografía son en su gran mayoría, de carácter gráfico, es decir, dibujos a escala, sobre un determinado tipo de papel, o bien dibujos realizados mediante programas computacionales CADD (de las siglas en inglés Computer-Aided-Design and Drafting).

2.1.1. Levantamientos Topográficos

Son el conjunto de operaciones necesarias para determinar posiciones sobre la superficie de la Tierra, de las características naturales y/o artificiales de una zona determinada y establecer la configuración del terreno. El procedimiento a seguir en los levantamientos topográficos comprende dos etapas fundamentales:

El trabajo de terreno, que es la recopilación de los datos, que consiste fundamentalmente en medir ángulos horizontales y/o verticales y distancias horizontales o verticales.

El trabajo de gabinete o de oficina, que consiste en el cálculo de las posiciones de los puntos medidos y el dibujo de los mismos sobre un plano.

2.1.2. Instrumentos Topográficos.

Existen en la actualidad distintos tipos de instrumentos topográficos, los tradicionales de la familia de los Teodolitos, que permiten medir ángulos horizontales y verticales, que pueden medir distancias de forma geométrica o por tecnología láser y los de última generación, dentro de los cuales se encuentran los instrumentos que utilizan la tecnología GPS, que determinan coordenadas de un punto dentro del planeta, con la ayuda de satélites. Estos receptores GPS, dependiendo del nivel de precisión del trabajo a realizar, se clasifican en navegadores, cartográficos y geodésicos.

Los receptores GPS (Global Positioning System) hacen uso de Sistemas de Geodesia Espacial, donde destacan, por ejemplo, la Constelación NAVSTAR y la Constelación GLONASS, creadas por los Departamentos de Defensa de los Estados Unidos y Rusia, respectivamente, donde cada uno tiene como objetivo poder posicionar un objeto en la superficie de la Tierra a través de las señales emitidas en forma de ondas de radio por los satélites de dichas constelaciones, las que se procesan determinando la posición del objeto con una precisión, que depende del tipo de información recibida, tiempo de recepción y condiciones de la emisión. Este posicionamiento se produce sobre un sistema de referencia inercial cartesiano, que en el caso de usar la constelación americana NAVSTAR corresponde al sistema WGS84, y en el caso de usar la constelación rusa GLONASS corresponde al sistema PZ90.

2.2. Teledetección

En el año 1960, se lanza el primer satélite meteorológico, que llevaba por nombre TIROS-I, que contaba con una cámara de televisión de baja resolución espacial, que

permitía a los meteorólogos discriminar entre nubes, agua, hielo y nieve. En 1970 estos satélites, se les comienza a llamar NOAA, siendo el satélite NOAA-16 el último en haber sido puesto en órbita. La finalidad de los procesos antes descritos, corresponde a la necesidad de observar constantemente el planeta, contribuyendo con información al estudio de los recursos naturales, creándose por antonomasia una nueva técnica, la Teledetección, llamada también percepción remota.

Esta nueva técnica consiste en realizar observaciones a un objeto sin necesidad de tener contacto físico con él, en otras palabras, es realizar observaciones de la superficie de la tierra a través de sensores remotos ubicados en plataformas satelitales o aviones. Para realizar este tipo de observación es necesario tener en cuenta de que entre los objetos y el sensor debe existir una interacción energética, de acuerdo a esto, se puede decir que cada objeto que se encuentra en la superficie terrestre, emite una reflectancia, que puede ser emitida por el objeto mismo en virtud de su propia temperatura, por un foco energético exterior que sería el sol o de un haz energético artificial con emisión propia. Toda esta información es captada y almacenada en el satélite y en las estaciones receptoras para su posterior uso y aplicación.

2.2.1. Imagen Satelital

Las Imágenes Satelitales están confeccionadas por matrices, en las que cada celda representa un píxel, las dimensiones de este píxel dependerá de la Resolución espacial del sensor.

Los sensores registran la radiación electromagnética que proviene de las distintas coberturas y las almacena en cada

píxel, de acuerdo a los intervalos de longitudes de onda, en las que este programado el sensor para captar.

Esta energía electromagnética es representada en cada píxel por un valor digital al cual se le agrega una tonalidad, este valor es llamado Nivel Digital (ND), la cantidad de niveles digitales que se podrá representar dependerá de la Resolución Radiométrica del sensor, para un sensor con Resolución Radiométrica de 8 bit los niveles digitales varían entre 0 y 255, siendo en la escala de grises el cero igual al color negro y el 255 igual al color blanco. Las diversas coberturas que existen, emiten radiaciones electromagnéticas en variadas longitudes de ondas, lo que hace que las bandas entre si representen en forma distinta las coberturas. Para obtener una mejor interpretación se realiza una formación aditiva, en la que se asigna colores a los ND en forma arbitraria y así obtener una imagen color compuesto, siendo los colores azul, verde y rojo los más utilizados.

2.2.2. Mapeo Geológico

El mapeo geológico es una actividad que tiene como finalidad el poder confeccionar un mapa, carta o plano, donde se represente gráficamente parte de la superficie de la tierra a escala, mostrando como se distribuyen las características geológicas (unidades litológicas, contactos estructurales, estratigráficos, etc.) del sector de interés. Las diferentes unidades encontradas se representan generalmente con distintos colores y están sobrepuestas en una base topográfica. Los datos estructurales incluyen la interpretación de las diferentes unidades en el subsuelo.

El proceso de generación/creación de un mapa geológico pasa por tres etapas, que se muestran en la figura 1.



Figura 1: Diagrama de realización de Mapeo Geológico.

Con respecto a la primera etapa del mapeo, que representa la planificación del mismo, se necesita incorporar dentro de la delimitación del área de interés imágenes satelitales o planos topográficos, que ayuden a la orientación en terreno. Asimismo en esta etapa es importante recolectar datos geofísicos o geo-químicos que pueden estar disponibles para algunas zonas importantes, ya que anomalías magnéticas pueden proporcionar información valiosa sobre grandes estructuras del subsuelo que pueden influir en la geología superficial.

2.2.3. Equipo de Mapeo

Para realizar un mapeo geológico, se necesita llevar a terreno, los siguientes instrumentos mínimos:

- Regla
- Transportador
- Funda del mapa
- Mapas básicos
- Clips/bandas elásticas
- Lápices de mapeo
- Selección completa de lápices de colores
- brújula
- cinta métrica

2.2.4. Metodología en terreno para realizar un mapeo geológico.

Este apartado se basa en la figura 1, concretamente en el "durante" y al ser el

momento en el cual se incorpora el uso del mapa topográfico (plano) se presenta a continuación una breve pauta para realizar un mapeo geológico.

Ubicación en el mapa de las observaciones realizadas en terreno. Para ello se ocupan criterios de posicionamiento global. Las unidades del GPS de mano son una ayuda valiosa en el mapeo (GPS Navegador), no obstante, pueden fallar en algunas situaciones con lo que es interesante conocer métodos de posicionamiento en un mapa topográfico. Los mapas básicos eficientes permiten ubicarse en relación a las características mediante la inspección visual. Estimar las distancias en un segmento conocido del mapa (es decir, carretera, arroyo) es una forma de ubicarse durante el mapeo. Se debe establecer la duración promedio de la medición, y realizarlo de forma constante; recordar que la longitud de los pasos serán más cortas en pendientes que lugares planos. En varios casos, sin embargo, se puede utilizar la brújula como ayuda. Si se encuentra en una función del mapa lineal (ej. camino, cerca), se puede tomar una dirección en un punto de referencia y encontrar su posición desde la intersección de esa dirección rumbo con la función lineal. Escogiendo un punto de referencia sobre una orientación de un ángulo elevado con dirección a la función lineal para mejorar la precisión, y señale los puntos de referencia cercanos al observador (por ejemplo, 100 m de distancia).

El mapeo ayuda a registrar la mayor cantidad de información posible en la geología de un área al utilizar mapas de terreno y un cuaderno, y luego presentar una interpretación de aquellas observaciones en la forma de una copia en limpio del mapa, la cual puede incluir secciones transversales interpretativas. Esta sección resume como registrar la información en los mapas básicos de topográfica que se llevan a terreno.

En la etapa de recopilación de datos, sin importar el orden en el cual se toman los datos, se anotan y cartografían las observaciones tanto en la libreta de terreno como en el mapa topográfico/imagen satelital. Durante este proceso se emplean los materiales definidos al inicio de este apartado y se recopila brevemente el uso de estos a continuación.

Se puede utilizar la brújula tipo Silva con clinómetro para medir y marcar directamente los azimuts en un mapa, al ajustar el dial de la brújula con clinómetro hacia el azimut y luego seguir las instrucciones. Los datos estructurales como líneas de arrumbamiento y flechas de lineamiento por lo general se deben trazar con un lápiz de forma precisa sobre el mapa en el terreno. Al finalizar el día se deben terminar de verificar y firmar. La ubicación numerada de los datos también se debe marcar en forma precisa, y vincular por medio del número de la localidad con datos registrados de forma sistemática en un

cuaderno. Si está en contacto con el mapeo, se debe realizar el límite en el terreno de forma precisa.

Si se utilizan lápices o lapiceras, los datos y las líneas del mapa deben ser nítidos y claros. Los lápices para el mapeo se utilizan con más frecuencia para firmar al final de la jornada laboral. Una regla (mira) es útil para medir las distancias en los mapas.

3. ANTECEDENTES GENERALES DEL SECTOR DE ESTUDIO

El sector de estudio se encuentra emplazado en la Sierra Ladrillos, dentro del valle de Copiapó, en la III Región de Atacama, dentro del grupo Chañarcillo, el cual está constituido por las formaciones Punta del Cobre, Abundancia, Nantoco, Totoralillo y Pabellón. Abarca aproximadamente unos 20 km cuadrados, y está ubicado a unos 8 kilómetros dirección NE de la comuna de Copiapó, para acceder al lugar se deben recorrer unos 6 kilómetros desde el cruce de Paipote por la carretera del Inca con dirección a Diego de Almagro hasta llegar a la planta INACESA. En ese punto se debe tomar la ruta C-373 que pasa por la mina japonesa "Sol naciente", recorriendo 3 kilómetros aproximadamente para llegar al lugar de interés que está limitado por 4 vértices definidos en la Tabla n°1.

Tabla 1: Coordenadas UTM WGS84 Polígono de Mapeo.

PUNTO	NORTE	ESTE
A	6.971.160	380.389
B	6.969.572	382.635
C	6.966.981	381.237
D	6.968.514	379.132

4. HIPOTESIS

Utilizar un plano compuesto por topografía de detalle más imagen satelital, producirá mejoras en los resultados finales en comparación al mapeo realizado exclusivamente con imagen satelital, ya que permitirá generar una mayor cantidad de productos para la interpretación geológica.

5. METODOLOGIA

En primera instancia se definieron dos metodologías para la confección de planos para uso en terreno de mapeos geológicos.

METODOLOGIA 1: Confección de Plano para mapeo geológico, en base a "imagen satelital"

METODOLOGIA 2: Confección de Plano para mapeo geológico, en base a "imagen satelital más topografía base de detalles"

Se hizo reconocimiento del terreno y se determinó que sólo se aplicarían las dos metodologías propuestas de confección de planos en un área restringida de 20 hectáreas (200 mil metros cuadrados). Esta área se seleccionó debido a su importancia geológica, donde se destacaban mayores presencias de: fallas, cabalgamientos, discontinuidades, pliegues, etc.

Se realizó la confección de planos por medio de la metodología 1, descargando imágenes satelitales gratuitas desde el SAS-Planet.

Para lograr la confección del plano a través de la metodología 2, se debió realizar un levantamiento topográfico en terreno, con amarre geodésico, a partir de un equipo topográfico adecuado, seleccionado por su capacidad de almacenar gran cantidad de datos, para cumplir con los metros cuadrados definidos en el reconocimiento del sector.

Terminado el trabajo en terreno, se descargaron y procesaron los datos obtenidos, para la creación del plano con curvas de nivel cada 5 metros, al cual se le incorporaron las imágenes satelitales descargadas anteriormente.

Se realizaron los mapeos geológicos, utilizando los distintos planos creados por las metodologías propuestas.

Se hizo uso en gabinete de los planos creados anteriormente, para incorporar la información geológica recolectada en terreno, creando los planos finales del sector, además de otros productos, los cuales representan los resultados experimentales.

Teniendo los resultados finales, se compararon ambas metodologías y se establecieron las ventajas y desventajas de cada una.

6. DESARROLLO EXPERIMENTAL

6.1. Metodología 1: Confección de Plano para mapeo geológico, en base a "imagen satelital"

Este método se dividió en 2 etapas, las cuales sólo se realizaron en gabinete:

Se descargaron imágenes satelitales georeferenciadas desde SAS Planet.

Se confeccionó plano a base de imagen georeferenciada, que se utilizó en el mapeo geológico en terreno, en el cual se graficaron curvas de nivel cada 20 metros.

Nótese, que en este tipo de metodología que está incorporada en la etapa preliminar del mapeo geológico, el profesional al contar con las coordenadas georreferencias del sector de estudio, sólo interactúa desde gabinete con éste.

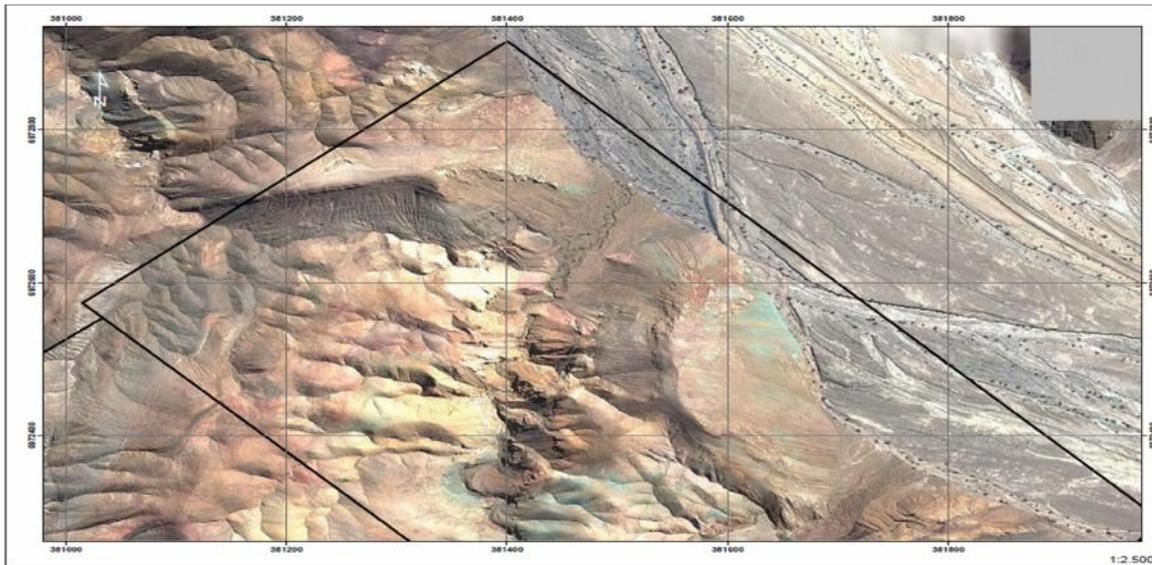


Figura 2: Carta geológica confeccionada a través de Foto Satelital.

6.2. Método 2: Mapeo en base a "imagen satelital más topografía base en detalle".

Este método se dividió en 3 etapas:

Se realizó reconocimiento de Terreno, para determinar qué tipo de equipo topográfico se utilizaría en el posterior levantamiento, además de cuantificar recursos financieros y humanos. .

Se levantó topográficamente el sector de estudio.

Se descargaron datos y exportaron a AUTOCAD CIVIL 3D, incorporándoles imágenes satelitales geo-referenciadas desde SAS Planet, creando plano con curvas de nivel cada 5 metros.

Esta metodología se basó fundamentalmente en proporcionar una topografía base de buena calidad para el sector de mapeo en cuestión, a la que se le incorporó imagen

satelital. En este método se realizó trabajo en terreno y gabinete, antes de proceder a mapear. Se utilizó GPS "Topcon Hiper V" en el trabajo en terreno, mientras que para el trabajo en gabinete se hizo uso de los softwares de AUTO-CAD civil 3D, para dibujar y SAS-PLANET para la importación de imágenes satelitales.

En el sector del mapeo, por su accidentada topografía, el levantamiento tuvo que ser dividido en tres sub áreas de trabajo, creándose 3 estaciones bases, usando la función del equipo denominado "estático rápido", para coordinar la estación base. Una vez coordinado el punto base, se procedió a la toma de puntos en terreno, en la función del modo de medición RTK, programada para que los datos se almacenaran en la libreta automáticamente cada 5 segundos, tiempo necesario para obtener un punto topográfico con coordenadas y cota cada 5 metros aproximadamente.



Figura 3: Operador realizando levantamiento en modo RTK

Terminada la etapa de terreno, que duró aproximadamente 10 días, se procedió al trabajo en gabinete, comenzando con la descarga y la exportación de datos al software AutoCAD CIVIL 3D, donde se procedió a realizar un MDT (Modelo digital de Terreno), con curvas de nivel cada 5 metros.

Luego de esto, se importó una imagen georeferenciada descargada del software SAS-PLANET, la cual se superpuso con la topografía base, procediéndose a crear un plano a escala 1:4000 con todos los elementos necesarios.

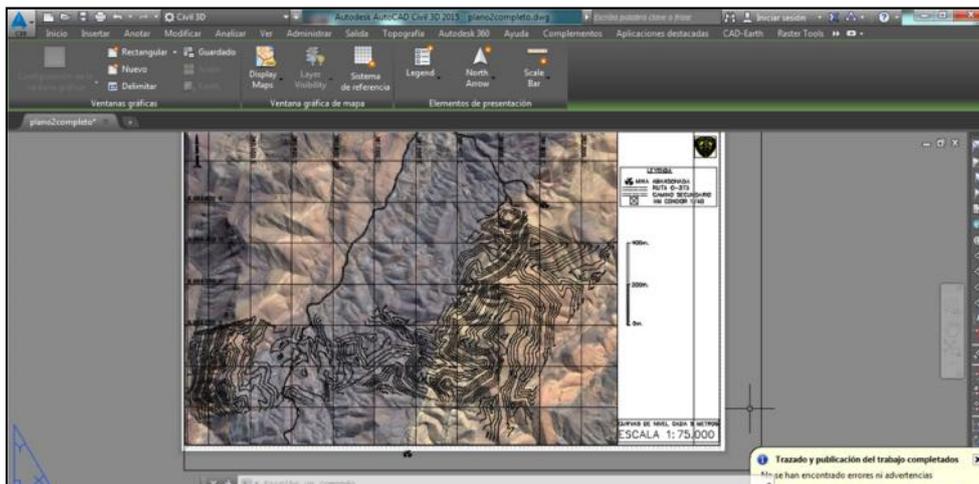


Figura 4: Plano geológico en AutoCAD Civil 3D, con imagen satelital incorporada.

6.3. Mapeo Geológico en terreno

Se realizó una campaña geológica de 8 días, en horario diurno, con la finalidad de tomar datos estructurales, levantar columnas estratigráficas coloreando en los planos creados las unidades geológicas presentes en el sector. Para realizar el mapeo fue necesario utilizar ciertos instrumentos que permitiesen la correcta medición de datos y reconocimiento de litologías.

Los instrumentos utilizados fueron: Brújula tipo Brunton y Freiburger, Rayador e imán, GPS Navegador (utilizando datum WGS84), Libreta de campo, Lápices de colores, portaminas de 0,5 mm, Bolsas para muestras y Lupa.

7. RESULTADOS EXPERIMENTALES

En este apartado se muestran los resultados finales obtenidos del mapeo geológico, que serán llamados “productos”.

El primer producto que se obtiene del mapeo geológico es un plano de planta, al cual los profesionales del área le denominan “carta geológica”, independiente de la escala a utilizar.

El segundo producto que se obtuvo desde las dos metodologías, fueron perfiles geológicos, que son representaciones gráficas verticales de la disposición en profundidad de las unidades y estructuras geológicas.

7.1. Productos obtenidos desde la Metodología 1:

Al utilizar la primera metodología, se lograron como resultados tanto un planos de planta como planos de perfil, pero estos últimos, fueron creados a partir de curvas de nivel cada 20 metros (que era la equidistancia altimétrica mínima lo que permitía generar la imagen satelital), lo que conllevó a perder información importante recopilada en terreno.

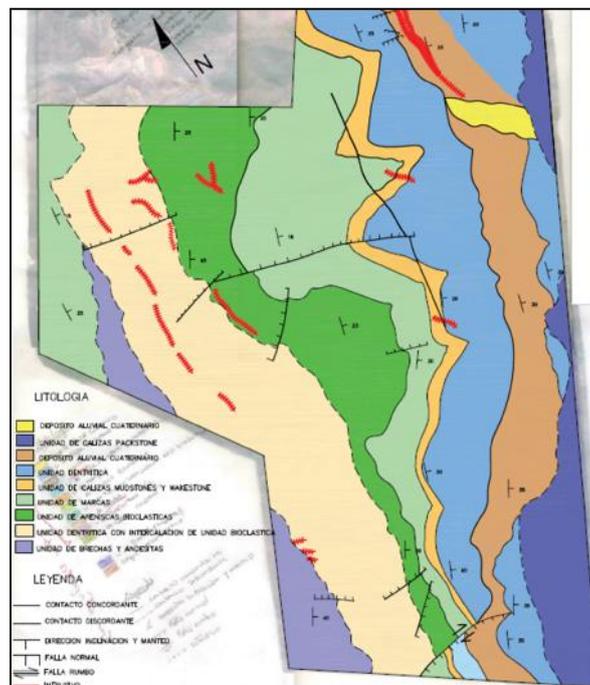


Figura 5: Carta geológica confeccionada a partir mapeo en base a Imagen Satelital.

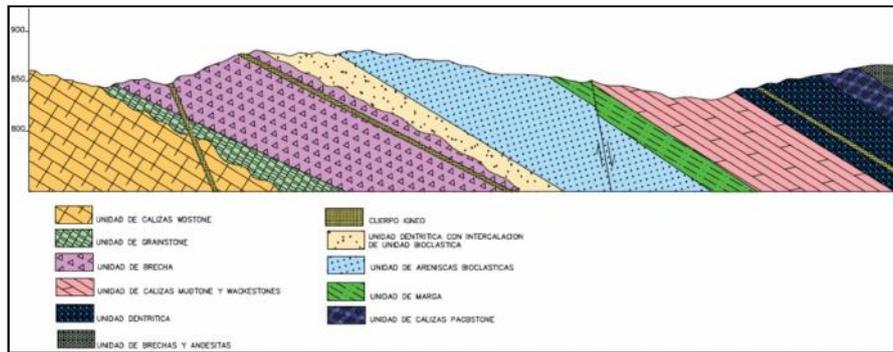


Figura 6: Perfil geológico a partir de cata geológica en base a Imagen Satelital.

7.2. Productos obtenidos desde la Metodología 2:

En la metodología 2, también se pudo graficar el plano de planta del sector a escala

1:4000, con curvas de nivel cada 5 metros, según se puede observar en la imagen que se presenta a continuación:

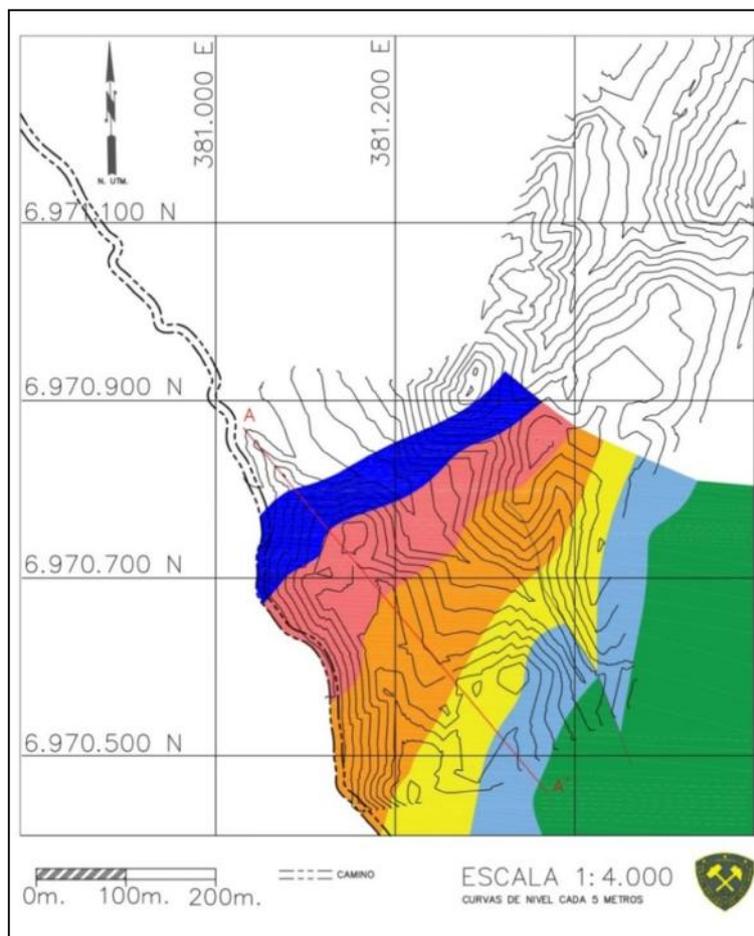


Figura 7: Carta geológica confeccionada a partir mapeo en base a Imagen Satelital más Topografía de Detalle.

Con respecto al perfil geológico a diferencia de los perfiles obtenidos por la metodología 1, se pudo crear un plano vertical fidedigno,

debido al nivel de detalle altimétrico que proporcionó la topografía base, lo que se puede observar en la figura n° 8:

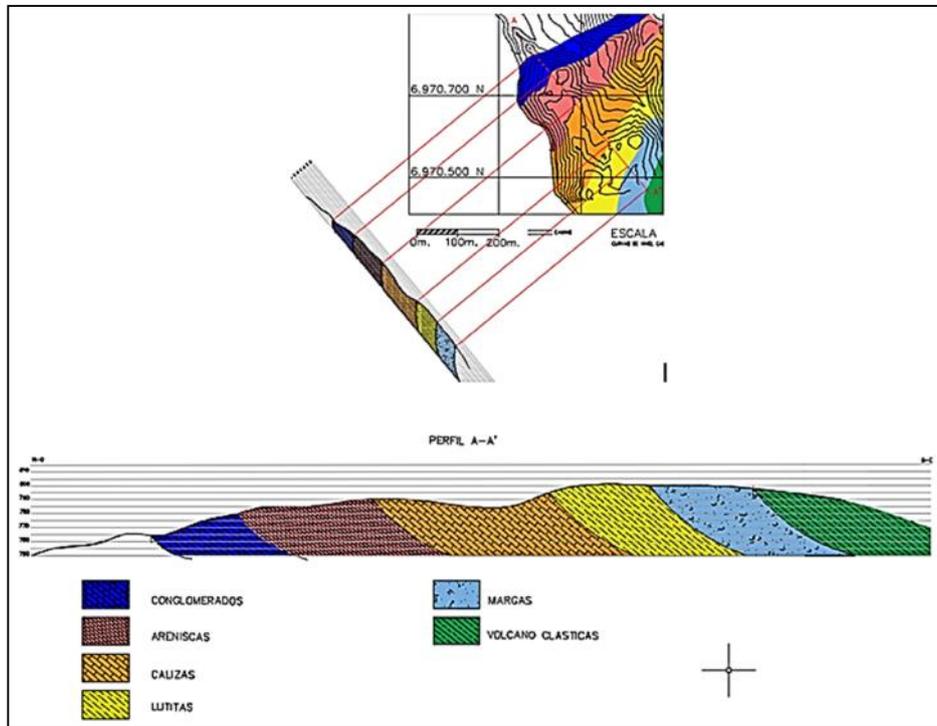


Figura 8: Perfil Geológico, con base foto satelital+ topografía de detalle.

En esta metodología se pudieron obtener además, los siguientes productos:

Determinación de la dirección y buzamiento real de los estratos.

Si en el trazado cartográfico del mapa geológico existen dos intersecciones del trazado con curvas de nivel que son de la misma cota, la propia línea que los une será una horizontal del plano y la línea de máxima pendiente será la perpendicular a ella.

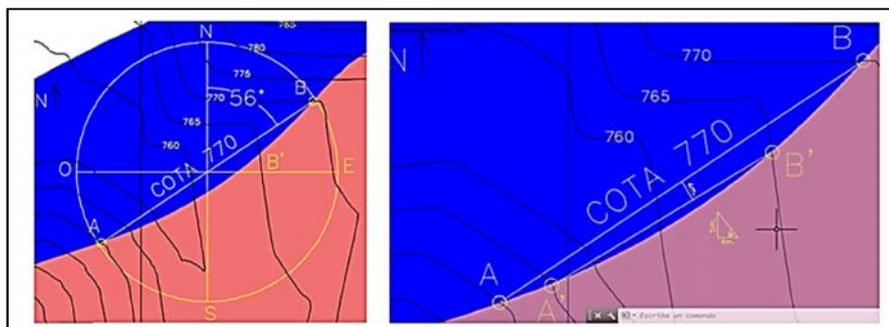


Figura 9: Determinación real de la dirección de un estrato y su buzamiento.

Hacer uso de la Regla de la V

La "Regla de la V" determina que si el plano inclinado corta con una superficie topográfica de valle, el contacto del plano con el relieve dibuja una "V" cuyo vértice apunta hacia donde buza el estrato.

8. ANALISIS DE RESULTADOS

Finalmente, después de revisar y comparar los resultados experimentales obtenidos por los métodos de confección de Planos utilizados en el Mapeo Geológico, se presentan en la Tabla n°2 las ventajas y desventajas de cada método:

Tabla n°2: Ventajas y desventajas Métodos de confección de planos utilizados en Mapeo Geológico.

Método	Ventajas	Desventajas
Base Satelital Imagen	<p>Se puede trabajar desde gabinete.</p> <p>Entrega información de un contexto regional</p> <p>Según la calidad entregan información útil para guiar estrategia de mapeo en terreno.</p> <p>Poco tiempo empleado en la confección de mapa.</p>	<p>Cobertura limitada en alta definición.</p> <p>El paisaje pudo cambiar de acuerdo a la fecha que se tomó la imagen</p> <p>Las nubes producen manchas que llevan a confusiones.</p> <p>No entrega información 100% real de la morfología del lugar.</p> <p>Confección de perfiles erróneos por topografía con curvas de nivel cada 20 metros en el mejor de los casos, lo que conlleva a la omisión de morfología dentro de ese rango de distancia.</p> <p>No se puede deducir información del subsuelo.</p>
	<p>Entrega las mismas ventajas del método en base a sólo imagen satelital.</p>	<p>Cobertura limitada en alta definición.</p>

Base Topografía detalle + Imagen Satelital	Ayuda a interpretar buzamiento mediante la regla de la "V"	El paisaje pudo cambiar de acuerdo a la fecha que se tomó la imagen
	Mejora el sentido de ubicación.	Las nubes producen manchas que llevan a confusiones.
	Confección de perfiles reales.	Se debe contar con instrumental especial para generar topografía base (GPS, DRON, etc).
	Deducción de información del subsuelo.	Alto tiempo empleado en la confección de topografía base. Alto costo en la confección de una topografía base.

9. CONCLUSIONES

Los resultados que se obtienen a través de la metodología 1, donde se confeccionan planos con imágenes satelitales gratuitas, presentan una serie de carencias, esto se evidencia en la calidad de los modelos del subsuelo, debido a que la información altimétrica mínima con la que se cuenta son curvas de nivel cada 20 metros, esto se debe a resolución de las imágenes.

La base topográfica detallada es fundamental para cartografiar las relaciones de contacto estratigráficas/estructurales y poder confeccionar así en la etapa final de gabinete una serie de perfiles geológicos que entreguen información del subsuelo para los diferentes sectores de estudio fidedignos.

10. RECOMENDACIONES

Para áreas extensas como las de este estudio, se recomienda utilización de equipos como Scanner topográficos que pueden levantar fielmente la morfología, haciéndose acompañar de algún equipo que permita georreferenciar el sector, ya que pueden realizar el trabajo en períodos más cortos de tiempo, abaratando costos.

En el proceso de toma de datos durante el mapeo geológico, se recomienda utilizar GPS doble frecuencia para evitar el error de posicionamiento que arroja el GPS tipo navegador.

11. REFERENCIAS

Valdés Doménech, Topografía, Ediciones CEAC, 1991, Barcelona.

Wolf, P., Topografía, Alfaomega S.A., 1998, Colombia.

Arce N. Mauricio, Ortega C. Gonzalo, Actualización cartográfica con imágenes satelitales, Universidad de Santiago de Chile, Facultad de Ingeniería, DIGEO, 2005.

Griem-Klee Susanne, Apuntes Exploraciones Mineras, Unidad remotesensing, Universidad de Atacama, 2013.

Cabré Albert, Apuntes de Mapeo I, Universidad de Atacama, 2015.

<http://www.geovirtual.cl/>

<https://sites.google.com/site/replanteosdeobras>

<http://www.rs-geoimage.com/>

12. AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Director del Departamento de Ingeniería de Minas, Señor Liver Rojas Barraza, que facilitó todos los instrumentos topográficos y gestionó todos los traslados de las personas que desarrollaron este trabajo sin costos.

De igual forma se agradece a los alumnos de la Carrera de Geología de la Universidad de Atacama, por los gráficos de los mapeos que se usaron como ejemplos en este trabajo.