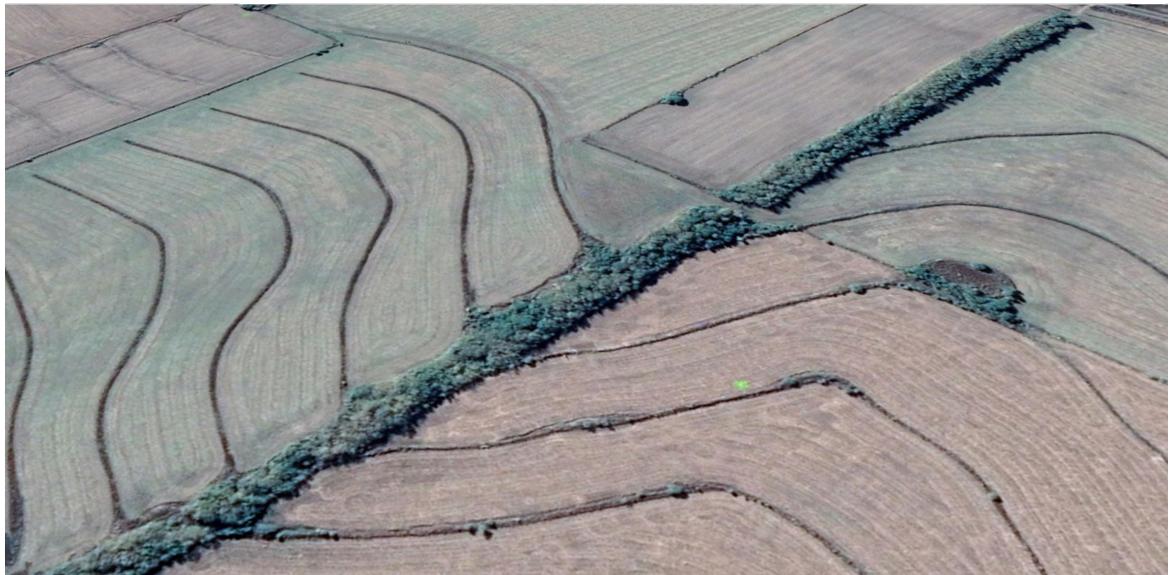


**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE  
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y  
NATURALES Y AGRIMENSURA**

**Trabajo Final de Ingeniería en Agrimensura**

**Rol del Ingeniero Agrimensor en la Planificación y Diseño de  
Terrazas Agrícolas para el Control Efectivo de la Erosión  
Hídrica.**

---



**Winkler Hikkilo, Eric Leonel -  
Año 2025**

**Profesor orientador: Ing. Agrim. Edgar José Zorzoli**

## **INDICE**

|   |                |
|---|----------------|
| <b>Introducción.....</b>  | <b>pág. 2</b>  |
| <b>Capítulo 1: Objetivos.....</b>   | <b>pág. 4</b>  |
| <b>Capítulo 2: Localización geográfica y características generales del área<br/>de trabajo.....</b>             | <b>pág. 5</b>  |
| <b>Capítulo 3: Marco teórico Y conceptual.....</b>  | <b>pág.10</b>  |
| <b>Capítulo 4: Descripción del instrumental utilizado.....</b>  | <b>pág. 21</b> |
| <b>Capítulo 5: Estimación paramétrica de la erosión hídrica y prácticas de<br/>conservación del suelo .....</b> | <b>pág. 25</b> |
| <b>Capítulo 6: Estudio previo.....</b>  | <b>pág. 35</b> |
| <b>Capítulo 7: Tareas de campo y relevamiento.....</b>  | <b>pág. 40</b> |
| <b>Capítulo 8: Procesamiento en gabinete de los datos obtenidos.....</b>  | <b>pág. 46</b> |
| <b>Conclusión.....</b>  | <b>pág. 78</b> |
| <b>Bibliografía.....</b>  | <b>pag.80</b>  |

## INTRODUCCIÓN

Según la definición proporcionada por la Federación Internacional de Geómetras (F.I.G.), el profesional de la Agrimensura es aquel que posee la "formación académica y experiencia técnica para practicar la ciencia de la medición; para acopiar y valorar la información geográfica y del suelo, usar esta información territorial con fines de planeamiento e implementación de una eficiente administración del suelo, del mar y las estructuras consiguientes, y fomentar el avance y desarrollo de tales prácticas". Es por esto que el Ingeniero Agrimensor cuenta con la capacidad de interpretar, medir y representar la información territorial, con el objetivo de proporcionar datos fundamentales para la evaluación, explotación y transporte de recursos productivos, así como para el ordenamiento, certificación y registro de derechos otorgados por ley sobre estos territorios.

De acuerdo a las incumbencias profesionales que posee el Ingeniero Agrimensor para: "estudiar, proyectar, dirigir y ejecutar sistemas geométricos planialtimétricos y mediciones complementarias para el estudio, proyecto y replanteo de obras", y "realizar e implementar levantamientos planialtimétricos, topográficos, hidrográficos y fotogramétricos, con representación geométrica, gráfica y analítica"; utilizando como base la sólida formación académica recibida durante la carrera se realizó el presente Trabajo Final que abarca los contenidos desarrollados en materias como: "Geodesia Física y Global", "Geografía Física y Geomorfología", "Cartografía", "Fotogrametría", "Fotointerpretación y Teledetección", "Topografía" y "Sistemas de Información Territorial". Este consistió en la planificación y diseño de terrazas agrícolas para el control efectivo de la erosión hídrica de un terreno rural perteneciente al Municipio de Viale, Provincia de Entre Ríos; para dar inicio, se realizó un análisis de la zona de trabajo utilizando información geoespacial, que consistió en cartas topográficas del IGN (Instituto Geográfico Nacional), cartas de suelos del INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria) e imágenes satelitales de Google Earth. Posteriormente, teniendo en cuenta el análisis previo y la inspección de la zona de trabajo, se planificó y se realizó un relevamiento planialtimétrico a través de métodos geodésicos y fotogramétricos que permitieron una recolección de datos del terreno de manera precisa y detallada, proporcionando los parámetros necesarios para la cuantificación de la erosión hídrica como así también para el diseño de las terrazas, asegurando que se ubiquen en las posiciones óptimas para controlar la erosión y gestionar el agua eficientemente.

---

Este trabajo surgió como respuesta a la creciente preocupación por los efectos adversos de la erosión hídrica en áreas rurales de la provincia de Entre Ríos. Factores como la eliminación de la vegetación nativa, prácticas agrícolas intensivas y las características topográficas y edáficas de la región contribuyen a este fenómeno. Para mitigar sus efectos, la implementación de terrazas agrícolas se presenta como una solución efectiva y sostenible. Estas estructuras, creadas mediante terraplenes y bordos de tierra dispuestos perpendicularmente a la pendiente del terreno, disminuyen la velocidad del escurrimiento del agua y reducen el arrastre de suelo. Además, conducen el agua superficial a velocidades no erosivas, evitando daños en el terreno y facilitando la absorción del agua en el suelo.

Las prácticas de conservación de suelo mediante terrazas agrícolas no solo responden a la necesidad de mitigar la erosión hídrica, sino que también representan una oportunidad para mejorar la gestión sostenible de los recursos naturales. Este trabajo ofrece una metodología técnica y eficiente, que puede ser replicada en otras áreas rurales con problemas similares, aportando soluciones basadas en el conocimiento integral del territorio y en el uso de tecnologías de vanguardia.

## Capítulo 1: OBJETIVOS

### 1.1 OBJETIVO GENERAL:

Abordar los problemas de erosión hídrica en un terreno rural de Viale, Entre Ríos, mediante el estudio topográfico y el análisis morfológico del terreno, con el fin de obtener los parámetros necesarios para cuantificar la pérdida de suelo y reducir la erosión hídrica predominante en la zona. Para ello, se propone la planificación, el diseño de terrazas agrícolas adaptadas al relieve local, fundamentadas en cálculos técnicos de erosión.

### 1.2 OBJETIVOS PARTICULARES:

- Realizar un análisis previo de la zona de trabajo mediante la interpretación de cartas topográficas, cartas de suelo e imágenes aéreas para obtener información relevante sobre las características del suelo y la topografía del área de estudio.
- Ejecutar un relevamiento planialtimétrico del terreno utilizando métodos geodésicos y fotogramétricos para obtener datos precisos del terreno.
- Procesar los datos obtenidos para generar un Modelo Digital del Terreno (MDT) que represente fielmente la configuración actual del terreno.
- Diseñar y ajustar el trazado de terrazas agrícolas adecuadas a las condiciones específicas del terreno, determinando su espaciamiento óptimo con el fin de reducir la erosión hídrica a niveles tolerables.

## Capítulo 2: LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA Y CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL ÁREA DE TRABAJO

### 2.1 PROVINCIA DE ENTRE RÍOS

La provincia de Entre Ríos se encuentra en el noreste de Argentina, formando parte de la región Mesopotámica. Su territorio está comprendido entre los paralelos 30° 10' y 34° 03' de latitud sur, y los meridianos 57° 48' y 60° 47' de longitud oeste. Limita al sur con la provincia de Buenos Aires, al oeste con la provincia de Santa Fe, al este con la República Oriental del Uruguay, y al norte con la provincia de Corrientes. La provincia cubre una superficie total de aproximadamente 7.654.600 hectáreas, de las cuales más de 1.544.529 hectáreas corresponden a áreas de delta, pre-delta e islas, mientras que el resto es tierra firme.



Imagen 1: Provincia de Entre Ríos.

La capital de la provincia es Paraná, y Entre Ríos se organiza en 17 departamentos. Políticamente, se destaca por su actividad agropecuaria, especialmente en cultivos de soja, maíz y trigo, junto con la ganadería.

## Características climáticas

Entre Ríos presenta dos grandes zonas climáticas. En el norte de la provincia, el clima es subtropical húmedo, mientras que el resto del territorio tiene un clima templado húmedo sin estación seca. La precipitación anual varía de 1.000 mm a 1.400 mm, con una mayor concentración de lluvias entre octubre y abril, lo que representa el 73% de la precipitación total.

En verano, las mayores precipitaciones se registran en la parte occidental, mientras que en invierno es la parte oriental la que recibe más lluvias. En otoño, la distribución de las precipitaciones tiende a ser uniforme en toda la provincia. La temperatura media anual oscila entre 16°C y 20°C, disminuyendo gradualmente de norte a sur.

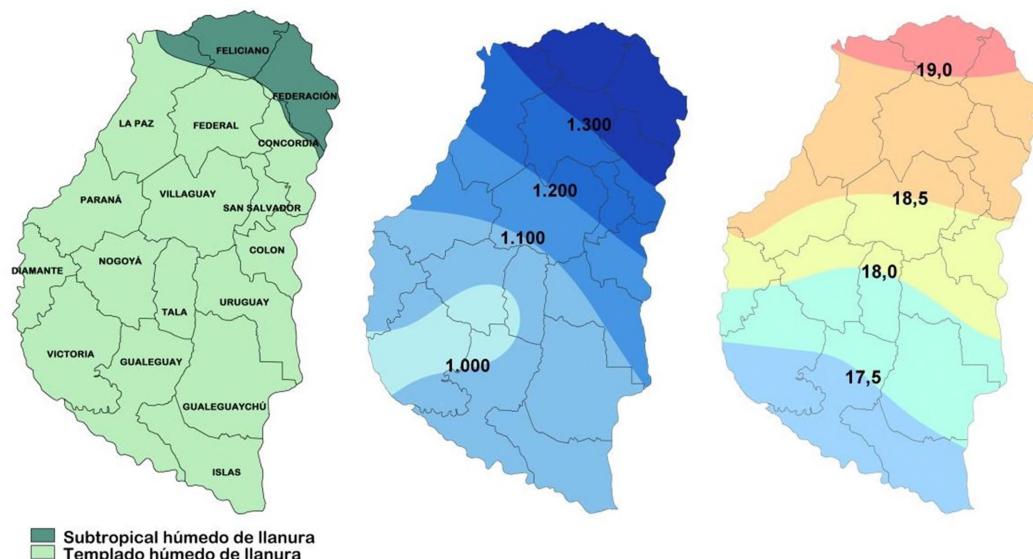


Imagen 2: Caracterización climática de Entre Ríos: (Izq.) Regiones climáticas, (Centro) Precipitaciones medias anuales y (Der.) Temperatura media anual.

## Características fisiográficas y edáficas

Entre Ríos se caracteriza por su peniplanicie ondulada, con altitudes que alcanzan hasta los 119 metros sobre el nivel del mar, marcando un contraste con la plana llanura pampeana circundante. Las principales formaciones geográficas incluyen la Cuchilla de Montiel y la Cuchilla Grande, que atraviesan la provincia de norte a sur. Estas elevaciones se intercalan con terrazas aluviales antiguas, particularmente hacia

el este, cerca del río Uruguay, y con amplios valles fluviales que forman una densa red hidrográfica en la región.

Los suelos predominantes en Entre Ríos se clasifican en cinco grandes órdenes: Vertisoles, Molisoles, Alfisoles, Entisoles e Inceptisoles. Aproximadamente el 70% de la tierra firme en la provincia muestra suelos con características vírticas, lo que significa que son altamente susceptibles a la expansión y contracción debido a su contenido de arcilla. Este tipo de suelo presenta baja capacidad de infiltración, lo que, sumado a la topografía ondulada, predispone gran parte de la provincia a procesos de degradación por erosión hídrica.

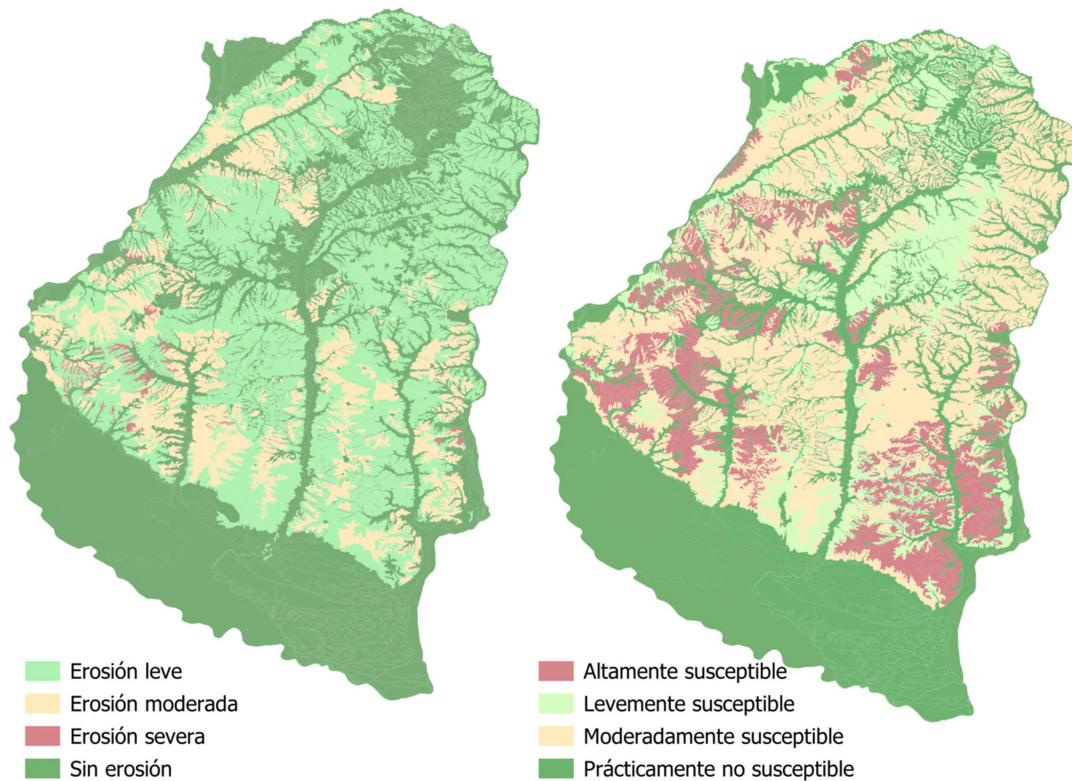


Imagen 3. (Izq.) Grado de erosión hídrica actual, (Der.) grado de susceptibilidad a la erosión hídrica.

## 2.2 LOCALIDAD DE VIALE

El área de estudio se encuentra en la localidad de Viale, dentro del departamento Paraná, uno de los más importantes de la provincia de Entre Ríos. Viale es un municipio agrícola-ganadero que abarca tanto áreas urbanas como rurales, distribuidas en los distritos de María Grande 1º y Quebracho. Su localización estratégica, a 57 km de la ciudad de Paraná, le permite tener acceso a dos rutas

---

principales: la RN 18, que la comunica con Paraná, y la RP 32, que conecta Viale con localidades cercanas como Hasenkamp, María Grande, Seguí, Crespo y Diamante.

La economía de Viale está fuertemente orientada a la producción agrícola, con énfasis en cultivos como soja, maíz y trigo, junto con la producción ganadera. Esta actividad productiva ha tenido un impacto significativo en el uso del suelo, contribuyendo en algunas áreas a la pérdida de la cubierta vegetal natural y exponiendo el terreno a procesos de erosión, que es el tema central de este estudio.

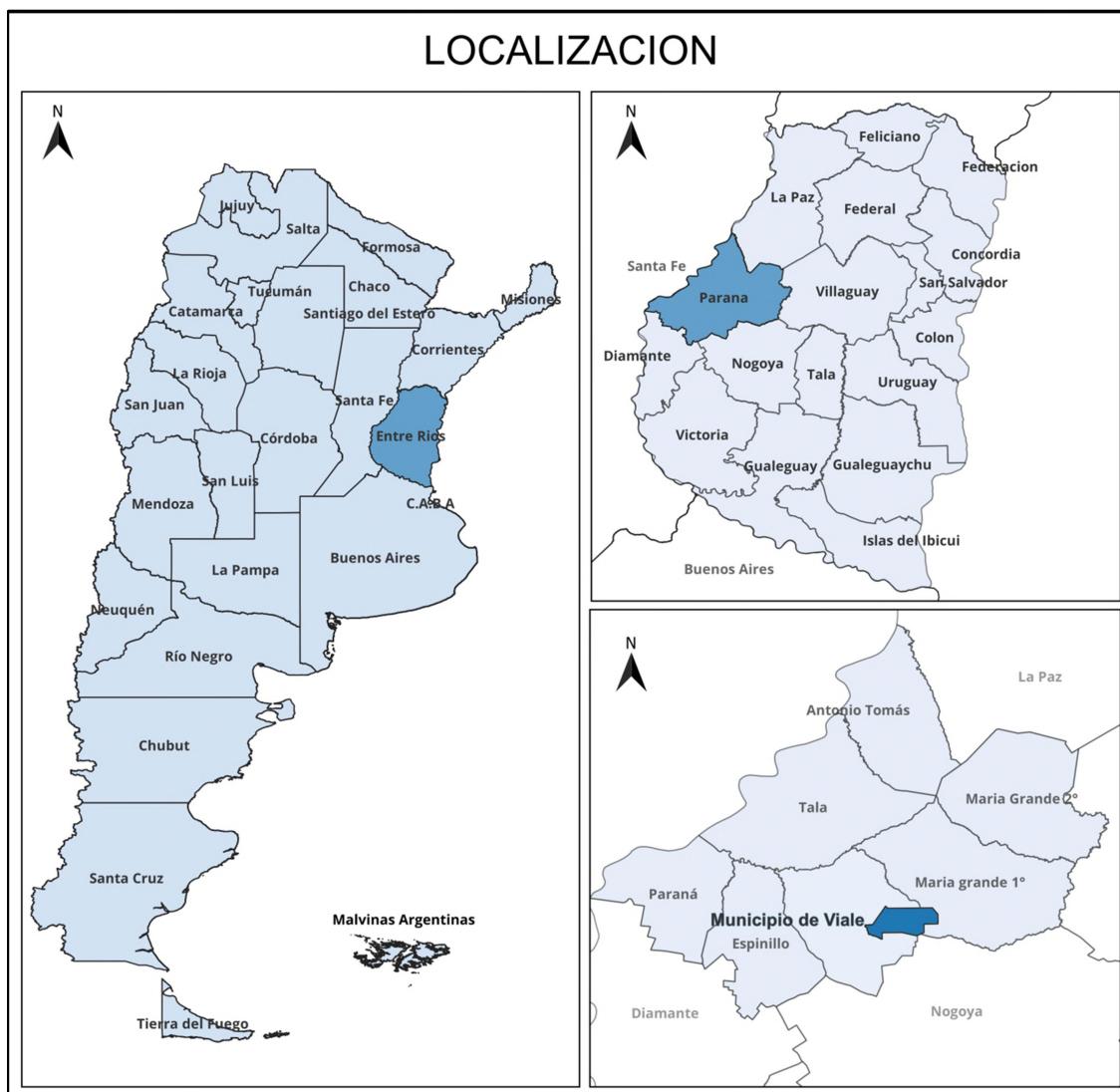
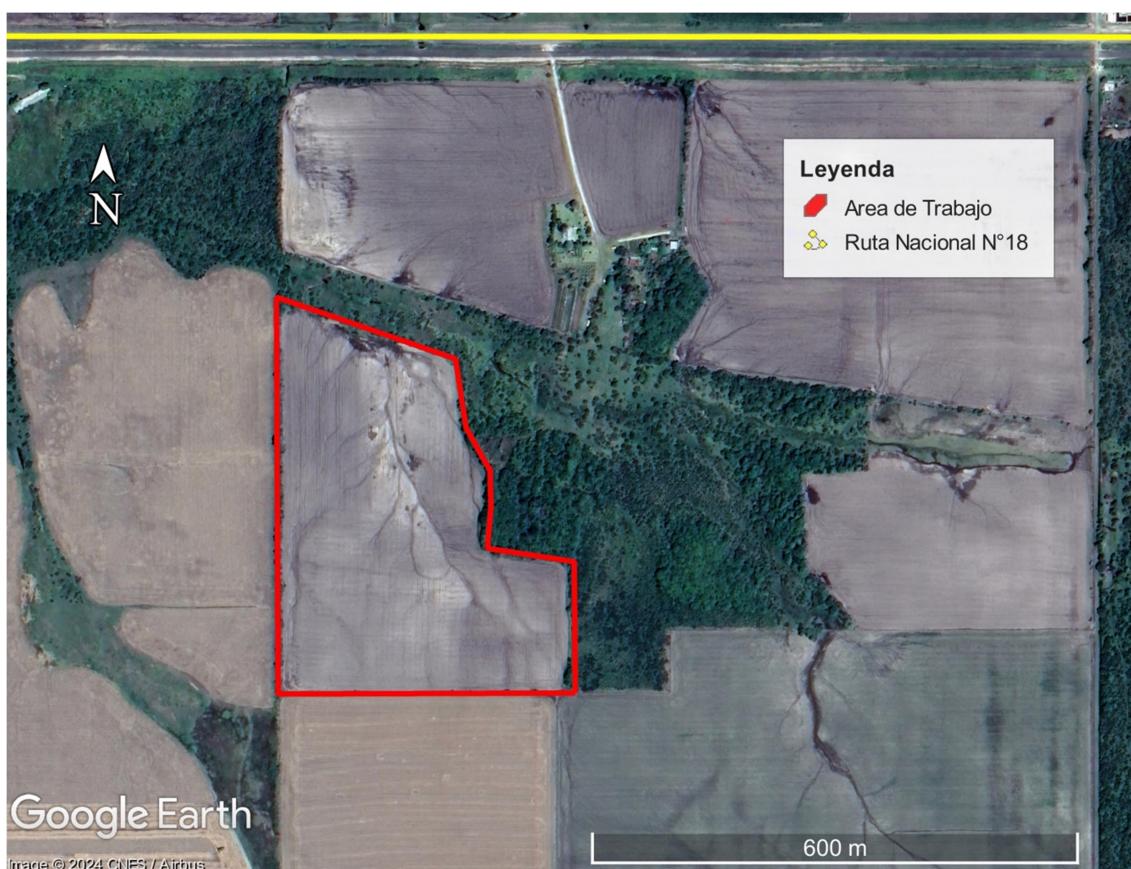


Imagen 4: Localización de la Prov. De Entre Ríos, del Dpto. Paraná, y del Municipio de Viale.

## 2.3 ÁREA DE TRABAJO

El área de trabajo se ubica en la zona rural al noreste de la localidad de Viale, aproximadamente a 6 kilómetros de la planta urbana. La superficie total del terreno de estudio es de 12,42 hectáreas, y presenta una topografía ondulada con pendientes moderadas. Estas características, sumadas al uso intensivo del suelo para fines agrícolas, han generado condiciones favorables para la erosión hídrica, lo que hace necesario implementar medidas de conservación del suelo.



*Imagen 5: Imagen satelital de Google Earth del área de trabajo.*

## Capítulo 3: MARCO TEORICO Y CONCEPTUAL

### 3.1 SUELO

El suelo es una porción tridimensional y dinámica del paisaje que se desarrolla tanto en profundidad como en extensión. Está vinculado principalmente con el clima, que incluye factores como temperaturas y precipitaciones; el material generador, que se refiere a la roca madre de la que se origina; y la topografía, que influye en su formación y evolución.

El suelo se caracteriza por una serie de estratos denominados horizontes. Al analizar una porción de suelo, se pueden distinguir los siguientes componentes: la parte sólida, que constituye entre el 60% y 70% del suelo y está compuesta principalmente por una fracción mineral; la materia orgánica, que representa entre el 5% y 10% del suelo; y los poros, que son espacios de variado tamaño que contienen agua (25% a 30%) y aire (15% a 25%).

### Propiedades del Suelo

La parte mineral del suelo se clasifica en arenas, limos y arcillas según el tamaño de las partículas. Las propiedades del suelo se determinan por:

- **Textura:** Proporción de arena, limo y arcilla que afecta el drenaje y la facilidad de trabajo del suelo. Los suelos arcillosos retienen mucha humedad, los arenosos son más secos y los francos ofrecen un equilibrio ideal para la agricultura.
- **Estructura:** Organización de las partículas y poros en los horizontes del suelo, esencial para la retención y movimiento del agua. La estructura puede ser alterada por prácticas agrícolas y ganaderas, y se clasifica en macroestructura (visible) y microestructura (requiere microscopios).
- **Color:** Refleja la composición mineral y la cantidad de materia orgánica. Los colores varían desde blanco y amarillo por cuarzo y calcita, hasta tonos pardos y rojizos por materiales arcillo-silicatados, y rojo o amarillo por óxidos de hierro.

### Taxonomía de los Suelos

La taxonomía de suelos es un sistema de clasificación que categoriza los suelos en función de sus características morfológicas, físicas, químicas y biológicas.

---

Basado en la Soil Taxonomy del USDA, organiza los suelos en una jerarquía de categorías que permite identificar y diferenciar más de 23.000 series de suelos en todo el mundo. La clasificación se estructura en categorías superiores e inferiores. Entre las categorías superiores se encuentran los órdenes, que son grupos amplios basados en características generales como los Alfisoles y Entisoles; los subórdenes, que dividen los órdenes en grupos que reflejan diferencias significativas; y los grandes grupos, que agrupan suelos basados en características pedológicas más específicas. Entre las categorías inferiores se encuentran los subgrupos, que destacan variaciones dentro de los grandes grupos con características particulares; las familias, que reflejan aspectos físicos del suelo, como textura y composición; y las series, que son la categoría más específica, identificando suelos con características muy similares en un área concreta.

### 3.2 EROSIÓN HIDRICA

#### Definición

La erosión hídrica es un proceso de desgaste del suelo causado por la acción de agentes externos como la lluvia, la escorrentía y la gravedad. Este proceso implica tres fases principales: desprendimiento, transporte y deposición de partículas de suelo.

#### Principales Agentes de Erosión Hídrica:

- **Energía cinética de la gota de lluvia:** La energía de las gotas de lluvia impacta la superficie del suelo, rompiendo los terrones y agregados del mismo. Esto genera una erosión por salpicadura, donde las partículas desprendidas son desplazadas pendiente abajo. Este fenómeno está relacionado con la pérdida de infiltración del suelo.
- **Escorrentía en movimiento:** La escorrentía, que es el agua que fluye sobre la superficie del suelo, es otro agente erosivo. Puede desprender y transportar partículas de suelo, siendo más evidente en fenómenos como cárcavas. El transporte de sedimentos depende del tipo de flujo:
  - Flujo laminar: Se mueve lentamente y arrastra menos partículas.
  - Flujo turbulento: Responsable de la mayor parte del transporte de sedimentos debido a su mayor velocidad.

- **Gravedad:** La gravedad actúa directamente, moviendo el suelo en áreas con pendientes pronunciadas, especialmente cuando está mojado. Esto se observa en movimientos en masa, deslizamientos de laderas y avalanchas.

El comportamiento de los distintos tipos de suelos frente a estos procesos es variable, ya que en algunos suelos la erosión estará limitada por la capacidad de desprendimiento, y en otros por la capacidad de transporte. En suelos arcillosos, de alta cohesión y adhesión de las partículas, la erosión estará limitada por la capacidad de desprendimiento del suelo. Para el caso de suelos arenosos, con muy baja estabilidad del material, la erosión estará limitada por la capacidad de transporte, ya que los suelos presentan alta permeabilidad.

## Tipos De Erosión Hídrica

- **Salpicadura**

La erosión por salpicadura ocurre cuando las gotas de lluvia impactan sobre un suelo desnudo, creando pequeños cráteres en la superficie. Este proceso libera partículas que pueden desplazarse hasta 150 cm. Las arenas finas son especialmente vulnerables. La erosión por salpicadura puede formar una costra superficial que reduce la infiltración inicial del agua, y su intensidad está relacionada con la energía cinética de la lluvia y la estabilidad de los agregados del suelo. La presencia de vegetación arbórea puede intensificar la erosión por salpicadura al aumentar el tamaño de las gotas de agua.

- **Laminar**

La erosión laminar es cuando el agua de escorrentía arrastra una capa fina y uniforme de suelo sobre toda la superficie, similar a una lámina. Aunque sutil, puede causar una pérdida significativa de suelo, especialmente en partículas pequeñas desprendidas por la energía de la lluvia. Este tipo de erosión es común en áreas con pendientes bajas y suelos con capacidad de infiltración reducida, y su impacto acumulativo es considerable.

- **Por surcos**

La erosión por surcos ocurre cuando el flujo de agua concentrado, guiado por la microtopografía del terreno, incrementa su capacidad de desprendimiento y transporte del suelo. Los surcos se caracterizan por formar pequeñas cabeceras que erosionan retrocedente, es decir, en dirección contraria al flujo del agua. La velocidad de avance de los surcos depende de la cohesión del suelo, la altura del salto de agua en la cabecera y la velocidad del flujo. Este tipo de erosión puede ser identificado y corregido con herramientas de labranza.

- **En cárcavas**

Las cárcavas son formas graves de erosión hídrica, donde el flujo de agua profundiza la superficie del suelo, causando un daño permanente. Las cárcavas no pueden ser borradas por labranzas. Su tasa de erosión depende de factores como el potencial de escurrimiento, el área de drenaje, la cohesión del suelo y la pendiente. Las cárcavas tienen forma de "U" en suelos menos cohesivos y "V" en suelos más cohesivos. Se desarrollan a partir de un salto hidráulico, creando una cabecera de erosión que avanza de forma retrocedente. Pueden estar activas, con avance continuo, o inactivas, estabilizadas con vegetación.

- **Movimientos en masa**

Los movimientos en masa implican el desplazamiento de grandes volúmenes de material como rocas y suelo ladera abajo. Se producen en condiciones de humedad, pendiente y tipo de suelo especiales, principalmente por la superación de la resistencia al esfuerzo cortante debido a la gravedad, la saturación del suelo y la disminución de la cohesión del material. Son comunes en suelos someros sobre materiales impermeables y en terrenos con fuertes pendientes, facilitados por un aumento en el peso del suelo y una disminución de su resistencia al corte.

- **Erosión de cursos permanentes**

Los bordes y fondos de ríos y arroyos son vulnerables a la erosión debido a la fuerza de las corrientes. En los márgenes, la erosión socava la base de la orilla, especialmente en las curvas del río, causando desmoronamientos. En el fondo del cauce, la erosión se debe a la pérdida gradual del material del lecho, influenciada por

---

el flujo del agua, la cantidad de sedimentos y la naturaleza del fondo. Las actividades humanas, como la extracción de materiales, la construcción de embalses y la deforestación, pueden agravar esta erosión.

### 3.3 TOPOGRAFÍA

#### Definición y Conceptos Básicos

La topografía es la ciencia que se encarga de estudiar los principios y procedimientos necesarios para determinar y representar la forma, dimensiones y ubicación de una porción de la superficie terrestre. Esta disciplina se basa en la ubicación espacial de puntos en la Tierra con respecto a un sistema de referencia, que generalmente es un sistema de coordenadas.

Debido a la infinita cantidad de puntos que existen en la superficie terrestre, en la práctica se seleccionan aquellos puntos característicos que mejor describen el terreno. La topografía se enfoca en áreas relativamente pequeñas, donde la curvatura de la Tierra es insignificante, lo que simplifica las mediciones y cálculos.

#### Nivelación

La nivelación es el conjunto de operaciones que permiten determinar la diferencia de altura entre dos puntos. La altura de cada punto se mide a lo largo de la vertical que pasa por dicho punto, desde una superficie de comparación hasta el punto en cuestión.

- Si la superficie de comparación es paralela al geoide, también conocida como "Plano de Comparación" local, la altura se denomina "cota".
- Si la superficie de comparación es el propio geoide (coincidente con el nivel medio del mar), la altura se denomina "altitud".

#### Perfiles

Un perfil topográfico es la figura obtenida al cortar el terreno a lo largo de una línea con un plano vertical y representar en un papel la sección resultante. Si se toman una serie de puntos a lo largo de esa línea, producto de la intersección de la superficie terrestre con el plano vertical, y se representan esos puntos en un plano horizontal

---

mediante coordenadas rectangulares X e Y (distancias y alturas de los puntos), se obtiene el perfil topográfico.

Los perfiles se clasifican en dos tipos:

- **Perfiles Longitudinales:** Se realizan a lo largo del eje de la franja de la superficie terrestre que se desea estudiar.
- **Perfiles Transversales:** Se llevan a cabo de forma perpendicular al eje longitudinal.

Para la representación gráfica de los perfiles, se adopta una escala vertical para las alturas y una escala horizontal para las distancias entre los puntos.

## Planimetría

La planimetría es la rama de la topografía que se dedica a la representación de la superficie terrestre sobre un plano. Su enfoque principal es el conjunto de métodos y procedimientos que permiten lograr una representación a escala de todos los detalles importantes del terreno, excluyendo el relieve y representando los detalles en una proyección horizontal.

## Altimetría

La altimetría tiene como objetivo representar la verdadera forma del terreno. Para ello, se utiliza la proyección acotada, que consiste en representar los puntos de la superficie del terreno mediante su proyección ortogonal sobre un plano horizontal. A cada punto se le asigna un número o cota que indica la distancia del punto respecto a un plano de comparación.

La altimetría se encarga de la determinación de las diferencias de altura entre los puntos y el plano de comparación, proporcionando una representación precisa del relieve del terreno.

### 3.4 SISTEMAS DE REFERENCIA

Los sistemas de referencia son herramientas matemáticas fundamentales para asignar coordenadas a puntos sobre la superficie terrestre. Su definición es esencial

---

para establecer la posición de puntos en un sistema de coordenadas que cuenta con un origen, orientación, y escala accesible para todos los usuarios.

## Clasificación de los Sistemas de Referencia

- **Espaciales:** Están diseñados para observar y localizar fuentes astronómicas distantes con gran precisión, utilizando un sistema de coordenadas con un origen, orientación y escala determinados.
- **Terrestres:**
  - **Locales:** Definidos por un punto Datum que establece el origen y la orientación, generalmente asociados a un elipsoide de revolución. Estos sistemas se basan en las coordenadas celestes y fueron comunes hasta la década de 1990. A partir de entonces, se comenzó a utilizar sistemas globales. Un ejemplo es el POSGAR 94, el primer marco de referencia global adoptado en América del Sur.
  - **Globales:** Se basan en un sistema de ejes cartesianos ortogonales cuyo origen está cercano al centro de masas de la Tierra. Su orientación está definida por la posición del polo de rotación terrestre y su vinculación con un meridiano (como el WGS84 e ITRS).

## Sistemas de Referencia Geodésicos

Los sistemas de referencia geodésicos son un conjunto de prescripciones y convenciones que junto con los modelos necesarios permiten definir en el espacio y en cualquier momento la posición de una terna de ejes cartesianos ortogonales, mediante la cual se posibilita la representación de la superficie terrestre. No es más que un conjunto de algoritmos matemáticos que van a permitir determinar puntos sobre la superficie terrestre. Un sistema de referencia no se puede determinar por mediciones, se define convencionalmente. Lo importante y complejo para la geodesia es obtener la precisión adecuada (muy alta) que la misma requiere.

Para pasar de un sistema de referencia a otro conocido es necesario tomar puntos en común y luego aplicar parámetros de transformación. Uno de los métodos más conocidos es la “transformación de Molodensky”.

---

## Marcos de Referencia Geodésicos

Los Marcos de Referencia son la materialización del Sistema de Referencia a través de las coordenadas de un número finito de puntos accesibles para su ocupación. Hay que cuidar que la materialización del marco siga estrictamente la definición del sistema.

Las coordenadas de los puntos son consistentes entre sí para una época determinada. Los marcos modernos tienen 4 coordenadas: X, Y, Z y época. Es de gran importancia conocer con exactitud la época ya que la Tierra está en constante movimiento (sus placas tectónicas) y el movimiento de un día no es igual al de otro.

## Sistema de Proyección Cartográfica Gauss-Krüger

El sistema de proyección cartográfica Gauss-Krüger es utilizado en Argentina para la confección de cartas topográficas. Este sistema es una proyección cilíndrica transversal conforme, lo que significa que preserva los ángulos y las formas en áreas pequeñas. En este método, la República Argentina, incluyendo las Islas Malvinas, se divide en 7 fajas meridianas que se extienden de Oeste a Este. Cada una de estas fajas tiene un ancho de 3° de longitud y una longitud de 34° de latitud.

El sistema asigna al meridiano central de cada faja un valor arbitrario de 500,000 metros para evitar coordenadas negativas, mientras que el origen de las ordenadas se establece en el Polo Sur, incrementándose hacia el norte. Este sistema ha sido empleado por el Instituto Geográfico Nacional (IGN) desde 1925 para representar la posición horizontal de los puntos geodésicos en Argentina, utilizando coordenadas geodésicas de latitud y longitud. Su uso es comparable al del sistema UTM (Universal Transverse Mercator) en otras partes del mundo, pero adaptado a las necesidades locales del país.

### 3.5 GEORREFERENCIACIÓN

La georreferenciación es el proceso mediante el cual se determina la posición precisa de una entidad geográfica en la superficie terrestre. Este proceso se basa en la utilización de un sistema de coordenadas y un sistema de proyección, que permiten representar el geoide terrestre en un mapa o plano.

---

El elipsoide de referencia, que es la base del sistema de proyección seleccionado, se utiliza para expresar las elevaciones generalmente en metros sobre el nivel del mar.

En cuanto a los levantamientos geodésicos, estos se diferencian por la técnica utilizada y el propósito para el cual se llevan a cabo. Cuando se trata de grandes áreas, es esencial tener en cuenta la curvatura de la superficie terrestre para garantizar la precisión en la representación y medición de las coordenadas geográficas.

## **Posicionamiento**

El posicionamiento es el proceso de asignar coordenadas a un punto en relación con un sistema de ejes, lo que define su posición de manera única y universal.

## **Posicionamiento Espacial**

El posicionamiento espacial se refiere al proceso de determinar posiciones en la superficie terrestre mediante la medición de ondas electromagnéticas enviadas o reflejadas desde un objeto en órbita sobre la superficie terrestre.

# **SISTEMA DE NAVEGACIÓN GLOBAL POR SATÉLITE (GNSS)**

## **Definición y Conceptos Básicos**

El Sistema de Navegación Global por Satélite (GNSS) es una infraestructura basada en constelaciones de satélites que permite determinar las coordenadas espaciales (posición, altura y tiempo) de un punto en cualquier lugar del planeta, tanto en movimiento como en reposo, bajo cualquier condición meteorológica y en todo momento.

## **Principio de Funcionamiento**

El GNSS determina la posición de un receptor en tierra calculando su distancia a al menos cuatro satélites visibles. Conociendo la posición exacta de cada satélite (efemérides) y la distancia medida entre cada satélite y el receptor, el equipo resuelve un sistema de ecuaciones que permite calcular las tres coordenadas espaciales del

---

receptor (X, Y, Z o Latitud, Longitud, Altura) y la corrección del error del reloj interno del receptor ( $\Delta t$ ).

## Métodos de Posicionamiento

Los métodos de posicionamiento se pueden clasificar según diferentes criterios:

- Según el Sistema de Referencia:
  - **Absoluto:** Calcula la posición de un punto utilizando pseudodistancias con un solo receptor.
  - **Diferencial:** Reduce la mayoría de los errores inherentes al GNSS. Utiliza dos receptores operando simultáneamente: uno de referencia para supervisar y transmitir correcciones, y otro itinerante que aplica estas correcciones a sus mediciones. Las correcciones pueden aplicarse en tiempo real (RTK) o en post-proceso.
- Según el Movimiento del Receptor:
  - **Estático:** Determina coordenadas X, Y, Z de un punto fijo mediante observaciones prolongadas. En el caso del posicionamiento diferencial, también se obtienen diferencias ( $\Delta X$ ,  $\Delta Y$ ,  $\Delta Z$ ). Existe redundancia en la observación.
  - **Dinámico:** Menos preciso que el estático, con un tiempo de duración de 10 minutos para bases de 5 km. Se optimiza rastreando seis o más satélites y es rápido y eficiente en comparación con métodos clásicos.
  - **Cinemático:** Obtiene coordenadas X, Y, Z en función del tiempo mientras el receptor está en movimiento. No hay redundancia en las coordenadas, ya que se obtiene una muestra única de datos.
  - **STOP and GO:** El receptor móvil se detiene por varios segundos en cada punto para mantener contacto con los satélites mientras se desplaza.

### 3.4 FOTOGRAFETRÍA

La fotogrametría es la ciencia que estudia y define con precisión la forma, dimensiones y posición en el espacio de un objeto, utilizando medidas obtenidas a partir de fotografías terrestres o aéreas. Esta técnica es especialmente útil para levantamientos topográficos de grandes superficies, largas trazas, o la representación de elementos inaccesibles.

---

El levantamiento topográfico mediante fotogrametría se basa en la captura de imágenes a través de vuelos planificados. Estos vuelos siguen un proyecto de vuelo que establece parámetros y valores específicos. Posteriormente, se procesan las imágenes utilizando software especializado para obtener productos finales que reflejan el relieve del área relevada de manera orientada y a escala.

De estas técnicas pueden obtenerse productos como:

- **Ortofotografía:** Imagen rectificada y georreferenciada con coordenadas conocidas para cada punto. Combina la calidad gráfica de una fotografía con las propiedades geométricas de un plano.
- **Modelo Digital del Terreno (MDT):** Representación tridimensional de la superficie del terreno, que incluye alturas, elevaciones y elementos geográficos como ríos y líneas de crestas.
- **Cartografía Base:** Mapa realizado según normas cartográficas oficiales, basado en observación y medición directa de la superficie terrestre.

Para garantizar un posicionamiento, orientación y escalado precisos, es necesario un apoyo fotogramétrico. Este consiste en el levantamiento de puntos identificados en las fotografías o previamente señalizados en el campo, utilizando métodos topográficos o geodésicos para obtener sus coordenadas en un sistema local o absoluto.

## Capítulo 4: DESCRIPCIÓN DEL INSTRUMENTAL UTILIZADO

4.1 RECEPTOR GNSS: SinoGNSS T300 plus.

### Especificaciones GNSS:

- Número de Canales: Múltiples canales para recibir señales de todas las constelaciones y frecuencias.
  - Canales Soportados:
    - GPS: L1, L2, L5
    - GLONASS: L1, L2, L3.
    - Galileo: E1, E5a, E5b.
    - BeiDou: B1, B2, B3.
- Códigos Soportados: C/A, P(Y), L1C, L2C.
- Portadoras Soportadas:
  - GPS: L1, L2, L5.
  - GLONASS: L1, L2, L3.
  - Galileo: E1, E5a, E5b.
  - BeiDou: B1, B2, B3.
- Medidas de Fase: L1, L2, L5 (para GPS); L1, L2, L3 (para GLONASS); E1, E5a, E5b (para Galileo); B1, B2, B3 (para BeiDou).
- Formatos Compatibles: RINEX (Receiver Independent Exchange Format), BINEX.



Imagen 6: Receptor GNSS SinoGNSS T300 plus

### Constelaciones GNSS Soportadas:

- GPS: Sistema de Posicionamiento Global.
- GLONASS: Sistema Global de Navegación por Satélite.
- Galileo: Sistema Global de Navegación por Satélite de la Unión Europea.
- BeiDou: Sistema de Navegación por Satélite de China.

### Modos de Operación:

- Estación base, rover y post-procesamiento.

### Especificaciones de Precisión:

- Precisión en Tiempo Real (RTK): Hasta 8 mm + 1 ppm en posición horizontal y 15 mm + 1 ppm en posición vertical.
- Precisión en Posicionamiento Estático: Hasta 3 mm + 0.5 ppm en posición horizontal y 5 mm + 0.5 ppm en posición vertical.

### Comunicación y Conectividad:

- Interfaces de Comunicación:
  - Puerto de datos serie RS232
  - Conexión USB
  - Conexión Bluetooth
  - Wi-Fi
- Protocolos de Comunicación:
  - RTCM (Radio Technical Commission for Maritime Services)
  - NMEA (National Marine Electronics Association)

### Dimensiones y Peso:

- Dimensiones: 200 mm x 200 mm x 160 mm (aproximadamente)
- Peso: Aproximadamente 1.5 kg (dependiendo de la configuración y accesorios).

### Software y Firmware:

- Software Compatible: Compatible con varios softwares de topografía y GIS como Trimble Business Center, Leica Geo Office, y ArcGIS.
- Actualizaciones: Soporte para actualizaciones de firmware para mejorar el rendimiento y agregar nuevas funcionalidades.

### Requisitos Ambientales:

- Temperatura de Operación: De -20°C a +60°C.
- Temperatura de Almacenamiento: De -40°C a +85°C.
- Condiciones Climáticas: Resistente a la humedad y al agua (con clasificación IP67).

#### 4.1 DRON: DJI Mavic Platinium Pro

##### Características Técnicas:

- Tiempo de Vuelo Máximo: Hasta 30 minutos (en condiciones ideales)
- Rango de Control: Hasta 7 km (según FCC) / 4.3 km (según CE)
- Velocidad Máxima: Hasta 65 km/h
- Altura Máxima de Vuelo: Hasta 5000 metros sobre el nivel del mar
- Motores: Motores sin escobillas (brushless)
- Número de Hélices: 4 (con sistema de plegado)
- Conectividad:
  - Puertos: USB-C para transferencia de datos
  - Conexión de Video: Transmisión en tiempo real HD a través del controlador
  - Controlador Remoto: Incluye joystick y pantalla integrada
- Batería:
  - Tipo de Batería: LiPo 3S (11.55V)
  - Capacidad: 3830 mAh
  - Tiempo de Carga: Aproximadamente 1 hora
- Dimensiones y Peso:
  - Dimensiones Desplegado: 83 x 83 x 198 mm
  - Dimensiones Plegado: 83 x 198 x 199 mm
  - Peso: Aproximadamente 765 gramos
- Requisitos Ambientales:
  - Temperatura de Operación: De 0°C a 40°C
  - Humedad Operativa: Hasta 80% sin condensación
- Sistema de Posicionamiento: GPS / GLONASS



Imagen 7: Dron DJI Mavic Platinium Pro

##### Cámara

- Sensor: 1/2.3" (CMOS), 12.35 Mpx efectivos
- Lente: FOV 78.8°, 26 mm (equivalente a 35 mm), f/2.2
- Distorsión: < 1.5%

- Rango ISO:
  - Video: 100-3200
  - Foto: 100-1600
- Velocidad del Obturador Electrónico: 8s - 1/8000 s
- Tamaño de Imagen: 4000×3000
- Modos de Fotografía:
  - Captura única
  - Disparo en ráfaga: 3/5/7 fotos
  - Bracketing de Exposición (AEB): 3/5 fotos con sesgo de 0.7 EV
- Modos de Grabación de Video:
  - C4K: 4096×2160 a 24p
  - 4K: 3840×2160 a 24/25/30p
  - 2.7K: 2720x1530 a 24/25/30p
  - FHD: 1920×1080 a 24/25/30/48/50/60/96p
  - HD: 1280×720 a 24/25/30/48/50/60/120p
- Bitrate Máximo de Video: 60 Mbps
- Archivos Soportados:
  - Foto: JPEG, DNG
  - Video: MP4, MOV (MPEG-4 AVC/H.264)
- Tarjetas SD Soportadas: Micro SD™ hasta 128 GB, Clase 10 o UHS-1

## **Capítulo 5: ESTIMACIÓN PARAMÉTRICA DE LA EROSIÓN HÍDRICA Y PRÁCTICAS DE CONSERVACIÓN DEL SUELO**

### **5.1 ESTIMACIONES PARAMÉTRICAS: MODELO RUSLE**

Existen varios modelos para la cuantificación de la erosión por lluvia, siendo la Ecuación Universal Revisada de Pérdida de Suelo (RUSLE), desarrollada por Renard et al. en 1997, una herramienta fundamental para estimar la pérdida de suelo por erosión hídrica. Esta representa una evolución de la ecuación original USLE, propuesta por Wischmeier y Smith en 1958, incorporando mejoras metodológicas y mayor adaptabilidad a distintas condiciones de uso del suelo y clima (Cisneros et al., 2012).

El modelo se basa en la capacidad de la lluvia para causar erosión y en la resistencia natural del suelo. Su aplicabilidad global se debe a que considera varios factores determinantes de la erosión hídrica, incluyendo precipitaciones, características del suelo, topografía, cobertura vegetal y prácticas de conservación. La RUSLE se usa para predecir la erosión del suelo en diversos escenarios, ya sea en terrenos agrícolas, pastizales o forestales.

El modelo es paramétrico y para predecir la erosión potencial se toma en consideración los siguientes factores que se desarrollaron mediante una unidad de evaluación llamada parcela estándar, que posee una longitud de 22,13 m sobre una pendiente uniforme de 9% en sentido longitudinal. Esta parcela se toma como base para definir la variación en L, S, C y P:

$$A = R * K * L * S * C * P$$

en donde:

A= pérdida anual de suelo en t/ha/año;

R= factor de erosividad por la precipitación pluvial;

K= factor de erodabilidad del suelo;

L= factor de longitud de la pendiente;

S= factor de gradiente de pendiente;

C= factor de manejo de cosechas;

P= factor del método de control de erosión.

---

### Erosividad por la precipitación pluvial: R

Este factor representa la erosividad de la precipitación pluvial, que se define como la capacidad potencial de la lluvia para provocar erosión. Es una función de dos características de las lluvias intensas: la energía cinética y la intensidad máxima durante 30 minutos.

A continuación se presenta la ecuación de regresión que describe la energía cinética de una lluvia:

$$E = 0.119 + 0.0873 * \log_{10} I$$

donde;

E = energía cinética de la lluvia en Mj/ha-mm y  
I = intensidad de la precipitación en mm/h.

El factor R se obtiene a través del producto de la Energía por la Intensidad horaria de una lluvia de duración igual a 30 minutos, que es una medida de la manera en que se combinan estas variables y define los efectos conjuntos del impacto de las gotas de lluvia y la turbulencia de la escorrentía con el transporte de las partículas del suelo procedentes de un campo.

La intensidad de 30 minutos de la tormenta se calcula a través de los registros de los pluviógrafos, localizando en ellos la mayor cantidad de lluvia caída en 30 minutos y multiplicando esta cantidad por 2 para expresarla en forma de intensidad horaria.

### Erodabilidad del suelo (K)

La erodabilidad del suelo es su vulnerabilidad o susceptibilidad a la erosión, expresada en unidades de perdida de suelo (t/ha) por cada punto de R (Mj\*mm/ha\*h). Este factor refleja el hecho de que diferentes suelos se erosionan a diferentes tasas cuando los demás factores que afectan a la erosión son los mismos. El factor K es función de cinco parámetros del suelo: porcentaje de limo más arena fina, porcentaje de arena, contenido de materia orgánica, estructura y permeabilidad.

---

El siguiente nomograma permite obtener el factor K. Los valores obtenidos corresponden a unidades del sistema americano, que deben ser consistentes con el uso de unidades de R.

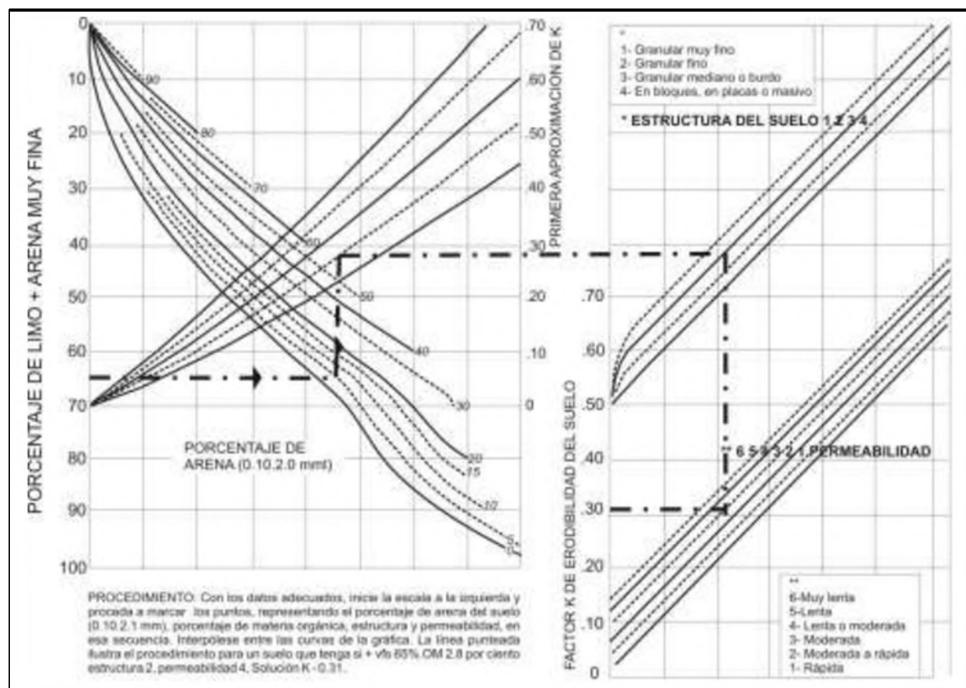


Imagen 8: Nomograma del factor K (Fuente: Cisneros et al., 2012).

### Longitud (L) y gradiente de pendiente (S)

La longitud de la pendiente se define como la distancia desde el punto de origen del flujo sobre la superficie hasta el punto donde la pendiente disminuye lo bastante como para que ocurra deposición o hasta el punto en el que el escurrimiento entra en un canal definido. El método agrega ambos valores para la obtención del factor LS, de tipo adimensional. El factor de longitud de la pendiente se definió como:

$$L = \left( \frac{x}{22.3} \right)^m$$

donde;

L: factor de longitud de pendiente.

x = longitud de la pendiente en m.

m = constante que depende de la pendiente (s), donde:

- m = 0,5 si la pendiente es mayor a 5 %.

- m = 0,4 si la pendiente está entre 5 % y 3 %.

- $m = 0,3$  si la pendiente está entre 3% y 1%.
- $m = 0,2$  si la pendiente es menor a 1%.

Para obtener el valor de S, se basó en investigaciones que determinaron que la perdida de suelo estaba correlacionada también con una descripción parabólica del efecto de la inclinación de la pendiente:

$$S = \frac{0.43 + 0.3 * s + 0.043 * s^2}{6.613}$$

donde;

S: factor de gradiente de la pendiente.

s: gradiente de la pendiente [%]

Como consecuencia, los valores de LS, pueden tratarse conjuntamente en la siguiente ecuación:

$$L = \left( \frac{x}{22.3} \right)^m * (0.065 + 0.045 * s + 0.0065 * s^2)$$

### Manejo de cultivos C

El factor manejo de cultivos, de unidad adimensional, representa la relación de perdida de suelo a partir de una condición específica de cobertura, con la pérdida de suelo a partir de un estado de barbecho continuo para el mismo suelo, pendiente y precipitación pluvial. La condición de barbecho desnudo, laboreado a favor de la pendiente toma el valor C=1

Cabe destacar que el cálculo de esta variable incluye los efectos interrelacionados de la cubierta de rastrojos, la secuencia y tipo de cultivos, el nivel de productividad, la duración de la estación de crecimiento, las prácticas de cultivo y los sistemas de labranza, entre otros. Cada una de las condiciones del suelo se distribuye anualmente y se integra con la erosividad de la lluvia, dando como resultado el factor C de la rotación establecida. En la siguiente tabla se pueden observar algunos valores orientativos para dicho factor, según distintos cultivos, usos y manejos de suelo:

**Rol del Ingeniero Agrimensor en la Planificación y Diseño de Terrazas Agrícolas para el Control Efectivo de la Erosión Hídrica.**  
**FaCENA-UNNE**

---

| Cultivo – Secuencia                           | Sistema de labranza |                 |
|---|---------------------|-----------------|
|   | Convencional        | Siembra Directa |
| Barbecho desnudo, a favor de la pendiente     | 1                   | -               |
| Trigo – Soja 2º                               | 0.15                | 0.09            |
| Soja 1º – Trigo                               | 0.49                | 0.07            |
| Soja – Maíz                                   | 0.34                | 0.10            |
| Soja - Soja                                   | 0.55                | 0.15            |
| Girasol – Girasol                             | 0.40                | 0.10            |
| Maní  | 0.55                | -               |
| Sorgo – Soja                                  | 0.44                | 0.13            |
| Campo natural                                 | 0.02                | -               |
| Gramíneas perennes                            | 0.05                | 0.02            |
| Pasturas alfalfa + gramíneas                  | 0.05                | 0.02            |
| Verdeo de invierno                            | 0.15                | 0.09            |
| Forestación artificial (Eucaliptos de 8 años) | 0.006               | -               |

*Imagen 9: Valores de C para diferentes cultivos, rotaciones y sistemas de labranza (Fuente: Cisneros et al., 2012).*

### Prácticas de control de la erosión (P)

El factor P de prácticas de control de la erosión, es la proporción de la pérdida de suelo que se obtiene mediante alguna técnica de manejo del relieve, en comparación con la pérdida de suelo cuando se cultiva en laderas con 9 % de pendiente, a favor de la misma. En la siguiente tabla se expresan algunas prácticas de control de la erosión para diferentes porcentajes de pendiente:

| Pendiente del terreno (%) | Cultivo en contorno | Cultivos en franjas en contorno | Terrazas <sup>(a)</sup> |
|---------------------------|---------------------|---------------------------------|-------------------------|
| 1-2                       | 0,60                | 0,30                            | 0,12                    |
| 3-8                       | 0,50                | 0,25                            | 0,10                    |
| 9-12                      | 0,60                | 0,30                            | 0,12                    |
| 13-16                     | 0,70                | 0,35                            | 0,14                    |
| 17-20                     | 0,80                | 0,40                            | 0,16                    |
| 21-25                     | 0,90                | 0,45                            | 0,18                    |

*Imagen 10: Factor del método de control de la erosión (Fuente: Cisneros et al., 2012).*

## 5.2 TOLERANCIA A LA PÉRDIDA DE SUELO

La tolerancia a la pérdida de suelo se define como la tasa máxima de erosión que permite mantener un nivel de productividad elevado a lo largo del tiempo. Esta tolerancia está directamente relacionada con la capacidad del suelo para regenerarse; por ello, se considera aceptable una pérdida anual de suelo equivalente a su tasa de formación natural.

No existe un consenso universal sobre cuál es el valor exacto de esa tasa tolerable, ya que varía según las características edáficas y ambientales de cada sitio. Sin embargo, en la práctica, se han propuesto rangos de referencia. Algunos autores sitúan la tolerancia entre 4 y 20 toneladas por hectárea por año (t/ha/año), mientras que otros sugieren límites más conservadores, entre 2 y 10 t/ha/año.

Estas diferencias se deben, en gran parte, a la génesis y propiedades del suelo: los valores más altos se asocian a suelos profundos, de textura franca, con buena permeabilidad y subsuelos aptos para el desarrollo radicular, mientras que los valores más bajos se aplican a suelos superficiales, poco permeables y con limitaciones en el subsuelo.

Este parámetro se utiliza como una referencia en la planificación de prácticas de conservación de suelos, ya que permite definir límites aceptables de degradación antes de comprometer su funcionalidad productiva. (Cisneros et al., 2012)

### 5.3 TÉCNICAS DE MANEJO DEL RELIEVE

Las técnicas de manejo del relieve, también conocidas como prácticas de conservación, estructurales o de sistematización, comprenden un conjunto de estrategias destinadas a mejorar la productividad y la sostenibilidad de los suelos. Estas van desde la simple orientación de las líneas de cultivo hasta intervenciones más complejas como la construcción de terrazas o la nivelación de terrenos con pendientes pronunciadas, con el fin de hacerlos aptos para el uso agrícola.

Estas prácticas se fundamentan en principios de ordenamiento hidrológico, orientados principalmente a reducir la erosión hídrica y mejorar la infiltración y retención de agua en el suelo. Entre estos principios se destacan:

- Reducir la longitud de la pendiente.
- Crear microrelieves superficiales que aumenten la retención y detención del agua.
- Retener sedimentos transportados por escorrentía.
- Controlar la erosión eólica.
- Canalizar escurrimientos residuales hacia sitios definidos sin causar erosión

Las técnicas se clasifican, según su complejidad, en:

- Cultivos cortando la pendiente.
- Cultivos en curvas de nivel o en contornos.
- Cultivos en fajas a nivel o intercalados.
- Cultivos en terrazas.

Las tres primeras se basan en orientar las siembras perpendicularmente a la pendiente; en las fajas se alternan cultivos con pasturas. Las terrazas, al requerir movimiento de suelo, son consideradas prácticas estructurales de conservación. (Cisneros et al., 2012; Casas y Damiano, 2019).

### 5.3.1 CULTIVOS EN TERRAZAS

Los cultivos en terrazas son una técnica estructural de conservación de suelos que consiste en la construcción bordos de tierra o combinaciones de bordos y canales, ubicados perpendicularmente a la pendiente del terreno. Esta disposición tiene como objetivos:

- Reducir la erosión del suelo, al limitar la velocidad del escurrimiento superficial.
- Incrementar la infiltración del agua en el perfil del suelo, haciendo más eficiente su uso por parte de los cultivos.
- Evacuar los excedentes de agua superficial de manera controlada, evitando procesos erosivos.
- Disminuir la cantidad de sedimentos transportados por el escurrimiento superficial.
- Mejorar las condiciones del terreno, facilitando su uso agrícola.

Las terrazas son especialmente útiles en terrenos con pendientes moderadas o altas, donde otras prácticas de manejo resultarían insuficientes para evitar la pérdida de suelo productivo. Su implementación implica un diseño cuidadoso para asegurar su eficacia hidráulica y agronómica (Cisneros et al., 2012; Casas y Damiano, 2019).

---

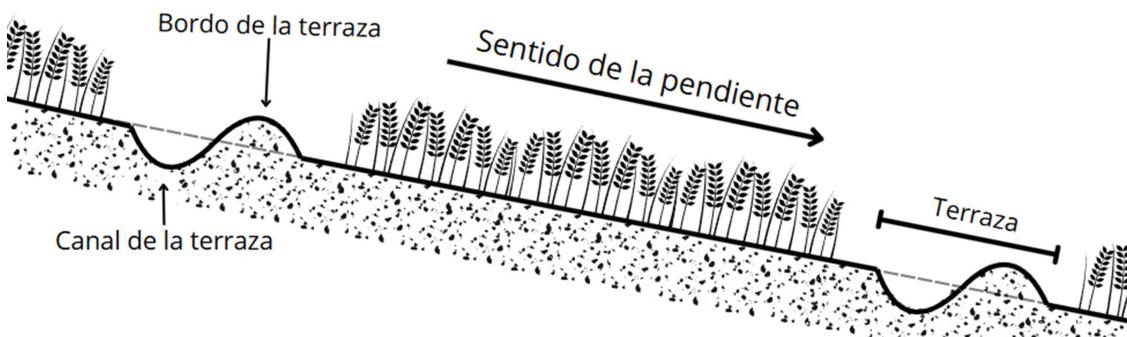


Imagen 11: Representación de terrazas (Fuente: elaboración propia).

### Terrazas de desagüe y terrazas de absorción

Las terrazas de desagüe y de absorción tienen como objetivo común interrumpir la longitud de la pendiente mediante estructuras con bordos de tierra de baja altura, que actúan sobre el escurrimiento superficial del agua. En las terrazas de desagüe, el agua fluye lentamente por el canal de la terraza y se dirige hacia un canal colector diseñado para su evacuación. En cambio, en las terrazas de absorción, el escurrimiento se acumula en el canal de la terraza y se infiltra directamente en el suelo.

La dirección de la terraza, en relación a la topografía del lote, dependerá del tipo de terraza elegida. Las de desagüe deben seguir una línea con mínima pendiente (menor al 0,5%) para garantizar una velocidad de escurrimiento que no cause ni erosión ni sedimentación excesiva. En cuanto al diseño transversal, puede optarse por terrazas de base ancha (cultivables, de 10 a 15 m de ancho) o de base angosta (no cultivables, de 5 a 8 m de ancho), las cuales se cubren con pasturas para su estabilización (Cisneros et al., 2012).

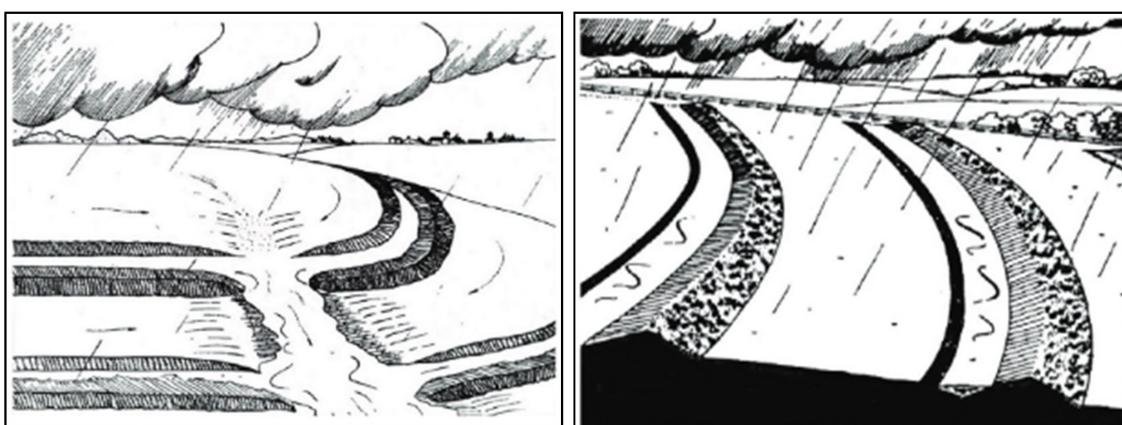


Imagen 12: (izq.) Esquema de terrazas de desagüe con canal de evacuación central; (der.) Esquema de terrazas de absorción. (Fuente: Cisneros et al., 2012).

## Diseño y dimensionamiento de terrazas de desagüe

El diseño de un sistema de terrazas de desagüe comprende varios aspectos fundamentales: la determinación del espaciamiento adecuado entre terrazas, su correcta localización, el dimensionamiento de canales con capacidad suficiente para evacuar los escurrimientos, y la creación de secciones transversales aptas para el laboreo agrícola. Para un diseño eficaz, deben considerarse las características del suelo, el análisis planialtimétrico del terreno, las prácticas de manejo del suelo y cultivo, así como las condiciones climáticas particulares del sitio (Cisneros et al., 2012).

### Emplazamiento de los desagües

En un sistema de terrazas de desagüe, la construcción de desagües es el primer paso en la sistematización mediante terrazas. Siempre que sea posible, se recomienda aprovechar los cauces naturales del terreno. Según la topografía del lote y su cuenca, los desagües pueden disponerse en:

- Desagüe en una o dos cabeceras del lote,
- Desagüe en todas las cabeceras del lote,
- Desagüe en el centro del lote,
- Desagüe en el centro y en las cabeceras del lote.

### Trazado de las terrazas

El trazado requiere conocer las diferentes alturas del terreno e identificar las vaguadas naturales que podrían utilizarse como desagües. Esto puede lograrse mediante una planialtimetría detallada, especialmente necesaria en pendientes complejas, o por reconocimiento directo a campo en terrenos de pendiente uniforme. El proceso incluye tres etapas:

- Etapa de campo: realización del relevamiento planialtimétrico.
  - Etapa de gabinete: procesamiento de datos y definición de parámetros como intervalos verticales y horizontales, ubicación de desagües y tipo de terraza.
  - Etapa de replanteo: ejecución del diseño sobre el terreno (Cisneros et al., 2012).
-

Espaciamiento entre Terrazas

El espaciamiento se puede determinar aplicando la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (USLE), considerando una pérdida de suelo tolerable establecida por el proyectista. Esta aproximación permite que el diseño de terrazas responda a las características específicas del terreno (Cisneros et al., 2012).

## Capítulo 6: ESTUDIO PREVIO DE LA ZONA

### 6.1 OBTENCIÓN DE INFORMACIÓN GEOESPACIAL

El estudio previo se enfocó en la recolección y análisis de datos geoespaciales y cartográficos que permitieron caracterizar el área de estudio, identificar las principales variables topográficas y edáficas, y evaluar la susceptibilidad del terreno a la erosión hídrica. Para ello, se utilizaron diversas fuentes oficiales de información, complementadas con herramientas de análisis geoespacial.

#### Carta de suelos de Entre Ríos

Uno de los insumos clave para el análisis del área fue la Carta de Suelos de la Provincia de Entre Ríos, obtenida del Geoportal del INTA ([geo.inta.gob.ar](http://geo.inta.gob.ar)), (ver *Imagen 13*). Esta carta georreferenciada permitió identificar las características fundamentales de los Suelos presentes en el área de estudio.

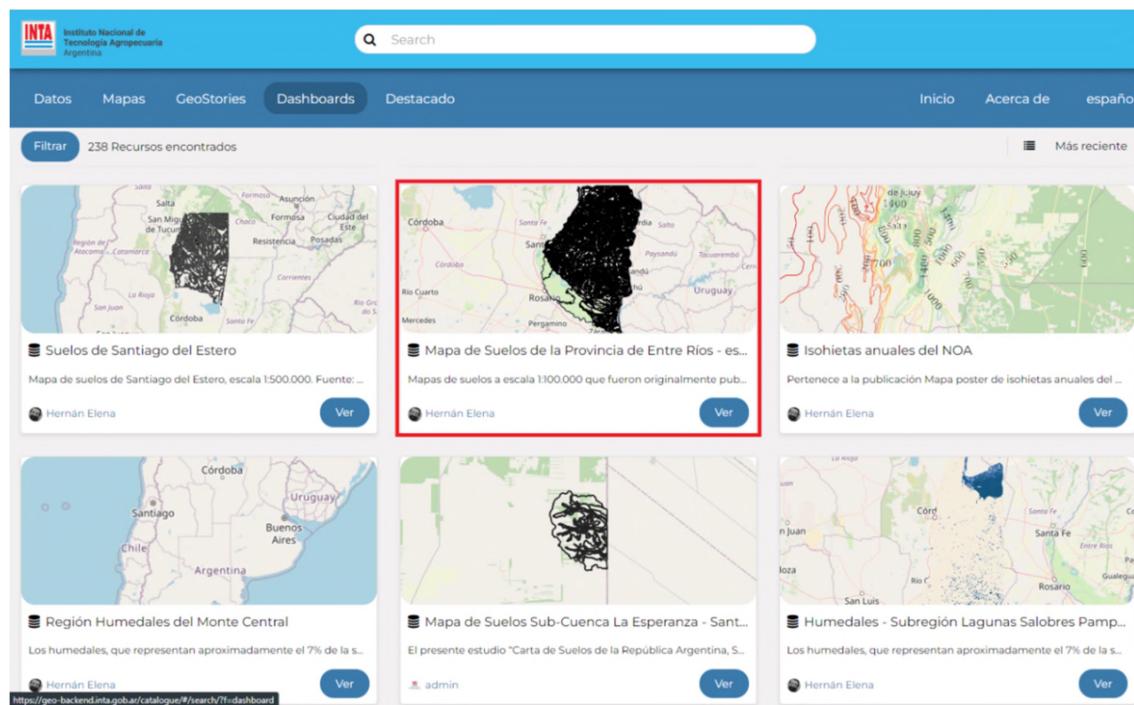


Imagen 13: Geoportal INTA.

## Cartografía topográfica

Para el análisis de las características topográficas del terreno, se utilizó el mosaico de cartas topográficas digitalizadas en escala 1:100.000 del Instituto Geográfico Nacional (IGN) ([mapa.ign.gob.ar](http://mapa.ign.gob.ar)), (ver *Imagen 14*). Estas cartas proporcionaron información sobre la topografía del área, permitiendo identificar las principales variaciones en las pendientes y la disposición general del relieve.

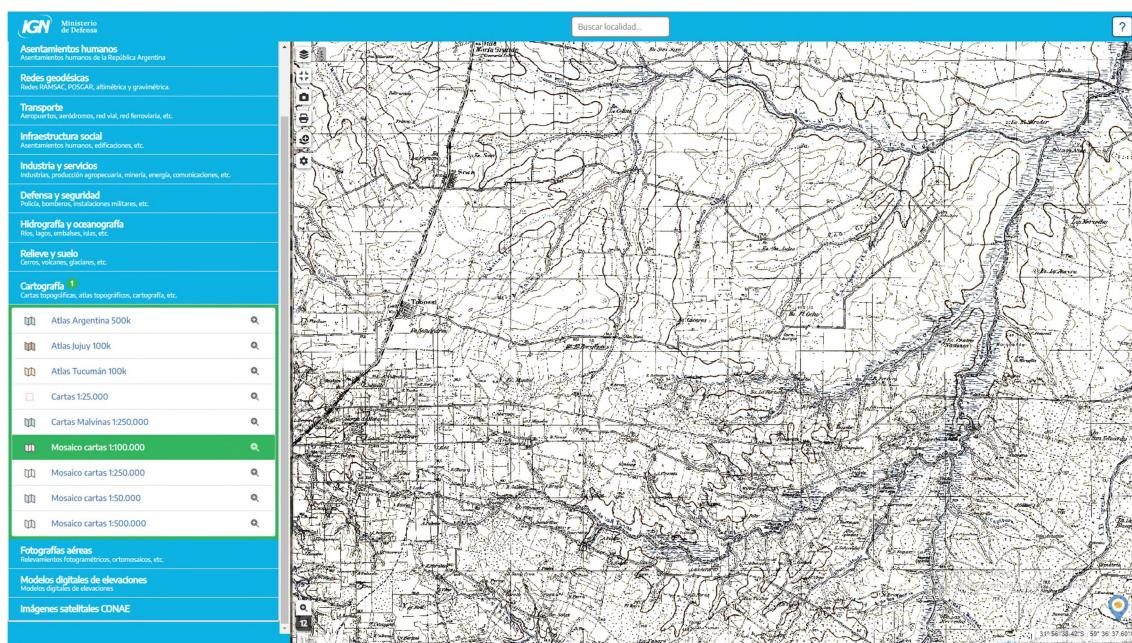


Imagen 14: Geoportal IGN.

## 6.2 COMPILACIÓN Y ANÁLISIS EN GOOGLE EARTH PRO

Con los datos recopilados de las cartas de suelos y topográficas, se procedió a realizar un análisis integral utilizando Google Earth Pro. Este software facilitó la compilación de toda la información geoespacial, permitiendo una visualización detallada del terreno.

El análisis integrado de imágenes satelitales y cartografía digital en Google Earth Pro permitió caracterizar los componentes del sistema de drenaje en el área de estudio (ver *Imagen 15*). De esta forma, se identificaron y mapearon tanto los cursos de agua naturales como las líneas divisorias de aguas o dorsales, las cuales representan elevaciones continuas que conectan los puntos más altos del terreno. Estas estructuras conforman un sistema jerárquico donde la dorsal principal, definida

por su mayor altitud, actúa como eje generador de dorsales secundarias que determinan los patrones naturales de escurrimiento superficial.

La interpretación de estos elementos morfológicos reveló la dinámica de la escorrentía superficial, evidenciando las relaciones fundamentales entre la configuración topográfica y los procesos hídricos. Particularmente, se observó cómo la disposición espacial de las dorsales condiciona la dirección y concentración del flujo superficial, generando patrones diferenciados de erosión según las características del relieve.

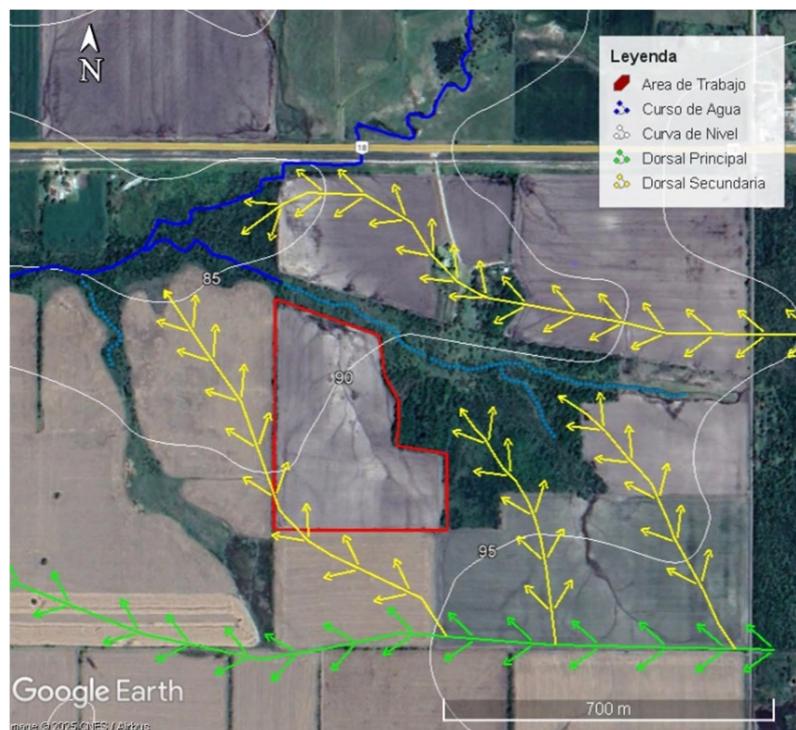


Imagen 15: Análisis topográfico y de drenaje.

La proximidad entre curvas de nivel indicó pendientes más pronunciadas, y al visualizar conjuntamente con la capa de suelos del INTA, se observó que la susceptibilidad a la erosión está directamente relacionada con la pendiente y las características del suelo (ver *imagen 16*). Áreas con pendientes pronunciadas y suelos de baja permeabilidad son más susceptibles a la erosión hídrica debido a la mayor velocidad de escurrimiento.

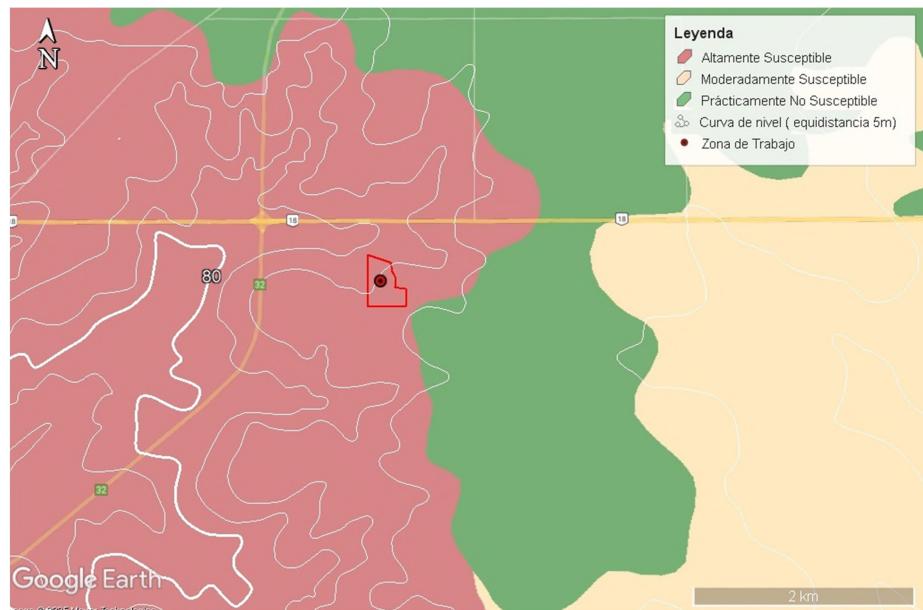


Imagen 16: Relación entre pendiente y susceptibilidad a la erosión.

Finalmente se identificó la Serie de Suelo María Grande Moderadamente Erosionada (MG.h2), la cual pertenece a la región de estudio (ver *Imagen 17*). Este tipo de suelo presenta una textura arcillo-limosa que lo hace especialmente susceptible a la erosión hídrica. La principal causa de esta susceptibilidad es la baja permeabilidad del suelo, lo que, junto con su estructura, permite que el agua se acumule en la superficie, provocando el arrastre de partículas de suelo durante lluvias intensas.

La identificación de esta serie de suelo es crucial, ya que proporciona los datos necesarios para cuantificar la tasa de pérdida de suelo mediante la aplicación de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (RUSLE). Este análisis permitirá estimar la magnitud de la erosión y diseñar estrategias de conservación, con el objetivo de mitigar el impacto de la erosión en esta área vulnerable.

Rol del Ingeniero Agrimensor en la Planificación y Diseño de Terrazas Agrícolas para  
el Control Efectivo de la Erosión Hídrica.  
FaCENA-UNNE

---

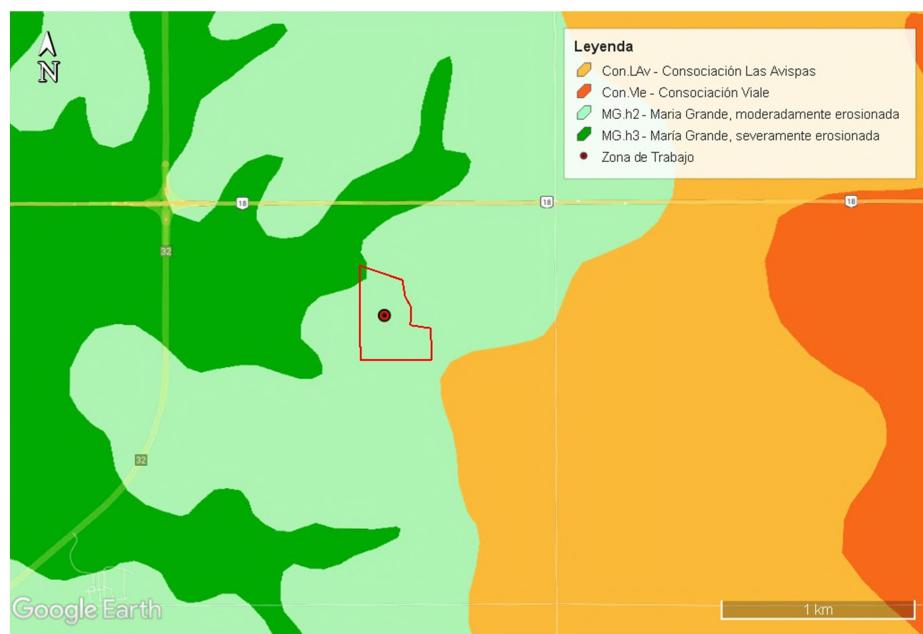


Imagen 17: Series de Suelo del área de estudio.

## Capítulo 7: TAREAS DE CAMPO Y RELEVAMIENTO

### 7.1 RECONOCIMIENTO DEL TERRENO

El reconocimiento del terreno consistió en un recorrido inicial por el objeto territorial en estudio, con el objetivo de obtener una visión general de la zona. Durante esta actividad, se analizaron las condiciones topográficas, el estado de la vegetación y la accesibilidad del terreno, lo que permitió estructurar el plan de trabajo para las fases subsiguientes del proyecto.

Durante el recorrido, se identificaron y analizaron los efectos de la erosión hídrica en sus tres etapas: desprendimiento, transporte y sedimentación. En la zona sur del terreno, la más elevada, se observaron varios surcos de erosión que convergen hacia una cárcava principal ubicada en el centro del terreno. También se detectó una segunda cárcava significativa en la parte central este. En la zona norte, la más baja del terreno, se evidenció un área de sedimentación con suelo altamente húmedo, lo que sugiere una acumulación considerable de materiales transportados desde las zonas más altas, junto con un drenaje deficiente que provoca un efecto de estancamiento.

Se observó la inexistencia de cobertura vegetal en el terreno, lo que resultó adecuado para realizar un relevamiento fotogramétrico que permita representar fielmente los detalles del terreno y también la posibilidad de ejecutar un relevamiento geodésico sin obstrucción de señales.

#### **Distribución de marcas para puntos de apoyo fotogramétrico y determinación de punto fijo**

Como parte de la planificación, se materializó una red de 8 Puntos de Apoyo Fotogramétrico (PAF) distribuidos uniformemente para asegurar la precisión del modelo. En siete de ellos (PAF2 a PAF8), se instalaron dianas fotogramétricas de 60×60 cm con patrones de color rojo-blanco, ancladas al suelo mediante estaquillas de hierro en sus esquinas. Para el PAF1, seleccionado como punto fijo por su accesibilidad permanente e inmunidad a actividades agrícolas, se colocó un mojón de madera dura (5×5×35 cm) al ras del suelo como referencia física invariable, prescindiendo inicialmente de diana para facilitar el posterior relevamiento geodésico.

---

## 7.2 RELEVAMIENTO PLANIALTIMÉTRICO CON DISPOSITIVO GNSS

El uso de sistemas de navegación global por satélite (GNSS, por sus siglas en inglés) ha revolucionado la topografía y la geodesia, permitiendo mediciones precisas y eficientes en grandes áreas. Los receptores GNSS utilizan señales de satélites para determinar posiciones geográficas con alta exactitud. Uno de los métodos más precisos es el relevamiento diferencial, que utiliza una estación base y un receptor móvil para corregir errores y mejorar la precisión de las mediciones. Estas correcciones se pueden hacer en post proceso o en tiempo real RTK.

### **Metodología de trabajo con receptor GNSS stop and go en tiempo real RTK**

Durante la campaña topográfica realizada el 14 de agosto, se dio inicio a las actividades a las 10:30 a.m. bajo un cielo despejado, condiciones ideales para la recepción de señales satelitales sin interferencias atmosféricas. El objetivo principal fue obtener datos geoespaciales precisos mediante técnicas GNSS en modos estático y stop-and-go en tiempo real (RTK).

Sobre el mojón de madera dura ( $5 \times 5 \times 35$  cm) preinstalado en PAF1, se montó un trípode de madera asegurando su firmeza en el terreno. Mediante plomada óptica, se centró y niveló la base nivelante sobre el mojón, garantizando una alineación precisa. Se montó el receptor GNSS en la base nivelante, registrando una altura instrumental de 1.749 m. El receptor se configuró para capturar datos crudos de forma continua durante 1 hora y 47 minutos, vinculables posteriormente con la red RAMSAC para corrección diferencial (*ver imagen 18*).



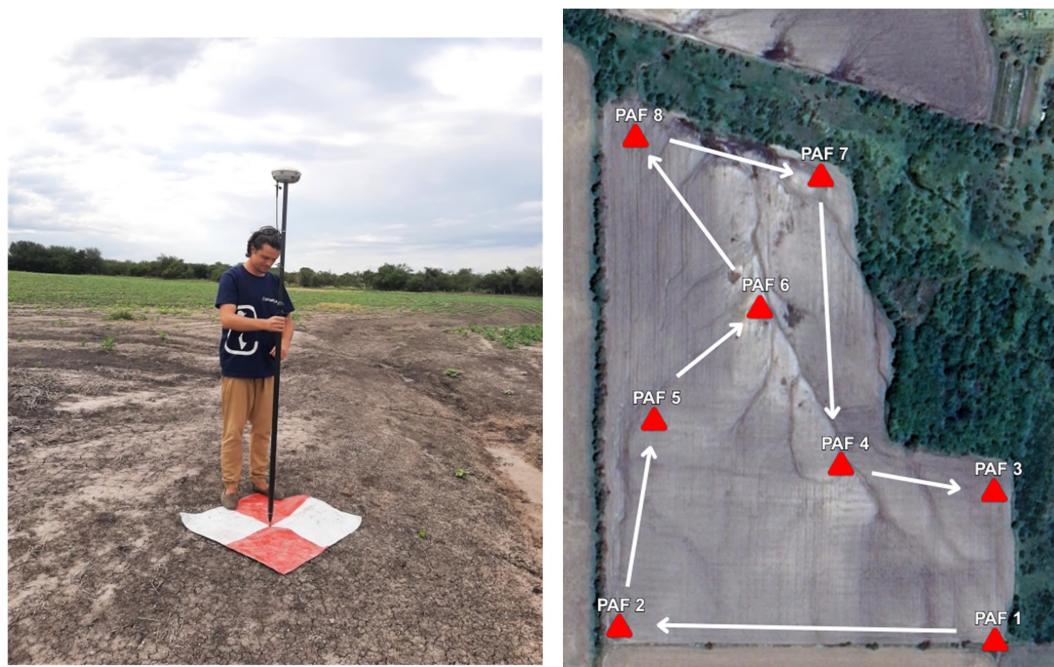
*Imagen 18: Receptor base operando sobre mojón en PAF1.*

Paralelamente, se preparó el receptor móvil montándolo sobre un bastón configurado a 2 metros de altura. Mediante la controladora se estableció un enlace de radio UHF entre la base y el rover y se creó un proyecto con los siguientes parámetros:

- **Sistema de referencia:** POSGAR Faja 5 (EPSG: 5348).
- **Modo operativo:** Stop-and-go RTK.
- **Tiempo de ocupación por punto:** 30 segundos.
- **Umbrales de calidad:**
  - **Tipo de solución:** Exclusivamente "fija" (ratio AR  $\geq 3.0$ ).
  - **PDOP máximo:** < 2.5.
  - **Satélites mínimos:**  $\geq 7$ .
  - **SNR:** > 35 dBHz.

El recorrido del terreno se inició siguiendo la secuencia: PAF2 → PAF5 → PAF6 → PAF8 → PAF7 → PAF4 → PAF3 (ver *imagen 19 der.*). En cada estación, se posicionó el receptor móvil en el centro de la diana fotogramétrica, registrando las coordenadas únicamente tras verificar que la solución de ambigüedades fuera 'fija' (ver *imagen 19 izq.*). Paralelamente, durante el recorrido se relevaron puntos complementarios próximos a cada PAF, tales como vértices de alambrados, cárcavas y otros elementos del terreno claramente identificables. Estos puntos adicionales servirán para delimitar el terreno y actuar como controles fotogramétricos.

Finalizado el registro de la base a las 12:17 p.m., se procedió a instalar la diana en el PAF1: tras retirar el equipo GNSS, se posicionó una marca de 60×60cm centrada exactamente sobre el mojón y fijándola con estacaillas de hierro en sus esquinas.



*Imagen 19: (izq.) relevamiento de punto PAF. (der.) Distribución y secuencia de relevamiento de puntos PAF.*

### 7.3 RELEVAMIENTO FOTOGRAFÉTRICO

#### Plan de Vuelo

En fotogrametría, la planificación del vuelo se basa en la definición del área de estudio y la resolución deseada para las imágenes. Los parámetros clave, como la altura de vuelo y la superposición de imágenes, determinan la cantidad de corridas

---

necesarias para cubrir el área de interés. En este proyecto, se utilizó DroneDeploy, un software avanzado para la planificación y monitoreo semiautomatizado del vuelo.

El proceso comenzó con la delimitación del área a relevar en el software. Se especificaron la altura de vuelo y el nivel de superposición lateral y frontal de las imágenes. Con estos parámetros, DroneDeploy calculó automáticamente la distancia entre las corridas, el tamaño del píxel en el modelo final y el tiempo de vuelo necesario.

## Metodología de Trabajo

Se accedió a DroneDeploy para crear un nuevo proyecto, ubicando el área de interés y seleccionando el sistema de referencia POSGAR 2007 Faja 5 para la georreferenciación. El vuelo se configuró en modo Estándar para capturar imágenes sistemáticas, necesarias para crear ortomosaicos y modelos tridimensionales.

El área de interés se delimitó ajustando los vértices en el mapa, asegurando la cobertura completa de la zona. Los parámetros de vuelo fueron:

- **Altura de vuelo:** 100 metros
- **Superposición:** 75% frontal y 65% lateral
- **Dirección del vuelo:** Norte-Sur
- **Velocidad:** 15 m/s
- **Ángulo de la cámara:** -90° (perpendicular al suelo)
- **Tiempo de vuelo:** 14:29 minutos

Una vez configurado, el dron ejecutó la misión programada, capturando las imágenes necesarias (ver *Imagen 20*). Al concluir el vuelo, el dron regresó automáticamente al punto de partida. Las imágenes capturadas fueron transferidas para su procesamiento y análisis.

Rol del Ingeniero Agrimensor en la Planificación y Diseño de Terrazas Agrícolas para el Control Efectivo de la Erosión Hídrica.  
FaCENA-UNNE

---



Imagen 20: Plan de vuelo en curso.

## **Capítulo 8: PROCESAMIENTO EN GABINETE DE LOS DATOS OBTENIDOS**

### **8.1 DESCARGA DE ARCHIVOS DE OBSERVACIÓN Y DE NAVEGACIÓN**

En primer lugar, se descargaron los archivos almacenados en la estación utilizada como base para el posterior procesamiento. Estos archivos contienen datos de observación GNSS en formato RINEX, esenciales para la corrección y el procesamiento del relevamiento realizado en campo.

En segundo lugar, se descargaron los archivos RINEX (Receiver Independent Exchange Format) correspondientes a la Estación Permanente (E.P.) Villaguay (GUAY), proporcionados por el Instituto Geográfico Nacional (IGN) a través de su página web de forma gratuita. Los archivos RINEX contienen datos de observación, agrupados en intervalos de dos horas, que registran el funcionamiento de la estación permanente solicitada. La estación de Villaguay fue seleccionada debido a su proximidad a la zona de trabajo, lo que garantizó una mayor precisión en el procesamiento de los datos.

Para realizar la descarga de los archivos RINEX mencionados, se utilizaron los horarios universales (UTC) de inicio y finalización del relevamiento. Dado que el horario local de inicio del relevamiento fue el 14 de agosto de 2024 a las 11:02 horas, el horario universal correspondiente fue el 14 de agosto de 2024 a las 14:02 horas. Por lo tanto, se descargó el archivo de observación correspondiente al siguiente intervalo: Inicio: 14/08/2024 14:00:00 - Fin: 14/08/2024 15:59:59 (hora UTC).

Además de los archivos de observación, se descargaron los archivos de navegación GPS y GLONASS correspondientes al mismo periodo. Estos archivos de navegación contienen información crítica sobre las efemérides de los satélites, es decir, los datos precisos de la posición y velocidad de cada satélite en el momento del relevamiento. Esta información es indispensable para realizar correcciones precisas en el postprocesamiento de los datos GNSS (Global Navigation Satellite System), ya que permite calcular la posición exacta del receptor en relación con los satélites en órbita.

---

## 8.2 PROCESAMIENTO DE LOS ARCHIVOS DE OBSERVACIÓN

Para procesar los archivos se utilizó el software Trimble Business Center, se inició creando un nuevo proyecto. Seguidamente, se accedió a las Opciones de Configuración de Proyecto (ver *Imagen 21*). En la sección “Sistema de Coordenadas”, se configuró el sistema de referencia en POSGAR 07 Faja 5, correspondiente a la zona de trabajo, (ver *Imagen 22 izq.*), y se seleccionó el modelo geoidal Geoide AR 16 (ver *Imagen 22 der.*). Este modelo permite transformar las alturas elipsoidales obtenidas del GNSS a alturas ortométricas, las cuales son más útiles en trabajos topográficos y geodésicos, ya que reflejan la altura sobre el nivel medio del mar y no solo respecto al elipsoide.

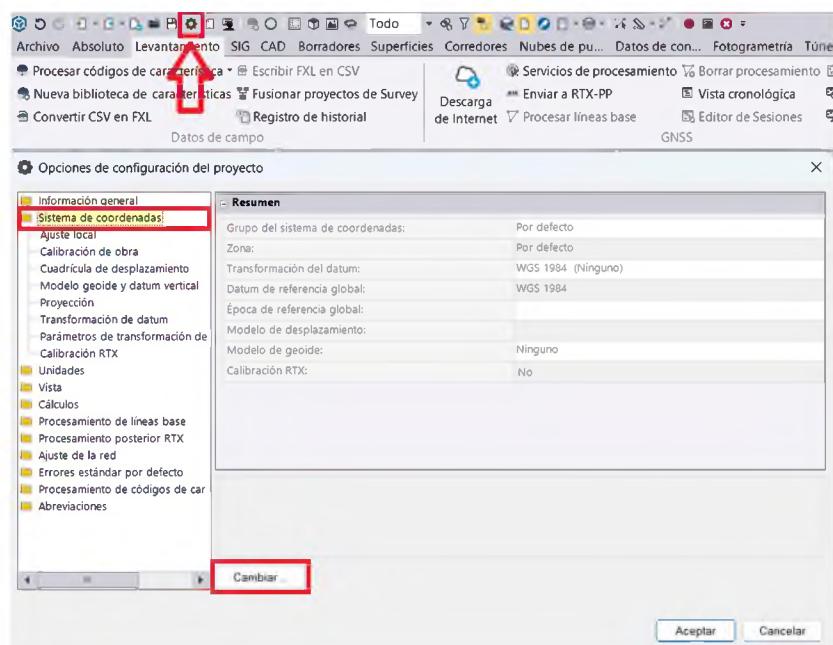


Imagen 21: Configuración de proyecto.

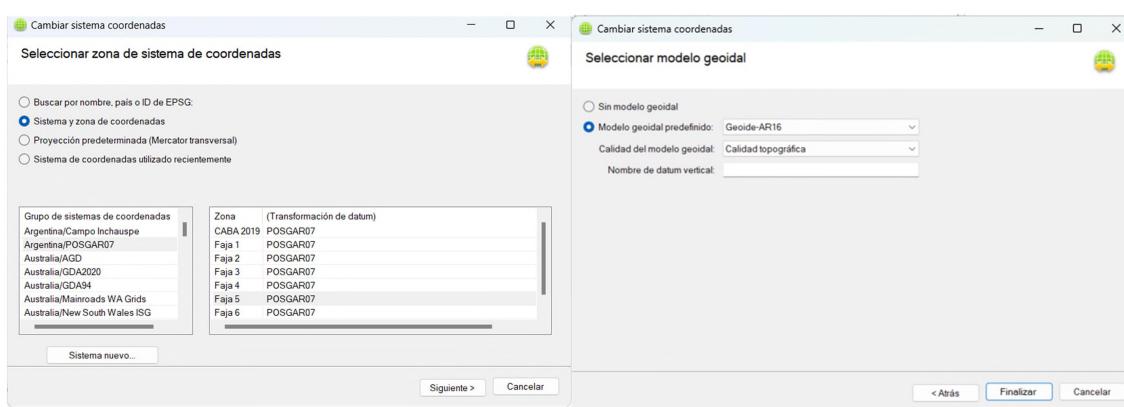


Imagen 22: (izq.). Configuración de sistema de referencia. (der.) Configuración de modelo geoidal.

## Rol del Ingeniero Agrimensor en la Planificación y Diseño de Terrazas Agrícolas para el Control Efectivo de la Erosión Hídrica.

FaCENA-UNNE

Una vez configurado el proyecto, se importaron los datos de observación correspondientes al receptor base, la estación permanente Villaguay GUAY. Durante la comprobación de los datos brutos del receptor, se seleccionó el fabricante y tipo de receptor, se definió el método de medición de la altura de la antena y se ingresó manualmente el valor de la altura (*ver imagen 23*).



Imagen 23: Comprobación de datos del receptor.

Dentro de las propiedades del punto correspondiente a la estación permanente GUAY, se reemplazaron las coordenadas obtenidas por navegación automática del software por las coordenadas reales de la estación, obtenidas del formulario del Instituto Geográfico Nacional (IGN), disponible en su página web. A este punto se le asignó calidad de control (*ver imagen 24*).

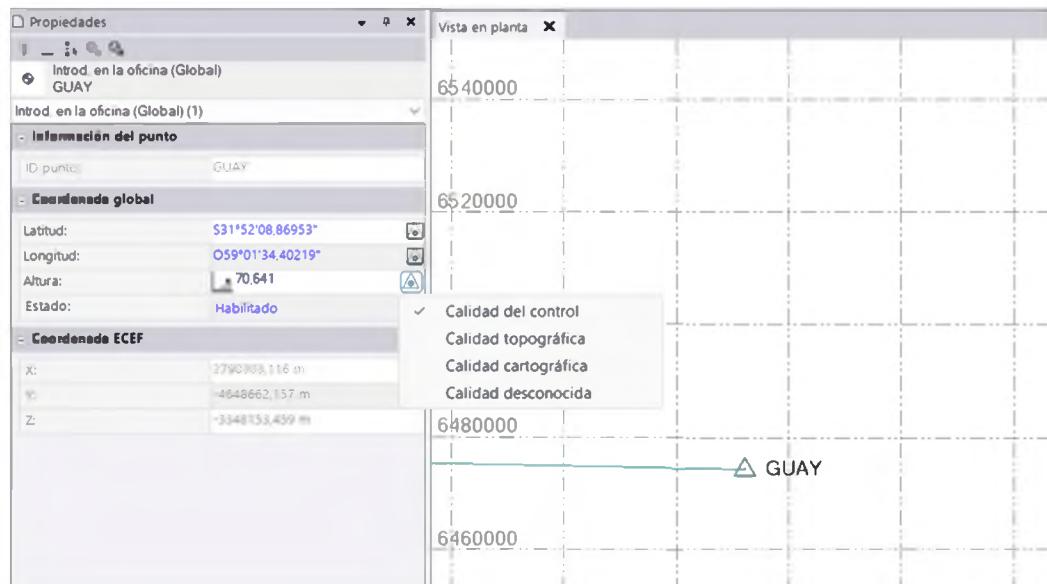
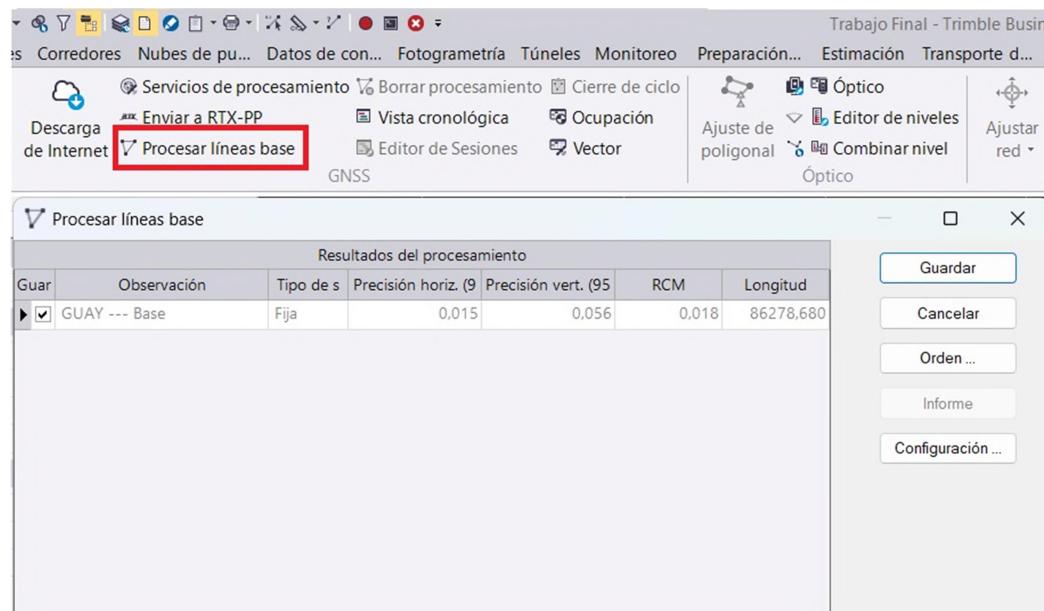


Imagen 24: Configuración de punto de control.

Para procesar los datos, se utilizó la opción “Procesar Líneas Base”, la cual realiza el procesamiento y ajuste de manera automática (ver *Imagen 25*). De esta forma, se obtuvieron las coordenadas georreferenciadas del receptor base. Además, se generó un informe de procesamiento de líneas base, el cual muestra parámetros de precisión, coordenadas y componentes de vector, proporcionando una evaluación detallada de la calidad y exactitud de los datos procesados.



*Imagen 25: Procesamiento de línea base.*

Se realizó una comparación entre las coordenadas de la estación base obtenidas mediante el procesamiento diferencial con referencia a la estación permanente Villaguay (E.P. GUAY), y las coordenadas registradas originalmente en el campo sin procesamiento.

| Coordenada | Coordenadas procesada respecto a E.P. GUAY (m) | Coordenadas de la Estación Base sin procesamiento (m) |
|------------|--|---|
| Este       | 5505885.455                                    | 5505884.304   |
| Norte      | 6476024.418                                    | 6476023.481   |
| Elevación  | 94.793   | 100.93  |

Las diferencias observadas fueron:

|            |          |
|------------|----------|
| $\Delta E$ | 1.151 m  |
| $\Delta N$ | 0.937 m  |
| $\Delta h$ | -6.137 m |

El informe completo se presenta en las páginas siguientes, donde se pueden observar los resultados en profundidad.

---

**Rol del Ingeniero Agrimensor en la Planificación y Diseño de Terrazas Agrícolas para  
el Control Efectivo de la Erosión Hídrica.**  
**FaCENA-UNNE**

---

| Datos del archivo del proyecto |   | Sistema de coordenadas      |                    |
|--------------------------------|---|-----------------------------|--------------------|
| Nombre:                        | C:\Users\Documentos\Trimble Business Center\Trabajo Final.vce | Nombre:                     | Argentina/POSGAR07 |
| Tamaño:                        | 66 KB   | Zona:                       | Faja 5             |
| Modificado/a:                  | 20/8/2024 09:45:35 (UTC:-3)                                   | Datum:                      | POSGAR07           |
| Zona horaria:                  | Hora estándar de Argentina                                    | Datum de referencia global: | POSGAR07           |
| Número de referencia:          |   | Época de referencia global: | 2006,632           |
| Descripción:                   |   | Geoide:                     | Geoide-AR16        |
| Comentario 1:                  |   | Datum vertical:             |                    |
| Comentario 2:                  |   | Obra calibrada:             |                    |
| Comentario 3:                  |   |                             |                    |

### Informe de procesamiento de líneas base

---

#### Procesando resumen

| Observación        | De   | A    | Tipo de solución | Prec. H. (Metro) | Prec. V. (Metro) | Aci. geod. | Dist. elip (Metro) | ΔAltura (Metro) |
|--------------------|------|------|------------------|------------------|------------------|------------|--------------------|-----------------|
| GUAY --- Base (B1) | GUAY | Base | Fija             | 0,015            | 0,071            | 270°41'24" | 86278,080          | 41,740          |

#### Resumen de aceptación

| Procesado | Pasado | Indicador |  | Fallida |  |
|-----------|--------|-----------|--|---------|--|
| 1         | 1      | 0         |  | 0       |  |

### GUAY - Base (11:02:22-12:49:32) (S1)

|  |                                     |
|--|-------------------------------------|
| <b>Observación de línea base:</b>          | GUAY -- Base (B1)                   |
| <b>Procesados:</b>                         | 20/8/2024 09:45:35                  |
| <b>Tipo de solución:</b>                   | Fija                                |
| <b>Frecuencia utilizada:</b>               | Frecuencia doble                    |
| <b>Precisión horizontal:</b>               | 0,015 m                             |
| <b>Precisión vertical:</b>                 | 0,071 m                             |
| <b>RMS:</b>                                | 0,018 m                             |
| <b>PDOP máximo:</b>                        | 1,418                               |
| <b>Efemérides utilizadas:</b>              | Transmisión                         |
| <b>Modelo de antena:</b>                   | NGS Absolute                        |
| <b>Hora de inicio de procesamiento:</b>    | 14/8/2024 11:02:42 (Local: UTC-3hr) |
| <b>Hora de detención de procesamiento:</b> | 14/8/2024 12:49:12 (Local: UTC-3hr) |
| <b>Duración del procesamiento:</b>         | 01:46:30                            |
| <b>Intervalo de procesamiento:</b>         | 10<br>segundos                      |
| <b>Modo de procesamiento</b>               | Modo carril ancho                   |

#### Componentes de vector (Marca a marca)

| De: GUAY  |               | Cuadrícula |                  | Local    |                  | Cuadrícula |  |
|-----------|---------------|------------|------------------|----------|------------------|------------|--|
| Este      | 5592147,699 m | Latitud    | S31°52'08,86954" | Latitud  | S31°52'08,86953" |            |  |
| Norte     | 6474211,393 m | Longitud   | O59°01'34,40219" | Longitud | O59°01'34,40219" |            |  |
| Elevación | 53,728 m      | Altura     | 70,641 m         | Altura   | 70,641 m         |            |  |

| Hasta: Base |               | Cuadrícula |                  | Local    |                  | Cuadrícula |  |
|-------------|---------------|------------|------------------|----------|------------------|------------|--|
| Este        | 5505885,455 m | Latitud    | S31°51'23,37623" | Latitud  | S31°51'23,37623" |            |  |
| Norte       | 6476024,418 m | Longitud   | O59°56'16,12393" | Longitud | O59°56'16,12393" |            |  |
| Elevación   | 94,793 m      | Altura     | 112,381 m        | Altura   | 112,381 m        |            |  |

| Vector     |              |                    |             |    |              |
|------------|--------------|--------------------|-------------|----|--------------|
| ΔEste      | -86262,244 m | Acimut Adelante NS | 270°41'24"  | ΔX | -73923,037 m |
| ΔNorte     | 1813,025 m   | Dist. elip         | 86278,080 m | ΔY | -44475,039 m |
| ΔElevación | 41,065 m     | ΔAltura            | 41,740 m    | ΔZ | 1168,084 m   |

## Errores estándar

| Errores de vector:              |         |   |          |                   |         |
|---------------------------------|---------|---|----------|-------------------|---------|
| $\sigma \Delta\text{Este}$      | 0,004 m | $\sigma \Delta\text{Acimut NS delantero}$ | 0°00'00" | $\sigma \Delta X$ | 0,014 m |
| $\sigma \Delta\text{Norte}$     | 0,007 m | $\sigma \Delta\text{Dist. elipsoide}$     | 0,007 m  | $\sigma \Delta Y$ | 0,023 m |
| $\sigma \Delta\text{Elevación}$ | 0,031 m | $\sigma \Delta\text{Altura}$              | 0,031 m  | $\sigma \Delta Z$ | 0,017 m |

## Matriz de covarianzas a posteriori (Metro<sup>2</sup>)

|   | X             | Y            | Z            |
|---|---------------|--------------|--------------|
| X | 0,0002592929  |              |              |
| Y | -0,0003735194 | 0,0006634177 |              |
| Z | -0,0003067945 | 0,0005252805 | 0,0004519373 |

## Ocupaciones

|                               | De   | A   |
|-------------------------------|--|---|
| ID de punto:                  | GUAY   | Base  |
| Archivo de datos:             | C:\Users\Documentos\Trimble<br>Business Center\Trabajo<br>Final\guay2270.240 | C:\Users\Documentos\Trimble<br>Business Center\Trabajo<br>Final\03306531227A0.240 |
| Tipo de receptor:             | GR10   | T300 Plus   |
| Número de serie del receptor: | 1701824  | 03306531  |
| Tipo de antena:               | Zephyr Geodetic 2 RoHS w/TZGD<br>Dome  | T300 Plus   |
| Número de serie de la antena: | 5000120165   | -----   |
| Altura de la antena (medida): | 0,000 m  | 1,749 m   |
| Método de antena:             | Base del soporte de la antena  | Centro de fase de la antena   |

## Ajuste de Coordenadas de los Puntos Relevantes en RTK

Una vez obtenidas las coordenadas corregidas de la estación base mediante postproceso, se procedió a ajustar las coordenadas de todos los puntos relevados en modo RTK. Como el relevamiento se realizó con correcciones en tiempo real entre el receptor base y el móvil, los vectores entre ambos ya estaban corregidos. Por lo tanto, bastó con aplicar la misma variación obtenida en el postproceso de la base a todos los puntos relevados.

Este procedimiento se realizó utilizando el software integrado en la controladora, dentro del módulo de Procesamiento o Ajuste de datos. Primero, se seleccionó la opción para recalcular las coordenadas del receptor móvil, ingresando manualmente las coordenadas corregidas de la base. Una vez cargados estos valores, el software ajustó automáticamente las coordenadas de todos los puntos, alineándolos con precisión al sistema de referencia utilizado.

Finalmente, se exportó la grilla de coordenadas generada en formato CSV, lista para su uso posterior. Así se obtuvieron las coordenadas georreferenciadas de los puntos de apoyo fotogramétricos (PAF), los vértices del terreno, y los puntos tomados en cárcavas y otros elementos de control. Este proceso aseguró que todos los datos estuvieran correctamente compensados y listos para su integración en el procesamiento fotogramétrico y la generación cartográfica.

| NOMBRE | ESTE (m)      | NORTE (m)     | ELEVACION (m) |
|--------|---------------|---------------|---------------|
| PAF1   | 5,505,885,455 | 6,476,024,418 | 94,793        |
| PAF2   | 5,505,561,514 | 6,476,037,692 | 93,254        |
| PAF3   | 5,505,881,221 | 6,476,167,049 | 93,207        |
| PAF4   | 5,505,749,934 | 6,476,177,881 | 91,642        |
| PAF5   | 5,505,573,256 | 6,476,205,109 | 92,340        |
| PAF6   | 5,505,730,055 | 6,476,422,624 | 88,093        |
| PAF7   | 5,505,672,910 | 6,476,361,461 | 88,122        |
| PAF8   | 5,505,560,016 | 6,476,476,002 | 87,707        |

Tabla 1: Puntos de Apoyo Fotogramétrico georreferenciados.

| NOMBRE | ESTE (m)      | NORTE (m)     |
|--------|---------------|---------------|
| B      | 5,505,540,858 | 6,476,496,483 |
| C      | 5,505,759,492 | 6,476,428,762 |
| D      | 5,505,761,245 | 6,476,352,538 |
| E      | 5,505,796,743 | 6,476,292,059 |
| F      | 5,505,796,626 | 6,476,195,549 |
| G      | 5,505,900,808 | 6,476,181,266 |
| H      | 5,505,902,237 | 6,476,023,214 |

Tabla 2: Vertices del terreno georreferenciados.

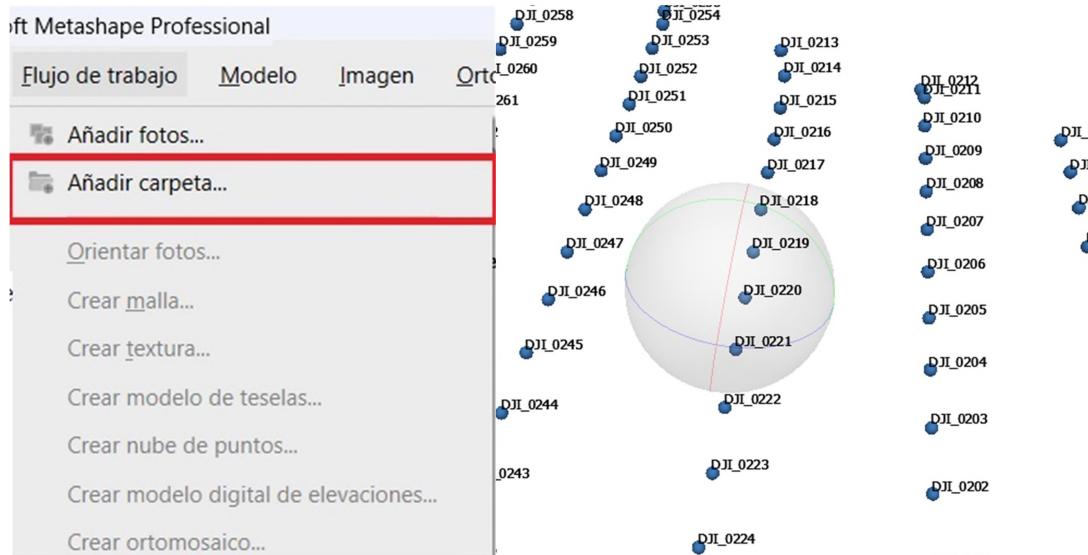
### 8.3 PROCESAMIENTO DE LAS IMÁGENES AÉREAS

Para obtener un relevamiento planialtimétrico detallado de la superficie, se construyó un Modelo Digital de Elevaciones (MDE) utilizando el software Agisoft Metashape. Este programa procesa imágenes digitales capturadas por drones, que están georreferenciadas gracias al GPS integrado en el dron. Mediante técnicas de fotogrametría digital y visión por computador, se generan modelos tridimensionales del terreno, estimando la geometría y las coordenadas de los puntos de interés. Para mejorar la precisión del modelo, se emplearon Puntos de Apoyo Fotogramétrico (PAF) medidos con GNSS, que corrigen errores y aseguran una reconstrucción más precisa del entorno.

El proceso comenzó con la creación de un nuevo proyecto. A continuación, se cargaron 148 imágenes capturadas por el dron, con una altitud media de vuelo de 105 metros y una resolución en terreno de 3,18 cm/píxel. Estas imágenes cubrieron un área de 0,219 km<sup>2</sup>. Las fotografías se cargaron desde el menú de herramientas "Flujo de trabajo", seleccionando "Añadir fotos" o "Añadir carpeta" (ver *Imagen 26 izq.*) Una vez cargadas, las imágenes se visualizaron y organizaron automáticamente, ya que cada fotografía tiene coordenadas centrales que corresponden a la ubicación de la antena GPS del dron en el momento de la captura de la imagen (ver *Imagen 26 der.*).

**Rol del Ingeniero Agrimensor en la Planificación y Diseño de Terrazas Agrícolas para el Control Efectivo de la Erosión Hídrica.**  
**FaCENA-UNNE**

---



*Imagen 26: (izq.) Menú flujo de trabajo, Añadir carpeta; (der.) Fotos cargadas en el programa*

El siguiente paso consistió en la alineación de fotos. Para ello, se accedió nuevamente al menú de herramientas "Flujo de trabajo" y se seleccionó "Orientar fotos" (ver *Imagen 27*). Esta función es análoga a la aerotriangulación, ya que busca puntos en común en las fotografías con superposición y genera puntos de enlace, con los cuales se crea una nube de puntos dispersa (ver *Imagen 28*). En este caso, se alinearon 148 imágenes, generando 154.336 puntos de paso y 538.880 proyecciones, con un error de reproyección de 1,43 píxeles.

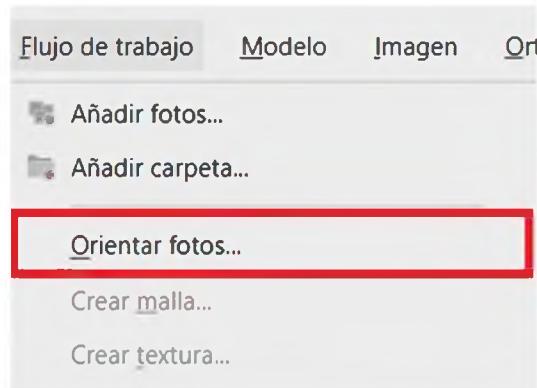


Imagen 27: Menú flujo de trabajo, Orientar fotos.

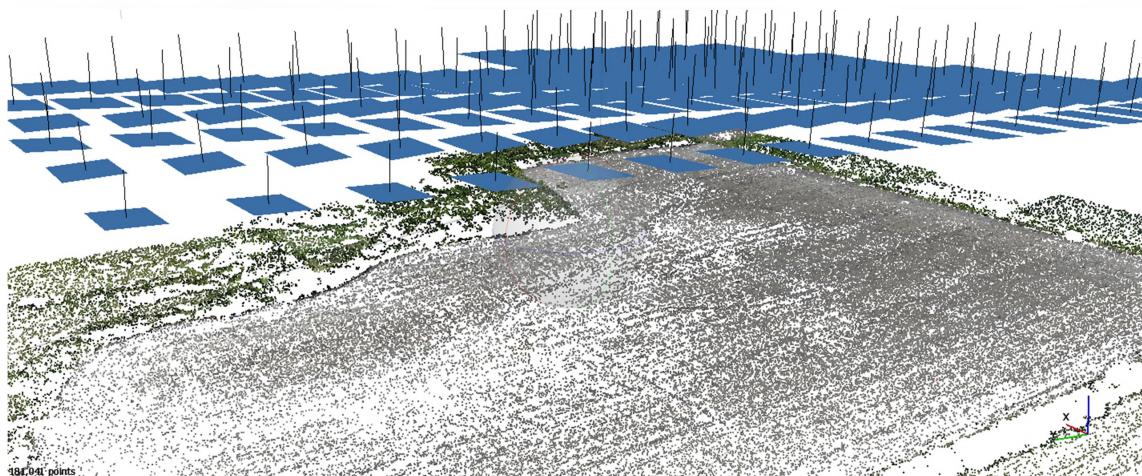
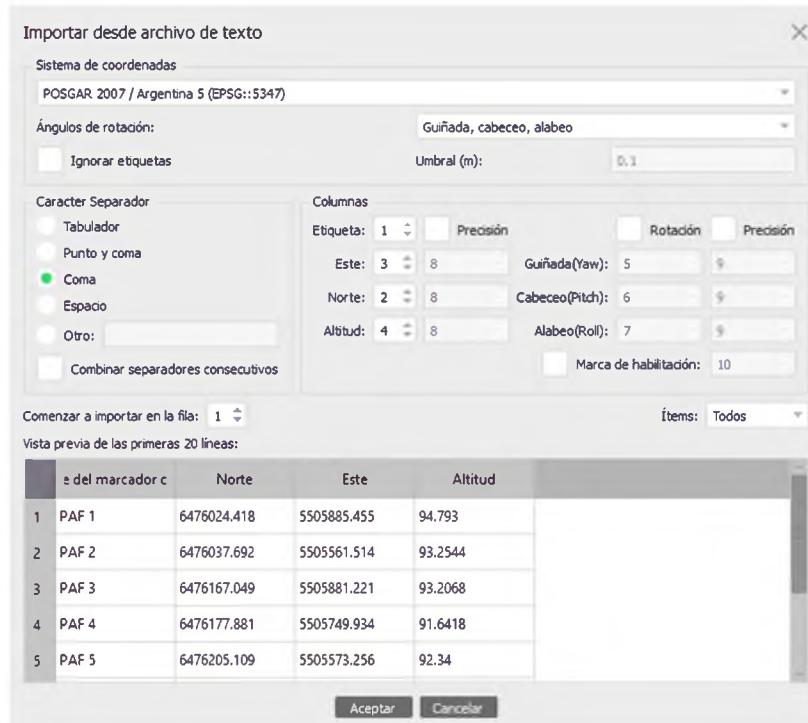


Imagen 28: Nube de puntos dispersa

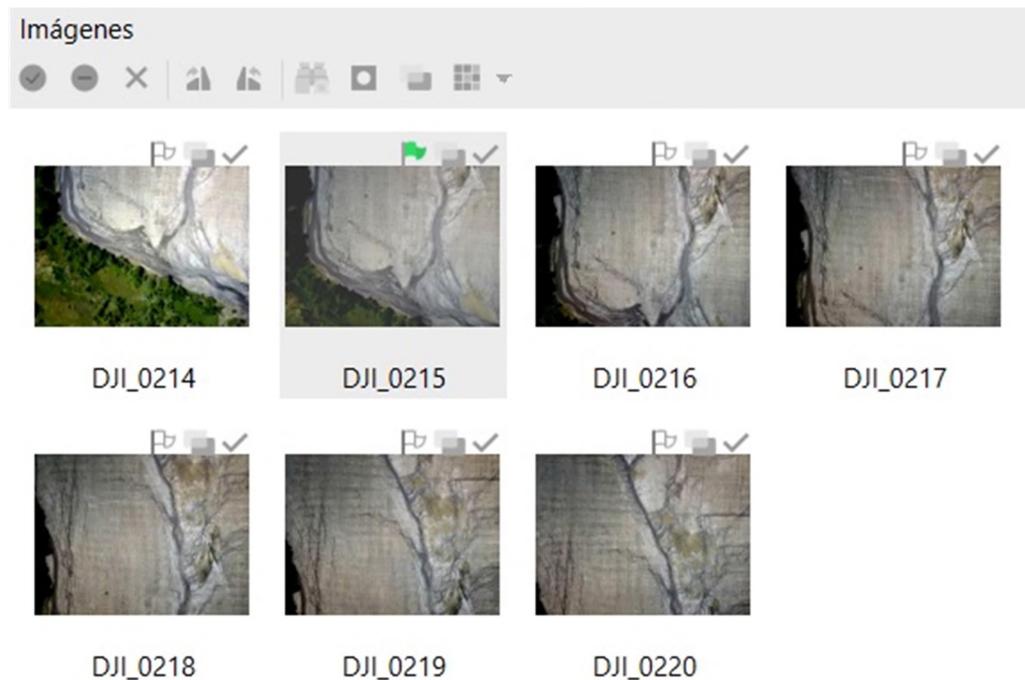
Tras finalizar la orientación, se introdujeron los puntos de apoyo fotogramétrico PAF para obtener un modelo de elevación adecuadamente nivelado y corregido de deformaciones. Para llevar a cabo este proceso, en la pestaña de "Referencia" se seleccionó "Importar referencia" (ver imagen 29), y se cargó un archivo en formato CSV (planillas de coordenadas de puntos), que contiene las coordenadas planialtimétricas de cada PAF (ver imagen 30).



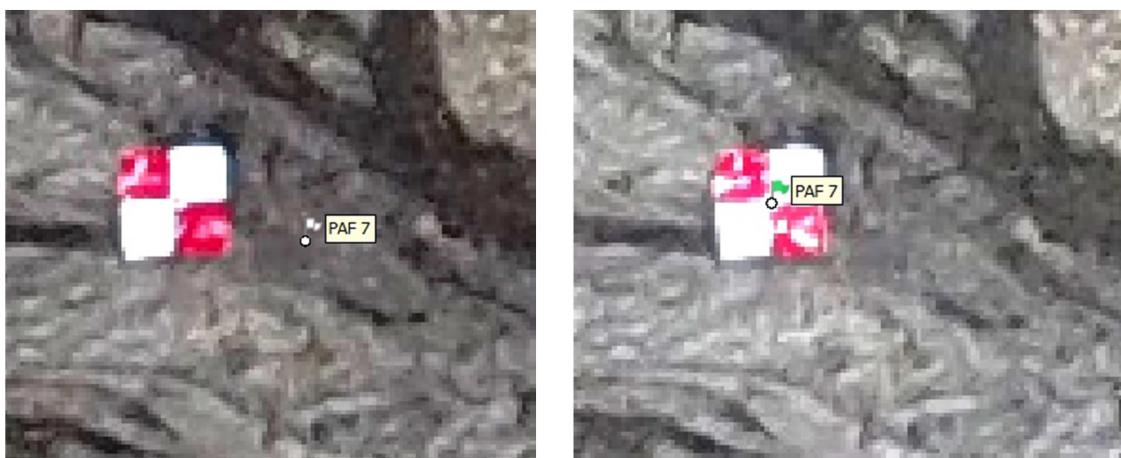
Imagen 29: Pestaña de Referencia, Importar referencia.

*Imagen 30: Importar referencia desde archivo.*

Al importar estas coordenadas, el software agrega automáticamente los marcadores correspondientes y los identifica en todas las fotografías en las que aparecen (ver *imagen 31*). No obstante, es posible que estos marcadores no coincidan perfectamente con el punto de apoyo visible en cada fotografía, por lo que es necesario ajustar manualmente la posición de cada marcador para asegurar su correcta ubicación (ver *imagen 32*).



*Imagen 31: Fotografías que se encuentran con marcador.*



*Imagen 32: Ajuste manual de marcador en su correcta posición.*

Luego de colocar todos los marcadores de forma manual sobre la posición correcta, se optimizó el cálculo de las orientaciones de la cámara. Este proceso se realizó seleccionando "Optimizar cámaras" en la pestaña de "Referencia" (Ver imagen 33) Con ello, se logró orientar y escalar el modelo.

---



Imagen 33: Pestaña de referencia, Optimizar cámaras.

El siguiente paso fue la creación de una nube de puntos densa. Para esto, se seleccionó "Crear nube de puntos" en el menú de herramientas "Flujo de trabajo", eligiendo la calidad alta. Durante este proceso, el software analizó las fotografías alineadas y generó 47.694.614 puntos tridimensionales que representan la superficie escaneada. Cada punto de la nube densa tiene un color que corresponde al píxel en las fotografías originales, lo que permite una representación visual precisa y detallada del terreno (ver *imagen 34*).

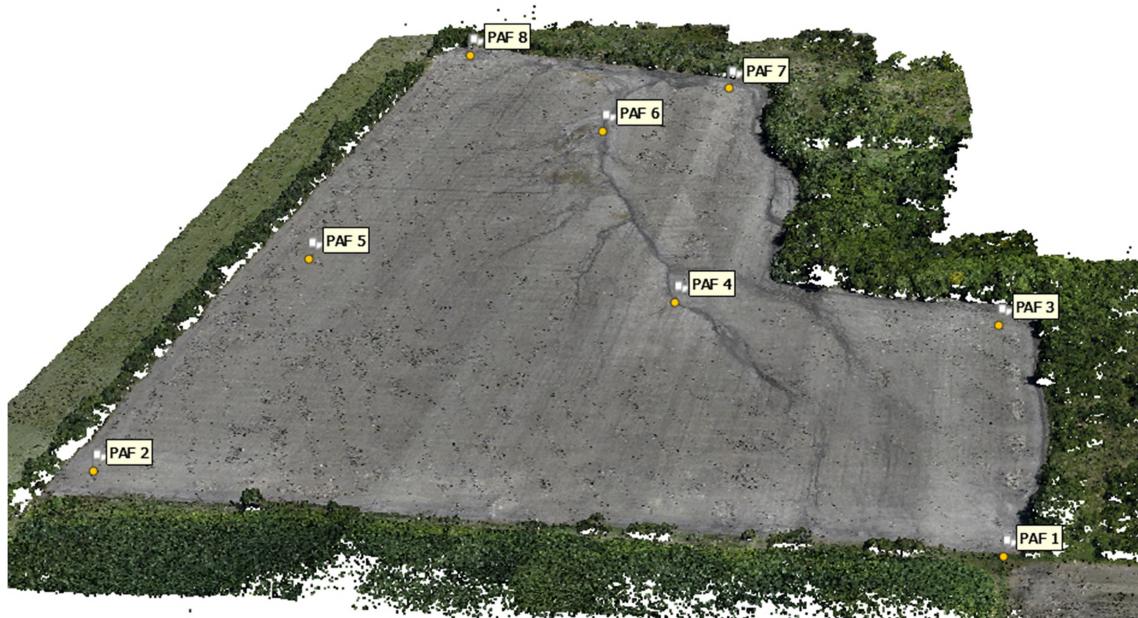


Imagen 34: Nube de puntos densa.

Para lograr una representación precisa del suelo, se realizó un filtrado de puntos no correspondientes al suelo, como vegetación o elementos que podrían distorsionar el modelo (ver *imagen 36*). Este proceso se lleva a cabo mediante la opción "Clasificar puntos del terreno", (ver *imagen 35*), donde se filtran los puntos según el ángulo, la diferencia de altura y otras características.

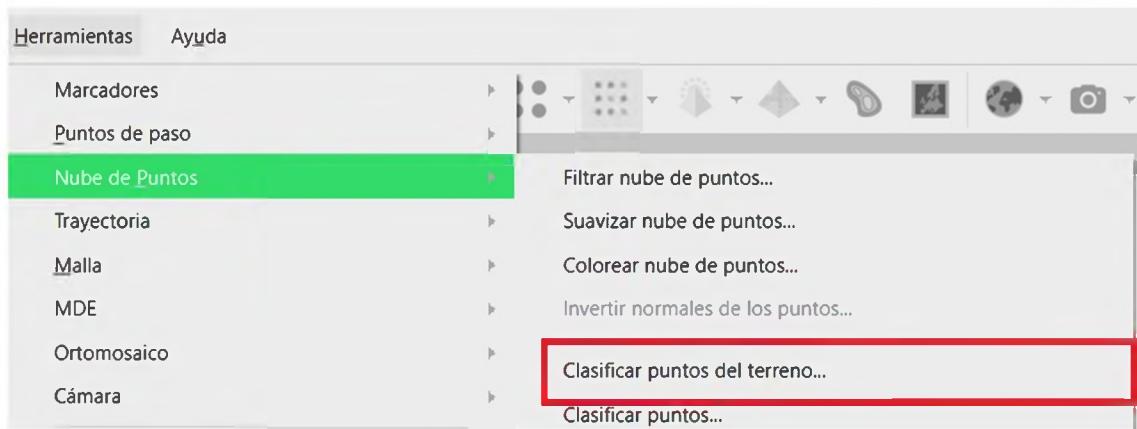


Imagen 35: Menú Herramientas, Clasificar puntos del terreno.

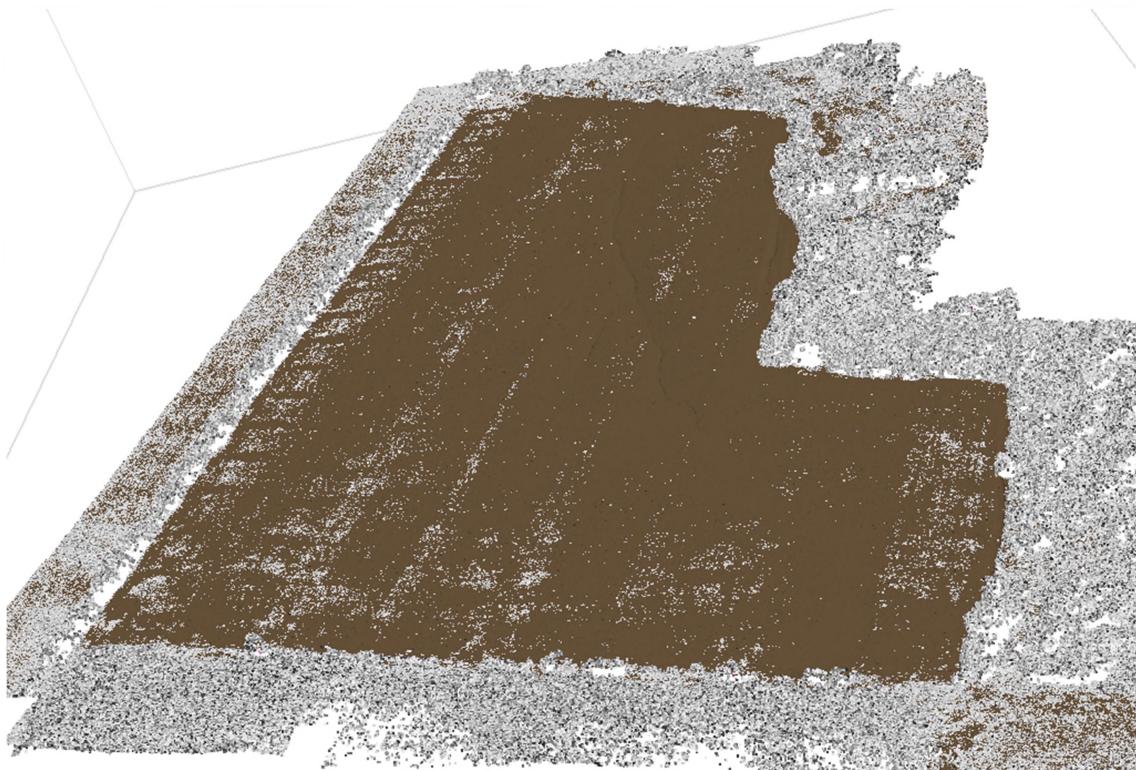


Imagen 36: Clasificación de puntos correspondientes a terreno.

Con la nube de puntos clasificada, se procedió a la creación de una malla seleccionando "Crear malla" en el menú de "Flujo de trabajo" (ver *imagen 37*). Se especificó como origen la nube de puntos densa y se seleccionó la clase de puntos "terreno" para obtener una representación precisa de la superficie del terreno. La malla generada consta de 1.035.441 caras y 521.018 vértices.

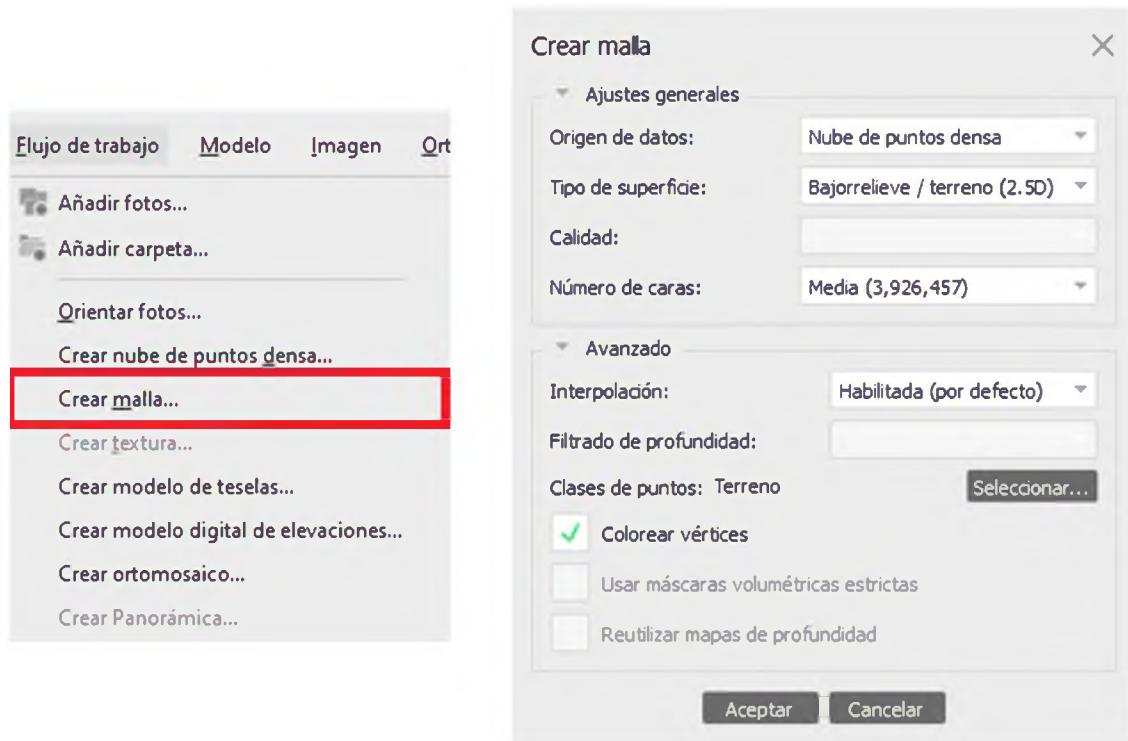


Imagen 37: (izq.) Menú flujo de trabajo, Crear malla; (der.) Configuración de malla.

Finalmente, se creó el Modelo Digital de Elevaciones (MDE) seleccionando "Crear modelo digital de elevaciones" en el menú de "Flujo de trabajo", (ver *imagen 38*), asegurando que se configure la proyección adecuada para garantizar la precisión del MDE. Para obtener una superficie más homogénea, también se generó un modelo digital de elevaciones a partir de una malla suavizada, útil para el diseño del trazado de las líneas de terrazas. Ambos modelos se exportaron en formato TIFF seleccionando "Exportar MDE" en el menú "Archivo".

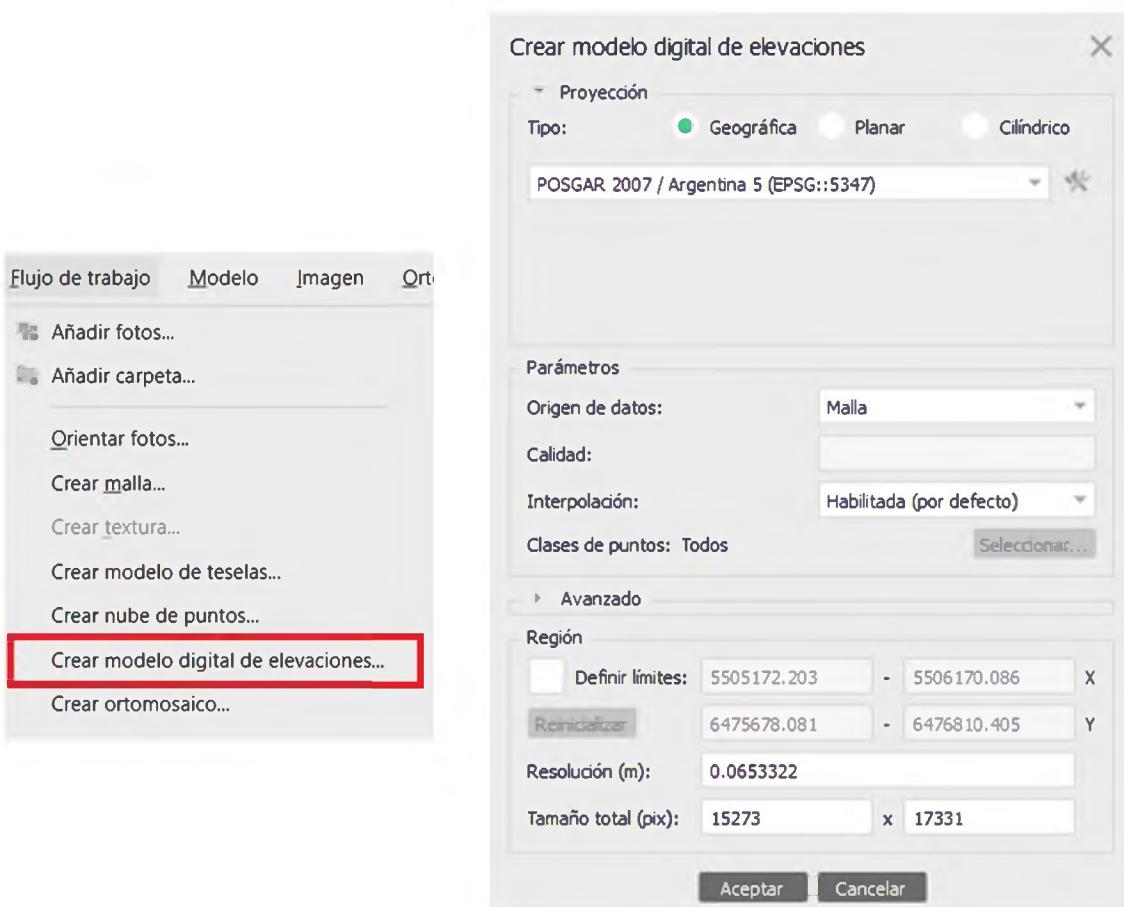


Imagen 38: (izq.) Menú flujo de trabajo, Crear modelo digital de elevaciones; (der.) Configuración de MDE.

## MODELO DIGITAL DEL TERRENO: RESULTADO FINAL

El Modelo Digital de Elevaciones (MDE) fue, efectivamente, uno de los productos más valiosos que se pudieron obtener mediante el procesamiento fotogramétrico digital. Este modelo representa la superficie del terreno en forma de una malla tridimensional, donde cada punto (o píxel) está compuesto por una matriz de píxeles, y cada píxel tiene un valor de elevación (z) asociado a sus coordenadas (x, y).

Cuando se eliminó la cobertura vegetal y otros elementos superficiales mediante algoritmos de clasificación, se obtuvo un Modelo Digital del Terreno (MDT) (ver *imagen 39*), que representa exclusivamente la topografía del suelo desnudo. Este modelo es fundamental para el análisis topográfico, estudios hidrológicos, entre otros.

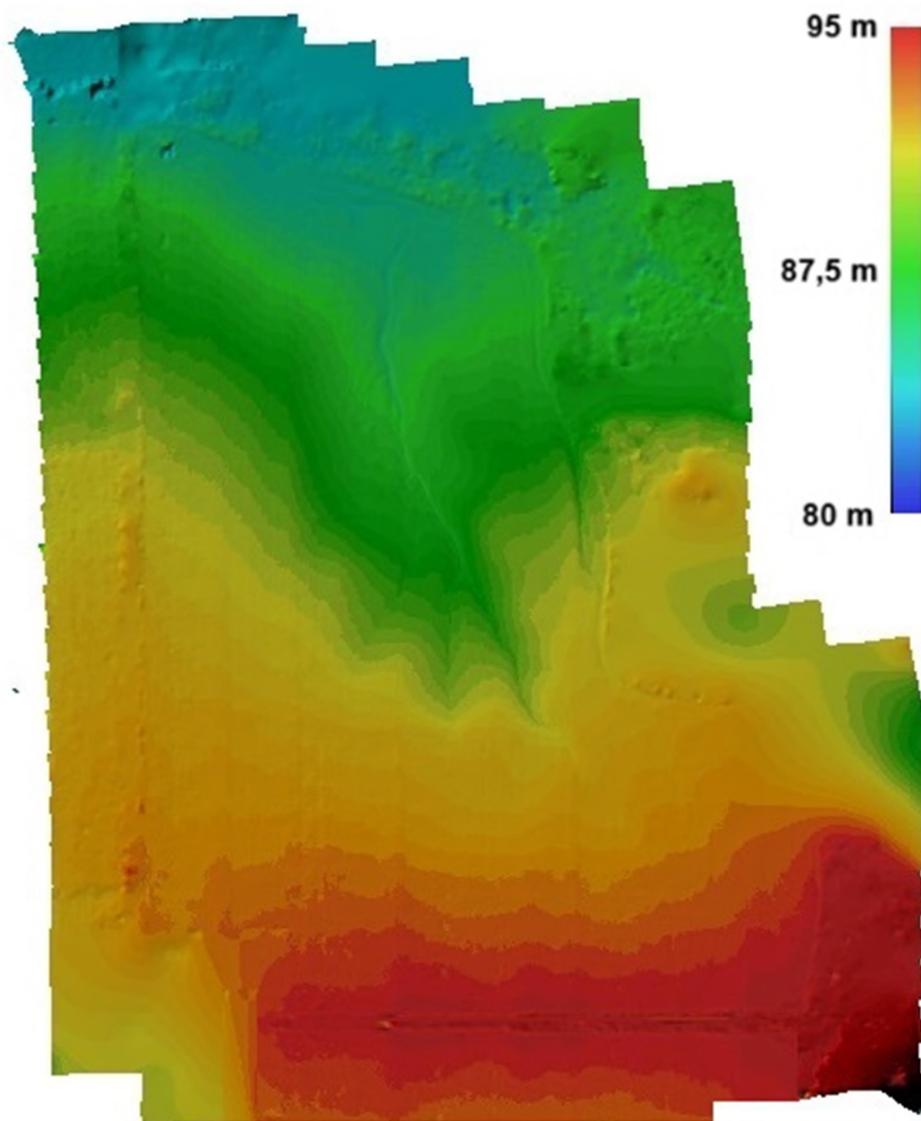


Imagen 39 Modelo Digital de Terreno (MDT)

### Resolución Espacial y Representación Visual

El nivel de detalle del modelo está determinado por el tamaño de píxel. En este caso, la resolución fue de 6.36 cm/píxel, lo que permitió una representación muy precisa del terreno.

Los valores de elevación se representan mediante una escala de colores, donde los tonos rojos indican las mayores alturas (desde 95 m), y la paleta de colores varía desde los colores naranja, amarillo, verde, celeste, hasta azul para las menores alturas (hasta 80 m). Esta representación permite una interpretación intuitiva y rápida

---

de las características topográficas, lo que facilita el análisis y la planificación de proyectos en terrenos con desniveles y pendientes variables.

### **Aplicaciones del MDT**

- Análisis del Terreno

Desnivel y pendientes: En el terreno analizado, se observó un desnivel total de 7 m, con pendientes que varían entre el 0,8% y el 4%. Esta información es crucial para estudios de erosión y diseño de infraestructuras.

- Generación de curvas de nivel:

A partir del MDT, se obtendrán curvas de nivel que representarán elevaciones constantes. Estas curvas son esenciales para la planificación de proyectos de ingeniería, ya que permitirán visualizar las variaciones de altura en el terreno de manera clara y precisa.

- Hidrología:

El MDT facilitó la identificación de cuencas, redes de drenaje y áreas de acumulación de agua. Esto es fundamental para la gestión de recursos hídricos y la planificación de sistemas de drenaje.

### **8.4 INTEGRACIÓN Y MANEJO DE DATOS EN AUTOCAD CIVIL 3D**

#### **Puntos relevados, delimitación del terreno, superficie a partir de modelo digital de elevación, curvas de nivel y perfiles significativos**

Para trabajar con la información procesada, se integraron los datos en AutoCAD Civil 3D, un software con herramientas avanzadas para la gestión y análisis planialtimétrico, incluyendo la creación y manipulación de superficies.

El primer paso fue crear un nuevo proyecto y configurar el sistema de coordenadas en POSGAR 07 Faja 5 mediante el comando "MAPCSASSIGN", para asegurar la correcta georreferenciación de datos como el modelo digital de elevaciones (DEM) y los puntos relevados (ver *Imagen 40*).

---

**Rol del Ingeniero Agrimensor en la Planificación y Diseño de Terrazas Agrícolas para el Control Efectivo de la Erosión Hídrica.**  
**FaCENA-UNNE**

---

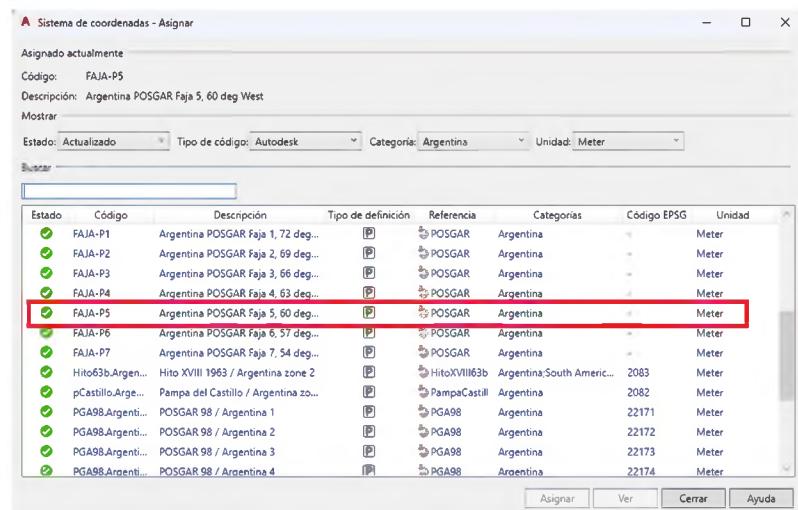


Imagen 40: Configuración de Sistema de coordenadas.

Posteriormente, los puntos relevados en campo fueron importados utilizando la opción "Importar puntos desde archivo" (ver *imagen 41*). Se seleccionó el archivo en formato CSV (planillas de coordenadas de puntos) con las coordenadas de los puntos georreferenciados integrando de esta forma los puntos en el proyecto lo que permitió visualizar los puntos relevados y trazar el límite del lote determinado por líneas de alambrado.

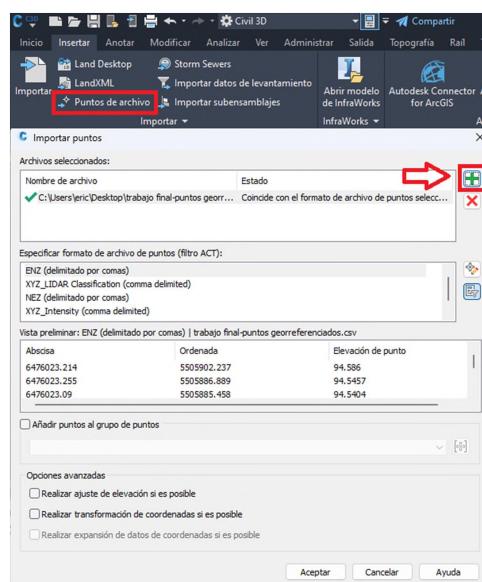


Imagen 41: Importar puntos desde archivo.

Luego, se creó una superficie; en el espacio de herramientas, haciendo clic derecho sobre “superficie,” se seleccionó la opción “crear superficie desde DEM” (ver

imagen 42), y se cargó el archivo correspondiente al Modelo Digital de Elevaciones (DEM), previamente exportado desde Agisoft Metashape.

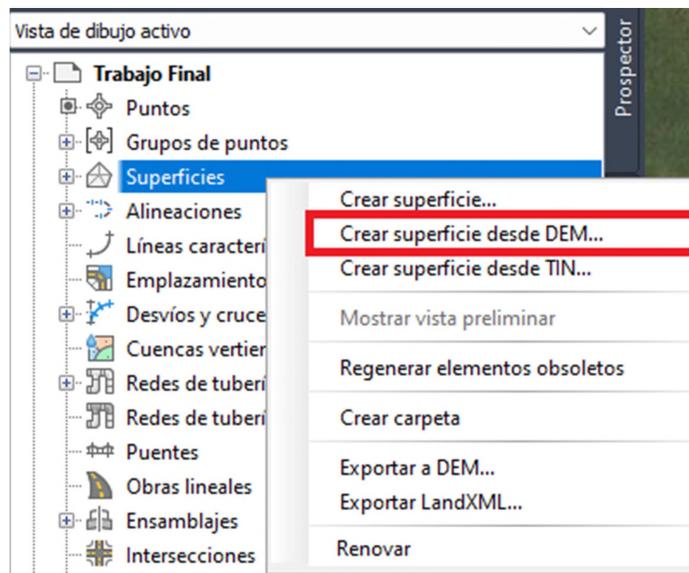


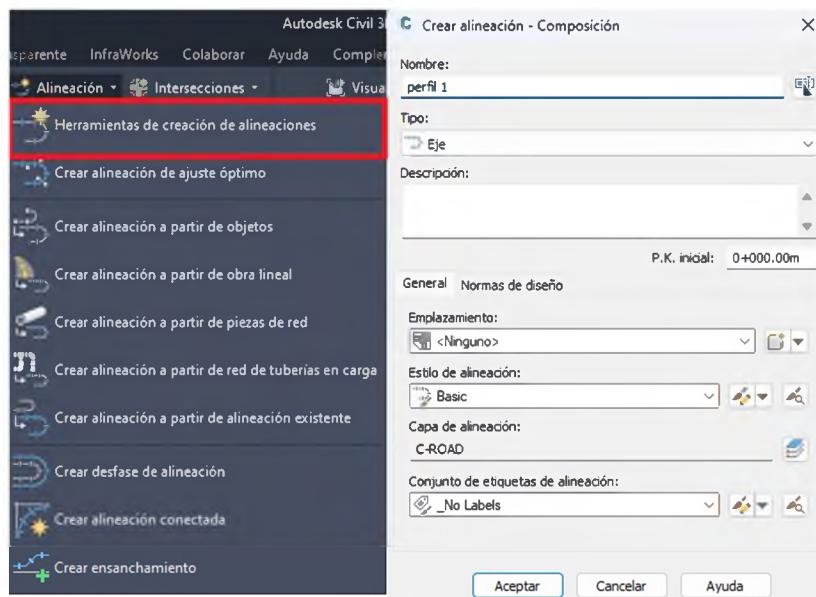
Imagen 42: Crear superficie desde DEM.

La superficie generada se representa mediante curvas de nivel, cuyo intervalo puede ajustarse según los requerimientos del proyecto (ver imagen 43).



Imagen 43: Superficie generada.

Luego se crearon perfiles longitudinales para representar las secciones más significativas del terreno, lo que facilita una comprensión clara de su morfología. Para ello, primero se accedió a la opción de “Alineación” y luego a “Herramientas de creación de alineaciones” (ver *Imagen 44*). En este paso, se asignó un nombre a la alineación y se trazaron tres alineaciones distribuidas uniformemente en el terreno, optimizando así su representación.



*Imagen 44: Creación de alineaciones.*

Posteriormente, se seleccionó cada alineación para crear un “Perfil de superficie” desde el centro de recursos. Se eligió la superficie correspondiente y, en la opción “Dibujar en visualización de perfil” (ver *Imagen 45*), se configuraron los estilos visuales antes de seleccionar “Crear visualización de perfil” (ver *Imagen 46*).

**Rol del Ingeniero Agrimensor en la Planificación y Diseño de Terrazas Agrícolas para el Control Efectivo de la Erosión Hídrica.**  
**FaCENA-UNNE**

---

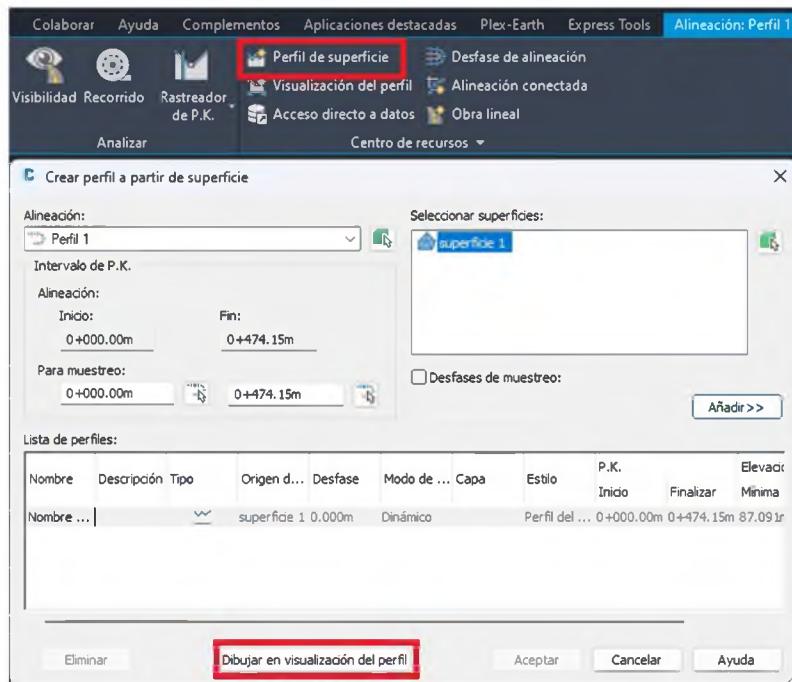


Imagen 45: Crear perfil a partir de superficie.

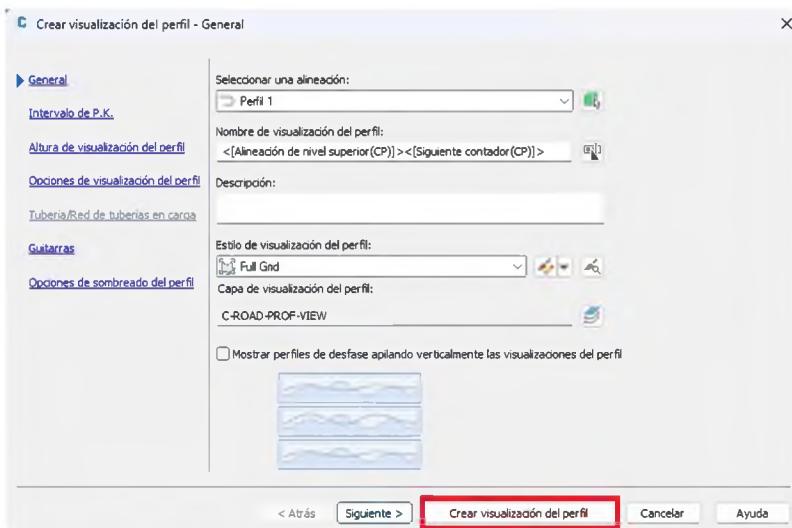


Imagen 46: Configuración de visualización de perfil.

En la LÁMINA 1, de la sección ANEXOS, se puede ver lo expuesto.

## 8.5 CÁLCULOS DE PÉRDIDA DE SUELOS

El relevamiento planialtimétrico del terreno es una herramienta fundamental para calcular el factor topográfico (LS) en la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (RUSLE). Este factor refleja la influencia de la longitud de la pendiente (L) y la inclinación del terreno (S) en la erosión causada por la escorrentía superficial.

Al realizar este tipo de relevamiento, se obtuvieron datos precisos sobre las distancias, desniveles y pendientes a lo largo de las líneas o segmentos más representativos del terreno. Estos datos permitieron calcular con mayor exactitud el factor LS, que es esencial para estimar la tasa de pérdida de suelo en cada segmento del área de estudio. Posteriormente, se determinó la pérdida total de suelo en la zona mediante el promedio de las tasas obtenidas en los diferentes segmentos. Este proceso es clave para la toma de decisiones y la planificación de medidas de conservación.

A partir de la aplicación INTA USLE/RUSLE, se calculó la pérdida de suelo promediando los valores registrados en distintos sectores del terreno. Los factores de la ecuación universal de perdida de suelo se seleccionaron dentro de la aplicación según las características previamente estudiadas del terreno.

Se comenzó seleccionando la Provincia donde se encuentra el terreno en cuestión. Luego, se seleccionó el Departamento dentro de la provincia. Esta selección permitió que el software determine automáticamente el valor del Factor R, que corresponde a la erosividad de la lluvia, como se observa en el cuadro N°1 y N°2 (*Imagen 47*).

# Rol del Ingeniero Agrimensor en la Planificación y Diseño de Terrazas Agrícolas para el Control Efectivo de la Erosión Hídrica.

FaCENA-UNNE

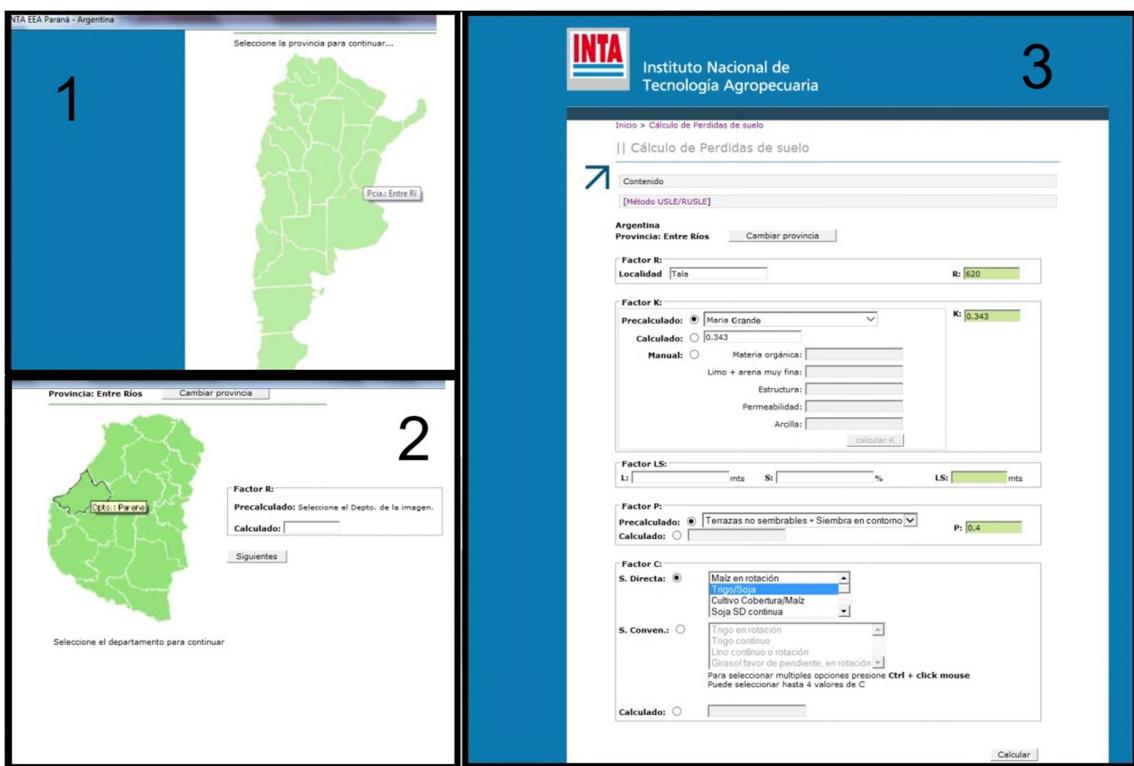


Imagen 47: Aplicación INTA RUSLE.

Continuando con el procedimiento, como se observa en el cuadro N°3 (imagen 47), se ingresaron los factores que solicita:

- **Factor K (Erodabilidad del suelo):** Se seleccionó la serie de suelo correspondiente al terreno en estudio. Este factor refleja la susceptibilidad del suelo a la erosión.
- **Factor LS (Longitud y pendiente):** Se ingresaron los valores de la longitud de la pendiente y su inclinación. El sistema calcula automáticamente el valor correspondiente a este factor, que considera el efecto de la longitud y pendiente en la erosión.
- **Factor P (Prácticas de manejo del suelo):** Se seleccionó una opción predefinida que refleja las prácticas de manejo del suelo (como terrazas o labranza en contorno).
- **Factor C (Cobertura del suelo y manejo):** Dependiendo del tipo de cultivo o cobertura del terreno, se seleccionó el valor correspondiente a este factor, que evalúa el efecto de la vegetación sobre la erosión.

Una vez ingresados todos los factores, se hizo clic en el botón “calcular”, obteniéndose el resultado en toneladas de suelo perdido por hectárea al año (ver *Imagen 48*).

|                     |                            |   |
|---------------------|----------------------------|---|
| Factor R:           | 620                        |   |
| Factor K:           | 0.343                      |   |
| Factor LS:          | 0.36                       |   |
| Factor P:           | 0.4                        |   |
| Rotación:           | Trigo/Soja                 |   |
| Factor C:           | 0.0393 <b>Adimensional</b> |   |
| Erosión anual est.: | 1.2                        | Tn/ha/año                               |
| Perdida prom.:      | 1.2                        | Tn/ha/año                               |
|                     |                            | <input type="button" value="Calcular"/> |

*Imagen 48: Resultado del cálculo de pérdida de suelo.*

(Los cálculos realizados con dicha aplicación se encuentran expuestos en las tablas de las imágenes 49 y 50).

Utilizando la aplicación INTA USLE/RUSLE, se determinó la pérdida de suelo en el terreno de estudio. La imagen 49 muestra esquemáticamente las líneas de referencia empleadas para el cálculo.

Adicionalmente, en la tabla de resultados se incluye el promedio de pérdida anual por hectárea (ha), donde se observó que los valores superan el límite de tolerancia establecido (2 tn/ha/año).

Estos resultados evidencian una pérdida de suelo considerablemente alta que excede el umbral admisible, lo que subraya la necesidad de implementar terrazas como medida de conservación para mitigar la erosión y reducir la pérdida a niveles aceptables.

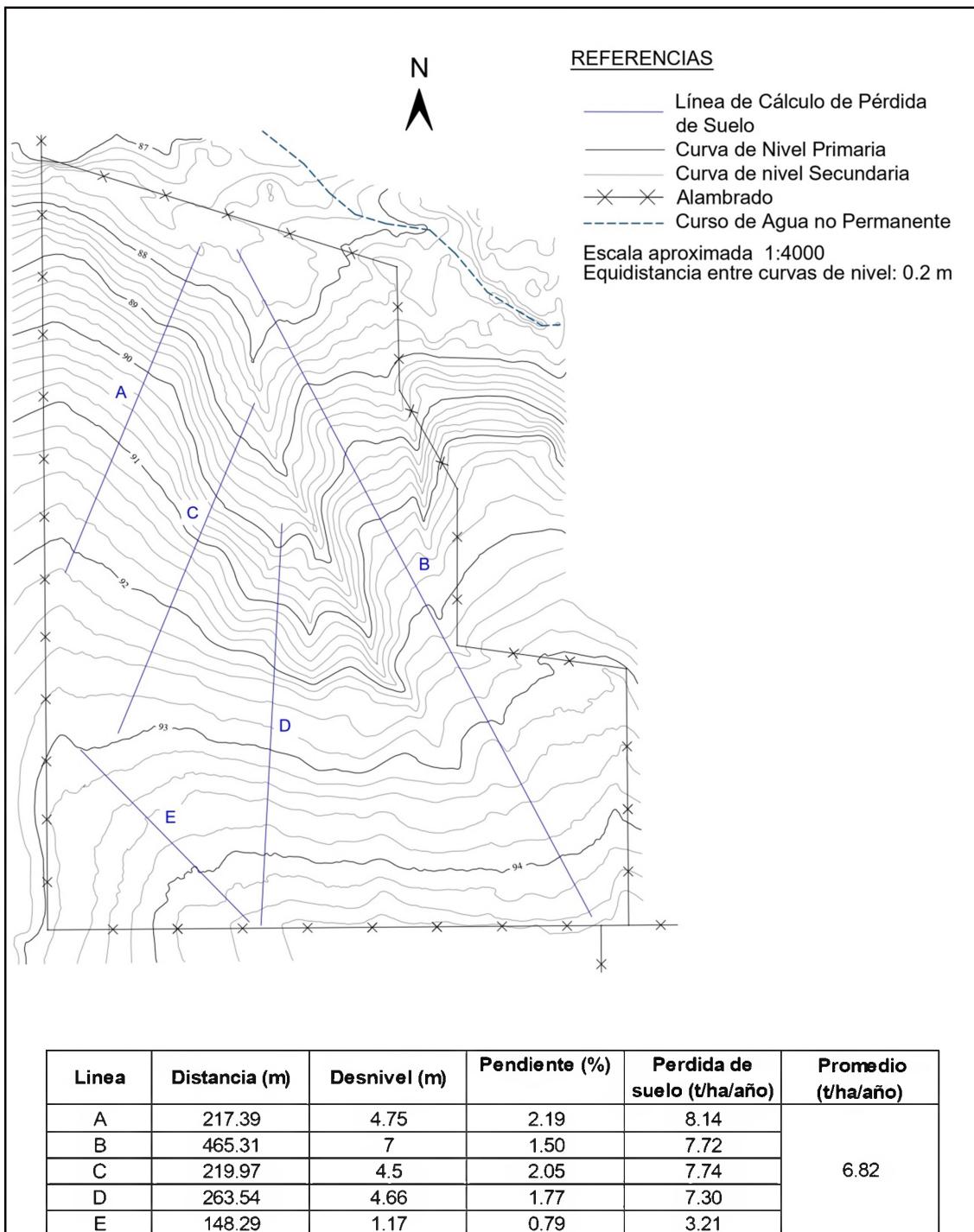


Imagen 49: Análisis de pérdida de suelo sin terrazas

## 8.6 DISEÑO DE TERRAZAS: SOLUCIÓN A LA EROSIÓN HÍDRICA

El diseño de terrazas fue desarrollado en colaboración con la Ingeniera Agrónoma Camila Heinze, cuyas recomendaciones profesionales fueron fundamentales para adaptar la propuesta a las condiciones edáficas y productivas específicas del terreno. Gracias a su aporte, se logró optimizar la funcionalidad agronómica del sistema. Se implementaron terrazas de base angosta con una pendiente longitudinal del 0,3%, complementadas con un canal colector que descarga en un curso de agua no permanente adyacente. El sistema integró los siguientes criterios de diseño:

- **Pendiente del terreno:** Se analizaron las pendientes en cada sector del área de trabajo, lo que permitió adaptar el diseño a las condiciones topográficas del terreno, asegurando tanto la efectividad del escurrimiento como la estabilidad estructural de las terrazas.
- **Integración con el drenaje natural:** Se aprovechó la red de drenaje preexistente, proyectando un canal colector hacia el cual las terrazas conducen el escurrimiento superficial. La ubicación del canal fue seleccionada estratégicamente para que descargue en un curso de agua no permanente, minimizando interferencias con áreas productivas y evitando impactos sobre sectores linderos.
- **Régimen de precipitaciones:** Se consideró el promedio anual de precipitaciones de la región para dimensionar las terrazas, garantizando una adecuada gestión del agua de lluvia y reduciendo el riesgo de erosión.
- **Requerimientos operativos:** El diseño contempló dimensiones y características de maquinarias agrícolas, adecuando el espaciamiento entre terrazas para facilitar las labores productivas sin comprometer la eficiencia del sistema.
- **Espaciamiento entre terrazas:** A partir del Modelo Digital de Elevaciones (MDE) generado, se aplicó un proceso iterativo para definir el espaciamiento óptimo entre terrazas. Se empleó la ecuación RUSLE para estimar la pérdida potencial de suelo en cada franja, ajustando el diseño hasta alcanzar niveles de erosión tolerables en todos los sectores del terreno.

A continuación, una imagen esquemática muestra las líneas de referencia usadas para el cálculo de perdida de suelo y la disposición de las terrazas (ver *Imagen 50*). Además, se presenta una tabla con los resultados, incluyendo el promedio de la pérdida de suelo anual por hectárea.

---

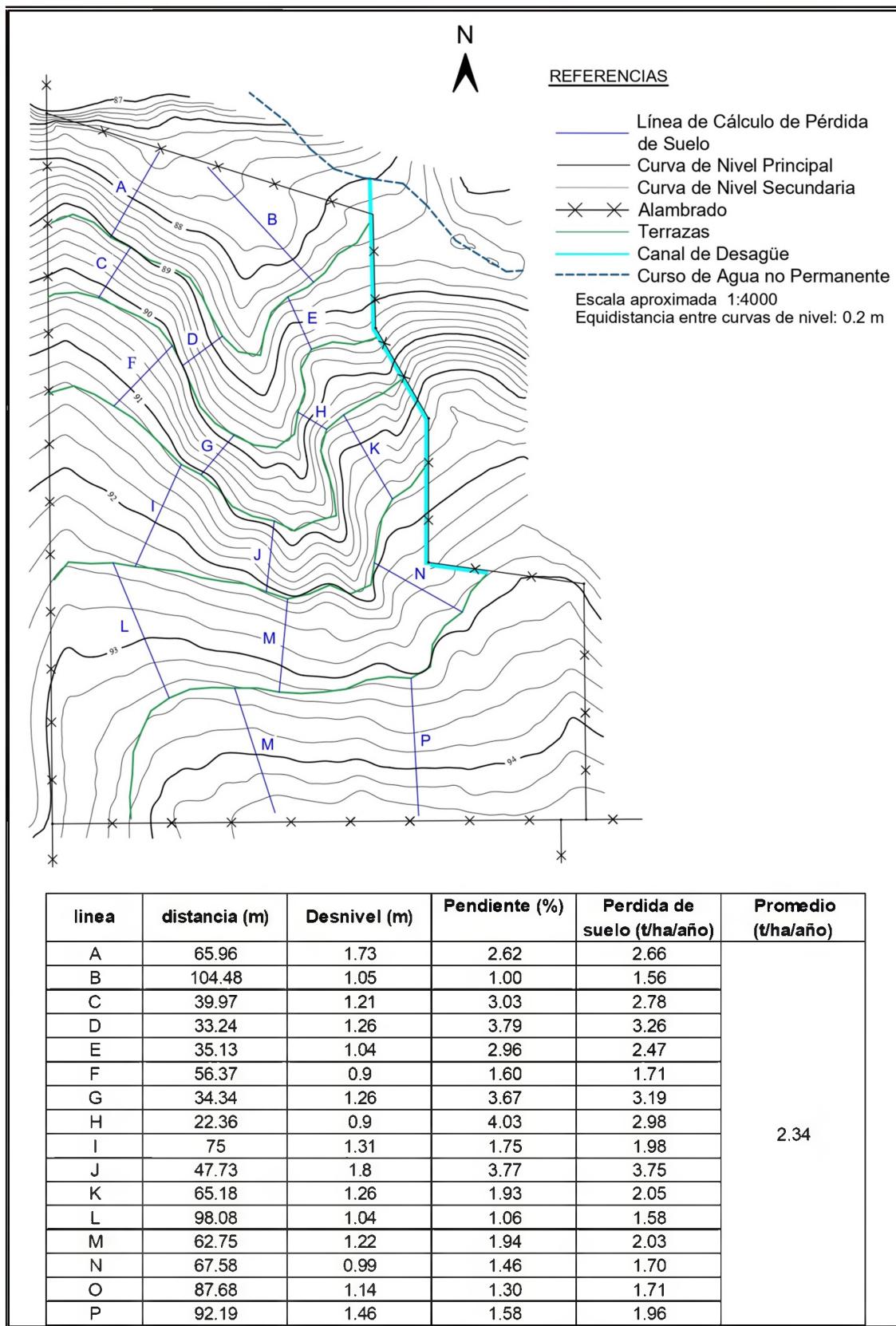


Imagen 50: Análisis de Pérdida de suelo con terrazas.

## Metodología de trazado de terrazas en Autocad Civil 3D

El trazado de las terrazas se definió mediante puntos cada 15 metros, aprovechando la capacidad de modificar los intervalos de las curvas de nivel en la superficie generada. Para calcular estos intervalos y diseñar las líneas de gradiente, se utilizó la fórmula de pendiente:

$$\text{pendiente}(\%): \frac{\text{Desnivel}}{\text{Distancia}} \cdot 100$$

Dónde:

- **Desnivel** es la diferencia de altura entre dos puntos.
- **Distancia** es la distancia horizontal entre esos dos puntos.

Con una pendiente del 0,3% y una distancia de 15 metros entre puntos, se obtiene un desnivel (intervalo de curvas de nivel) de 0,045 metros (4,5 cm).

$$\text{intervalo de curvas de nivel} = \frac{\text{Pendiente}(\%) \cdot \text{Distancia}}{100}$$

Sustituyendo:

$$\text{intervalo de curvas de nivel} = \frac{0.3\% \cdot 15m}{100} = 0.045m$$

Para realizar el trazado de las líneas de terrazas, se creó una nueva superficie a partir del modelo digital de elevaciones suavizado, el cual proporciona una distribución homogénea del terreno, asegurando que las cárcavas no afecten el diseño. Luego, se modificaron los intervalos de las curvas de nivel. Para ello, se seleccionó la superficie y se accedió a sus propiedades. Dentro de la sección "Propiedades de Superficie", se navegó a "Editar Estilo de Superficie" y en la pestaña "Curvas de Nivel" se ajustaron los intervalos, introduciendo el valor adecuado para representar la topografía según las especificaciones del trabajo (ver *imagen 51*).

---

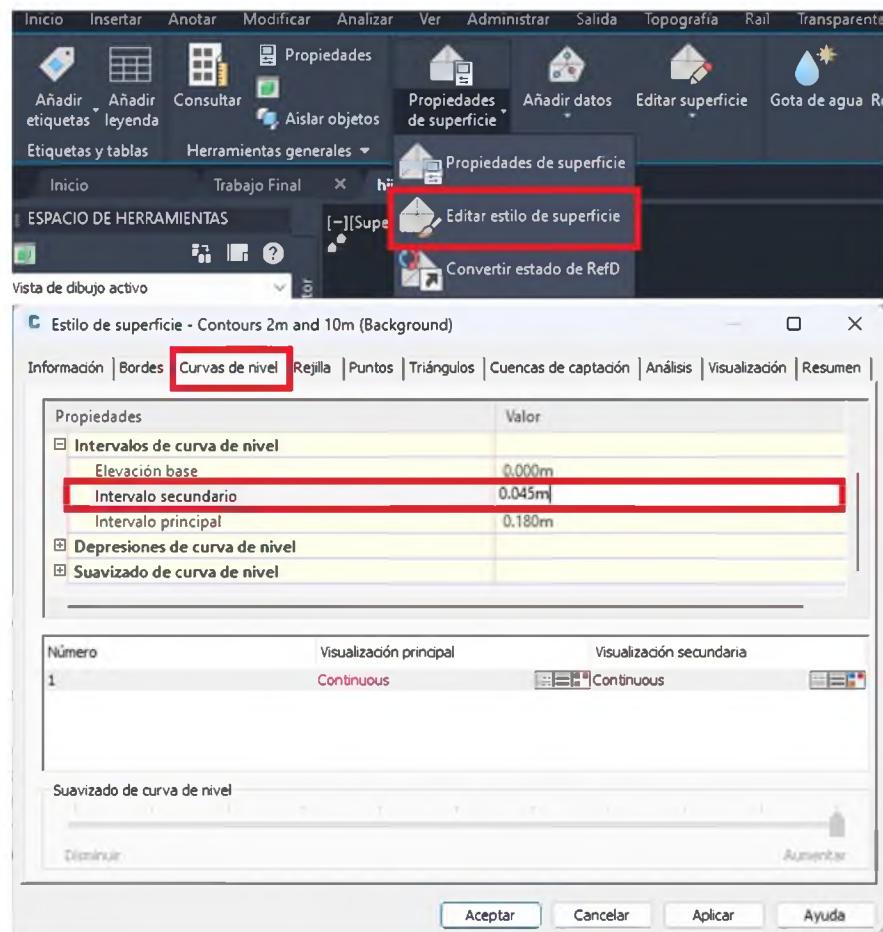


Imagen 51: Configuración de intervalos de curvas de nivel.

El trazado de las líneas de gradiente (terrazas) se ejecutó perpendicularmente a la pendiente, iniciando desde el lado opuesto al canal colector en una intersección entre el alambrado perimetral y una curva de nivel. Este punto de partida sirvió como referencia base para definir la línea con pendiente constante de -0.3%. Mediante un método geométrico secuencial (ver *Imagen 52*): desde el punto inicial se trazó un círculo de 15 m de radio, identificando su intersección con la curva de nivel adyacente; en dicha intersección se dibujó un nuevo círculo de igual radio, repitiendo el proceso de forma iterativa mientras se avanzaba hacia el canal de descarga. Finalmente, al unir los centros de todos los círculos mediante una polilínea, se estableció la traza definitiva de la terraza. Este método se aplicó para trazar un total de cinco líneas de terrazas adaptadas a las características topográficas del terreno.

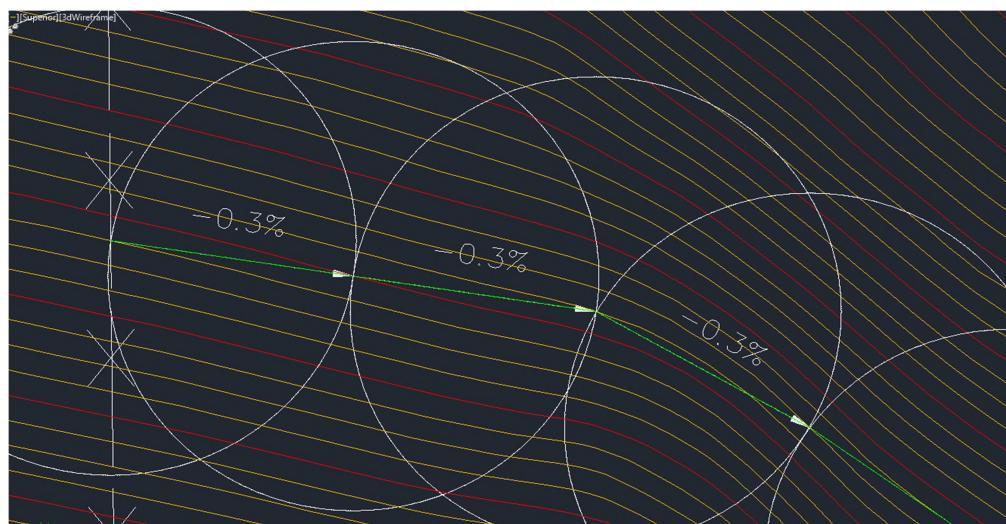


Imagen 52: Trazado de terrazas.

En la LÁMINA 2, de la sección ANEXOS, se puede ver lo expuesto.

Con esto se completa el desarrollo del trabajo, cerrando así todo el proceso de relevamiento, procesamiento de datos y diseño de terrazas agrícolas para el control efectivo de la erosión hídrica.

## CONCLUSIÓN

En base al objetivo planteado, el relevamiento fotogramétrico y la generación del Modelo Digital del Terreno (MDT) se presentaron como herramientas eficaces para abordar la planificación y el diseño de terrazas agrícolas orientadas al control de la erosión hídrica. Durante el desarrollo del trabajo, el MDT permitió no solo identificar con precisión las características morfológicas del terreno, sino también cuantificar la pérdida de suelo, información clave para ubicar estratégicamente las terrazas y maximizar su efectividad.

El relevamiento fotogramétrico demostró ser un método eficiente, ya que redujo significativamente el tiempo de trabajo en campo. Sin embargo, ese ahorro se trasladó al trabajo en gabinete, debido a las exigencias del procesamiento fotogramétrico. Además, el modelo generado ofrecía una representación sumamente detallada de la superficie, capturando irregularidades menores que, aunque precisas, resultaron poco relevantes para los fines de este trabajo. Esto requirió un procesamiento adicional para suavizar el MDT y lograr una superficie adecuada sin comprometer la fidelidad topográfica.

A pesar de este desafío, contar con un MDT permitió cuantificar la erosión en distintos sectores del terreno y, con ello, sustentar técnicamente el diseño de las terrazas. Según las estimaciones realizadas, la implementación de terrazas de desagüe de base angosta podría reducir, teóricamente, la erosión hídrica hasta en un 65%. Esta práctica, tal como fue desarrollada en el trabajo, representa una alternativa viable para disminuir la pérdida de suelo y favorecer su conservación en áreas de alta susceptibilidad.

En este sentido, la participación del Ingeniero Agrimensor fue clave para lograr una representación precisa del terreno y un diseño sustentable. No obstante, es importante remarcar que este tipo de proyectos requiere un enfoque interdisciplinario. La colaboración con un Ingeniero Agrónomo fue indispensable para incorporar criterios edafológicos y productivos, consolidando así una propuesta integral para combatir la degradación del suelo.

Este trabajo representó una valiosa oportunidad para integrar y aplicar diversos conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera. Sin embargo, abordar temas que

---

escapan al área específica de formación generó complicaciones, incertidumbres y demoras.

Finalmente, es importante recalcar la valiosa experiencia que implicó la realización de este trabajo, tanto desde el punto de vista académico como profesional y personal. Este proceso no solo permitió aplicar conocimientos técnicos propios de la carrera, sino también desarrollar competencias fundamentales como la autonomía, la resolución de problemas, la gestión del tiempo y la toma de decisiones.

## **BIBLIOGRAFIA**

### **Libros y documentos**

- Cisneros, J., Cholaky, C., Cantero Gutiérrez, A., González, J., Reynero, M., Diez, A., Bergesio, L., Cantero, J. J., Nuñez, C., Amuchástegui, A., & Degioanni, A. (2012). *Erosión hídrica: Principios y técnicas de manejo*. Unirio Editora.
- Casas, R. R., & Damiano, F. (Eds.). (2019). *Manual de buenas prácticas de conservación del suelo y del agua en áreas de secano*. PROSA - FECIC.
- Gaitán, J., Navarro, M. F., Tenti Vüegen, L., Pizarro, M. J., Carfagno, P., & Rigo, S. (s.f.). *Estimación de la pérdida de suelo por erosión hídrica en la República Argentina*.
- Pausich, G., Gvozdenovich Piotr, J., & Claudio, R. (2019). *Caracterización de zonas y subzonas RIAN Entre Ríos*. Red de Información Agropecuaria Nacional, Centro Regional Entre Ríos.
- Tasi, H. A. A. (2009). *Aplicación de las cartas de suelos de Entre Ríos, Argentina, para evaluar índices de productividad específicos para los principales cultivos agrícolas* [Tesis doctoral, Universidad de Santiago de Compostela]. Dirigida por A. Paz González, P. Barbegalata & F. Díaz-Fierros Viqueira.
- Huerta, E., Mangiaterra, A., & Noguera, G. (2005). *GPS. Posicionamiento satelital*.
- Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura, Universidad Nacional del Nordeste. (s.f.). *Apuntes de la cátedra de Fotogrametría*.
- Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura, Universidad Nacional del Nordeste. (s.f.). *Apuntes de la cátedra de Geodesia Física y Global*.
- Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura, Universidad Nacional del Nordeste. (s.f.). *Apuntes de la cátedra de Geografía Física y Geomorfología*.

### **Páginas web de información geoespacial**

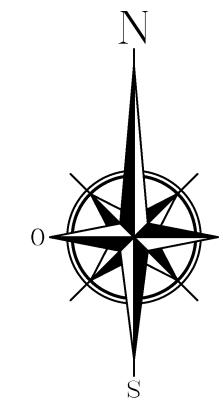
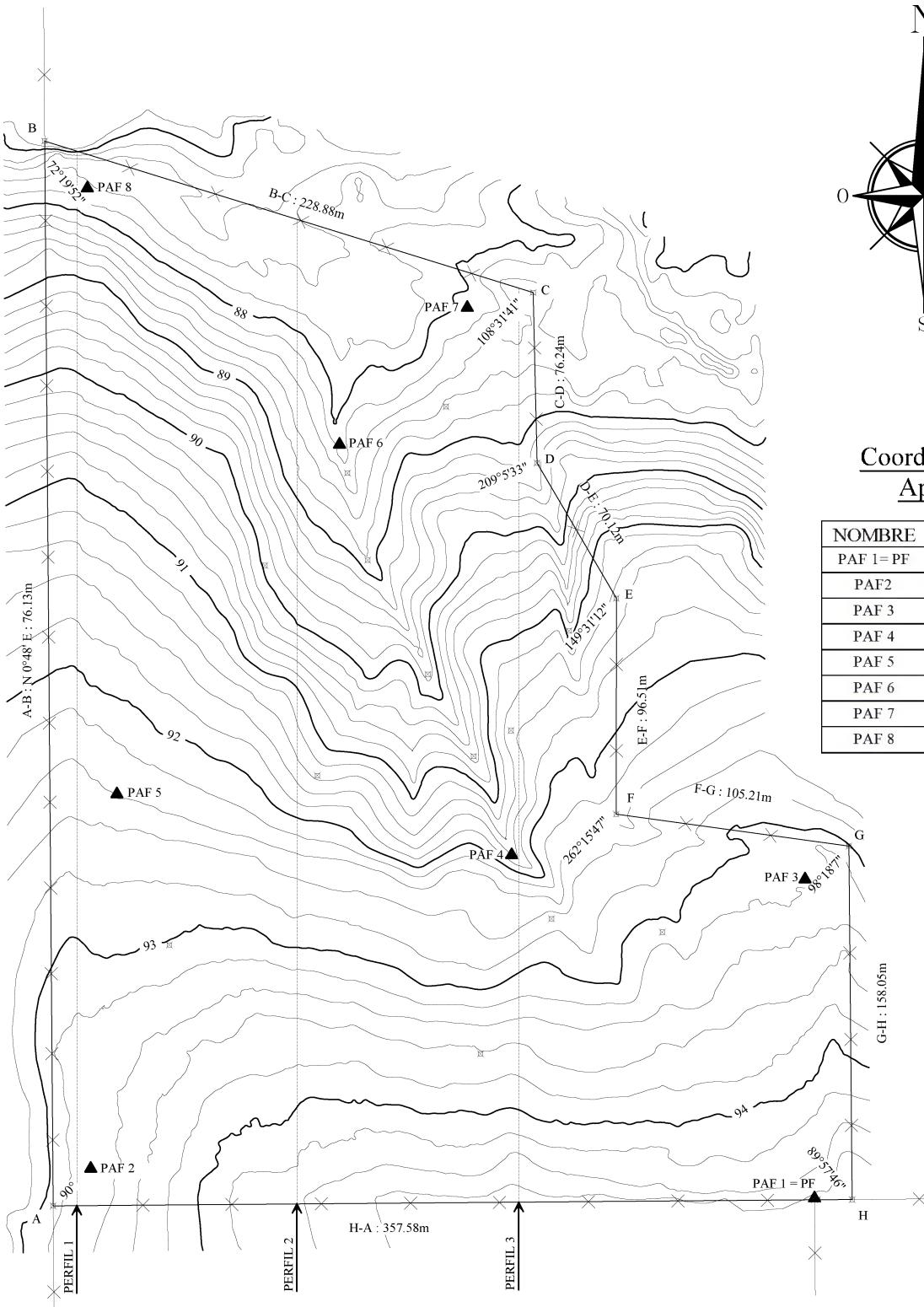
- INTA. (s.f.). *Plataforma geoespacial INTA*. <https://www.geo.inta.gob.ar>
- IGN. (s.f.). *Plataforma geoespacial IGN*. <https://www.mapa.ign.gob.ar>

### **Páginas web consultadas**

- Instituto Geográfico Nacional (IGN). (s.f.). <https://www.ign.com.ar>
  - Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). (s.f.). <https://www.inta.gob.ar>
-

# ANEXO

# LAMINA 1: RELEVAMIENTO PLANIALTIMÉTRICO



Coordenadas de los Puntos de Apoyo Fotogramétrico

| NOMBRE     | ESTE        | NORTE       | COTA   |
|------------|-------------|-------------|--------|
| PAF 1 = PF | 5505885,455 | 6476024,418 | 94,793 |
| PAF 2      | 5505561,514 | 6476037,692 | 93,254 |
| PAF 3      | 5505881,221 | 6476167,049 | 93,207 |
| PAF 4      | 5505749,934 | 6476177,881 | 91,642 |
| PAF 5      | 5505573,256 | 6476205,109 | 92,340 |
| PAF 6      | 5505730,055 | 6476422,624 | 88,093 |
| PAF 7      | 5505672,910 | 6476361,461 | 88,122 |
| PAF 8      | 5505560,016 | 6476476,002 | 87,707 |

Coordenadas de los Vértices

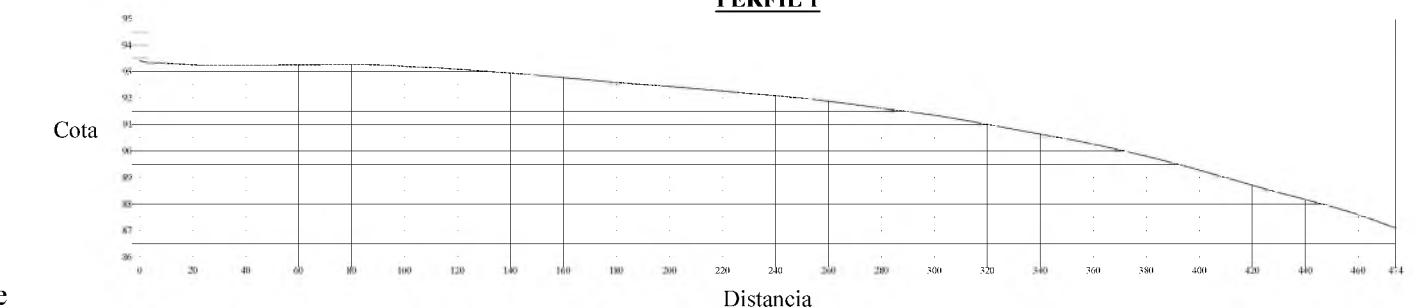
| NOMBRE | ESTE          | NORTE         |
|--------|---------------|---------------|
| B      | 5,505,540,858 | 6,476,496,483 |
| C      | 5,505,759,492 | 6,476,428,762 |
| D      | 5,505,761,245 | 6,476,352,538 |
| E      | 5,505,796,743 | 6,476,292,059 |
| F      | 5,505,796,626 | 6,476,195,549 |
| G      | 5,505,900,808 | 6,476,181,266 |
| H      | 5,505,902,237 | 6,476,023,214 |

## REFERENCIAS

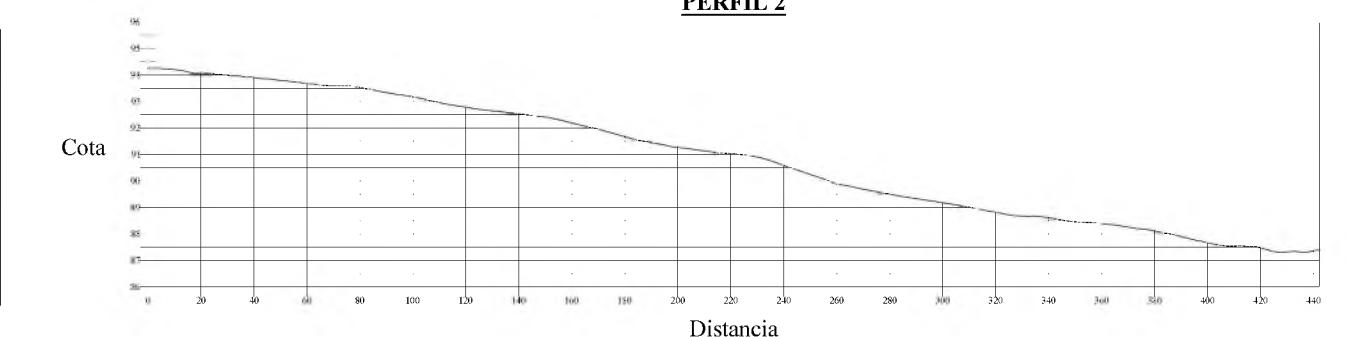
- Curva de Nivel Principal
- Curva de Nivel Secundaria
- × Alambrado
- ▲ Punto de Apoyo Fotogramétrico
- ✖ Punto Relevado
- SUP. Total del Terreno ..... 12 Ha 42 a 45 ca

ESCALA: 1:2000 ESCALA VERTICAL DE PERFILES: 1:200

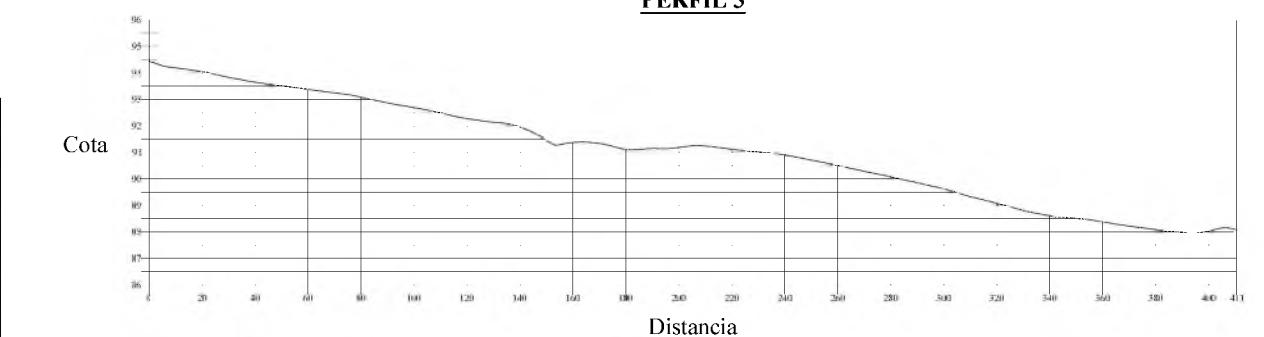
PERFIL 1



PERFIL 2



PERFIL 3



## FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES Y AGRIMENSURA

TRABAJO FINAL: "Incumbencias del Ingeniero Agrimensor en la planificación y diseño de terrazas para el control efectivo de la erosión hidráica"

ALUMNO:

WINKLER HIKKILÓ ERIC LEONEL  
Ing. Agrim. - MCP XXXX - DGyC XXXX  
Dirección - Entre Ríos.

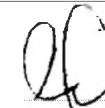
UBICACION DE LA ZONA DE TRABAJO  
Provincia de Entre Ríos - Rep. Argentina.  
Departamento Paraná.  
Distrito Quebracho.

Ejidos de Viale, Colonia Centenario, Ruta Nacional N° 18.

# FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES Y AGRIMENSURA

TRABAJO FINAL: "Incumbencias del Ingeniero Agrimensor en la planificación y diseño de terrazas para el control efectivo de la erosión hidrica"

ALUMNO:



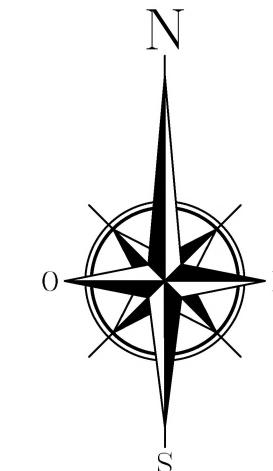
WINKLER HIKKILLO ERIC LEONEL  
Ing. Agrim. - MCP xXXX - DGCyC XXXX  
Direccion - Entre Rios.

UBICACION DE LA ZONA DE TRABAJO  
Provincia de Entre Ríos - Rep. Argentina.

Departamento Paraná.

Distrito Quebracho.

Ejidos de Viale, Colonia Centenario, Ruta Nacional N° 18.



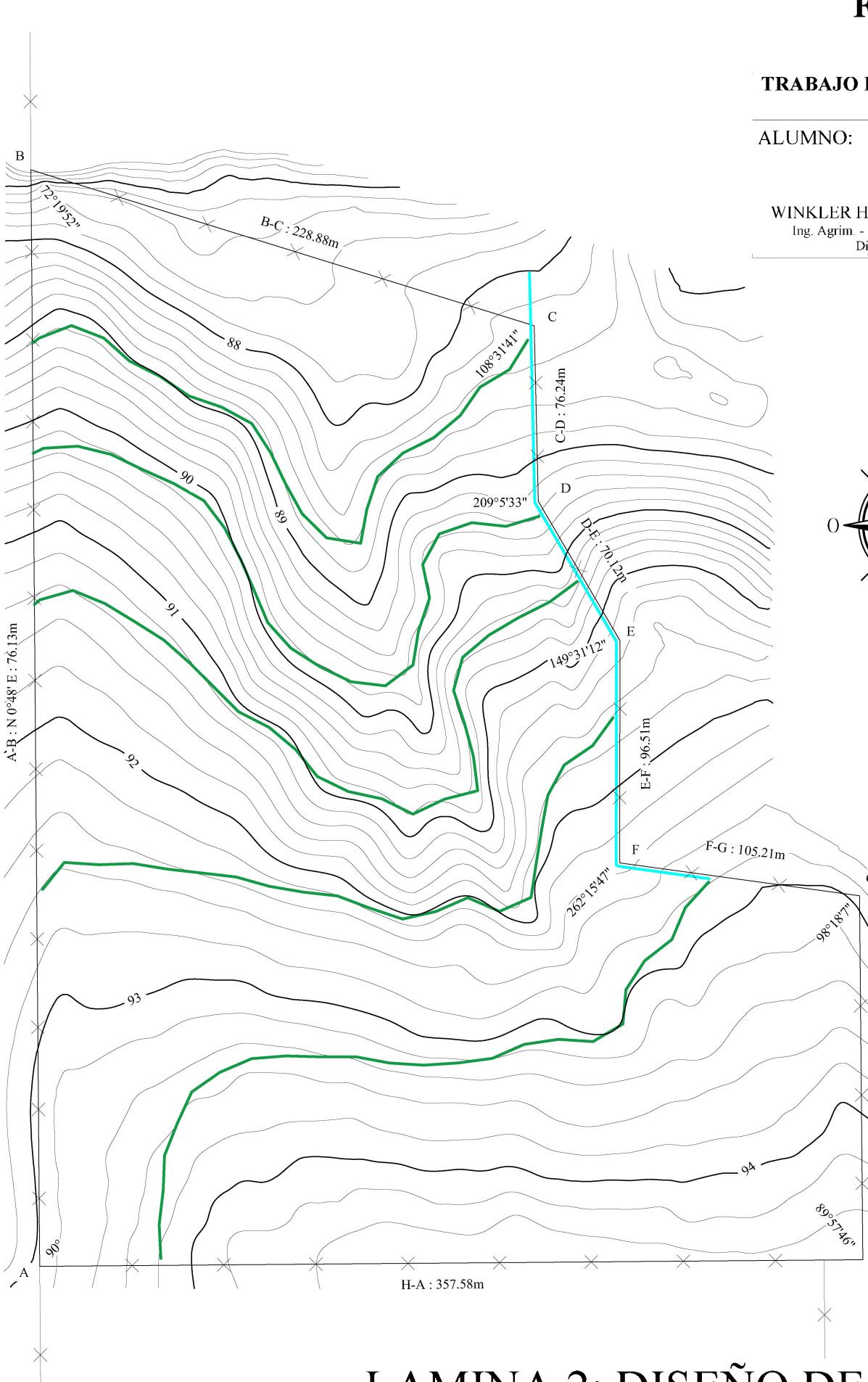
## REFERENCIAS

- Curva de Nivel Principal
- Curva de Nivel Secundaria
- \*— Alambrado
- Terraza
- Canal de Desagüe
- SUP. Total del Terreno ..... 12 Ha 42 a 45 ca

ESCALA: 1:2000

## Coordenadas de los Vértices

| NOMBRE | ESTE          | NORTE         |
|--------|---------------|---------------|
| B      | 5,505,540,858 | 6,476,496,483 |
| C      | 5,505,759,492 | 6,476,428,762 |
| D      | 5,505,761,245 | 6,476,352,538 |
| E      | 5,505,796,743 | 6,476,292,059 |
| F      | 5,505,796,626 | 6,476,195,549 |
| G      | 5,505,900,808 | 6,476,181,266 |
| H      | 5,505,902,237 | 6,476,023,214 |



## LAMINA 2: DISEÑO DE TERRAZAS