

ESCUELA MILITAR DE CHORRILLOS
“CORONEL FRANCISCO BOLOGNESI”



**EMPLEO DE GOOGLE EARTH EN LA TOPOGRAFÍA PARA LA
EJECUCIÓN DEL TIRO DE ARTILLERÍA**

**Trabajo de Suficiencia Profesional para optar el Título Profesional de
Licenciado en Ciencias Militares con Mención en Ingeniería**

Autor

Coronel de Artillería CHÁVEZ APOLAYA César Augusto

ORCID: 0009-0008-3201-2942

Lima – Perú

2026

4% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado
- Texto mencionado
- Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Fuentes principales

- 3%  Fuentes de Internet
- 1%  Publicaciones
- 2%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

Índice

Resumen.....	4
Introducción.....	6
Capítulo I: Información General.....	8
1.1 Descripción de la dependencia o unidad.....	8
1.2 Tipo de actividad que desarrolló.....	9
1.3 Lugar y fecha.....	10
1.4 Misión.....	11
1.5 Visión.....	11
1.6 Funciones del puesto que ocupó.....	11
Capítulo II: Marco Teórico.....	14
2.1 Antecedentes.....	14
2.1.1 Antecedentes internacionales.....	14
2.1.2 Antecedentes nacionales.....	15
2.2 Bases teóricas.....	16
2.3 Términos básicos.....	28
Capítulo III: Desarrollo del Tema.....	30
3.1 Campo de aplicación.....	30
3.2 Tipo de aplicación.....	31
3.3 Diagnóstico.....	32
3.4 Propuesta de innovación.....	34
3.4.1 Objetivo de la propuesta.....	36
3.4.2 Descripción simple de la propuesta.....	37

Conclusiones.....	41
Recomendaciones.....	43
Referencias bibliográficas.....	47
Anexos.....	48

RESUMEN

El presente Trabajo de Suficiencia Profesional se desarrolló sobre la base de la experiencia obtenida en el Grupo de Artillería de Campaña N.º 116, unidad ubicada en Chocope, Trujillo, durante el año 2008, cuando el autor se desempeñó como Oficial de Reconocimiento de Tiro, topógrafo de la unidad, con el grado de Capitán. El objetivo general del trabajo fue analizar el empleo de la herramienta Google Earth en la topografía para la ejecución del tiro de artillería, con la finalidad de optimizar la obtención preliminar de coordenadas rectangulares del Puesto de Observación, de la Batería de Tiro y de los Objetivos, reduciendo tiempos de preparación sin afectar el control topográfico necesario para las misiones de tiro.

La situación profesional observada radicó en que el trabajo topográfico convencional para la ejecución del tiro demandaba normalmente entre uno y dos días, debido a que debía iniciarse con coordenadas rectangulares conocidas del Puesto de Observación y continuar mediante la medición sucesiva de coordenadas polares a puntos de control, hacia la zona de posiciones y hacia los objetivos. Sin embargo, aunque Google Earth permitía obtener de forma inmediata coordenadas rectangulares preliminares, surgía un problema técnico: las coordenadas resultantes del trabajo topográfico convencional, iniciado con un rumbo instrumental medido con goniómetro brújula, diferían de las obtenidas digitalmente, debido a la referencia instrumental y a la declinación propia del instrumento.

Como resultado del análisis y de la experiencia profesional del autor, se determinó que Google Earth constituye una herramienta útil como medio de apoyo para el reconocimiento previo del terreno y la obtención inicial de coordenadas rectangulares; no obstante, su empleo debe ser complementado mediante un procedimiento de transposición de rumbos, que permita llevar las coordenadas obtenidas por Google Earth al mismo control topográfico generado

por el trabajo topográfico convencional. En consecuencia, la innovación propuesta no sustituye al trabajo topográfico, necesaria para la ejecución del tiro, sino que la fortalece al integrar rapidez tecnológica con rigurosidad técnica.

Palabras clave: Google Earth, topografía para el tiro, coordenadas rectangulares, coordenadas polares, transposición de rumbos.

INTRODUCCIÓN

El presente Trabajo de Suficiencia Profesional se elaboró a partir de la experiencia profesional adquirida por el autor en el Grupo de Artillería de Campaña N.º 116, durante el año 2008, en el ejercicio del cargo de Oficial de Reconocimiento de Tiro. La motivación principal para desarrollar este trabajo surgió de la necesidad de reflexionar técnicamente sobre un problema real observado en la práctica del apoyo de fuegos: la demora del trabajo topográfico convencional para la obtención de coordenadas necesarias para la ejecución del tiro, así como la posibilidad de emplear una herramienta digital de amplia disponibilidad, como Google Earth, para reducir de manera sustancial el tiempo de preparación.

La topografía para la ejecución del tiro constituye una actividad esencial dentro del Arma de Artillería, debido a que permite determinar con precisión la ubicación del Puesto de Observación, de la Batería de Tiro y de los Objetivos. Normalmente, este procedimiento se desarrolla mediante la medición sucesiva de rumbo, distancia y ángulo de situación, es decir, mediante coordenadas polares, a partir de coordenadas rectangulares conocidas del Puesto de Observación. Aunque este método ofrece control topográfico confiable, también exige tiempo, desplazamiento, medios y condiciones meteorológicas favorables de ejecución.

En ese contexto, el empleo de Google Earth se presentó como una posibilidad de apoyo relevante, ya que permite identificar visualmente puntos sobre el terreno y obtener de manera inmediata coordenadas preliminares. No obstante, la experiencia profesional evidenció que dichas coordenadas no podían ser utilizadas de manera directa dentro del control topográfico del tiro, pues el trabajo convencional partía de un rumbo inicial instrumental medido con goniómetro brújula, afectado por su referencia y declinación. Por ello, surgió la necesidad de establecer un procedimiento técnico que hiciera compatibles ambas fuentes de información.

El trabajo se encuentra estructurado en tres capítulos. El Capítulo I presenta la información general de la unidad, del cargo desempeñado, del lugar, de la misión, de la visión y de las funciones cumplidas por el autor. El Capítulo II desarrolla el marco teórico, integrando antecedentes internacionales y nacionales, bases teóricas y términos básicos vinculados al tema. El Capítulo III expone el desarrollo del tema, incluyendo el diagnóstico de la situación observada y la propuesta de innovación basada en la transposición de rumbos para integrar las coordenadas obtenidas por Google Earth al control topográfico del tiro.

CAPÍTULO I: INFORMACIÓN GENERAL

1.1 Descripción de la dependencia o unidad

El Grupo de Artillería de Campaña N.º 116 (GAC 116) es una unidad del Arma de Artillería cuya misión principal es proporcionar apoyo de fuegos a la 32.ª Brigada de Infantería, en la ciudad de Trujillo. En su condición de unidad de apoyo de combate, su empleo está orientado a brindar fuegos precisos, oportunos, continuos e inmediatos, en respaldo de las operaciones tácticas desarrolladas por la gran unidad apoyada, contribuyendo de manera directa al cumplimiento de la maniobra.

Para el cumplimiento de su misión, el GAC 116 cuenta como material principal con Lanzadores Múltiples de Cohetes de 107 mm, con capacidad de 12 cohetes por pieza, disponiendo de ocho piezas de fabricación sudafricana. Este sistema de armas, por su capacidad de concentración de fuegos y rapidez de empleo, exige un adecuado nivel de preparación técnica y táctica, particularmente en lo relacionado con el reconocimiento, la ocupación de la zona de posiciones, la determinación de objetivos y el control topográfico previo a la ejecución del tiro.

Orgánicamente, la unidad se encuentra estructurada en una Batería de Comando, tres Baterías de Tiro y una Batería de Servicio. La Batería de Comando constituye el elemento de conducción técnica y táctica del grupo, y dentro de ella se encuentra la Sección de Topografía, dependencia especializada encargada de establecer el control topográfico necesario para el empleo de la unidad. En dicha sección se ubica el Oficial de Reconocimiento de Tiro (ORT), quien cumple la función de topógrafo de la unidad y tiene la responsabilidad de determinar las coordenadas y referencias topográficas necesarias para la ejecución de las misiones de fuego. Las Baterías de Tiro Alfa, Bravo y Charly constituyen los elementos ejecutores del fuego, mientras que la Batería de Servicio proporciona el apoyo logístico indispensable para garantizar la operatividad y sostenimiento del grupo.

Como parte de su preparación para el combate, el GAC 116 ejecuta ejercicios de tiro en los que integra personal, material, procedimientos y doctrina, orientados al reconocimiento del terreno, ocupación de la zona de posiciones, preparación técnica del tiro, ejecución de misiones de fuego y desplazamiento de acuerdo con la maniobra prevista por la brigada apoyada. Dentro de este proceso, el componente topográfico adquiere especial importancia, debido a que constituye la base técnica que permite ubicar con exactitud el Puesto de Observación, la Batería de Tiro y los objetivos. En consecuencia, sin un adecuado control topográfico, no es posible garantizar plenamente la precisión y efectividad del apoyo de fuegos.

Durante el año 2008, el GAC 116 desarrolló sus actividades en el ámbito de Chocope - Trujillo, en un escenario donde la rapidez de respuesta, la eficiencia operativa y el control técnico del tiro resultaban determinantes para el cumplimiento de la misión asignada. En ese contexto, la topografía para el tiro no constituía una actividad complementaria, sino una condición esencial para asegurar la correcta preparación y ejecución del fuego, especialmente tratándose de una unidad equipada con lanzadores múltiples de cohetes, donde cualquier error en la determinación de coordenadas podía afectar directamente la eficacia del apoyo.

1.2 Tipo de actividad que desarrolló

El autor se desempeñó como Oficial de Reconocimiento de Tiro (ORT), cumpliendo además la función de topógrafo de la unidad dentro de la Sección de Topografía de la Batería de Comando del Grupo de Artillería de Campaña N.º 116. Esta función tuvo un carácter marcadamente técnico-operativo, debido a que se encontraba directamente relacionada con la determinación del control topográfico requerido para que las baterías de tiro pudieran ejecutar sus misiones de fuego en apoyo a la 32.ª Brigada de Infantería. En la práctica, el trabajo del ORT no se limitaba a una actividad de medición, sino que constituía una responsabilidad técnica

fundamental para asegurar que la unidad dispusiera de una base topográfica confiable antes de la ejecución del tiro.

El ejercicio de esta función exigía dominio de la topografía militar aplicada al tiro de artillería, conocimiento en lectura e interpretación de cartas, empleo de instrumentos como el goniómetro brújula y el telémetro láser, determinación de coordenadas rectangulares, obtención de coordenadas polares, reconocimiento detallado del terreno, selección de puntos de control y desarrollo del enlace topográfico hacia la zona de posiciones y hacia los objetivos. Del mismo modo, demandaba criterio táctico y capacidad de apreciación del terreno para relacionar adecuadamente la información topográfica con la maniobra de la unidad apoyada y con las exigencias del apoyo de fuegos.

Esta responsabilidad adquiría mayor importancia durante los ejercicios de tiro desarrollados en la zona de Paiján, caracterizada por presentar amplios terrenos áridos, con sectores montañosos y rocosos, donde el reconocimiento y el trabajo topográfico requerían mayor tiempo, precisión y esfuerzo físico. Fue precisamente en ese entorno donde surgió la necesidad de recurrir a herramientas complementarias como Google Earth, con la finalidad de obtener una apreciación previa del terreno, identificar puntos relevantes y disponer de coordenadas preliminares que facilitaran la preparación del trabajo topográfico de la unidad.

1.3 Lugar y fecha

El trabajo profesional que sirve de base para la presente reflexión se desarrolló en Chocope - Trujillo, durante el año 2008, etapa en la que el autor ostentaba el grado de Capitán y se desempeñaba en funciones vinculadas directamente al reconocimiento de tiro y al control topográfico de la unidad. Fue una experiencia exigente desde el punto de vista técnico, porque no solo implicaba cumplir una función propia del arma, sino también asegurar que la unidad contara con la información topográfica necesaria para ejecutar sus misiones de tiro con la precisión requerida.

En ese periodo, los ejercicios de tiro del Grupo de Artillería de Campaña N.º 116 se realizaron en la región de Paiján, una zona que presentaba condiciones de terreno particulares, con amplias extensiones áridas y sectores montañosos y rocosos. Estas características hacían que el reconocimiento y el trabajo topográfico demandaran mayor dedicación, observación y esfuerzo en el terreno. Precisamente en ese escenario fue donde se hizo más evidente la necesidad de contar con herramientas que permitieran facilitar la preparación previa del trabajo topográfico, surgiendo así el interés por emplear Google Earth como medio de apoyo para obtener una apreciación inicial más rápida y completa del terreno.

1.4 Misión

El Grupo de Artillería de Campaña N.º 116 ejecuta tiros de artillería en su área de operaciones, mediante la ejecución de misiones de tiro, con la finalidad de proporcionar apoyo de fuegos estrechos y continuos, a fin de contribuir al cumplimiento de la misión de la 32.ª Brigada de Infantería.

1.5 Visión

Consolidarse como una Unidad de Artillería eficiente y eficaz, reconocida por su capacidad para proporcionar apoyo de fuegos estrecho, continuo e inmediato, de manera precisa y oportuna, en respaldo de las operaciones de la 32.ª Brigada de Infantería.

1.6 Funciones del puesto que ocupó

La función principal desempeñada por el autor, en su condición de Oficial de Reconocimiento de Tiro (ORT) y topógrafo de la unidad, consistió en establecer el control topográfico del Grupo de Artillería de Campaña N.º 116, con la finalidad de que la unidad pudiera ejecutar sus misiones de tiro en apoyo a la 32.ª Brigada de Infantería. Esta responsabilidad no se limitaba únicamente a la obtención de datos topográficos, sino que comprendía asegurar que las Baterías de Tiro Alfa,

Bravo y Charly contarán con una base técnica confiable para el emplazamiento de sus piezas y para la ejecución precisa del fuego.

En la práctica, esta función exigía iniciar el trabajo topográfico a partir de las coordenadas rectangulares del Puesto de Observación (PO), las cuales eran obtenidas por carta o proporcionadas por el escalón superior. Desde ese punto se desarrollaba el enlace topográfico hacia la zona de posiciones, mediante la obtención sucesiva de coordenadas polares a puntos de control, tomando rumbos, distancias y ángulos de situación, con la finalidad de determinar las coordenadas rectangulares de la Batería de Tiro. Del mismo modo, desde el PO se realizaban observaciones hacia los objetivos para obtener sus coordenadas y proporcionar a la unidad la información necesaria para la preparación y ejecución de las misiones de fuego.

De manera específica, las funciones desarrolladas comprendieron la determinación y verificación de las coordenadas rectangulares del Puesto de Observación; el desarrollo del trabajo topográfico hacia la zona de posiciones mediante coordenadas polares; la obtención de coordenadas polares a puntos de control para enlazar topográficamente el PO con la Batería de Tiro; la determinación de las coordenadas de la zona de posiciones ocupada por las piezas de artillería; y la obtención de las coordenadas de los objetivos desde el Puesto de Observación.

Asimismo, comprendieron el empleo de instrumentos topográficos, como el goniómetro brújula, para la medición de rumbos, ángulos horizontales y ángulos de situación, y el telémetro láser, para la medición de distancias. A ello se sumaba la responsabilidad de proporcionar oportunamente la información topográfica necesaria para la ejecución de las misiones de tiro y de coordinar el control topográfico con la Batería de Comando y Observación, como escalón superior encargado del control topográfico general de la zona.

Por la naturaleza del material de la unidad, equipado con Lanzadores Múltiples de Cohetes de 107 mm, la función del ORT adquiría especial relevancia, ya que

cualquier error en la determinación de coordenadas podía repercutir directamente en la precisión del apoyo de fuegos. En ese sentido, el cargo exigía no solo dominio técnico en topografía militar, sino también criterio táctico, capacidad de apreciación del terreno y responsabilidad profesional para garantizar que el fuego de la unidad se ejecutara sobre una base topográfica segura y coherente.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

2.1.1 Antecedentes internacionales

En el ámbito internacional, los estudios recientes muestran una tendencia sostenida a incorporar herramientas tecnológicas y medios geoespaciales en apoyo de la artillería, especialmente en actividades vinculadas con la observación, el reconocimiento del terreno y la preparación del fuego. En esa línea, Rubio Ramírez (2019), en un trabajo desarrollado en la Universidad de Zaragoza sobre la observación del tiro de artillería de campaña mediante RPAS, analizó el aporte de los sistemas remotamente pilotados en la corrección y observación del tiro, destacando que el empleo de nuevas tecnologías puede fortalecer la eficacia del apoyo de fuegos cuando se integra de manera adecuada con los procedimientos doctrinarios. Aunque su estudio no se centró específicamente en Google Earth, sí resulta pertinente porque confirma que la artillería moderna viene ampliando progresivamente el uso de medios tecnológicos para mejorar el conocimiento del terreno y la conducción del fuego.

Dentro del campo estrictamente geoespacial, Potere (2008) evaluó la precisión posicional horizontal de las imágenes de alta resolución de Google Earth y concluyó que esta plataforma presenta una exactitud suficiente para tareas preliminares de localización, reconocimiento y análisis espacial, aunque no reemplaza las exigencias de precisión propias de trabajos topográficos de mayor rigor. Este antecedente es especialmente importante para el presente estudio, porque respalda la idea de que Google Earth puede ser empleado como herramienta auxiliar para obtener coordenadas iniciales y reconocer el terreno, siempre que su información sea posteriormente validada o ajustada antes de ser incorporada a un sistema técnico-operativo como el de la artillería.

De forma complementaria, Zhang, You, Deng, Kou y Yang (2023) desarrollaron una evaluación de exactitud de Google Earth y de modelos digitales de elevación de

libre acceso utilizando puntos de control GPS de campo en China. Sus resultados mostraron una buena exactitud horizontal de Google Earth y una utilidad aceptable de su información altimétrica para fines de apreciación preliminar del terreno. Este hallazgo guarda relación directa con el tema del presente trabajo, ya que refuerza el criterio de que Google Earth puede constituir un apoyo útil para la obtención inicial de coordenadas y para la apreciación del relieve, aunque su empleo en contextos tácticos y topográficos especializados exige corrección e integración al sistema de control utilizado por la unidad.

2.1.2 Antecedentes nacionales

En el contexto nacional, la Escuela Militar de Chorrillos registra investigaciones que muestran una preocupación constante por vincular el empleo de nuevas tecnologías con la topografía para el tiro del Arma de Artillería. Entre ellas, destaca el trabajo de Melgarejo Becerra, Miranda Cataldo, Monasterio Guillen y Marticorena Condor (2016), titulado *Empleo de vehículos aéreos no tripulados y trabajo topográfico para el tiro de artillería de campaña, 2016*. En esta investigación, los autores buscaron determinar la relación entre el empleo de vehículos aéreos no tripulados y el trabajo topográfico para el tiro, concluyendo que la incorporación de medios tecnológicos puede contribuir a optimizar la ubicación del terreno y mejorar el desempeño del trabajo topográfico vinculado al fuego de artillería. Este antecedente tiene especial valor porque evidencia que, dentro del ámbito militar peruano, ya existía una línea de interés orientada a complementar los métodos tradicionales con herramientas tecnológicas.

En la misma línea, Távara Zapata, Espinoza Torres y Guevara Bosmediano (2020) desarrollaron el Trabajo de Suficiencia Profesional titulado *Empleo de uso de GPS en la optimización de los trabajos de topografía para el tiro de los cadetes del arma de artillería de la Escuela Militar de Chorrillos "Coronel Francisco Bolognesi", 2017*. Su investigación tuvo como propósito determinar la relación entre el empleo del GPS y los trabajos de topografía para el tiro, encontrando resultados favorables a la incorporación de esta herramienta en el proceso formativo y en la optimización

de los procedimientos topográficos del arma. La relevancia de este estudio para la presente investigación radica en que confirma, desde la experiencia nacional, que los medios tecnológicos de posicionamiento pueden reducir tiempos y mejorar el rendimiento topográfico cuando se los emplea con criterio técnico.

Más recientemente, Vilca Castillo (2023), en la tesis *Sistema de posicionamiento global (GPS) y la topografía para el tiro en la instrucción de los cadetes de artillería de la Escuela Militar de Chorrillos "Coronel Francisco Bolognesi", 2023*, estableció una relación directa y significativa entre la aplicación del GPS y la topografía para el tiro en la formación de los cadetes de artillería. Este antecedente resulta particularmente útil porque muestra que, aun en el ámbito de la instrucción militar, la doctrina topográfica del arma no se ve desplazada por la tecnología, sino fortalecida cuando esta se incorpora de manera técnica y racional. En esa misma lógica se ubica el presente trabajo, aunque orientado no al GPS, sino al empleo de Google Earth como herramienta de apoyo para la obtención preliminar de coordenadas y la apreciación del terreno.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Topografía para la ejecución del tiro de artillería

La topografía para la ejecución del tiro de artillería comprende el conjunto de procedimientos técnicos orientados a determinar con precisión la ubicación del Puesto de Observación (PO), de la Batería de Tiro (BAT) y de los Objetivos (OBJ), elementos esenciales para establecer la relación espacial sobre la cual se sustenta la conducción del fuego. Su finalidad no se limita a ubicar puntos en el terreno de manera aislada, sino a proporcionar una base topográfica confiable que permita ejecutar las misiones de tiro con la exactitud, oportunidad y seguridad que exige el apoyo de fuegos.

Dentro de este proceso, la topografía cumple una función decisiva, porque permite relacionar correctamente la posición del observador con la ubicación de las piezas y con la localización de los objetivos. En artillería, esta relación debe mantenerse

bajo un mismo sistema de referencia, de tal manera que los datos obtenidos en el terreno sean útiles para la preparación del tiro y para la ejecución de las misiones de fuego. Cuando dicha relación espacial no está correctamente establecida, el tiro pierde precisión y el apoyo de fuegos deja de responder de manera adecuada a la maniobra de la unidad apoyada.

En la práctica profesional, el trabajo topográfico se inicia, por lo general, con el conocimiento previo de las coordenadas rectangulares del Puesto de Observación, las cuales se expresan en el sistema UTM (Universal Transverse Mercator). Este sistema permite representar la posición de un punto sobre la superficie terrestre mediante valores de Este (X) y Norte (Y), a los que se suma la cota o elevación (Z) cuando se requiere establecer también la posición vertical del punto. En consecuencia, en la topografía para el tiro, la ubicación de un punto puede expresarse técnicamente en la forma (X – Y) Z, lo que permite definir su posición horizontal y altimétrica dentro del terreno.

El empleo de coordenadas rectangulares UTM resulta especialmente importante en artillería, porque facilita la ubicación precisa de los puntos de interés sobre la carta y permite trabajar bajo una referencia uniforme. A diferencia de las coordenadas geográficas, que se expresan en latitud y longitud, el sistema UTM ofrece una representación más práctica para el trabajo militar terrestre, debido a que se basa en una cuadrícula métrica que simplifica la determinación de distancias, direcciones y relaciones espaciales entre el PO, la BAT y los OBJ.

En el caso de las unidades de artillería, las coordenadas rectangulares del PO pueden ser obtenidas mediante la carta topográfica o proporcionadas por el escalón superior, que normalmente corresponde a la Batería de Comando y Observación, por ser el elemento que mantiene el control topográfico general de la zona. A partir de ese punto conocido, se inicia el trabajo topográfico hacia la zona de posiciones y hacia los objetivos, convirtiéndose el Puesto de Observación en la base inicial de todo el sistema topográfico que servirá para la ejecución del tiro.

Desde esa posición conocida, el personal de topografía desarrolla el enlace hacia la Batería de Tiro y hacia los objetivos mediante procedimientos de medición y control que permiten transformar la información del terreno en datos útiles para el fuego. Por ello, la topografía para la ejecución del tiro no debe entenderse solo como una actividad técnica complementaria, sino como una condición esencial para garantizar que la artillería actúe sobre una base espacial segura, coherente y compatible con las exigencias propias del combate.

2.2.2 Coordenadas rectangulares

Las coordenadas rectangulares son aquellas que permiten expresar la ubicación precisa de un punto sobre el terreno mediante valores numéricos referidos a un sistema de ejes. En el trabajo topográfico para el tiro de artillería, estas coordenadas se emplean en el sistema UTM, el cual representa la posición horizontal de un punto a partir de dos componentes principales: X, que corresponde al Este, y Y, que corresponde al Norte. A estos dos valores se agrega un tercer elemento, Z, que representa la cota, altitud o elevación del punto, permitiendo definir no solo su posición en el plano, sino también su ubicación vertical respecto del relieve del terreno.

En términos prácticos, las coordenadas rectangulares permiten ubicar con exactitud los elementos esenciales del sistema de tiro dentro de una misma referencia espacial. Por ello, tanto el Puesto de Observación, como la Batería de Tiro y los Objetivos, pueden expresarse mediante esta forma de representación, por ejemplo:

BAT (X – Y) Z

PO (X – Y) Z

OBJ (X – Y) Z

Esta forma de expresión resulta fundamental en artillería, porque proporciona una ubicación clara, exacta y uniforme de cada punto de interés. A diferencia de otras formas de representación geográfica, las coordenadas rectangulares UTM facilitan

la lectura en carta, el cálculo de distancias, la comparación entre posiciones y el establecimiento de relaciones espaciales necesarias para la conducción del fuego.

Su importancia dentro de la topografía para el tiro radica en que constituyen el punto de partida para organizar todo el sistema de control topográfico. Cuando se conocen con precisión las coordenadas rectangulares del Puesto de Observación, es posible iniciar desde allí el trabajo topográfico hacia la zona de posiciones y hacia los objetivos, enlazando posteriormente otros puntos mediante coordenadas polares. En consecuencia, las coordenadas rectangulares no solo permiten fijar posiciones en el terreno, sino que se convierten en la base sobre la cual se articula técnicamente todo el proceso topográfico necesario para la ejecución del tiro de artillería.

2.2.3 Coordenadas polares

Las coordenadas polares son el conjunto de datos que permiten determinar la ubicación de un punto a partir de otro de posición conocida, mediante la medición del rumbo, la distancia y el ángulo de situación. En la topografía para la ejecución del tiro de artillería, este procedimiento tiene especial importancia porque permite enlazar el Puesto de Observación con los puntos de control, con la Batería de Tiro y con los objetivos, partiendo de un punto inicial cuyas coordenadas rectangulares ya han sido establecidas.

A diferencia de las coordenadas rectangulares, que expresan directamente la posición de un punto mediante valores UTM de Este, Norte y cota, las coordenadas polares permiten determinar una posición de manera relativa, es decir, en función de otro punto conocido. En términos prácticos, este sistema responde a tres preguntas fundamentales: hacia dónde se encuentra el punto, a qué distancia se encuentra y si está por encima o por debajo del punto de referencia. Por esa razón, en el trabajo topográfico del tiro constituye un procedimiento sumamente útil para

avanzar en el terreno y obtener la posición de nuevos puntos cuando aún no se dispone de sus coordenadas rectangulares directas.

En artillería, el rumbo expresa la dirección del punto observado respecto del punto de partida; la distancia determina la separación entre ambos; y el ángulo de situación permite apreciar la diferencia altimétrica relativa, indicando si el punto se encuentra a una mayor o menor altura que el observador. La combinación de estos tres elementos permite construir una referencia espacial suficientemente precisa para continuar el trabajo topográfico y, posteriormente, transformar esa información en coordenadas útiles para la preparación y ejecución del tiro.

Por ejemplo, desde un Puesto de Observación de coordenadas conocidas, se puede medir hacia un punto determinado:

Rumbo: 1500 milésimos

Distancia: 1700 metros

Ángulo de situación: +15

Estos datos permiten establecer la dirección del punto, su separación respecto del observador y la diferencia altimétrica relativa existente entre ambos. En este caso, el ángulo de situación positivo indica que el punto observado se encuentra por encima del nivel del PO. Si se considera la distancia en kilómetros, la diferencia de altura aproximada puede obtenerse multiplicando el valor del ángulo de situación por la distancia expresada en kilómetros. De esa manera, las coordenadas polares no solo permiten ubicar un punto en el plano, sino también relacionarlo verticalmente con el terreno.

Dentro de la topografía para el tiro, las coordenadas polares cumplen una función decisiva, porque a partir del PO se van obteniendo mediciones sucesivas hacia puntos de control seleccionados en dirección a la zona de posiciones, hasta determinar finalmente las coordenadas de la Batería de Tiro. Del mismo modo, desde el mismo PO se obtienen coordenadas polares hacia los objetivos, lo que permite establecer su posición relativa y posteriormente integrar esa información al sistema topográfico general del fuego. En consecuencia, las coordenadas polares

constituyen el medio práctico mediante el cual se desarrolla el trabajo topográfico en campaña, enlazando los diferentes puntos del terreno a partir de una referencia inicial conocida.

2.2.4 Procedimiento topográfico convencional del tiro

El procedimiento topográfico convencional del tiro se desarrolla a partir de las coordenadas rectangulares UTM del Puesto de Observación, que constituyen el punto inicial conocido sobre el cual se organiza todo el trabajo topográfico de la unidad. Desde ese punto de partida, el personal de topografía inicia el enlace hacia la zona de posiciones mediante la obtención sucesiva de coordenadas polares a puntos seleccionados en el terreno, denominados puntos de control, los cuales permiten avanzar de manera progresiva y ordenada hasta determinar las coordenadas de la Batería de Tiro. Paralelamente, desde el mismo PO se realizan observaciones hacia los objetivos, empleando igualmente coordenadas polares, con la finalidad de establecer su ubicación dentro del sistema de tiro.

Este procedimiento responde a una lógica técnica claramente definida. Primero, se parte de una posición conocida y confiable; luego, mediante la medición de rumbos, distancias y ángulos de situación, se van enlazando nuevos puntos sobre el terreno; finalmente, esos datos permiten construir el control topográfico necesario para relacionar con precisión la ubicación del observador, de las piezas y de los objetivos. En la práctica, este trabajo exige no solo exactitud en la medición, sino también criterio para seleccionar adecuadamente los puntos de control, interpretar el relieve, verificar la continuidad del enlace topográfico y asegurar que toda la información obtenida mantenga coherencia dentro de una misma referencia.

Desde el punto de vista técnico, este procedimiento ofrece un control topográfico confiable, porque se apoya en observaciones directas efectuadas en el terreno con instrumentos como el goniómetro brújula y el telémetro láser. Sin embargo, su ejecución demanda tiempo, desplazamiento físico, esfuerzo del personal y

condiciones favorables de visibilidad, seguridad y accesibilidad. En zonas de terreno amplio, árido, montañoso o rocoso, como ocurrió durante los ejercicios de tiro desarrollados en Paiján, el trabajo se hacía más exigente, debido a que el reconocimiento del terreno y el enlace hacia la zona de posiciones requerían mayor dedicación, tanto en la ubicación de puntos de control como en la toma de datos.

Según la experiencia profesional del autor, cuando el trabajo topográfico debía desarrollarse de manera completa desde el Puesto de Observación hacia la zona de posiciones y hacia los objetivos, el tiempo requerido podía fluctuar entre uno y dos días, dependiendo de la amplitud del terreno, de la complejidad del relieve, de la distancia entre los puntos y de las condiciones de ejecución. Esta realidad hacía evidente que, si bien el procedimiento convencional ofrecía precisión y control, también generaba una necesidad práctica de contar con herramientas complementarias que permitieran agilizar la obtención inicial de información topográfica sin afectar la coherencia del sistema de tiro.

2.2.5 Instrumentos topográficos empleados

El trabajo topográfico para la ejecución del tiro de artillería requiere el empleo de instrumentos que permitan obtener datos confiables sobre la dirección, la distancia y la relación altimétrica entre los distintos puntos del terreno. En la experiencia profesional desarrollada en el Grupo de Artillería de Campaña N.º 116, los instrumentos de uso más importante para este fin fueron el goniómetro brújula, el telémetro láser y la carta topográfica, cada uno de los cuales cumplía una función específica dentro del proceso de determinación del control topográfico de la unidad.

El goniómetro brújula (GB) constituye el instrumento fundamental para la medición de los rumbos, de los ángulos horizontales y de los ángulos de situación. Su empleo era decisivo porque permitía establecer la dirección hacia los puntos de control, hacia la zona de posiciones y hacia los objetivos, así como apreciar la diferencia

relativa de altura entre el punto de observación y el punto observado. En la práctica, el trabajo topográfico se iniciaba con la obtención de un rumbo inicial, a partir del cual se organizaba todo el enlace topográfico posterior. Por esa razón, el correcto manejo del GB resultaba esencial, ya que cualquier variación en esa orientación inicial podía influir en el conjunto del trabajo desarrollado.

El telémetro láser era utilizado para la medición de distancias entre el punto de observación y los diferentes puntos de control o puntos objetivo. Su empleo facilitaba la obtención rápida de datos lineales en el terreno, permitiendo complementar la información angular obtenida con el goniómetro brújula. La combinación entre dirección, distancia y ángulo de situación hacía posible construir las coordenadas polares necesarias para continuar el enlace topográfico hacia la batería y hacia los objetivos.

Por su parte, la carta topográfica constituía un medio de consulta y referencia indispensable. A través de ella se podían obtener inicialmente las coordenadas rectangulares UTM del Puesto de Observación, reconocer la configuración general del terreno, identificar accidentes geográficos importantes, analizar las elevaciones y establecer una apreciación previa del espacio donde se desarrollaría el trabajo topográfico. En ese sentido, la carta no solo servía como documento de referencia, sino también como herramienta de análisis para orientar el reconocimiento y la planificación del trabajo en el terreno.

En conjunto, estos instrumentos permitían desarrollar el procedimiento topográfico convencional con un nivel adecuado de control técnico. Sin embargo, también exigían tiempo, experiencia y una correcta interpretación del terreno, razón por la cual, en determinados escenarios, surgió la necesidad de complementar su empleo con herramientas tecnológicas como Google Earth, especialmente para agilizar la obtención preliminar de información sin abandonar el rigor del trabajo topográfico militar.

2.2.6 El problema del rumbo inicial y la declinación

Uno de los aspectos más delicados dentro del trabajo topográfico para la ejecución del tiro de artillería es el relacionado con el rumbo inicial, debido a que este constituye la base de orientación sobre la cual se desarrolla posteriormente todo el enlace topográfico de la unidad. En el procedimiento convencional, dicho rumbo se obtiene mediante el goniómetro brújula, instrumento que permite establecer la dirección inicial hacia los puntos de control, la zona de posiciones y los objetivos. A partir de esa primera orientación se van encadenando las sucesivas mediciones de rumbos, distancias y ángulos de situación, lo que significa que cualquier variación o diferencia en la referencia empleada influirá directamente en el resultado final del trabajo topográfico.

Desde el punto de vista técnico, esta situación adquiere especial importancia porque el goniómetro brújula trabaja con una referencia instrumental propia, la cual se encuentra afectada por la declinación, es decir, por la diferencia existente entre el norte de referencia del instrumento y otras referencias de orientación. En consecuencia, el trabajo topográfico que se desarrolla en campaña queda organizado bajo un control topográfico específico, construido a partir de ese rumbo inicial y de la orientación real adoptada en el terreno. Esto significa que las coordenadas obtenidas de manera convencional no surgen de una referencia abstracta o universal, sino de una orientación de control concreta que responde al procedimiento aplicado por la unidad.

Por otro lado, herramientas digitales como Google Earth proporcionan coordenadas a partir de una referencia geoespacial digital, diferente de la referencia instrumental utilizada en el trabajo topográfico de campaña. Aunque esta plataforma permite obtener de manera inmediata coordenadas rectangulares preliminares del Puesto de Observación, de la Batería de Tiro y de los Objetivos, dichas coordenadas no necesariamente coinciden con aquellas que se obtienen en el terreno cuando el trabajo se inicia con un rumbo medido mediante goniómetro brújula. La diferencia no radica únicamente en el medio empleado,

sino en el hecho de que ambas fuentes de información parten de referencias distintas.

Esta discrepancia constituye el problema técnico central del presente trabajo. En la práctica, ello significa que las coordenadas obtenidas directamente mediante Google Earth no pueden ser incorporadas de manera automática al control topográfico generado por la unidad, porque al hacerlo se correría el riesgo de romper la coherencia espacial construida desde el rumbo inicial instrumental. En otras palabras, la ventaja de rapidez que ofrece la herramienta digital no elimina la necesidad de compatibilizar sus datos con el sistema topográfico real del tiro.

Por esa razón, el problema no debe entenderse como una oposición entre el trabajo topográfico convencional y el empleo de Google Earth, sino como una necesidad técnica de integrar dos referencias distintas dentro de un mismo sistema de control. Precisamente a partir de esta dificultad surge la importancia de establecer un procedimiento que permita trasladar las coordenadas obtenidas digitalmente al mismo control topográfico generado en campaña, manteniendo así la coherencia del sistema de fuego y aprovechando al mismo tiempo las ventajas de la herramienta tecnológica.

2.2.7 Google Earth como herramienta de apoyo

En el presente trabajo, Google Earth es considerado como una herramienta de apoyo para la topografía para la ejecución del tiro de artillería, debido a que permite contar, de manera rápida y sencilla, con una apreciación preliminar del terreno antes de realizar el trabajo topográfico en campaña. Su utilidad principal no radica en reemplazar los procedimientos topográficos convencionales, sino en facilitar una visión anticipada del área donde se desarrollarán las operaciones de tiro, permitiendo ubicar puntos de interés y disponer de información inicial que puede ser aprovechada por el personal de reconocimiento.

Desde el punto de vista práctico, Google Earth permite observar la configuración general del terreno, identificar caminos de acceso, zonas elevadas, quebradas, accidentes geográficos, áreas despejadas y otros elementos que pueden influir en la ubicación del Puesto de Observación, de la Batería de Tiro y de los Objetivos. Asimismo, brinda la posibilidad de obtener preliminarmente las coordenadas de estos puntos, lo que representa una ventaja importante cuando se busca reducir el tiempo de preparación del trabajo topográfico.

Su empleo adquiere especial valor en escenarios amplios o de difícil reconocimiento inmediato, como ocurrió en los ejercicios de tiro desarrollados en la zona de Paiján, donde las características áridas, montañosas y rocosas del terreno hacían necesario contar con una apreciación previa más completa del área de operaciones. En esas condiciones, Google Earth permitía identificar con anticipación posibles puntos de control, reconocer la relación espacial entre la zona de posiciones y los objetivos, y disponer de una referencia inicial del terreno antes de ejecutar el enlace topográfico convencional.

En consecuencia, Google Earth puede ser entendido como un medio complementario que facilita el reconocimiento preliminar, la ubicación inicial de puntos de interés y la obtención anticipada de coordenadas rectangulares. Sin embargo, su información no debe ser empleada de manera aislada ni definitiva, sino integrada posteriormente al control topográfico real de la unidad, a fin de que resulte compatible con las exigencias propias de la topografía para el tiro de artillería.

2.2.8 Transposición de rumbos

La transposición de rumbos es el procedimiento mediante el cual se logra compatibilizar la información obtenida preliminarmente con Google Earth con el control topográfico real establecido por la unidad durante el trabajo de campaña. Su necesidad surge porque las coordenadas obtenidas por la herramienta digital responden a una referencia distinta de aquella con la que se inicia el trabajo

topográfico convencional, el cual parte de un rumbo inicial medido con goniómetro brújula. En consecuencia, si no se realiza un ajuste previo, las coordenadas obtenidas por ambos medios no guardarán una coincidencia directa dentro de un mismo sistema de control.

En términos prácticos, la transposición de rumbos permite llevar las coordenadas obtenidas por Google Earth al mismo marco de orientación que resulta del levantamiento topográfico ejecutado en el terreno. Dicho de otro modo, no modifica la utilidad de la información digital, sino que la adapta a la referencia instrumental con la que realmente trabaja la unidad de artillería en campaña. Gracias a este procedimiento, las coordenadas preliminares del Puesto de Observación, de la Batería de Tiro y de los Objetivos pueden dejar de ser solo una referencia aproximada y pasar a integrarse de manera coherente al sistema topográfico utilizado para la ejecución del tiro.

La importancia de este procedimiento radica en que permite unir dos ventajas que, en apariencia, podrían presentarse como opuestas. Por un lado, Google Earth ofrece rapidez en la obtención inicial de coordenadas y en la apreciación previa del terreno; por otro, el trabajo topográfico convencional garantiza un control espacial confiable, construido sobre mediciones efectuadas directamente en campaña. La transposición de rumbos actúa precisamente como el punto de enlace entre ambas fuentes de información, haciendo posible aprovechar la rapidez de la herramienta digital sin romper la lógica del sistema topográfico real de la unidad.

Desde la experiencia profesional del autor, esta transposición constituyó el aspecto más importante del empleo práctico de Google Earth en la topografía para el tiro. La utilidad de la herramienta no residió únicamente en mostrar coordenadas o imágenes del terreno, sino en la posibilidad de integrar esa información al trabajo topográfico convencional, manteniendo la coherencia del control establecido desde el rumbo inicial instrumental. En tal sentido, la transposición de rumbos representa el aporte central de la experiencia sistematizada en el presente trabajo,

porque demuestra que la tecnología puede ser incorporada al quehacer artillero sin sustituir la doctrina ni debilitar el rigor técnico del procedimiento topográfico.

2.3 Términos básicos

Puesto de Observación (PO): punto del terreno de coordenadas conocidas o previamente determinadas, desde donde se observa el área de operaciones y se obtiene la información topográfica y táctica necesaria para la conducción del fuego.

Batería de Tiro (BAT): elemento de artillería donde se emplazan las piezas de fuego y desde donde se ejecutan las misiones de tiro en apoyo a la unidad superior.

Objetivo (OBJ): punto, área o elemento del terreno sobre el cual se orienta y dirige la acción del fuego de artillería.

Coordenadas rectangulares: datos de posición expresados en el sistema UTM mediante valores de X (Este), Y (Norte) y Z (cota o elevación), que permiten ubicar con precisión un punto en el terreno.

Coordenadas polares: datos obtenidos a partir de la medición del rumbo, la distancia y el ángulo de situación desde un punto conocido hacia otro punto por determinar.

Rumbo: dirección angular medida desde un punto de referencia hacia otro punto del terreno, expresada en milésimos y utilizada para determinar la orientación en el trabajo topográfico del tiro.

Ángulo de situación: ángulo vertical que expresa la diferencia altimétrica relativa entre el punto de observación y el punto observado, indicando si este se encuentra por encima o por debajo del observador.

Punto de control: punto intermedio del terreno, seleccionado por sus características de visibilidad y ubicación, que sirve para enlazar topográficamente el Puesto de Observación con la zona de posiciones o con otros puntos de interés.

Control topográfico: conjunto de referencias, mediciones y procedimientos que permiten mantener coherencia espacial en la determinación de coordenadas durante el trabajo topográfico para la ejecución del tiro.

Transposición de rumbos: procedimiento mediante el cual las coordenadas obtenidas preliminarmente con Google Earth son ajustadas y trasladadas al mismo sistema de control topográfico generado por el trabajo topográfico convencional en campaña.

Declinación: diferencia existente entre la referencia magnética o instrumental empleada en el trabajo de campo y otra referencia geográfica o cartográfica, la cual influye en la orientación del rumbo inicial.

Google Earth: herramienta digital de apoyo que permite visualizar el terreno, identificar puntos de interés y obtener preliminarmente coordenadas, distancias y apreciaciones generales del relieve para facilitar el reconocimiento previo del área de operaciones.

CAPÍTULO III: DESARROLLO DEL TEMA

Empleo de Google Earth en la topografía para la ejecución del tiro de artillería

3.1 Campo de aplicación

El presente trabajo se enmarca en el campo técnico-operativo del Arma de Artillería, específicamente en el área de la topografía para la ejecución del tiro, por cuanto aborda un problema directamente relacionado con la determinación de coordenadas y con el control topográfico necesario para el empleo eficaz del apoyo de fuegos. Su campo de aplicación comprende a las unidades de artillería de campaña que, para cumplir sus misiones de tiro, requieren ubicar con precisión el Puesto de Observación, la Batería de Tiro y los Objetivos, manteniendo una adecuada coherencia espacial entre estos elementos y reduciendo, al mismo tiempo, el tiempo necesario para la preparación del trabajo topográfico.

Desde una perspectiva funcional, este trabajo se aplica a situaciones en las que la unidad de artillería debe operar en terrenos amplios, con accidentes geográficos que dificultan el reconocimiento inmediato y donde la rapidez en la obtención de información topográfica influye directamente en la oportunidad con la que puede ejecutarse el fuego. En tales condiciones, la topografía para el tiro no solo cumple una función técnica de ubicación, sino que se convierte en un factor decisivo para garantizar que el apoyo de fuegos llegue en el momento requerido y sobre la base de datos confiables.

En el caso concreto del Grupo de Artillería de Campaña N.º 116, el campo de aplicación estuvo vinculado al apoyo de fuegos que la unidad debía proporcionar a la 32.ª Brigada de Infantería, especialmente durante los ejercicios de tiro desarrollados en la región de Paiján. En ese contexto, la eficiencia del trabajo topográfico incidía de manera directa en la preparación de las misiones de tiro, en la determinación de la zona de posiciones y en la ubicación de los objetivos. Por ello, cualquier procedimiento o herramienta que permitiera agilizar la obtención

preliminar de coordenadas, sin afectar el control topográfico real de la unidad, adquiriría un valor práctico importante dentro del cumplimiento de la misión.

En consecuencia, el campo de aplicación del presente trabajo no se limita a una reflexión teórica sobre el uso de una herramienta digital, sino que se proyecta sobre una necesidad concreta del quehacer artillero: mejorar la preparación topográfica de las misiones de tiro en unidades de campaña, manteniendo la precisión del sistema y fortaleciendo la oportunidad del apoyo de fuegos.

3.2 Tipo de aplicación

El tipo de aplicación del presente trabajo es técnico y de innovación funcional, debido a que se orienta a mejorar un procedimiento específico del quehacer artillero, como es la topografía para la ejecución del tiro, sin apartarse de los fundamentos doctrinarios que rigen su desarrollo en campaña. En ese sentido, la propuesta no plantea reemplazar el procedimiento topográfico convencional ni disminuir la importancia del control topográfico establecido mediante el trabajo de campo, sino complementarlo con el empleo de una herramienta digital que permite obtener información preliminar del terreno con mayor rapidez y oportunidad.

Su carácter de innovación funcional radica en que introduce una forma más ágil de preparar el trabajo topográfico, aprovechando las posibilidades que ofrece Google Earth para la obtención inicial de coordenadas y para la apreciación previa del terreno, pero integrando posteriormente esa información al sistema topográfico real de la unidad mediante la transposición de rumbos. Por ello, la innovación no se encuentra únicamente en el uso de la herramienta digital, sino en la manera de hacerla compatible con el procedimiento doctrinario del arma, evitando que su empleo se convierta en una referencia aislada o carente de control técnico.

Asimismo, la propuesta posee un marcado carácter práctico-operativo, porque surge de una experiencia profesional real vivida por el autor en el Grupo de Artillería

de Campaña N.º 116, durante el desarrollo de ejercicios de tiro en la región de Paiján. No se trata, por tanto, de una idea formulada únicamente desde el plano teórico, sino de una necesidad concreta observada en el terreno, donde el tiempo requerido para desarrollar el trabajo topográfico convencional hacía evidente la conveniencia de contar con un medio complementario que facilitara la preparación inicial de la misión.

En consecuencia, el tipo de aplicación del presente trabajo puede entenderse como una propuesta técnica, funcional y operativamente útil, orientada a optimizar la preparación topográfica de las misiones de tiro, reduciendo tiempos en la obtención preliminar de información sin afectar la coherencia del control topográfico que exige la ejecución del fuego de artillería.

3.3 Diagnóstico

Durante el desempeño profesional del autor como Oficial de Reconocimiento de Tiro y topógrafo del Grupo de Artillería de Campaña N.º 116, se pudo advertir una situación recurrente en la preparación de las misiones de fuego: el trabajo topográfico convencional para la ejecución del tiro demandaba un tiempo considerable, especialmente cuando debía desarrollarse en terrenos amplios y con relieve irregular, como ocurrió en los ejercicios realizados en la región de Paiján. Esta realidad no obedecía a una deficiencia del procedimiento, sino a la propia naturaleza del trabajo topográfico militar, que exige precisión, control y verificación progresiva de cada dato obtenido en el terreno.

El procedimiento se iniciaba con las coordenadas rectangulares UTM del Puesto de Observación, obtenidas por carta o proporcionadas por el escalón superior, y a partir de ese punto se desarrollaba el enlace topográfico hacia la zona de posiciones mediante la obtención sucesiva de coordenadas polares a puntos de control. Para ello era necesario emplear el goniómetro brújula en la medición de rumbos y ángulos de situación, así como el telémetro láser para la determinación de las distancias. De manera paralela, desde el mismo Puesto de Observación se

obtenían también las coordenadas polares hacia los objetivos, con la finalidad de establecer su ubicación dentro del sistema de tiro. Todo este proceso requería desplazamiento, observación cuidadosa, selección apropiada de puntos de control y verificación permanente de la coherencia del enlace topográfico.

Si bien este procedimiento ofrecía un control topográfico confiable, en la práctica demandaba entre uno y dos días de ejecución, dependiendo de factores como la distancia entre puntos, la configuración del relieve, la visibilidad, la accesibilidad del terreno y la disponibilidad de medios. En consecuencia, la determinación de las coordenadas de las piezas y de los objetivos no se obtenía de manera inmediata, lo que influía directamente en el tiempo de preparación de la misión de tiro. En una unidad de artillería, donde la oportunidad del fuego resulta tan importante como su precisión, esta situación hacía evidente la necesidad de buscar medios complementarios que permitieran acelerar la obtención inicial de información sin afectar el control topográfico del sistema.

Fue en ese contexto donde el empleo de Google Earth empezó a mostrar una utilidad práctica. La herramienta permitía obtener en forma inmediata las coordenadas rectangulares preliminares del Puesto de Observación, de la Batería de Tiro y de los Objetivos, además de brindar una apreciación visual anticipada del terreno. Esta posibilidad resultaba particularmente valiosa en escenarios como Paján, donde la amplitud del área, las zonas áridas y los sectores montañosos y rocosos hacían más exigente el trabajo de reconocimiento. Sin embargo, al intentar relacionar esta información con el trabajo topográfico desarrollado en campaña, surgió una dificultad técnica que no podía pasar inadvertida: las coordenadas obtenidas por Google Earth no coincidían con las coordenadas resultantes del trabajo topográfico convencional.

La causa de esta diferencia se encontraba en el hecho de que el levantamiento topográfico de campaña se iniciaba con un rumbo inicial medido con goniómetro brújula, el cual establecía una orientación de trabajo afectada por la declinación y por la referencia propia del instrumento. A partir de esa orientación inicial se

encadenaban todas las mediciones posteriores hacia puntos de control, hacia la batería y hacia los objetivos. En consecuencia, el sistema de control topográfico construido en el terreno respondía a una referencia concreta de campaña, mientras que las coordenadas obtenidas mediante Google Earth provenían de una referencia geoespacial digital distinta. Por ello, aunque ambas fuentes de información podían referirse al mismo terreno, no coincidían de manera directa dentro de un mismo sistema de control.

El diagnóstico permitió establecer, entonces, que el problema principal no era la falta de utilidad de Google Earth, ni tampoco una supuesta incompatibilidad absoluta entre la herramienta digital y la topografía militar. El problema real radicaba en la ausencia de un procedimiento técnico que permitiera integrar las coordenadas obtenidas con Google Earth al mismo control topográfico generado por la unidad en campaña. Mientras esa integración no se realizara, la herramienta solo podía emplearse como una referencia general para apreciar el terreno, pero no como un insumo directamente aprovechable para la ejecución del tiro.

En síntesis, la situación diagnosticada mostraba dos realidades que debían ser reconciliadas. Por un lado, el trabajo topográfico convencional ofrecía precisión y control, pero requería tiempo considerable. Por otro, Google Earth proporcionaba rapidez e información preliminar útil, pero sus coordenadas no podían ser incorporadas directamente al sistema topográfico del tiro. Esta necesidad de compatibilizar rapidez y control fue precisamente la que dio origen a la propuesta desarrollada en el presente trabajo, basada en la transposición de rumbos como procedimiento para integrar ambas referencias dentro de un mismo sistema topográfico.

3.4 Propuesta de innovación

La propuesta de innovación del presente trabajo consiste en emplear Google Earth como herramienta de apoyo en la fase previa del trabajo topográfico para la ejecución del tiro, aprovechando su capacidad para obtener de manera

inmediata las coordenadas rectangulares preliminares del Puesto de Observación (PO), de la Batería de Tiro (BAT) y de los Objetivos (OBJ). Sin embargo, el valor real de esta propuesta no se encuentra únicamente en la rapidez con que se accede a dicha información, sino en complementarla con un procedimiento de transposición de rumbos que permita trasladar esas coordenadas al mismo control topográfico generado por el trabajo convencional desarrollado en campaña.

En términos prácticos, la innovación planteada parte de una necesidad concreta observada en la experiencia profesional del autor: reducir el tiempo requerido para contar con una base inicial de información topográfica, sin afectar la coherencia espacial del sistema de tiro. Bajo este enfoque, Google Earth deja de ser una simple herramienta de observación general del terreno y pasa a constituirse en un medio útil para la preparación anticipada del trabajo topográfico, siempre que la información obtenida sea posteriormente ajustada a la orientación real adoptada por la unidad mediante el rumbo inicial medido con goniómetro brújula.

La propuesta, por tanto, no pretende sustituir el procedimiento doctrinario de la topografía militar ni prescindir del empleo del goniómetro brújula, del telémetro láser, de la carta topográfica o del reconocimiento de campo. Todos estos medios continúan siendo indispensables para el establecimiento del control topográfico real de la unidad, especialmente porque es en el terreno donde se confirma la visibilidad, la accesibilidad, la ubicación efectiva de los puntos de control y la coherencia final del sistema. En ese sentido, la herramienta digital no reemplaza el trabajo de campaña, sino que lo prepara, orienta y agiliza.

El verdadero aporte de la propuesta radica en integrar la rapidez de Google Earth con la rigurosidad del control topográfico clásico, permitiendo que la unidad disponga con antelación de una apreciación inicial del terreno y de coordenadas preliminares útiles, sin renunciar a la precisión que exige la topografía para el tiro. La innovación, entonces, no se resume en el uso de una aplicación digital, sino en la forma técnica de incorporarla al sistema de trabajo artillero, mediante un

procedimiento que preserve la validez del control topográfico de campaña y, al mismo tiempo, reduzca los tiempos de preparación de la misión.

Desde esta perspectiva, la propuesta representa una mejora funcional del procedimiento habitual, porque permite aprovechar un recurso tecnológico accesible y útil, pero subordinándolo a la lógica del trabajo topográfico militar. De esa manera, se logra un equilibrio entre oportunidad y control, dos condiciones que en la práctica del apoyo de fuegos resultan igualmente necesarias.

3.4.1 Objetivo de la propuesta

La presente propuesta tiene por objetivo optimizar el tiempo de preparación del trabajo topográfico para la ejecución del tiro de artillería, mediante el empleo de Google Earth como herramienta de apoyo para la obtención preliminar de coordenadas rectangulares del Puesto de Observación, de la Batería de Tiro y de los Objetivos, complementando dicho empleo con la transposición de rumbos, a fin de compatibilizar esa información con el control topográfico de campaña establecido por la unidad.

Este objetivo no se orienta únicamente a reducir tiempo de manera mecánica, sino a lograr que esa reducción sea técnicamente útil y compatible con las exigencias propias del trabajo topográfico del tiro. En otras palabras, se busca que la rapidez en la obtención inicial de coordenadas no afecte la coherencia del sistema topográfico real, sino que contribuya a mejorar la preparación previa de la misión, facilitando el reconocimiento del terreno y la organización del trabajo en campaña.

Bajo este enfoque, el objetivo de la propuesta consiste en aprovechar las ventajas prácticas que ofrece la herramienta digital para contar con una referencia espacial inicial del terreno, pero sin desvincular esa información del procedimiento doctrinario de la topografía militar. De esta manera, la propuesta procura alcanzar un equilibrio entre celeridad en la preparación y precisión en el control topográfico,

dos factores que resultan esenciales para garantizar la oportunidad y efectividad del apoyo de fuegos.

3.4.2 Descripción simple de la propuesta

La propuesta planteada se desarrolla a partir de una secuencia práctica que busca aprovechar las ventajas de Google Earth sin apartarse del control topográfico real que exige la ejecución del tiro de artillería. Su aplicación no responde a un criterio improvisado, sino a una lógica de trabajo que permite obtener información preliminar con rapidez y, posteriormente, integrarla al sistema topográfico de la unidad mediante un ajuste técnico.

En una primera fase, se emplea Google Earth para realizar una apreciación inicial del área donde se desarrollará la misión. A través de esta herramienta se identifican visualmente el Puesto de Observación, la zona de posiciones de la Batería de Tiro y los Objetivos, obteniéndose de manera preliminar sus coordenadas rectangulares. Esta revisión inicial también permite apreciar el relieve general del terreno, los accesos disponibles, las elevaciones predominantes, los accidentes geográficos y aquellos puntos notables que podrían resultar útiles durante el posterior trabajo topográfico en campaña.

A continuación, la información obtenida mediante Google Earth se contrasta con la carta topográfica y con el reconocimiento real del terreno. Esta comparación resulta necesaria porque permite verificar si los puntos observados digitalmente son efectivamente útiles como referencias topográficas y si las características del terreno visibles en la herramienta coinciden con las condiciones reales del área de operaciones. En esta etapa se identifican, además, posibles puntos de control que puedan servir para desarrollar el enlace topográfico entre el Puesto de Observación y la zona de posiciones.

Posteriormente, ya en campaña, se determina el rumbo inicial mediante el goniómetro brújula, estableciendo así la orientación instrumental real con la que

trabajar la unidad. Este momento es fundamental, porque a partir de esa referencia se construye todo el control topográfico de campaña, sobre el cual se apoyarán las mediciones sucesivas hacia los puntos de control, la batería y los objetivos. En otras palabras, aunque Google Earth proporcione información inicial útil, es el rumbo instrumental medido en el terreno el que define la orientación real del sistema topográfico del tiro.

Una vez establecida esta orientación, se identifica la diferencia existente entre la referencia geoespacial de Google Earth y la referencia instrumental del trabajo topográfico convencional. Esta diferencia surge como consecuencia de la declinación y de la forma en que el rumbo inicial organiza el sistema topográfico de campaña. Justamente allí aparece la necesidad del ajuste, porque sin él las coordenadas obtenidas digitalmente no pueden emplearse directamente dentro del mismo control que utiliza la unidad para ejecutar sus misiones de fuego.

Frente a esa situación, se aplica la transposición de rumbos, procedimiento que permite trasladar las coordenadas obtenidas por Google Earth al mismo marco de orientación generado por el levantamiento topográfico realizado en el terreno. Gracias a esta transposición, las coordenadas preliminares dejan de ser solo una referencia general y pasan a integrarse de manera coherente al sistema topográfico real de la unidad. Este es el punto central de la propuesta, porque es el mecanismo que hace posible unir la rapidez de la herramienta digital con la rigurosidad del procedimiento topográfico clásico.

Una vez efectuado el ajuste, las coordenadas ya compatibilizadas pueden emplearse como una base de trabajo complementaria para acelerar la preparación topográfica de la misión. De esta manera, la unidad dispone con mayor anticipación de información útil para organizar su reconocimiento, orientar el trabajo en el terreno, reducir tiempos de obtención inicial de datos y mejorar la oportunidad con la que se prepara la ejecución del tiro.

Desde la experiencia profesional del autor, esta propuesta tiene una ventaja concreta y fácil de advertir: permite ganar tiempo en una actividad que tradicionalmente demanda esfuerzo, desplazamiento y varias horas de trabajo. Mientras el procedimiento topográfico convencional obliga a enlazar progresivamente puntos de control hasta determinar la batería y los objetivos, Google Earth ofrece una apreciación inicial casi inmediata del terreno y de las coordenadas de interés. Esa diferencia no elimina la necesidad del trabajo de campaña, pero sí permite que la preparación del mismo sea más ordenada, más orientada y más eficiente.

Sin embargo, la experiencia también demostró que la rapidez, por sí sola, no resuelve el problema topográfico del tiro. En artillería, la exactitud no puede depender únicamente de una herramienta digital que no ha sido integrada al sistema real de control. Por esa razón, la propuesta no se orienta a reemplazar el trabajo convencional, sino a integrarlo con una herramienta complementaria que facilite la obtención inicial de información sin quebrar la coherencia del sistema topográfico de la unidad.

La esencia de la innovación consiste, entonces, en reconocer que Google Earth es útil para obtener con rapidez una referencia preliminar del terreno y de las coordenadas, pero que el trabajo topográfico convencional sigue siendo indispensable para asegurar el control correcto del sistema de tiro. Entre ambas realidades, la transposición de rumbos actúa como el procedimiento que permite compatibilizar la referencia digital con la referencia instrumental del terreno.

Desde una perspectiva operativa, la propuesta ofrece varias ventajas. Permite reducir de manera importante el tiempo inicial de obtención de coordenadas, facilita el reconocimiento previo del área de operaciones, mejora la apreciación del terreno antes del desplazamiento, contribuye a seleccionar con mayor criterio los puntos de control y permite preparar con mayor anticipación la misión de tiro. Al mismo tiempo, mantiene el control topográfico real de la unidad, debido a que

toda la información obtenida digitalmente es sometida al ajuste correspondiente antes de ser incorporada al sistema.

No obstante, la propuesta también tiene límites que deben ser claramente reconocidos. Google Earth no reemplaza el reconocimiento físico del terreno, no garantiza por sí solo la precisión táctica final y no elimina la necesidad de comprobar en campaña las condiciones reales de visibilidad, relieve, accesos, coberturas y ubicación efectiva de los puntos. En consecuencia, su empleo debe mantenerse subordinado al control topográfico del arma y al criterio profesional del personal encargado del reconocimiento.

En síntesis, la propuesta de innovación demuestra que la tecnología digital puede incorporarse de manera útil al trabajo artillero, siempre que se haga con criterio técnico, experiencia de terreno y respeto por la doctrina. Su verdadero valor no está en sustituir la topografía para el tiro, sino en fortalecerla, haciendo posible una preparación más rápida, sin perder la precisión y la coherencia que exige la ejecución del fuego de artillería.

CONCLUSIONES

La topografía para la ejecución del tiro de artillería constituye una actividad técnica esencial dentro del apoyo de fuegos, debido a que permite determinar con precisión la ubicación del Puesto de Observación, de la Batería de Tiro y de los Objetivos, estableciendo la relación espacial necesaria para que las misiones de tiro se ejecuten con exactitud, oportunidad y seguridad. En ese sentido, su aplicación no representa una actividad secundaria dentro del Arma de Artillería, sino una condición indispensable para garantizar la eficacia del fuego y su adecuada integración a la maniobra de la unidad apoyada.

El trabajo topográfico convencional del tiro, desarrollado a partir de las coordenadas rectangulares UTM del Puesto de Observación y continuado mediante la obtención sucesiva de coordenadas polares con el empleo del goniómetro brújula y del telémetro láser, proporciona un control topográfico confiable y técnicamente sólido. Sin embargo, la experiencia profesional analizada permitió comprobar que dicho procedimiento exige tiempo, desplazamiento, observación cuidadosa, selección de puntos de control y condiciones favorables de visibilidad y seguridad, razón por la cual su ejecución completa podía demandar entre uno y dos días, especialmente en terrenos amplios, áridos y accidentados como los de la región de Paiján.

Dentro de ese contexto, el empleo de Google Earth evidenció una utilidad práctica importante en la fase previa del trabajo topográfico, al permitir obtener de manera inmediata coordenadas rectangulares preliminares del Puesto de Observación, de la Batería de Tiro y de los Objetivos, además de facilitar una apreciación anticipada del relieve, de los accesos, de los accidentes del terreno y de otros puntos notables del área de operaciones. Esta capacidad representa una ventaja real para la preparación previa de las misiones de tiro, porque contribuye a reducir el tiempo inicial de obtención de información y orienta de mejor manera el reconocimiento del terreno.

No obstante, también quedó demostrado que las coordenadas obtenidas por Google Earth no coinciden de manera directa con las coordenadas resultantes del trabajo topográfico convencional desarrollado en campaña. Esta diferencia se produce porque el levantamiento topográfico de la unidad se inicia con un rumbo inicial medido con goniómetro brújula, el cual establece una referencia instrumental afectada por la declinación y por las condiciones propias del sistema de control topográfico real. En consecuencia, las coordenadas digitales y las coordenadas obtenidas en campaña responden a referencias distintas, lo que impide emplearlas indistintamente sin un procedimiento previo de compatibilización.

A partir de esta constatación, se concluye que el verdadero aporte técnico del presente trabajo radica en la transposición de rumbos, procedimiento que permite trasladar las coordenadas obtenidas preliminarmente mediante Google Earth al mismo control topográfico generado por el trabajo de campaña. Gracias a este ajuste, la información digital deja de ser solo una referencia general y pasa a integrarse de manera coherente al sistema topográfico utilizado por la unidad para la ejecución del tiro, manteniendo así la precisión y la lógica espacial exigidas por el arma.

En consecuencia, el empleo de Google Earth en la topografía para la ejecución del tiro no debe entenderse como un sustituto de la topografía militar clásica, sino como una herramienta complementaria que, correctamente integrada mediante la transposición de rumbos, permite mejorar la preparación previa de la misión, optimizar el tiempo de obtención inicial de coordenadas y fortalecer la oportunidad del apoyo de fuegos, sin afectar el rigor técnico ni la coherencia del control topográfico que requiere la artillería en campaña.

RECOMENDACIONES

A partir del análisis desarrollado y de la experiencia profesional sistematizada en el presente trabajo, se recomienda que el empleo de Google Earth sea incorporado de manera formal como herramienta auxiliar de apoyo al reconocimiento topográfico previo en las unidades del Arma de Artillería, especialmente en aquellas que, por la naturaleza de su misión, deban ejecutar tiros en terrenos amplios, de difícil apreciación inmediata o con accidentes geográficos que incrementen la complejidad del trabajo topográfico convencional. Su utilización en la fase previa permitiría contar anticipadamente con una referencia inicial del terreno, facilitando la identificación del Puesto de Observación, de la zona de posiciones, de los Objetivos y de posibles puntos de control, lo que contribuiría a una mejor organización del reconocimiento y a una reducción del tiempo inicial requerido para la preparación de las misiones de tiro.

Resulta igualmente recomendable que el empleo de esta herramienta no se mantenga en el nivel de una iniciativa aislada o dependiente únicamente de la experiencia individual del personal de reconocimiento, sino que sea regulado mediante procedimientos técnicos internos dentro de las unidades de artillería. Dichos procedimientos deberían establecer con claridad la forma en que Google Earth debe ser utilizado para la obtención preliminar de coordenadas rectangulares UTM, la apreciación del relieve, la identificación de accesos, la localización de puntos dominantes y la selección preliminar de referencias útiles para el trabajo topográfico. Asimismo, debería precisarse expresamente que la información obtenida por esta vía constituye una referencia preliminar, útil para orientar el reconocimiento y la preparación topográfica, pero no un sustituto del control topográfico generado en campaña mediante el procedimiento doctrinario.

En relación con el entrenamiento del personal, se considera necesario fortalecer la capacitación técnica del Oficial de Reconocimiento de Tiro, del personal de la Sección de Topografía y, en general, de quienes participan en la preparación del

tiro, a fin de que dominen no solo los procedimientos clásicos de la topografía militar, sino también el uso complementario de herramientas geoespaciales digitales. Esta capacitación debería abarcar, de manera integrada, la lectura e interpretación de cartas topográficas, el empleo correcto del goniómetro brújula, del telémetro láser y de otros medios de medición, así como la obtención e interpretación preliminar de datos mediante Google Earth. El objetivo no debe ser desplazar la formación clásica del topógrafo de artillería, sino ampliarla, de modo que el personal pueda aprovechar las ventajas de la tecnología sin perder la rigurosidad técnica que exige el sistema de tiro.

De manera particular, se recomienda que en la instrucción y en la práctica operativa se otorgue especial importancia a la comprensión del rumbo inicial y de la declinación, por cuanto estos elementos constituyen el punto de partida del control topográfico real de la unidad. La experiencia desarrollada en el presente trabajo demuestra que la principal dificultad no se encuentra en obtener coordenadas preliminares mediante una herramienta digital, sino en hacerlas compatibles con el sistema topográfico que efectivamente se construye en el terreno. Por ello, el personal de reconocimiento debe estar plenamente familiarizado con la influencia que ejerce la referencia instrumental del goniómetro brújula sobre el conjunto del levantamiento topográfico y con las implicancias que ello tiene al momento de incorporar coordenadas obtenidas por medios externos.

En ese mismo sentido, se recomienda que la transposición de rumbos sea considerada y aplicada de manera sistemática como un procedimiento técnico de ajuste obligatorio siempre que se pretenda integrar al trabajo topográfico de campaña coordenadas obtenidas preliminarmente mediante Google Earth. Esta recomendación reviste especial importancia, porque la utilidad práctica de la herramienta digital depende precisamente de la posibilidad de trasladar sus coordenadas al mismo control topográfico generado por la unidad en el terreno. Si ese ajuste no se realiza, las coordenadas digitales pueden servir únicamente como referencia general para la apreciación del área, pero no como insumo técnico directamente aprovechable en la ejecución del tiro. En consecuencia, la

transposición de rumbos no debe ser vista como un detalle accesorio, sino como el mecanismo técnico central que hace posible compatibilizar rapidez y precisión dentro de un mismo sistema de trabajo.

También se recomienda que, antes de la ejecución de ejercicios de tiro o de misiones de fuego, se emplee Google Earth como parte de la planeación previa del reconocimiento topográfico, especialmente para la elaboración de una apreciación anticipada del área de operaciones. Esta apreciación debería incluir la identificación preliminar de la ubicación probable del Puesto de Observación, las áreas posibles para la ocupación de la Batería de Tiro, la localización de los Objetivos y el reconocimiento de elementos relevantes del terreno, tales como elevaciones, quebradas, cursos secos, vías de acceso, zonas rocosas y puntos dominantes. Una utilización metódica en esta etapa permitiría que el reconocimiento de campo no se inicie desde una condición de desconocimiento total del terreno, sino a partir de una base previa de análisis que oriente de mejor manera el trabajo del personal topográfico.

Desde el punto de vista institucional, convendría que las unidades del Arma de Artillería promuevan la elaboración de guías o instructivos específicos sobre el empleo complementario de herramientas digitales en la topografía para el tiro, tomando en consideración la experiencia práctica de las unidades de campaña. Estos documentos deberían establecer criterios para la obtención preliminar de coordenadas, normas de validación en el terreno, procedimientos de ajuste mediante transposición de rumbos y recomendaciones sobre el uso adecuado de la información geoespacial en relación con la carta topográfica y con el control instrumental. De esa manera, el empleo de Google Earth dejaría de depender exclusivamente de la iniciativa personal del oficial o del especialista y pasaría a integrarse de manera más ordenada al trabajo técnico de la unidad.

Asimismo, se recomienda que la aplicación de esta herramienta sea especialmente considerada en escenarios de terreno complejo, como aquellos donde predominan grandes extensiones áridas, sectores montañosos, áreas

rocosas o espacios donde el reconocimiento visual inicial se torna más exigente, tal como ocurrió en la experiencia desarrollada en la región de Paiján. En este tipo de terrenos, la posibilidad de contar con una visualización anticipada del área y con coordenadas preliminares de interés puede representar una ventaja importante para la organización del reconocimiento, la selección de puntos de control y la preparación del trabajo topográfico. No obstante, debe mantenerse siempre el criterio de que dicha ventaja solo adquiere valor operativo real cuando la información es posteriormente comprobada, ajustada y validada en campaña.

De igual forma, sería conveniente fomentar nuevas investigaciones, ejercicios aplicativos y trabajos académicos dentro del Arma de Artillería que profundicen en la relación entre la topografía para el tiro y el empleo de herramientas tecnológicas como Google Earth, GPS, GNSS y otros medios de posicionamiento y observación. Este tipo de estudios permitiría ampliar la base doctrinaria y técnica existente, identificar nuevas posibilidades de empleo, comparar niveles de precisión y determinar procedimientos cada vez más adecuados para integrar la tecnología al trabajo artillero sin debilitar la seguridad ni la coherencia del sistema de tiro. El valor de estas investigaciones no estaría solo en la incorporación de nuevas herramientas, sino en la posibilidad de adaptar progresivamente el trabajo topográfico a las exigencias contemporáneas del combate y de la preparación operativa.

Finalmente, se recomienda que toda incorporación de herramientas digitales al trabajo topográfico de artillería se realice bajo un principio claro: la tecnología debe complementar el criterio técnico del artillero, no reemplazarlo. La experiencia analizada demuestra que la utilidad de Google Earth no reside en una supuesta capacidad para sustituir el levantamiento topográfico clásico, sino en su potencial para mejorar la preparación previa de la misión, reducir tiempos iniciales de obtención de información y facilitar una mejor apreciación del terreno. Su verdadero valor aparece cuando es empleada con criterio profesional, integrada al procedimiento doctrinario y subordinada siempre al control topográfico real que la unidad construye en campaña.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Escuela Militar de Chorrillos “Coronel Francisco Bolognesi”. (2022). *Guía para la elaboración y presentación de trabajo de suficiencia profesional*.

Melgarejo Becerra, D., Miranda Cataldo, L., Monasterio Guillen, J., & Marticorena Condor, C. (2016). *Empleo de vehículos aéreos no tripulados y trabajo topográfico para el tiro de artillería de campaña, 2016* [Tesis de licenciatura, Escuela Militar de Chorrillos “Coronel Francisco Bolognesi”]. Repositorio Institucional de la Escuela Militar de Chorrillos.

Ministerio de Defensa del Perú. (s. f.). *Manual doctrinario de artillería sobre topografía para el tiro*.

Ministerio de Defensa del Perú. (s. f.). *Manual doctrinario de reconocimiento y control topográfico en unidades de artillería*.

Potere, D. (2008). Horizontal positional accuracy of Google Earth’s high-resolution imagery archive. *Sensors*, 8(12), 7973–7981. <https://doi.org/10.3390/s8127973>

Rubio Ramírez, J. (2019). *Observación del tiro de artillería de campaña por RPAS* [Trabajo de fin de grado, Universidad de Zaragoza]. Zaguán, Repositorio Institucional de Documentos.

Távora Zapata, A. P., Espinoza Torres, D., & Guevara Bosmediano, L. A. (2020). *Empleo de uso de GPS en la optimización de los trabajos de topografía para el tiro de los cadetes del arma de artillería de la Escuela Militar de Chorrillos “Coronel Francisco Bolognesi”, 2017* [Trabajo de suficiencia profesional, Escuela Militar de Chorrillos “Coronel Francisco Bolognesi”]. Repositorio Institucional de la Escuela Militar de Chorrillos.

Vilca Castillo, C. R., & Vásquez Hernández, A. E. (2023). *Sistema de posicionamiento global (GPS) y la topografía para el tiro en la instrucción de los cadetes de artillería de la Escuela Militar de Chorrillos “Coronel Francisco Bolognesi”, 2023* [Tesis de licenciatura, Escuela Militar de Chorrillos “Coronel Francisco Bolognesi”]. Repositorio Institucional de la Escuela Militar de Chorrillos.

Zhang, X., You, L., Deng, M., Kou, Y., & Yang, Y. (2023). Accuracy assessment of Google Earth and open-source digital elevation models in China using GPS on field control points. *Sensors and Materials*, 35(9), 3325–3336. <https://doi.org/10.18494/SAM4489>

Anexo 1. Esquema conceptual del problema

El problema abordado en el presente Trabajo de Suficiencia Profesional surge de una situación observada en la práctica del reconocimiento de tiro y del trabajo topográfico desarrollado en el Grupo de Artillería de Campaña N.º 116, durante los ejercicios de tiro ejecutados en la región de Paján. En dicho contexto, se comprobó que el procedimiento topográfico convencional exigía una considerable inversión de tiempo, debido a que debía iniciarse con las coordenadas rectangulares UTM del Puesto de Observación y continuar con la obtención sucesiva de coordenadas polares hacia puntos de control, hacia la zona de posiciones y hacia los objetivos, mediante el empleo del goniómetro brújula y del telémetro láser. Como resultado de ello, la obtención completa del control topográfico necesario para la ejecución del tiro podía demandar entre uno y dos días, dependiendo de las condiciones del terreno, la distancia entre puntos, la visibilidad y la disponibilidad de medios.

Frente a esta situación, se identificó la posibilidad de emplear Google Earth como herramienta de apoyo, debido a que permitía obtener de manera inmediata las coordenadas rectangulares preliminares del Puesto de Observación, de la Batería de Tiro y de los Objetivos, además de facilitar una apreciación inicial del relieve, de los accesos, de los accidentes del terreno y de otros puntos notables del área de operaciones. Esta capacidad representaba una ventaja práctica evidente, ya que ofrecía la posibilidad de reducir significativamente el tiempo inicial de obtención de información topográfica y de mejorar la preparación previa de la misión.

Sin embargo, durante su empleo surgió un problema técnico central: las coordenadas obtenidas mediante Google Earth no coincidían directamente con las coordenadas resultantes del trabajo topográfico convencional desarrollado en campaña. La causa de esta diferencia se encontraba en que el procedimiento topográfico real se iniciaba con un rumbo instrumental medido con goniómetro brújula, referencia que quedaba influida por la declinación y por las condiciones propias del control topográfico construido en el terreno. En consecuencia, el

sistema topográfico generado por la unidad respondía a una orientación específica que no era idéntica a la referencia geoespacial digital proporcionada por la herramienta.

De esta manera, el problema no radicaba en la inutilidad de Google Earth, sino en la ausencia de un mecanismo que permitiera integrar sus coordenadas al mismo control topográfico utilizado por la unidad para la ejecución del tiro. Mientras esa compatibilización no se realizara, la herramienta solo podía servir como referencia general para la apreciación previa del terreno, pero no como insumo directamente aprovechable dentro del sistema topográfico del arma.

Frente a esta dificultad, la solución propuesta consistió en aplicar la transposición de rumbos, procedimiento técnico mediante el cual las coordenadas obtenidas por Google Earth son ajustadas y trasladadas al mismo control topográfico generado por el trabajo convencional. Gracias a este procedimiento, la rapidez de la herramienta digital puede ser aprovechada sin perder la coherencia espacial del sistema de tiro, permitiendo así integrar la información preliminar obtenida digitalmente al control topográfico real desarrollado en campaña.

Anexo 2. Fórmula doctrinaria básica de trabajo

El presente anexo resume la base doctrinaria y técnica sobre la cual se desarrolla el trabajo topográfico para la ejecución del tiro de artillería. En la práctica profesional del Arma, la determinación de la ubicación del Puesto de Observación (PO), de la Batería de Tiro (BAT) y de los Objetivos (OBJ) se sustenta en el empleo combinado de coordenadas rectangulares y coordenadas polares. Ambas formas de representación no son excluyentes; por el contrario, se complementan entre sí y permiten construir el control topográfico necesario para la ejecución del fuego.

Las coordenadas rectangulares constituyen la forma de expresión de la posición de un punto en el terreno dentro de un sistema de referencia conocido, en este caso el sistema UTM. Permiten definir la ubicación horizontal y vertical de un punto mediante tres valores: X, correspondiente al Este; Y, correspondiente al Norte; y Z, correspondiente a la cota o elevación. En consecuencia, la expresión doctrinaria básica de las coordenadas rectangulares puede representarse de la siguiente manera:

$$\text{PO / BAT / OBJ} = (\text{X} - \text{Y}) \text{ Z}$$

Esta formulación significa que tanto el Puesto de Observación, como la Batería de Tiro y los Objetivos, pueden ser expresados mediante una referencia espacial única, precisa y uniforme, lo que permite fijarlos dentro de la carta y relacionarlos con exactitud dentro del sistema de tiro. En artillería, la importancia de esta forma de representación radica en que proporciona el marco de referencia principal sobre el cual se organiza el trabajo topográfico y se efectúan posteriormente los cálculos necesarios para la conducción del fuego.

Por su parte, las coordenadas polares constituyen la forma práctica mediante la cual se determinan nuevos puntos a partir de otro punto de posición conocida. En la topografía para el tiro, estas coordenadas se obtienen a partir de tres elementos fundamentales: el rumbo, la distancia y el ángulo de situación. Su expresión doctrinaria básica puede resumirse así:

Punto = Rumbo + Distancia + Ángulo de situación

Desde el punto de vista técnico, esta fórmula significa que para ubicar un punto desconocido desde otro conocido es necesario determinar, en primer lugar, la dirección hacia la cual se encuentra el punto observado, expresada en milésimos mediante el rumbo; en segundo lugar, la separación lineal entre ambos puntos, expresada en metros mediante la distancia; y, finalmente, la relación vertical entre uno y otro, expresada mediante el ángulo de situación, el cual indica si el punto observado se encuentra por encima o por debajo del punto de referencia.

Aplicado a la topografía para el tiro, este procedimiento permite que, partiendo de las coordenadas rectangulares conocidas del PO, se vayan determinando sucesivamente otros puntos del terreno mediante observaciones polares. Así, desde el Puesto de Observación se obtienen coordenadas polares a puntos de control, a la zona de posiciones y a los objetivos, hasta completar el enlace topográfico necesario para la ejecución de la misión de fuego.

En términos doctrinarios, puede afirmarse que las coordenadas rectangulares proporcionan la posición fija y absoluta de un punto dentro de un sistema conocido, mientras que las coordenadas polares permiten determinar la posición relativa de un punto respecto de otro ya conocido. Esta relación entre ambas formas de trabajo es fundamental en artillería, porque el sistema topográfico del tiro se construye precisamente a partir de esa combinación: primero se parte de una posición conocida, luego se avanza mediante observaciones polares, y finalmente se determina la posición de nuevos puntos dentro del mismo control topográfico.

Para una mejor comprensión, la relación doctrinaria básica puede resumirse de la siguiente manera:

Coordenadas rectangulares

Permiten expresar la posición exacta de un punto dentro del sistema UTM:

Punto = (X – Y) Z

Coordenadas polares

Permiten determinar la posición de un punto respecto de otro conocido:

Punto = Rumbo + Distancia + Ángulo de situación.

La importancia de este anexo radica en que estas fórmulas básicas sintetizan el fundamento técnico del trabajo desarrollado en el presente TSP. A partir de ellas se comprende que el problema no está en la existencia de dos formas distintas de representación, sino en la necesidad de mantener ambas dentro de un mismo control topográfico coherente. Precisamente por esa razón, cuando se incorporan coordenadas obtenidas preliminarmente mediante Google Earth, resulta indispensable ajustarlas mediante la transposición de rumbos, de modo que puedan pasar al mismo sistema topográfico generado por el trabajo de campaña. En consecuencia, las fórmulas aquí consignadas no constituyen solo una expresión teórica, sino la base doctrinaria sobre la cual descansa la propuesta técnica del presente trabajo: aprovechar la rapidez de una herramienta digital para obtener coordenadas preliminares, pero subordinando siempre esa información al sistema de control topográfico real que la unidad construye en el terreno.

Anexo 3. Descripción simple del procedimiento práctico

El presente anexo describe, de manera ordenada y aplicada, el procedimiento práctico propuesto para incorporar el empleo de Google Earth al trabajo topográfico para la ejecución del tiro de artillería, sin apartarse del control topográfico real que la unidad establece en campaña. Su finalidad es mostrar, en forma sencilla pero técnicamente coherente, la secuencia de acciones que permiten aprovechar la rapidez de la herramienta digital y, al mismo tiempo, mantener la rigurosidad del procedimiento doctrinario del arma.

El procedimiento se inicia con la obtención preliminar de coordenadas en Google Earth. En esta primera fase, el personal de reconocimiento realiza una apreciación anticipada del área donde se desarrollará la misión, identificando visualmente el Puesto de Observación, la zona de posiciones de la Batería de Tiro y los Objetivos. A partir de esa observación se obtienen sus coordenadas rectangulares preliminares, las cuales sirven como referencia inicial para la preparación del trabajo topográfico. Esta etapa permite además reconocer, desde un punto de vista general, la configuración del terreno, la presencia de elevaciones, quebradas, zonas rocosas, accesos y otros elementos que podrían influir en la organización del reconocimiento y en la ejecución posterior del trabajo en campaña.

La segunda acción consiste en reconocer visualmente el terreno, empleando la información obtenida en Google Earth para efectuar una apreciación más detallada del área de operaciones. En esta fase no se trata solo de observar imágenes, sino de interpretar el terreno con criterio topográfico y táctico, buscando identificar posibles puntos de control, zonas dominantes, líneas de observación, accesos a la zona de posiciones y condiciones generales del relieve. Esta apreciación previa permite que el trabajo de campo no se inicie desde una condición de desconocimiento total, sino con una idea más clara de la disposición del terreno y de los puntos que podrían resultar útiles para el enlace topográfico.

Posteriormente, ya en campaña, corresponde medir el rumbo inicial con goniómetro brújula (GB). Esta acción es esencial, porque a partir de ella se establece la orientación instrumental real con la que trabajará la unidad en el terreno. El rumbo inicial no constituye un dato accesorio, sino el punto de partida sobre el cual se desarrolla el control topográfico de campaña, enlazando posteriormente los puntos de control, la batería y los objetivos. En consecuencia, aunque Google Earth proporcione una referencia preliminar útil, es el rumbo inicial medido con GB el que define la orientación efectiva del sistema topográfico real empleado para la ejecución del tiro.

Una vez establecida esa orientación, corresponde determinar la diferencia de referencia entre las coordenadas obtenidas en Google Earth y el sistema topográfico generado en campaña. Esta diferencia aparece porque las coordenadas preliminares proporcionadas por la herramienta digital responden a una referencia geoespacial distinta de la referencia instrumental que se construye en el terreno a partir del rumbo inicial y de la influencia de la declinación. Por ello, antes de utilizar dichas coordenadas dentro del sistema de tiro, resulta indispensable identificar con claridad esa discrepancia de orientación.

La siguiente acción consiste en realizar la transposición de rumbos, procedimiento técnico mediante el cual las coordenadas preliminares obtenidas por Google Earth son ajustadas y trasladadas al mismo marco de orientación que rige el trabajo topográfico de campaña. Esta etapa representa el núcleo práctico de la propuesta, porque es la que permite compatibilizar la rapidez de la herramienta digital con el control topográfico real de la unidad. Gracias a la transposición, las coordenadas digitales dejan de ser una referencia aislada y pasan a integrarse de manera coherente al sistema topográfico del tiro.

Finalmente, una vez efectuado el ajuste, corresponde integrar la información al control topográfico del tiro. En esta fase, las coordenadas ya compatibilizadas pueden ser empleadas como base complementaria para orientar el reconocimiento, agilizar la preparación topográfica y reducir el tiempo inicial

requerido para la obtención de datos. No obstante, esta integración debe realizarse siempre dentro del marco del control topográfico de campaña, verificando que la información ajustada mantenga coherencia con las mediciones reales obtenidas en el terreno.

En síntesis, el procedimiento práctico propuesto puede entenderse como una secuencia lógica compuesta por seis momentos: primero, obtener coordenadas preliminares en Google Earth; segundo, efectuar una apreciación visual y técnica del terreno; tercero, medir el rumbo inicial con GB; cuarto, determinar la diferencia de referencia entre ambos sistemas; quinto, aplicar la transposición de rumbos; y sexto, integrar las coordenadas ajustadas al control topográfico del tiro. De esta manera, la propuesta no reemplaza el trabajo topográfico convencional, sino que lo fortalece, permitiendo una preparación más rápida sin perder la precisión y la coherencia espacial que exige la artillería.