UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

Aplicación de métodos topográficos y geodésicos en la elaboración del proyecto ejecutivo para la rehabilitación y ampliación de plataformas de aviación comercial

INFORME DE ACTIVIDADES PROFESIONALES

Que para obtener el título de

Ingeniera Geomática

P R E S E N T A

Sahyra Araceli Arceo Huerta

ASESOR DE INFORME

M. en I. Adolfo Reyes Pizano

Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2026

PROTESTA UNIVERSITARIA DE INTEGRIDAD Y HONESTIDAD ACADÉMICA Y PROFESIONAL
(Titulación con trabajo escrito)

De conformidad con lo dispuesto en los artículos 87, fracción V, del Estatuto General, 68, primer párrafo, del Reglamento General de Estudios Universitarios y 26, fracción I, y 35 del Reglamento General de Exámenes, me comprometo en todo tiempo a honrar a la institución y a cumplir con los principios establecidos en el Código de Ética de la Universidad Nacional Autónoma de México, especialmente con los de integridad y honestidad académica.

De acuerdo con lo anterior, manifiesto que el trabajo escrito titulado APLICACION DE METODOS TOPOGRAFICOS Y GEODESICOS EN LA ELABORACION DEL PROYECTO EJECUTIVO PARA LA REHABILITACION Y AMPLIACION DE PLATAFORMAS DE AVIACION COMERCIAL que presenté para obtener el titulo de INGENIERA GEOMÁTICO es original, de mi autoría y lo realicé con el rigor metodológico exigido por mi Entidad Académica, citando las fuentes de ideas, textos, imágenes, gráficos u otro tipo de obras empleadas para su desarrollo.

En consecuencia, acepto que la falta de cumplimiento de las disposiciones reglamentarias y normativas de la Universidad, en particular las ya referidas en el Código de Ética, llevará a la nulidad de los actos de carácter académico administrativo del proceso de titulación.

SAHYRA ARACELI ARCEO HUERTA
Número de cuenta: 317229574

Agradecimientos

A la **Universidad Nacional Autónoma de México**, a la **Facultad de Ingeniería** y a la **Escuela Nacional Preparatoria No. 9 "Pedro de Alba"**, por contribuir a mi formación académica y profesional y brindarme las herramientas para llegar hasta aquí.

A **CEMEX**, por abrirme las puertas y brindarme la oportunidad de participar en proyectos que contribuyeron a mi crecimiento profesional, así como por autorizar el uso de la información necesaria para este informe. En especial, al **Ing. Luis Carlos Delgado Chávez**, por su confianza, guía y apoyo durante esta etapa.

A mi asesor, M. en I. Adolfo Reyes Pizano, por su tiempo, orientación y apoyo durante el desarrollo de este informe. Gracias por compartir sus conocimientos, por su disposición y por la confianza brindada durante este proceso.

A mis profesores, por compartir sus conocimientos y experiencia y contribuir a mi formación profesional. En especial, a la **M. en C. María Elena Osorio Tai**, por su apoyo durante mi servicio social y por el interés mostrado en mi formación.

A mis padres, Araceli y Ernesto. Gracias a ambos por su amor, esfuerzo y apoyo a lo largo de este camino. A mi mamá, gracias por estar siempre para mí y por enseñarme a no rendirme y a luchar por mis sueños. A mi papá, gracias por tu apoyo y por brindarme la educación y las herramientas que me permitieron llegar hasta aquí. Este logro también es de ustedes.

A mi familia, por las risas, los buenos momentos y todos los recuerdos compartidos.

A mi abuelita, por cuidarme, por tu amor y por ser una parte tan especial de mi vida.

A mi novio, Javier. Gracias por creer en mí, impulsarme a ser mejor y motivarme a esforzarme cada día. Gracias por llegar a mi vida de una manera tan única y por compartir conmigo nuestros sueños y todo lo que aún nos queda por construir juntos. Te amo.

A mis amigos, especialmente a Mariana, Camila y Emilio, por su amistad, por acompañarme en distintas etapas de mi vida y por sus consejos y palabras de aliento.

Índice

Introducción 4
I. Fundamentación 6
II. Términos de Referencia 8
III. Descripción del Equipo Topográfico y Geodésico 11
III.1 Estación Total 11
III.2 Nivel Fijo 12
III.3 Equipo GNSS 13
IV. Métodos de Levantamiento 14
IV.1 Trámites Preoperativos 14
IV.2 Georreferenciación del Levantamiento 15
IV.3 Planimetría 17
IV.3.1 Poligonal de Apoyo 17
IV.3.2 Levantamiento Planimétrico de Poligonal de Apoyo 19
IV.3.3 Trazo Y Replanteo de Ejes Geométricos 20
IV.3.4 Trazo de Retícula 22
IV.4 Altimetría 22
IV.4.1 Nivelación Altimétrica del Terreno 23
IV.4.2 Colocación de puntos de liga 24
IV.4.3 Control y verificación de información 25
V. Desarrollo del Proyecto en Gabinete 25
V.1 Descarga, depuración y organización de la información 26
V.2 Procesamiento en Software especializado 27
V.3 Generación de superficies, perfiles y secciones 29
V.4 Plantas Topográficas 31
V.5 Integración De Información Complementaria: GPR Y Geotecnia 33
V.6 Entregables Generados 35
VI. Proyecto Nuevo 38
VI.1 Proyecto geométrico nuevo 39
VI.2 Criterios de rasantes y pendientes 40
VI.3 Modulación de losas y criterios constructivos 42
VI.4 Diseño de pavimento 43
VI.5 Integración con el proyecto hidráulico 45
VI.6 Relación con señalamiento horizontal y ayudas visuales 46
VI.7 Entregables Generados del Nuevo Proyecto 48
Conclusiones 52
Bibliografía 54

Introducción

El presente informe de actividades profesionales tiene como propósito presentar el desarrollo de los trabajos topográficos y geodésicos realizados tanto en campo como en gabinete, los cuales forman parte fundamental del desarrollo de un proyecto ejecutivo para la rehabilitación y ampliación de una plataforma de aviación comercial. Estas actividades permiten la obtención de información espacial precisa y confiable sobre las condiciones físicas y geométricas existentes del sitio, constituyendo la base técnica para la elaboración de planos, superficies de diseño, rasantes y demás elementos necesarios para la integración del proyecto ejecutivo, mismo que apoya y sustenta la etapa constructiva.

La infraestructura aeroportuaria se distingue por sus elevados requerimientos estructurales, geométricos y operativos, debido a que de su correcto diseño y funcionamiento dependen directamente la seguridad operacional, la eficiencia en las maniobras aéreas y terrestres y la continuidad operativa del aeropuerto. Dentro de esta infraestructura, las plataformas de aviación comercial, conocidas como APR por sus siglas en inglés (Apron), o COM en español, cumplen una función esencial al servir como áreas destinadas al estacionamiento de aeronaves y al desarrollo de actividades críticas como el embarque y desembarque de pasajeros, el manejo de carga, el abastecimiento de combustible y los servicios de atención en tierra. En este contexto, los trabajos de rehabilitación y ampliación de dichas plataformas deben cumplir con criterios técnicos rigurosos que garanticen su adecuada integración con las áreas existentes del aeropuerto, considerando aspectos como las trayectorias de rodaje, pendientes y rasantes de diseño, sistemas de drenaje pluvial y características estructurales de los pavimentos aeroportuarios.

Desde la perspectiva de la Ingeniería Geomática, el desarrollo de proyectos de infraestructura aeroportuaria requiere una adecuada planeación de los levantamientos topográficos y geodésicos, así como la correcta selección de métodos e instrumentos de medición que permitan alcanzar los niveles de precisión exigidos por este tipo de proyectos. Resulta indispensable la aplicación de procedimientos de control de calidad

durante la adquisición, procesamiento y análisis de la información espacial, así como su correcta integración en software especializado.

Estas actividades permiten que los datos obtenidos en campo sean datos plenamente confiables, los cuales sirven de apoyo para la toma de decisiones, la elaboración de planos ejecutivos y la coordinación interdisciplinaria entre las distintas áreas involucradas en el proyecto.

El presente informe se estructura a partir de la fundamentación del proyecto, la definición de los términos de referencia, la descripción del equipo topográfico y geodésico utilizado, los métodos de levantamiento aplicados, el procesamiento de información en gabinete y el desarrollo del proyecto geométrico nuevo. Finalmente, se presentan las conclusiones derivadas de la experiencia profesional y de la aplicación de la Ingeniería Geomática en infraestructura aeroportuaria.

I. Fundamentación

Como parte de las acciones orientadas a la conservación y mejora continua de la infraestructura aeroportuaria, se contempla la intervención del área de plataforma de aviación comercial mediante trabajos de rehabilitación y ampliación, esto derivado del deterioro progresivo del pavimento y a la necesidad de mantener condiciones óptimas de seguridad, funcionalidad y operación dentro del aeropuerto; es por ello que la conservación de pavimentos aeroportuarios resulta fundamental para prolongar su vida útil, garantizar niveles aceptables de servicio y minimizar riesgos operacionales.



Figura 1. *Estado del pavimento previo a la rehabilitación*
Nota: Fotografía tomada durante la inspección inicial del área de plataforma

Las plataformas comerciales constituyen áreas estratégicas dentro del sistema aeroportuario, al permitir el estacionamiento, circulación y atención en tierra de las aeronaves, así como su conexión operativa con pistas, calles de rodaje, edificaciones terminales y demás instalaciones aeroportuarias. Debido a su uso intensivo y a las cargas repetidas de gran magnitud que reciben, estas áreas están sujetas a diversos mecanismos de deterioro estructural y funcional, tales como fisuración, deformaciones, desintegración superficial y fallas en el drenaje.

La conservación y rehabilitación de la infraestructura aeroportuaria debe ejecutarse bajo los lineamientos técnicos establecidos en documentos emitidos por la Federal Aviation Administration (FAA) en sus circulares AC 150/5380-6 C y la AC 150/5320-6 G, los cuales establecen criterios para la evaluación, diseño y rehabilitación de pavimentos aeroportuarios. Además, la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) establece que las superficies de movimiento en los aeródromos deben conservarse en condiciones que garanticen operaciones seguras y eficientes, considerando aspectos geométricos, estructurales y funcionales. Documentos como el Anexo 14 Aeródromos y el Aerodrome Design Manual señalan la importancia de contar con información topográfica y geométrica precisa para el diseño, rehabilitación y ampliación de plataformas, de manera que se asegure su adecuada integración con las demás áreas del aeropuerto y con los sistemas de drenaje superficial.

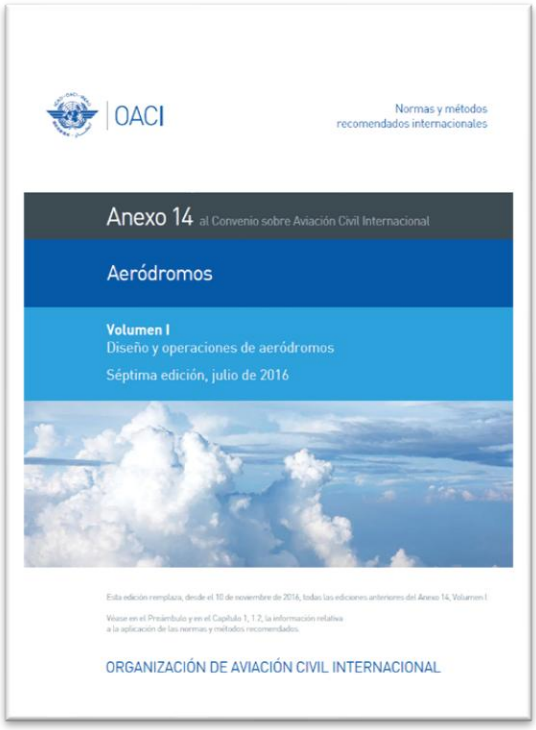


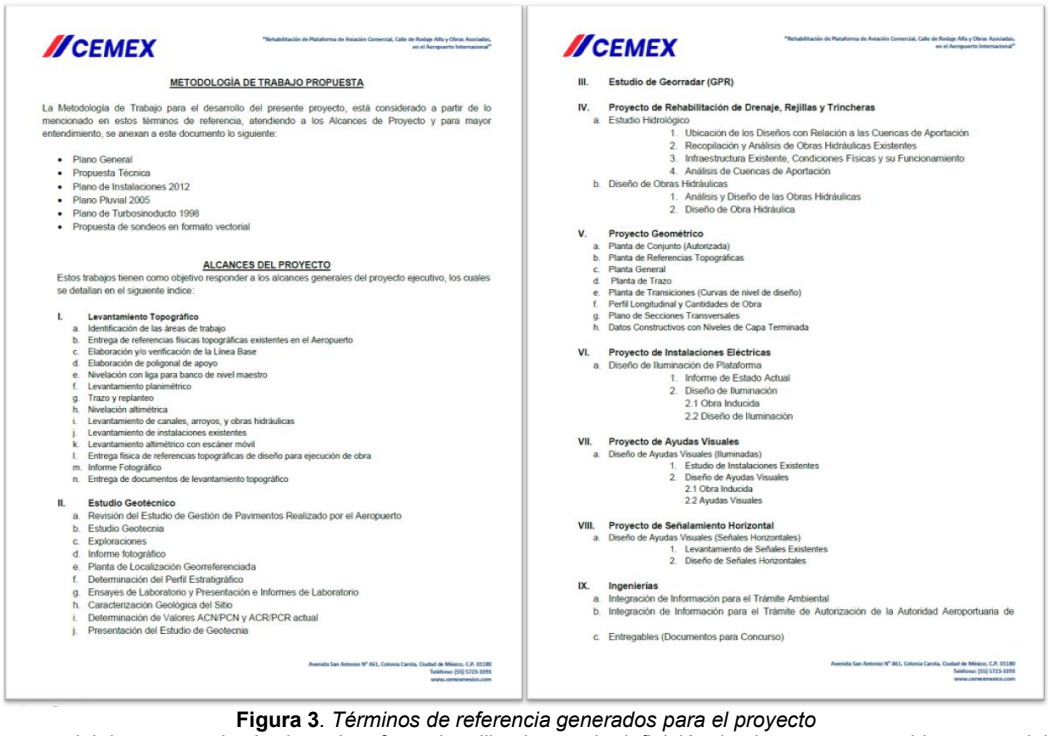
Figura 2. *Anexo 14 – Aeródromos de la OACI*
Nota: Adaptado de Anexo 14: Aeródromos. Volumen I, Diseño y operaciones de aeródromos, por Organización de Aviación Civil *Internacional, 2016.*

El desarrollo del proyecto ejecutivo tiene como objetivo proporcionar los estudios, análisis, cálculos, planos y especificaciones técnicas necesarias para ejecutar los trabajos de rehabilitación y ampliación conforme a la normatividad vigente y a las mejores prácticas de la ingeniería aeroportuaria. Para ello, resulta indispensable conocer de manera previa las condiciones físicas, topográficas y geométricas de las áreas de intervención, dado que estas influyen directamente en la definición de rasantes, pendientes, soluciones de drenaje y estrategias de conservación de pavimentos.

En este contexto, los levantamientos topográficos y geodésicos constituyen una etapa esencial del proyecto al permitir la generación de información espacial precisa sobre la geometría existente, elevaciones, pendientes, elementos superficiales e infraestructura asociada. La información obtenida mediante estos trabajos representa el principal insumo para la elaboración de plantas topográficas, modelos digitales del terreno, superficies y secciones transversales, asegurando que las soluciones propuestas sean técnicamente viables, compatibles con la normatividad FAA, OACI y los lineamientos nacionales, y alineadas con los principios de conservación y rehabilitación de pavimentos aeroportuarios.

II. Términos de Referencia

Como primera etapa del proceso, se llevó a cabo la elaboración de los términos de referencia, con el propósito de definir los alcances, entregables, metodología y actividades necesarias para el desarrollo del proyecto ejecutivo de rehabilitación y ampliación de la plataforma comercial.



CEMEX

"Rehabilitación de Plataforma de Aviación Comercial, Calle de Rodaje Alfa y Obras Asociadas, en el Aeropuerto Internacional"

METODOLOGÍA DE TRABAJO PROPUESTA

La Metodología de Trabajo para el desarrollo del presente proyecto, está considerado a partir de lo mencionado en estos términos de referencia, atendiendo a los Alcances de Proyecto y para mayor entendimiento, se anexan a este documento lo siguiente:

- Plano General
- Propuesta Técnica
- Plano de Instalaciones 2012
- Plano Pluvial 2005
- Plano de Turbosinoducto 1998
- Propuesta de sondeos en formato vectorial

ALCANCES DEL PROYECTO

Estos trabajos tienen como objetivo responder a los alcances generales del proyecto ejecutivo, los cuales se detallan en el siguiente índice:

I. **Levantamiento Topográfico**
- a. Identificación de las áreas de trabajo
- b. Entrega de referencias físicas topográficas existentes en el Aeropuerto
- c. Elaboración y/o verificación de la Línea Base
- d. Elaboración de poligonal de apoyo
- e. Nivelación con liga para banco de nivel maestro
- f. Levantamiento planimétrico
- g. Trazo y replanteo
- h. Nivelación altimétrica
- i. Levantamiento de canales, arroyos, y obras hidráulicas
- j. Levantamiento de instalaciones existentes
- k. Levantamiento altimétrico con escáner móvil
- l. Entrega física de referencias topográficas de diseño para ejecución de obra
- m. Informe Fotográfico
- n. Entrega de documentos de levantamiento topográfico

II. **Estudio Geotécnico**
- a. Revisión del Estudio de Gestión de Pavimentos Realizado por el Aeropuerto
- b. Estudio Geotecnia
- c. Exploraciones
- d. Informe fotográfico
- e. Planta de Localización Georreferenciada
- f. Determinación del Perfil Estratigráfico
- g. Ensayes de Laboratorio y Presentación e Informes de Laboratorio
- h. Caracterización Geológica del Sitio
- i. Determinación de Valores ACN/PCN y ACR/PCR actual
- j. Presentación del Estudio de Geotecnia

Avenida San Antonio N° 461, Colonia Carola, Ciudad de México, C.P. 01180
Teléfono: (55) 5723-3393
www.cemexmexico.com

CEMEX

"Rehabilitación de Plataforma de Aviación Comercial, Calle de Rodaje Alfa y Obras Asociadas, en el Aeropuerto Internacional"

III. **Estudio de Georradar (GPR)**

IV. **Proyecto de Rehabilitación de Drenaje, Rejillas y Trincheras**
- a. Estudio Hidrológico
  1. Ubicación de los Diseños con Relación a las Cuencas de Aportación
  2. Recopilación y Análisis de Obras Hidráulicas Existentes
  3. Infraestructura Existente, Condiciones Físicas y su Funcionamiento
  4. Análisis de Cuencas de Aportación
- b. Diseño de Obras Hidráulicas
  1. Análisis y Diseño de las Obras Hidráulicas
  2. Diseño de Obra Hidráulica

V. **Proyecto Geométrico**
- a. Planta de Conjunto (Autorizada)
- b. Planta de Referencias Topográficas
- c. Planta General
- d. Planta de Trazo
- e. Planta de Transiciones (Curvas de nivel de diseño)
- f. Perfil Longitudinal y Cantidades de Obra
- g. Plano de Secciones Transversales
- h. Datos Constructivos con Niveles de Capa Terminada

VI. **Proyecto de Instalaciones Eléctricas**
- a. Diseño de Iluminación de Plataforma
  1. Informe de Estado Actual
  2. Diseño de Iluminación
     2.1 Obra Inducida
     2.2 Diseño de Iluminación

VII. **Proyecto de Ayudas Visuales**
- a. Diseño de Ayudas Visuales (Iluminadas)
  1. Estudio de Instalaciones Existentes
  2. Diseño de Ayudas Visuales
     2.1 Obra Inducida
     2.2 Ayudas Visuales

VIII. **Proyecto de Señalamiento Horizontal**
- a. Diseño de Ayudas Visuales (Señales Horizontales)
  1. Levantamiento de Señales Existentes
  2. Diseño de Señales Horizontales

IX. **Ingenierías**
- a. Integración de Información para el Trámite Ambiental
- b. Integración de Información para el Trámite de Autorización de la Autoridad Aeroportuaria de
- c. Entregables (Documentos para Concurso)

Avenida San Antonio N° 461, Colonia Carola, Ciudad de México, C.P. 01180
Teléfono: (55) 5723-3393
www.cemexmexico.com

Figura 3. *Términos de referencia generados para el proyecto*
Nota: Extracto del documento de términos de referencia utilizado para la definición de alcances, entregables y metodología del proyecto ejecutivo.

Para la integración de los Términos de Referencia fue necesario establecer los alcances del proyecto, los entregables esperados y una metodología general de trabajo, considerando criterios de calidad y lineamientos normativos asociados al diseño y rehabilitación de infraestructura aeroportuaria, tales como los establecidos por la FAA, la OACI y la autoridad aeronáutica nacional. Estos criterios permitieron definir parámetros mínimos de aceptación, niveles de detalle de la información y formatos de presentación para asegurar la consistencia técnica del proyecto.

Dado que el área de intervención corresponde a un entorno aeroportuario en operación, se incorporaron de manera explícita las restricciones operativas del sitio como un factor crítico de planeación. En particular, las actividades de campo deben ejecutarse bajo autorización operativa mediante NOTAM (Notice to Airmen), el cual forma parte de los servicios de información aeronáutica y permite comunicar condiciones, restricciones o modificaciones temporales relevantes para la operación aérea (Agencia Federal de Aviación Civil, 2024). Para el tipo de actividades previstas en el proyecto, se consideró una ventana máxima de trabajo de 45 días naturales, establecida dentro de los términos de referencia y utilizada como plazo de referencia para la programación de la campaña de campo (CEMEX, 2026).



Figura 4. *Diagrama de Gantt para programación de trabajos en campo y desarrollo del proyecto*
Nota: Extracto del cronograma utilizado para la planeación general de actividades de campo, gabinete y desarrollo del proyecto ejecutivo.

Con base en dicho plazo, se estructuró una secuencia lógica de actividades que contempló la recopilación, revisión y validación de la información existente; la ejecución de los trabajos de campo conforme a una metodología previamente definida; y el procesamiento, análisis e integración de la información en gabinete para su incorporación al proyecto ejecutivo. Esta secuencia permitió identificar actividades críticas, dependencias entre ellas y posibles riesgos técnicos u operativos derivados de interferencias subterráneas, limitaciones de acceso o desviaciones respecto a la información histórica disponible.

Adicionalmente, con el fin de reducir riesgos durante la etapa de ejecución, se involucró de manera temprana al equipo responsable de la futura etapa de construcción, integrando criterios de construcción y logística de obra en la definición de los alcances y entregables. Esto permitió identificar la información técnica indispensable para la planeación de los trabajos, la optimización de fases constructivas y la toma de decisiones informadas durante la intervención de la plataforma comercial.

Asimismo, los Términos de Referencia incluyeron lineamientos para la coordinación con el cliente, las autoridades aeroportuarias y equipos operativos, así como mecanismos de control documental y trazabilidad de la información, con el objetivo de garantizar que los datos obtenidos en campo y los resultados de gabinete se integraran de manera ordenada, verificable y consistente al proyecto ejecutivo.

Finalmente, los Términos de Referencia fueron planteados para su revisión y aprobación por parte del cliente, considerando que el proyecto formaba parte de un esquema integral que abarca tanto el diseño como la ejecución de obra, y que la información generada debía servir como base técnica confiable para el desarrollo del proyecto, la planeación constructiva y la adecuada gestión de riesgos.

III. Descripción del Equipo Topográfico y Geodésico

Durante el desarrollo de los trabajos de campo se empleó equipo especializado, este equipo fue seleccionado en función de las necesidades del proyecto y la precisión requerida, dando como resultado la selección de una estación total, un nivel fijo y un equipo GNSS, los cuales nos permitieron establecer el control topográfico, realizar el levantamiento de infraestructura existente, georreferenciar el proyecto y establecer las cotas de proyecto.

III.1 Estación Total

La estación total es un instrumento topográfico electrónico que permite medir ángulos horizontales, ángulos verticales y distancias inclinadas o reducidas, con el objetivo de determinar la posición de puntos en el terreno mediante coordenadas. Este equipo integra funciones de teodolito electrónico y distanciómetro, por lo que es ampliamente utilizado en levantamientos planimétricos, replanteos, poligonales y control de obra.



Figura 5. *Leica TCRP 1203*
Nota: Adaptado de Leica 1203 TRCM robotizada, por Instop, 2010.

La estación total empleada fue una Leica TCRP 1203, este equipo se caracteriza por estar diseñado para trabajos topográficos de alta precisión, con medición angular continua, compensador de doble eje y distanciómetro electrónico coaxial. La precisión angular horizontal y vertical es de 3” (3 segundos). Además, el equipo permite medición de distancias con prisma circular o 360° hasta 3,000 m, con una precisión en modo estándar de 2 mm + 2 ppm (Instop, 2010). Por sus características de precisión, alcance y estabilidad en la medición, este equipo resultó adecuado y confiable para las necesidades del proyecto y para el nivel de detalle requerido en el levantamiento.

III.2 Nivel Fijo



Figura 6. *Leica NA332*
Nota: Adaptado de Nivel LEICA NA332, por DMINCO Ventas, 2023.

El nivel fijo es un instrumento topográfico utilizado para determinar diferencias de altura entre puntos mediante lecturas realizadas sobre un estadal. Su principal aplicación es la nivelación geométrica, la cual permite trasladar cotas desde un banco de nivel conocido hacia otros puntos del terreno, con el objetivo de establecer referencias altimétricas confiables para el control vertical de un proyecto.

Durante los trabajos de campo se empleó un nivel Leica NA332, equipo óptico automático que cuenta con aumento de 32x, compensador automático y características adecuadas para trabajos topográficos de precisión (DMINCO Ventas, s.f.). Este equipo permite obtener lecturas estables y confiables, necesarias para calcular elevaciones, verificar desniveles y controlar pendientes en superficies existentes.

En una plataforma aeroportuaria, el control altimétrico es fundamental, ya que las elevaciones y pendientes influyen directamente en el escurrimiento superficial, la seguridad operacional y la correcta integración de las rasantes de proyecto con el pavimento existente. Una variación incorrecta en las cotas puede generar zonas de encharcamiento, cambios bruscos de pendiente o problemas durante la ejecución de los trabajos de rehabilitación y ampliación.

En el proyecto, el nivel fijo fue utilizado para realizar una nivelación simple sobre los puntos definidos en la retícula de trabajo. A partir de las lecturas obtenidas con estadal, se determinaron las cotas de la superficie existente de la plataforma, lo que permitió conocer su configuración altimétrica y generar información base para el procesamiento en gabinete.

La información obtenida mediante el nivel fijo fue utilizada para la generación de superficies, perfiles, secciones transversales y criterios de rasante en Software especializado. Por ello, su uso resultó necesario para vincular el levantamiento

altimétrico con el desarrollo del proyecto ejecutivo, especialmente en la definición de pendientes, empates con pavimentos existentes y análisis de drenaje superficial.

Por sus características de precisión, facilidad de operación y confiabilidad en campo, el nivel Leica NA332 resultó adecuado para el control vertical requerido en el proyecto, permitiendo obtener información altimétrica suficiente para apoyar el diseño geométrico y la definición de rasantes de la plataforma comercial.

III.3 Equipo GNSS

Un equipo GNSS (Global Navigation Satellite System) es un sistema de posicionamiento satelital que permite determinar coordenadas sobre la superficie terrestre mediante la recepción de señales provenientes de satélites. En trabajos topográficos y geodésicos, este tipo de equipo se utiliza para establecer puntos de control, georreferenciar levantamientos y vincular la información obtenida en campo a un sistema de referencia espacial.



Figura 7. *SatLab SL900/Freyja*
Nota: Adaptado de Kit GNSS Base SatLab SL900 + Rover SatLab Freyja, por Punto Visado, 2023.

El equipo GNSS empleado para la georreferenciación fue un sistema SatLab SL900/Freyja. Este equipo permite obtener coordenadas mediante señales satelitales y puede trabajar en diferentes modalidades, como RTK (Real-Time Kinematic), Red RTK, estático y postproceso. Cuenta con 1408 canales y, en modo RTK, alcanza una precisión aproximada de 8 mm + 1 ppm en horizontal y 15 mm + 1 ppm en vertical (Punto Visado, s. f.).

El equipo GNSS permitió establecer y verificar puntos de control dentro del sistema de referencia adoptado. Sin embargo, para el levantamiento de detalle y el replanteo de elementos geométricos se complementó con estación total, debido a la necesidad de mayor control planimétrico en zonas específicas de la plataforma.

IV. Métodos de Levantamiento

La metodología de trabajo para el desarrollo del proyecto se definió con base en la experiencia adquirida en proyectos similares dentro de aeropuertos en operación, así como en los alcances establecidos en las bases de licitación y en las necesidades técnicas del proyecto. Debido a que los trabajos se realizaron dentro de un entorno aeroportuario operativo, fue necesario considerar una etapa previa de coordinación administrativa, seguridad operacional y reconocimiento del sitio, antes de iniciar las actividades topográficas y geodésicas en campo.

Los trabajos se organizaron en dos etapas principales: trámites preoperativos y trabajos de campo. La primera etapa tuvo como objetivo garantizar el cumplimiento de los requisitos administrativos, de seguridad y de acceso al área operacional del aeropuerto. La segunda etapa consistió en la identificación de puntos georreferenciados, el establecimiento de una poligonal de apoyo, el levantamiento de infraestructura existente, el trazo de ejes geométricos, la conformación de una retícula de trabajo y el levantamiento altimétrico del terreno.

IV.1 Trámites Preoperativos

Previo al inicio de los trabajos en campo, se realizaron diversas actividades administrativas y de coordinación con el personal responsable del aeropuerto. Estas actividades son necesarias para asegurar el ingreso controlado del personal, vehículos y equipo topográfico a las áreas operacionales, así como para establecer las condiciones bajo las cuales se desarrollarían los trabajos.

Una de las principales actividades fue la coordinación con personal del aeropuerto, la entrega de la relación de personal y equipo, la participación en cursos de capacitación sobre seguridad y protección de la aviación, el trámite de gafetes de acceso, las reuniones con personal de operaciones y los recorridos de reconocimiento para verificar rutas de ingreso, zonas de trabajo, posibles interferencias y restricciones operativas.

Debido a que las actividades se desarrollaron dentro del área de operaciones aéreas (AOA) del aeropuerto, fue necesario implementar medidas de seguridad específicas tanto para el personal, como para los vehículos y equipo. Estas medidas incluyeron el uso obligatorio de prendas de alta visibilidad, balizamiento de vehículos, torretas, permisos vehiculares, gafetes de acceso, comunicación permanente con el área de operaciones y acompañamiento mediante escolta hacia las zonas autorizadas de trabajo.

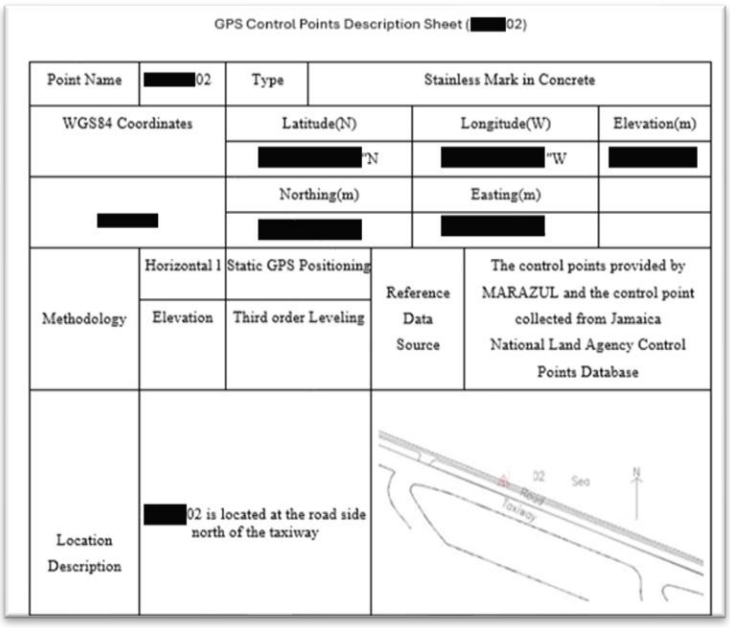


Figura 8. *Balizamiento de vehículos.*
Notas: Fotografía editada de vehículo balizado utilizado como referencia para el ingreso y circulación en áreas operacionales.
Elaboración propia.

IV.2 Georreferenciación del Levantamiento

La georreferenciación del levantamiento consistió en vincular la información topográfica obtenida en campo con el sistema de referencia proporcionado por la administración del aeropuerto. Para ello, se tomaron como base las referencias topográficas existentes y los puntos de control entregados oficialmente, los cuales sirvieron como marco de referencia para mantener la congruencia espacial del proyecto durante las etapas de levantamiento, replanteo y procesamiento en gabinete.

Como punto de referencia inicial se consideró el punto de control proporcionado por el aeropuerto, identificado dentro de la hoja de registro correspondiente. Dicho punto cuenta con coordenadas geográficas referidas al sistema WGS84.



GPS Control Points Description Sheet ([redacted]02)

Point Name	[redacted]02	Type	Stainless Mark in Concrete	
WGS84 Coordinates		Latitude(N)	Longitude(W)	Elevation(m)
		[redacted]"N	[redacted]"W	[redacted]
[redacted]		Northing(m)	Easting(m)	
		[redacted]	[redacted]	
Methodology	Horizontal	Static GPS Positioning	Reference Data Source	The control points provided by MARAZUL and the control point collected from Jamaica National Land Agency Control Points Database
	Elevation	Third order Leveling		
Location Description	[redacted]02 is located at the road side north of the taxiway			

Figura 9. *Hoja registro de referencias topográficas entregada por la administración del aeropuerto.*
Notas: Extracto de la hoja de descripción del punto de control utilizado como referencia para la georreferenciación del levantamiento. La información sensible fue ocultada por confidencialidad del proyecto.

A partir de esta referencia, se verificó la información asociada a los puntos de control, incluyendo coordenadas, elevaciones, descripción física y ubicación en campo. Esta revisión permitió confirmar que las referencias utilizadas fueran consistentes con la información entregada por el aeropuerto y adecuadas para servir como base del levantamiento topográfico y geodésico.



***Figura 10**. Punto de control ubicado dentro del aeropuerto*
Nota: Fotografía de referencia física existente dentro del aeropuerto, utilizada para la validación del control topográfico del proyecto.

El procedimiento de georreferenciación se apoyó en el equipo GNSS y en la estación total descritos en el capítulo anterior. El equipo GNSS permitió verificar la posición de los puntos de control y su relación con el sistema de referencia adoptado, mientras que la estación total se utilizó para el control planimétrico, la poligonal de apoyo, el trazo y el replanteo de elementos geométricos dentro del área de intervención.

Debido a que la información base fue proporcionada por la administración del aeropuerto, el levantamiento se desarrolló tomando dichas referencias como puntos de liga para mantener un marco único de trabajo. De esta manera, los datos levantados en campo pudieron integrarse posteriormente en gabinete dentro del mismo sistema de referencia, evitando inconsistencias entre coordenadas, elevaciones, planos existentes y productos generados en software especializado.

Es importante señalar que el método específico de observación GNSS empleado en campo dependió de las condiciones operativas y de las referencias disponibles durante la campaña. No obstante, para efectos del proyecto ejecutivo, la georreferenciación se sustentó en la validación de los puntos de control proporcionados, la liga con las referencias físicas existentes y la integración de la información topográfica dentro del sistema de coordenadas adoptado para el proyecto.

IV.3 Planimetría

La planimetría tuvo como objetivo representar la ubicación horizontal de los elementos existentes dentro del área de intervención. Para ello, se utilizaron los puntos georreferenciados del aeropuerto como base para establecer una poligonal de apoyo, a partir de la cual se realizó el levantamiento de infraestructura, instalaciones existentes y elementos geométricos relevantes para el proyecto.

IV.3.1 Poligonal de Apoyo

Con base en los puntos de referencia proporcionados por el aeropuerto, se estableció una poligonal de apoyo envolvente al área de intervención. Esta poligonal estuvo integrada por una red de vértices fijos interconectados, ubicados estratégicamente para garantizar cobertura, visibilidad y control dentro de la zona de trabajo.



Figura 11. *Levantamiento planimétrico dentro del Aeropuerto*
Nota: Fotografía tomada durante los trabajos de campo para el levantamiento planimétrico y establecimiento de control topográfico en el área aeroportuaria.

El objetivo principal de la poligonal fue conformar una estructura de control planimétrico para el levantamiento topográfico, el replanteo de elementos del proyecto ejecutivo y el control geométrico durante etapas posteriores de construcción. Su implementación permitió asegurar la consistencia del sistema de coordenadas y la correcta representación de las condiciones existentes del sitio.

Durante el trazo en campo, se seleccionaron ubicaciones estables y accesibles para los vértices, procurando que tuvieran buena visibilidad entre sí y que se encontraran protegidos frente a posibles afectaciones derivadas de la operación aeroportuaria o de los trabajos constructivos. Cada punto fue materializado y referenciado para facilitar su localización posterior.

Para asegurar la confiabilidad de la poligonal, se realizaron mediciones con estación total y verificaciones de ida y vuelta. Este procedimiento permitió revisar la consistencia de las distancias y ángulos medidos, validar la posición de los vértices y confirmar que los puntos de control fueran adecuados para las actividades posteriores de levantamiento y replanteo.

CUADRO DE CONSTRUCCIÓN DE POLIGONAL DE APOYO								
LADO EST – PV	AZIMUT	DISTANCIA (MTS)	COORDENADAS UTM		CONVERGENCIA	FACTOR DE ESCALA LINEAL	LATITUD	LONGITUD
			ESTE (X)	NORTE (Y)				
REF01 – REF02	112°00'37.54''	788.584	771,518.4910	643,530.3560	-0°14'55.108218''	1.00051260	5°49'0.089119'' N	72°32'53.255068'' W
REF02 – A1	112°29'17.79''	885.193	772,249.6000	643,234.8140	-0°14'57.100541''	1.00051752	5°48'50.369759'' N	72°32'29.544176'' W
A1 – A3	23°16'24.55''	226.497	773,067.4812	642,896.2326	-0°14'59.315449''	1.00052304	5°48'39.237551'' N	72°32'3.020651'' W
A3 – SP7	122°46'42.80''	216.373	773,156.9748	643,104.2994	-0°14'59.902941''	1.00052365	5°48'45.994640'' N	72°32'0.083702'' W
SP7 – B5	154°16'37.89''	261.267	773,338.8945	642,987.1565	-0°15'0.336394''	1.00052488	5°48'42.157380'' N	72°31'54.190107'' W
B5 – C1	63°19'52.29''	157.928	773,452.2890	642,751.7800	-0°15'0.377493''	1.00052565	5°48'34.482935'' N	72°31'50.539542'' W

Tabla 1. Cuadro de construcción de poligonal de apoyo

IV.3.2 Levantamiento Planimétrico de Poligonal de Apoyo

A partir de la poligonal de apoyo, se realizó el levantamiento planimétrico de la infraestructura existente dentro de la plataforma de aviación comercial y sus áreas asociadas. Esta actividad permitió identificar y ubicar elementos físicos relevantes para el desarrollo del proyecto ejecutivo.



Figura 12. *Levantamiento de señalamiento horizontal (puesto de estacionamiento)*
Notas: Fotografía tomada durante el levantamiento planimétrico de las señales horizontales en posición E.

Entre los principales elementos levantados se incluyeron bordes de pavimento de concreto y asfalto, juntas, señalamiento horizontal, luces de borde, registros, trincheras, tuberías, bocas de tormenta, líneas de suministro de combustible, hidrantes, instalaciones eléctricas, pedestales de aeropasillos, tierras físicas, anclas, elementos de drenaje y demás infraestructura visible dentro del área de intervención.

A su vez, se inspeccionaron registros existentes para obtener información complementaria, como niveles de fondo, lomo de tubería, diámetros, niveles de arrastre hidráulico, número de tubos y tipo de instalación. Esta información fue relevante para identificar posibles interferencias y para apoyar la integración de planos de condiciones existentes.



Figura 13. *Levantamiento de obras hidráulicas (trincheras pluviales)*
Notas: Fotografía tomada durante el levantamiento planimétrico de instalaciones hidráulicas existentes, empleada para documentar ubicación y dimensiones generales de la trinchera pluvial.

IV.3.3 Trazo Y Replanteo de Ejes Geométricos

Una vez concluido el levantamiento de las áreas de intervención, la información fue descargada y revisada en gabinete. Con base en estos datos y conforme a los alcances del proyecto, se definió una propuesta de trazo geométrico integrada por ejes principales y auxiliares.

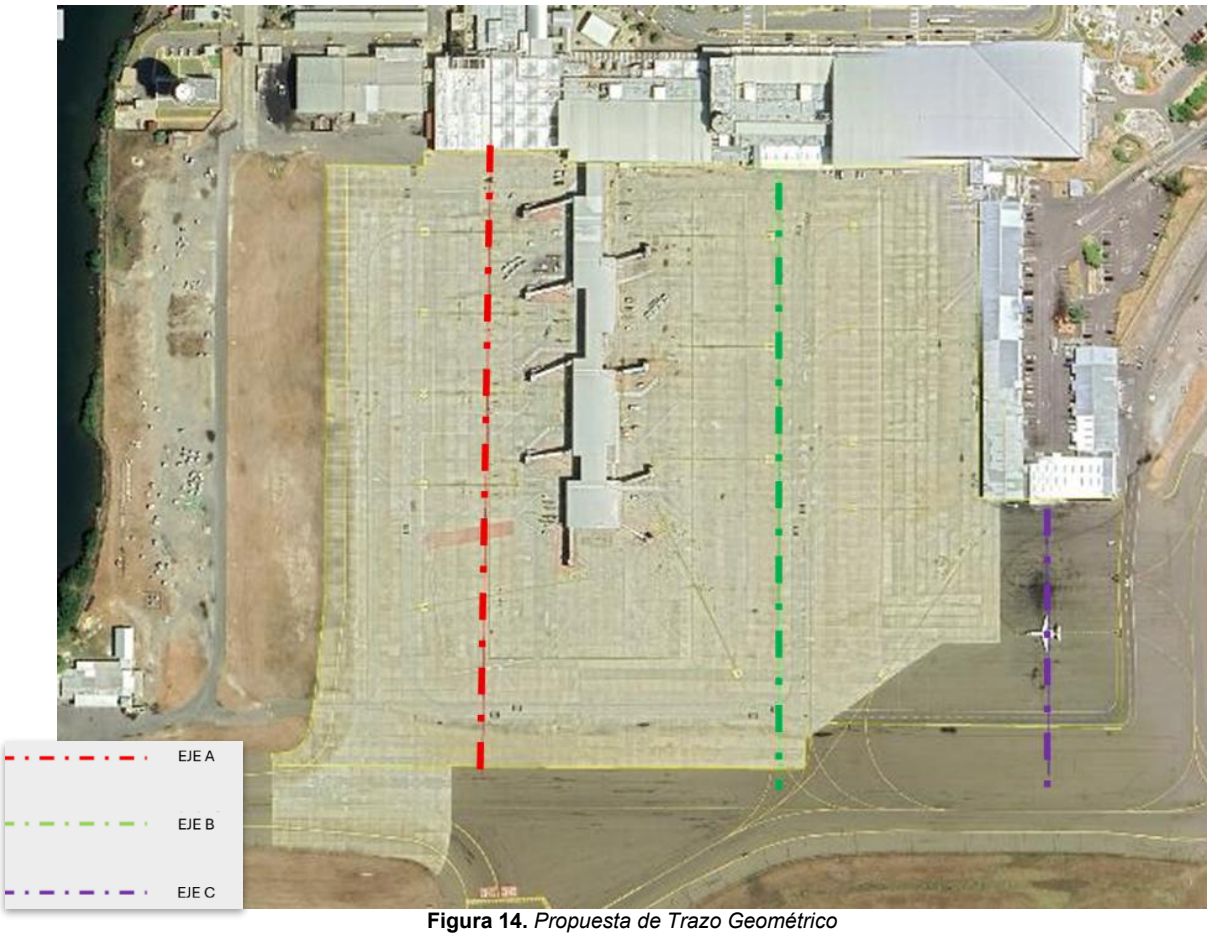


Figura 14. *Propuesta de Trazo Geométrico*

Notas: Imagen de referencia utilizada para identificar los ejes principales de trabajo sobre la plataforma comercial, los cuales sirvieron como base para el trazo, replanteo, generación de retícula y levantamiento altimétrico.

El trazo de estos ejes se materializó en campo mediante estación total, utilizando clavos, estacas o marcas físicas como referencias. Para la plataforma comercial, el trazo se realizó a cada 5 metros en sentido longitudinal, con el fin de contar con una referencia sistemática para el control geométrico, la nivelación y la conformación de la retícula de trabajo.

Como parte del control del trazo, se realizaron verificaciones con estación total a partir de la poligonal de apoyo, revisando que los puntos replanteados conservaran la alineación y posición establecida en gabinete. Esta revisión permitió confirmar la correcta materialización de los ejes y reducir errores en las actividades posteriores.



Figura 15. *Sembrado del Eje de Trazo*
Notas: Fotografía tomada durante el replanteo de ejes geométricos en campo, utilizado como referencia para el control del trazo, la retícula de trabajo y el levantamiento altimétrico.

IV.3.4 Trazo de Retícula

A partir de los ejes trazados en campo, se generó una retícula perpendicular al eje principal. Los puntos normales al eje fueron materializados mediante pintura vinílica y equipo topográfico de precisión.

La retícula permitió ordenar el levantamiento altimétrico de la superficie existente y facilitar el análisis de niveles, pendientes y rasantes. Esta actividad fue fundamental para obtener una distribución uniforme de puntos sobre la plataforma, representar adecuadamente su configuración y generar una base confiable para el procesamiento de superficies en gabinete.



Figura 16. *Marcado en pavimento de la retícula*
Notas: Fotografía tomada durante la materialización de la retícula sobre la plataforma

IV.4 Altimetría

La altimetría tuvo como objetivo obtener las elevaciones de la superficie existente de la plataforma y establecer referencias verticales confiables para el desarrollo del proyecto ejecutivo. Esta información fue indispensable para conocer las pendientes actuales, identificar variaciones de nivel, generar superficies y definir rasantes de proyecto.

IV.4.1 Nivelación Altimétrica del Terreno

Con las áreas previamente cuadriculadas, se realizó el levantamiento altimétrico mediante nivel fijo y estadal. La nivelación ejecutada fue de tipo simple, registrando lecturas sobre los puntos definidos dentro de la retícula de trabajo.

A partir de estas lecturas se determinaron las cotas necesarias para representar las condiciones actuales de la plataforma. La información obtenida permitió identificar cambios de pendiente, zonas con variaciones altimétricas relevantes y puntos que debían considerarse en el diseño de rasantes.

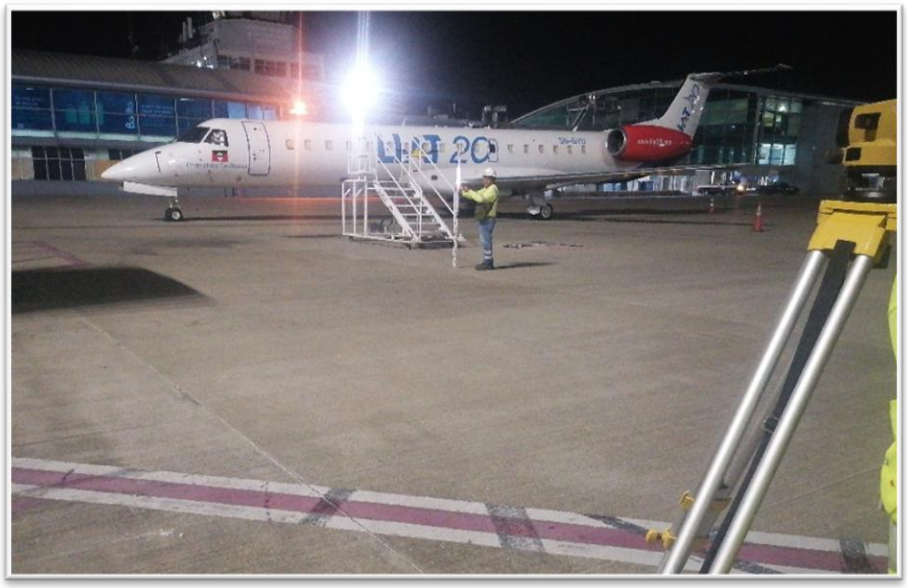


Figura 17. *Levantamiento de Terreno Natural.*
Nota: Fotografía tomada durante la nivelación altimétrica de la superficie existente

Aunque la nivelación altimétrica fue simple, el control general del levantamiento se apoyó en la poligonal previamente verificada mediante estación total. Esto permitió mantener consistencia entre la información planimétrica y altimétrica, asegurando que las cotas levantadas correspondieran correctamente con los puntos definidos en campo.

El levantamiento altimétrico fue indispensable para el procesamiento posterior en software especializado, ya que sirvió como base para la generación de superficies, perfiles, secciones transversales y análisis de pendientes. Asimismo, permitió apoyar la

definición de rasantes, empates con pavimento existente y criterios de drenaje superficial.

El levantamiento altimétrico fue indispensable para definir las condiciones actuales de la plataforma, revisar pendientes existentes y establecer insumos para el diseño de rasantes. Asimismo, se llevó a cabo el traslado de bancos de nivel y la colocación de puntos de liga que posteriormente servirían como referencia para el desarrollo y control del proyecto.

IV.4.2 Colocación de puntos de liga

Como parte del control vertical del proyecto, se realizó la colocación de puntos de liga próximos a la zona de intervención. Estos puntos fueron establecidos mediante el traslado de la coordenada vertical desde las referencias utilizadas para la georreferenciación y el control altimétrico.

Los puntos de liga fueron colocados sobre elementos estables, como clavos en pavimento o componentes fijos de instalaciones existentes, procurando que se ubicaran cerca de las zonas de trabajo futuras. Su finalidad fue proporcionar referencias altimétricas confiables para el control topográfico durante el desarrollo del proyecto y para futuras etapas de ejecución de obra.

En conjunto, los puntos de liga permitieron mantener continuidad en el control vertical del proyecto y facilitaron la verificación de niveles durante las etapas posteriores.



Figura 18. *Colocación de Puntos de Liga.*
Nota: Registro fotográfico de punto de liga utilizado como referencia altimétrica para el control vertical del proyecto.

IV.4.3 Control y verificación de información

El control de calidad de la información levantada se realizó mediante la revisión de los puntos de control, la verificación de la poligonal de apoyo, la comprobación de los ejes replanteados y la revisión de las cotas obtenidas durante la nivelación altimétrica.

En planimetría, la poligonal fue revisada mediante mediciones de ida y vuelta con estación total, con el propósito de verificar la consistencia de los vértices utilizados como base del levantamiento. En altimetría, las cotas obtenidas fueron revisadas para identificar posibles valores atípicos, errores de captura o inconsistencias entre puntos próximos dentro de la retícula.

La información validada fue posteriormente descargada, depurada y organizada en gabinete para su integración en software especializado. Este proceso permitió transformar los datos de campo en insumos técnicos confiables para la generación de plantas topográficas, superficies, perfiles, secciones y elementos de diseño geométrico.

V. Desarrollo del Proyecto en Gabinete

Una vez concluidos los trabajos de levantamiento topográfico y geodésico en campo, se inició la etapa de procesamiento, revisión e integración de la información en gabinete. Esta fase tuvo como finalidad transformar los datos obtenidos en campo en insumos técnicos útiles para el desarrollo del proyecto ejecutivo de rehabilitación y ampliación de la plataforma de aviación comercial.

El trabajo en gabinete permitió organizar la información planimétrica, altimétrica y geodésica, validar su consistencia, generar superficies digitales, elaborar perfiles y secciones, y producir las plantas topográficas necesarias para el diseño geométrico, la definición de rasantes, el análisis de drenaje superficial y la integración de las distintas disciplinas del proyecto.

La información procesada en esta etapa sirvió como base para la elaboración del plano maestro o master plan, en el cual se concentraron los elementos levantados en campo, tales como bordes de pavimento, juntas, registros, trincheras, señalamiento horizontal, obras hidráulicas, puntos de control, infraestructura existente, curvas de nivel y elementos relevantes para el diseño del proyecto ejecutivo.

V.1 Descarga, depuración y organización de la información

La primera actividad realizada en gabinete fue la descarga de la información obtenida mediante estación total, equipo GNSS y nivel fijo. Esta información correspondía a puntos de control, puntos de levantamiento planimétrico, puntos altimétricos, ejes de trazo, referencias físicas y elementos existentes dentro del área de intervención.

Posteriormente, se llevó a cabo la organización de los datos de acuerdo con su tipo y finalidad dentro del proyecto. Los puntos fueron clasificados en grupos de trabajo, separando la información correspondiente a control topográfico, infraestructura existente, elementos hidráulicos, instalaciones, bordes de pavimento, señalamiento, registros, ejes geométricos y puntos altimétricos de la retícula.

Durante esta etapa se revisaron coordenadas, elevaciones, descripciones, códigos de campo y posibles duplicidades. Esta revisión permitió identificar inconsistencias, errores de captura o valores atípicos que pudieran afectar la generación de superficies o la correcta representación de las condiciones existentes. En los casos donde se detectaron dudas, la información fue contrastada con registros de campo, evidencia fotográfica y observaciones levantadas durante los recorridos.

La depuración de datos fue una actividad fundamental, ya que permitió asegurar que la información utilizada para el desarrollo del proyecto ejecutivo fuera coherente y confiable. Un error en coordenadas, elevaciones o clasificación de puntos podía afectar la generación de superficies, la definición de pendientes, el cálculo de volúmenes o la elaboración de planos ejecutivos.

Como resultado de esta etapa, se obtuvo una base de datos topográfica organizada y lista para ser incorporada al entorno de trabajo en software especializado. Esta base constituyó el punto de partida para la generación del plano maestro, las plantas topográficas, las superficies de terreno existente, los perfiles y las secciones transversales.

Nombre del banco	Elevación	Alineamiento	Estación	Offset	Observaciones generales
A1	1.653 m	"A"	0+300.96	147.87 m	Ubicado en camino lateral con clavo y cinta naranja.
A2	2.165 m	"A"	0+193.08	142.55 m	Ubicado en camino lateral con clavo y cinta naranja.
A3	2.310 m	"A"	0+074.53	142.52 m	Ubicado en camino lateral con clavo y cinta naranja.
A4	1.758 m	"A"	0+010.60	52.24 m	Ubicado en pavimento asfáltico junto a un pozo de visita con tapa plana, marcado con clavo y cinta naranja.
SP1	2.679 m	"A"	0+025.15	-41.90 m	Ubicado en perno de poste de servicios pintado de naranja.
SP2	2.692 m	"A"	0+070.20	-41.83 m	Ubicado en perno de poste de servicios pintado de naranja.
SP3	2.691 m	"A"	0+112.19	-41.83 m	Ubicado en perno de poste de servicios pintado de naranja.
SP4	2.682 m	"A"	0+160.17	-41.80 m	Ubicado en perno de poste de servicios pintado de naranja.
SP5	2.577 m	"A"	0+193.13	-39.55 m	Ubicado en perno de poste de servicios pintado de naranja.
SP6	2.691 m	"B"	0+175.10	84.18 m	Ubicado en perno de poste de servicios pintado de naranja.
SP7	2.699 m	"B"	0+115.30	87.43 m	Ubicado en perno de poste de servicios pintado de naranja.
SP8	2.733 m	"B"	0+057.17	87.30 m	Ubicado en perno de poste de servicios pintado de naranja.
B1	2.436 m	"B"	0+000.00	20.00 m	Ubicado en módulo de concreto junto a lockers, con clavo y arandela pintados de amarillo.
B2	2.850 m	"B"	0+000.00	-90.00 m	Ubicado en módulo de concreto cerca de sanitarios, con clavo y arandela pintados de amarillo.
B3	2.566 m	"B"	0+060.00	-54.50 m	Ubicado en rejilla de drenaje pluvial con clavo y arandela pintados de amarillo.
B4	2.391 m	"B"	0+195.00	-54.50 m	Ubicado en rejilla de drenaje pluvial con clavo y arandela pintados de amarillo.
B5	2.246 m	"B"	0+291.33	-105.60 m	Banco temporal: ubicado en pavimento asfáltico junto a la vialidad, con clavo y arandela.
B6	1.662 m	"B"	0+300.00	-15.00 m	Banco temporal: ubicado en módulo de concreto junto a la vialidad, con clavo y arandela pintados de amarillo.
B7	1.523 m	"B"	0+310.00	40.00 m	Banco temporal: ubicado en módulo de concreto junto a la vialidad, con clavo y arandela pintados de amarillo.
B8	1.448 m	"B"	0+300.00	40.00 m	Banco temporal: ubicado en módulo de concreto junto a la vialidad, con clavo y arandela pintados de amarillo.
C1	1.944 m	"C"	0+172.79	-63.74 m	Ubicado en luz de borde de calle de rodaje sobre pavimento asfáltico.

Tabla 2. Relación de bancos de nivel y puntos de liga utilizados para el control altimétrico del proyecto.

V.2 Procesamiento en Software especializado

Una vez depurada la información, se procedió a su procesamiento en Autodesk software especializado, software utilizado para la integración, modelado y representación de información topográfica y geométrica. Este programa permitió transformar los puntos levantados en campo en elementos gráficos y modelos digitales útiles para el desarrollo del proyecto ejecutivo.

El proceso inició con la importación de puntos topográficos al archivo base del proyecto. Para facilitar su manejo, se generaron grupos de puntos de acuerdo con su clasificación, tales como control, pavimentos, registros, drenaje, instalaciones, señalamiento, ejes y puntos altimétricos. Esta organización permitió visualizar, filtrar y representar la información de forma ordenada dentro del plano.

Posteriormente, se configuraron estilos de puntos, etiquetas y capas de trabajo, con el objetivo de diferenciar visualmente los elementos levantados y facilitar su interpretación. Esta clasificación fue importante para elaborar planos claros, evitar confusiones entre tipos de infraestructura y permitir que otras disciplinas del proyecto pudieran utilizar la información de manera adecuada.

Con los puntos importados y clasificados, se procedió a la creación de líneas, polilíneas, alineamientos y elementos gráficos que representaran la infraestructura existente. Entre estos elementos se incluyeron bordes de pavimento, juntas, registros, trincheras, bocas de tormenta, líneas de servicio, límites de intervención, señalamiento horizontal y demás componentes identificados durante el levantamiento.

El procesamiento en software especializado también permitió integrar información proveniente de diferentes fuentes, como levantamiento topográfico, datos GNSS, nivelación altimétrica, planos existentes, imágenes de referencia y estudios complementarios. Esta integración fue necesaria para construir un modelo base suficientemente completo para el desarrollo de las etapas posteriores del proyecto.

Durante el trabajo en gabinete se revisó constantemente la congruencia entre los datos procesados y las condiciones observadas en campo. Esta revisión permitió detectar posibles inconsistencias en elevaciones, ubicación de elementos o continuidad de líneas, corrigiendo la información antes de su incorporación final a los planos ejecutivos.

V.3 Generación de superficies, perfiles y secciones

Con la información topográfica organizada en software especializado, se procedió a la generación de superficies digitales correspondientes a las condiciones existentes de la plataforma y sus áreas adyacentes. Estas superficies permitieron representar la configuración altimétrica de la plataforma y sus áreas adyacentes, a partir de las cotas obtenidas durante la nivelación y el levantamiento de campo.

Para la construcción de la superficie se utilizaron principalmente los puntos altimétricos levantados sobre la retícula, así como puntos obligados que representaban cambios relevantes de pendiente, bordes de pavimento, hombros, zonas de transición, registros, canales, deformaciones superficiales y otros elementos que influían en la configuración del terreno. Cuando fue necesario, se incorporaron líneas de quiebre para mejorar la representación de cambios bruscos o límites definidos.

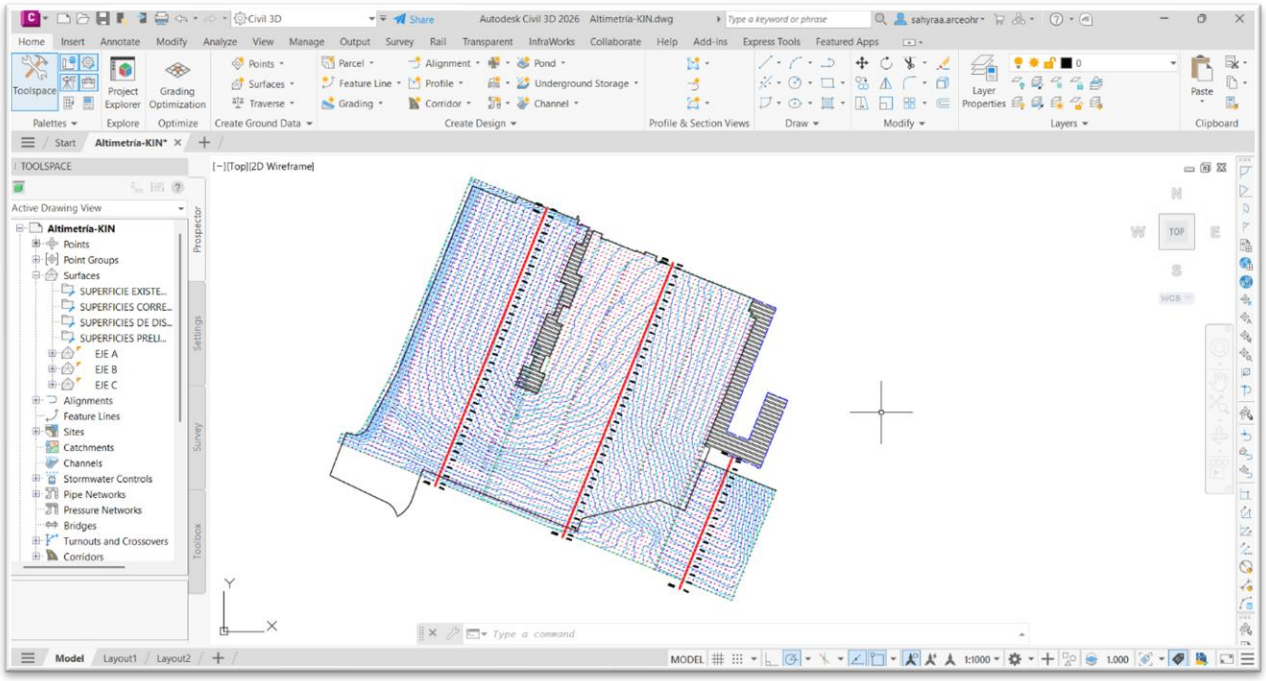


Figura 19. *Procesamiento en Software Especializado.*
Nota: Captura del procesamiento en Software Especializado, donde se integró la información altimétrica y planimétrica para la generación de superficies, perfiles y secciones del proyecto.

La superficie generada permitió analizar las pendientes existentes, identificar zonas bajas, revisar escurrimientos superficiales y detectar posibles áreas de acumulación de agua. Esta información fue indispensable para el diseño de rasantes, el análisis de drenaje y la correcta integración del proyecto nuevo con las condiciones existentes de la plataforma.

A partir de los ejes definidos para el proyecto, se generaron perfiles longitudinales que permitieron observar el comportamiento altimétrico a lo largo de las principales líneas de trazo. Estos perfiles fueron útiles para identificar variaciones de nivel, cambios de pendiente y puntos de empate con infraestructura existente.

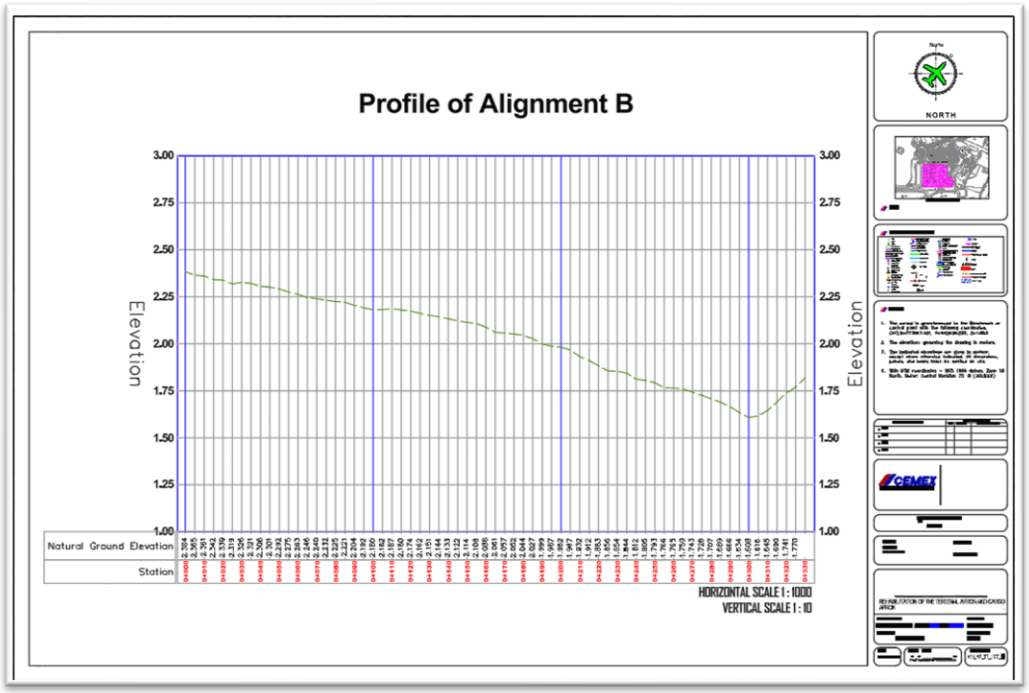


Figura 20. *Perfil de Alineamiento B.*
Nota: Perfil longitudinal utilizado para el análisis de elevaciones y pendientes existentes sobre el alineamiento B.

De igual forma, se generaron secciones transversales mediante líneas de muestreo colocadas sobre los ejes de proyecto. Estas secciones permitieron analizar el comportamiento del terreno a ambos lados del eje, revisar pendientes transversales, identificar zonas de corte o relleno y verificar la compatibilidad entre la superficie existente y las propuestas de diseño.

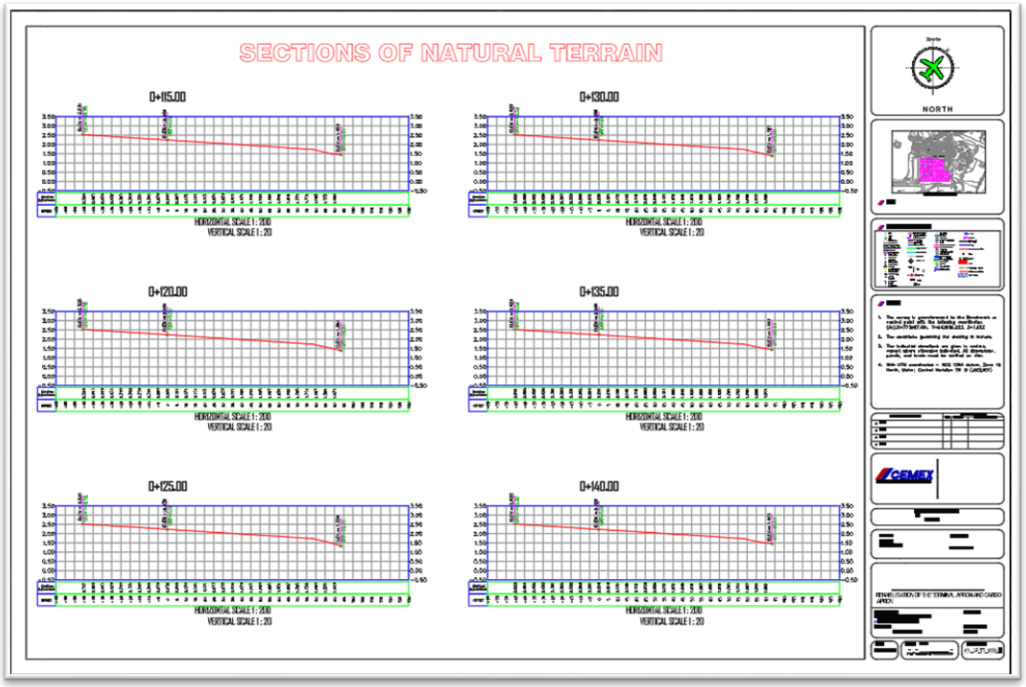


Figura 21. *Secciones de Terreno Natural*

Nota: Secciones transversales empleadas para el análisis de pendientes y condiciones altimétricas existentes de la plataforma.

La generación de superficies, perfiles y secciones fue una etapa clave para transformar la información levantada en campo en herramientas de análisis técnico. Estos productos permitieron tomar decisiones relacionadas con el proyecto geométrico, las rasantes, los niveles de pavimento, el drenaje superficial y la estimación de volúmenes.

V.4 Plantas Topográficas

A partir del plano maestro y de la información procesada en software especializado, se elaboraron las plantas topográficas del proyecto. Estas plantas tuvieron como finalidad representar de manera clara y ordenada las condiciones existentes de la plataforma de aviación comercial y sus áreas de influencia.

La planta topográfica general integró la totalidad de los elementos levantados, incluyendo pavimentos existentes, edificios, vialidades, bordes, registros, trincheras, obras hidráulicas, señalamiento, luces, instalaciones visibles, puntos de control y curvas de nivel. Este plano funcionó como base general para el desarrollo de los demás planos técnicos del proyecto ejecutivo.

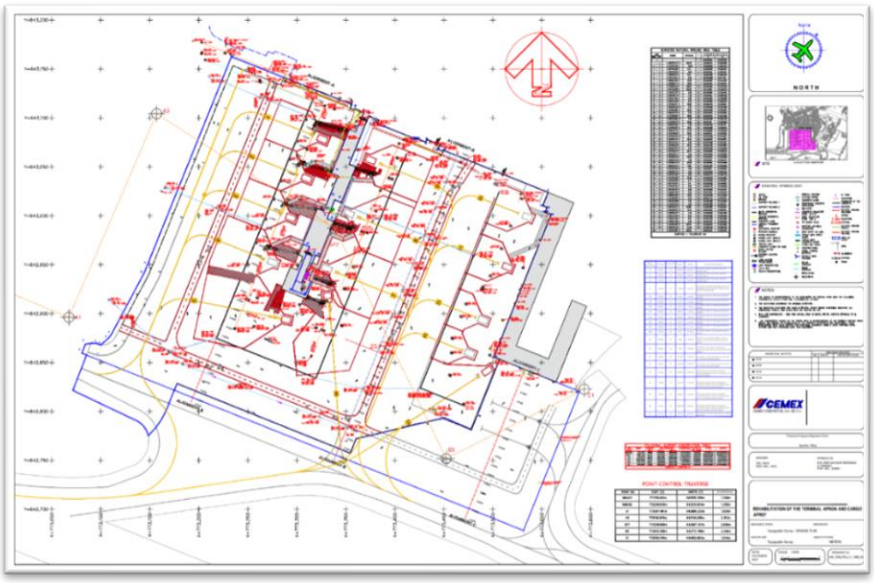


Figura 22. *Plano Maestro de Topografía*
Notas: Plano base generado con la información topográfica procesada en gabinete.

También se generaron plantas específicas para facilitar la revisión de determinados componentes del proyecto. Entre ellas se incluyeron plantas de infraestructura existente, plantas de modulación de losas existentes, plantas de control topográfico, plantas de drenaje e instalaciones, y planos de apoyo para el análisis geométrico y altimétrico.

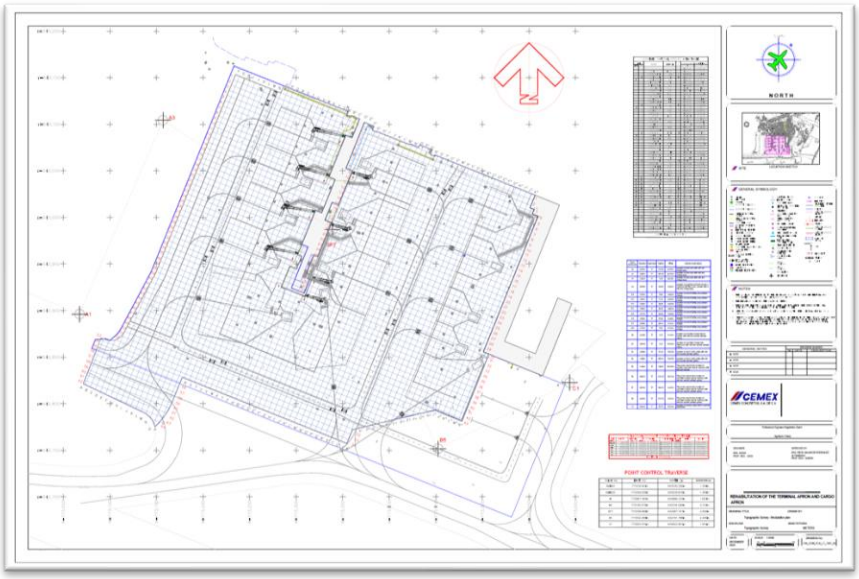


Figura 23. *Plano de Modulación de Losas*
Nota: Plano generado para representar la distribución de losas actual de la plataforma.

Las plantas topográficas permitieron identificar la ubicación de elementos que podían interferir con el diseño o con la futura etapa constructiva. Por ejemplo, registros, tuberías, ductos, trincheras, hidrantes, luces de borde, líneas de combustible y demás instalaciones existentes fueron representados para prever su protección, reubicación o consideración dentro del diseño ejecutivo.

El desarrollo de estas plantas también permitió entregar información útil a las distintas áreas involucradas en el proyecto, como diseño geométrico, pavimentos, drenaje, ayudas visuales, señalamiento y construcción. De esta forma, la información topográfica funcionó como una base común para la coordinación interdisciplinaria.

Además, las plantas topográficas fueron revisadas para garantizar que la simbología, capas, escalas, etiquetas y referencias estuvieran correctamente integradas. Esta revisión fue importante para asegurar que los planos fueran claros, interpretables y adecuados para su uso como documentos técnicos dentro del proyecto ejecutivo.

V.5 Integración De Información Complementaria: GPR Y Geotecnia

Además de la información topográfica y geodésica, durante el desarrollo en gabinete se integraron estudios complementarios, principalmente información obtenida mediante georradar (GPR) y exploraciones geotécnicas. Estos estudios permitieron ampliar el conocimiento de las condiciones existentes del sitio, especialmente en relación con la estructura del pavimento, posibles interferencias subterráneas y características del suelo.

La información del georradar fue utilizada para identificar posibles instalaciones o elementos ubicados por debajo de la superficie del pavimento, tales como tuberías, ductos, líneas de servicio, interferencias o anomalías que pudieran afectar el desarrollo del proyecto o la posterior etapa constructiva. Esta información fue relevante debido a que en una plataforma aeroportuaria existen instalaciones críticas que deben ser localizadas, protegidas o consideradas durante el diseño.

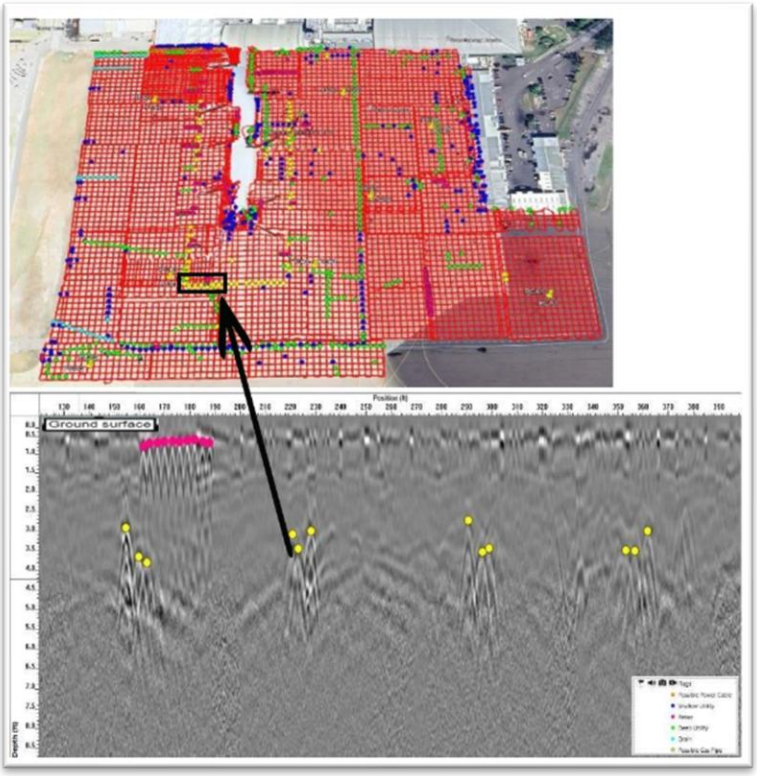


Figura 24. *Escaneo e Interpretación de GPR.*
Nota: Integración del recorrido de GPR y su interpretación, empleada como apoyo para la detección de elementos subterráneos y la revisión de interferencias dentro del proyecto ejecutivo.

Por su parte, la información geotécnica permitió conocer características del subsuelo y de la estructura existente, aportando datos necesarios para el diseño de pavimentos y la evaluación de condiciones mecánicas del terreno. La integración de esta información ayudó a definir criterios técnicos para la rehabilitación, ampliación y construcción de nuevas áreas de plataforma.



Figura 25. *Fotografía Sondeo Geotécnico.*
Nota: Registro fotográfico de muestra obtenida durante la campaña geotécnica, utilizada como apoyo para la caracterización del pavimento existente y de las condiciones del subsuelo.

En gabinete, estos estudios fueron relacionados con la información topográfica mediante su ubicación espacial dentro del plano maestro. Esto permitió comparar la posición de sondeos, trayectorias de georradar, registros, instalaciones existentes y zonas de intervención, facilitando la identificación de posibles conflictos o condicionantes técnicas.

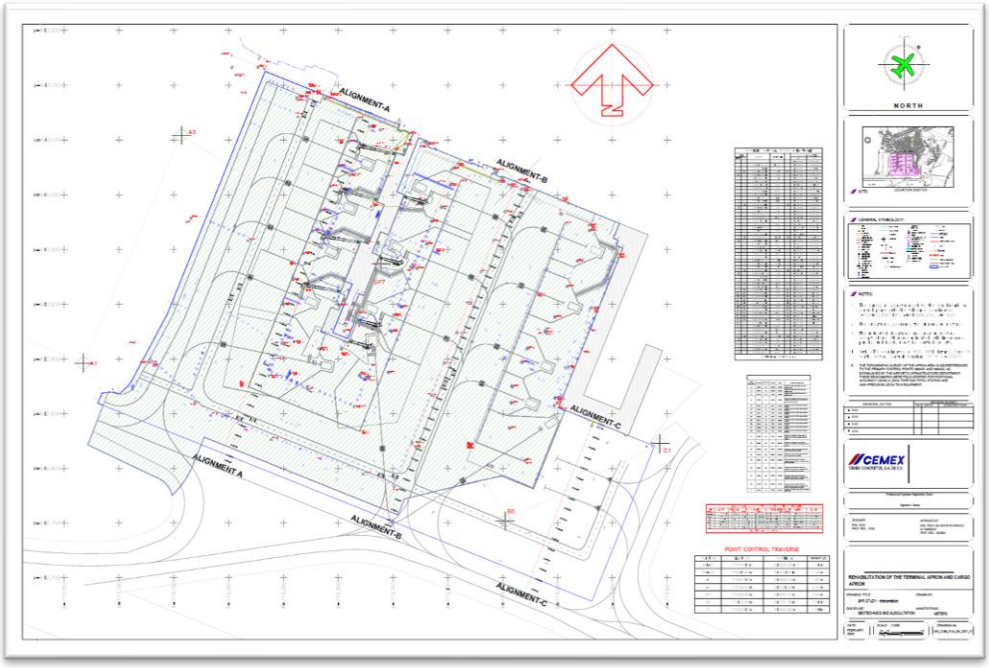


Figura 26. *Plano de Interferencias e Instalaciones.*
Nota: Plano generado para identificar instalaciones existentes, registros, ductos, drenajes y posibles interferencias relevantes para el desarrollo del proyecto ejecutivo.

La integración de GPR y geotecnia permitió que el proyecto ejecutivo no dependiera únicamente de la información superficial, sino que considerara también condiciones del subsuelo. Esto resultó importante para reducir riesgos durante la construcción, mejorar la planeación de los trabajos y generar soluciones compatibles con las condiciones reales del sitio.

V.6 Entregables Generados

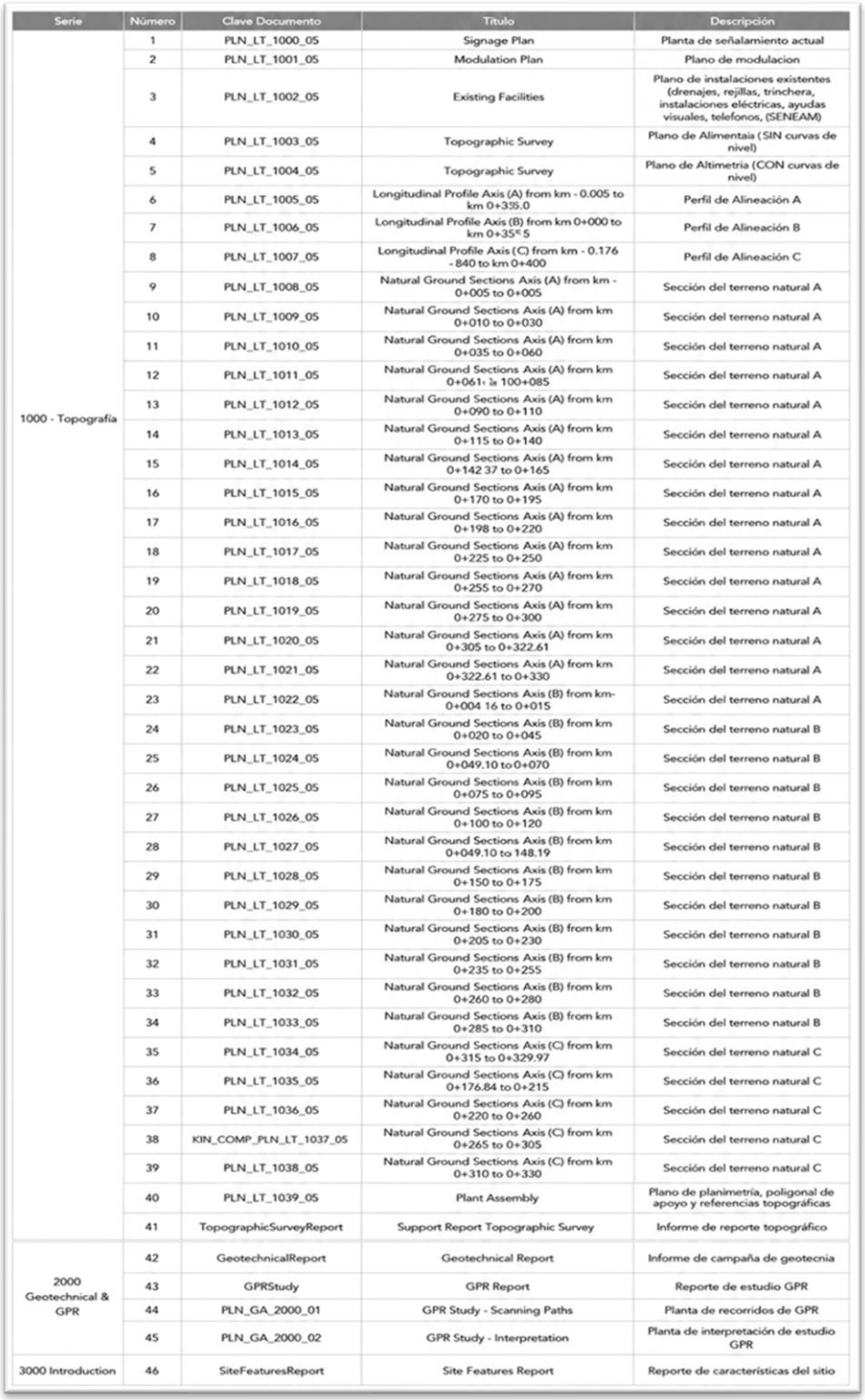
Como resultado del procesamiento en gabinete, se generaron diversos entregables técnicos que formaron parte del proyecto ejecutivo. Estos productos permitieron documentar las condiciones existentes, representar la información topográfica y proporcionar insumos para las disciplinas de diseño involucradas.

Entre los principales entregables generados se encontraron el plano maestro, las plantas topográficas, los planos de infraestructura existente, las superficies de terreno existente, los perfiles longitudinales, las secciones transversales, los planos de control topográfico, los cuadros de puntos, las volumetrías y los archivos digitales compatibles con software especializado.

Una vez integrados, los entregables fueron revisados para verificar que la información fuera clara, consistente y útil para las etapas posteriores de diseño. Esta revisión permitió confirmar que los planos, superficies, perfiles y secciones representaran adecuadamente las condiciones existentes de la plataforma y pudieran utilizarse como base técnica para el desarrollo del proyecto ejecutivo.

El desarrollo del proyecto en gabinete permitió transformar los datos levantados en campo en información técnica estructurada, verificable y aplicable al diseño ejecutivo. A partir de esta información fue posible contar con una base confiable para el análisis de condiciones existentes, la identificación de interferencias, la definición de superficies, perfiles y secciones, así como para el desarrollo posterior del proyecto geométrico nuevo de la plataforma comercial.

.



Serie	Número	Clave Documento	Título	Descripción
1000 - Topografía	1	PLN_LT_1000_05	Signage Plan	Planta de señalamiento actual
	2	PLN_LT_1001_05	Modulation Plan	Plano de modulacion
	3	PLN_LT_1002_05	Existing Facilities	Plano de instalaciones existentes (drenajes, rejillas, trinchera, instalaciones eléctricas, ayudas visuales, telefonos, (SENEAM)
	4	PLN_LT_1003_05	Topographic Survey	Plano de Alimentaia (SIN curvas de nivel)
	5	PLN_LT_1004_05	Topographic Survey	Plano de Altimetria (CON curvas de nivel)
	6	PLN_LT_1005_05	Longitudinal Profile Axis (A) from km - 0.005 to km 0+335.0	Perfil de Alineación A
	7	PLN_LT_1006_05	Longitudinal Profile Axis (B) from km 0+000 to km 0+35[illegible]5	Perfil de Alineación B
	8	PLN_LT_1007_05	Longitudinal Profile Axis (C) from km - 0.176 - 840 to km 0+400	Perfil de Alineación C
	9	PLN_LT_1008_05	Natural Ground Sections Axis (A) from km - 0+005 to 0+005	Sección del terreno natural A
	10	PLN_LT_1009_05	Natural Ground Sections Axis (A) from km 0+010 to 0+030	Sección del terreno natural A
	11	PLN_LT_1010_05	Natural Ground Sections Axis (A) from km 0+035 to 0+060	Sección del terreno natural A
	12	PLN_LT_1011_05	Natural Ground Sections Axis (A) from km 0+061[illegible] la 100+085	Sección del terreno natural A
	13	PLN_LT_1012_05	Natural Ground Sections Axis (A) from km 0+090 to 0+110	Sección del terreno natural A
	14	PLN_LT_1013_05	Natural Ground Sections Axis (A) from km 0+115 to 0+140	Sección del terreno natural A
	15	PLN_LT_1014_05	Natural Ground Sections Axis (A) from km 0+142 37 to 0+165	Sección del terreno natural A
	16	PLN_LT_1015_05	Natural Ground Sections Axis (A) from km 0+170 to 0+195	Sección del terreno natural A
	17	PLN_LT_1016_05	Natural Ground Sections Axis (A) from km 0+198 to 0+220	Sección del terreno natural A
	18	PLN_LT_1017_05	Natural Ground Sections Axis (A) from km 0+225 to 0+250	Sección del terreno natural A
	19	PLN_LT_1018_05	Natural Ground Sections Axis (A) from km 0+255 to 0+270	Sección del terreno natural A
	20	PLN_LT_1019_05	Natural Ground Sections Axis (A) from km 0+275 to 0+300	Sección del terreno natural A
	21	PLN_LT_1020_05	Natural Ground Sections Axis (A) from km 0+305 to 0+322.61	Sección del terreno natural A
	22	PLN_LT_1021_05	Natural Ground Sections Axis (A) from km 0+322.61 to 0+330	Sección del terreno natural A
	23	PLN_LT_1022_05	Natural Ground Sections Axis (B) from km- 0+004 16 to 0+015	Sección del terreno natural A
	24	PLN_LT_1023_05	Natural Ground Sections Axis (B) from km 0+020 to 0+045	Sección del terreno natural B
	25	PLN_LT_1024_05	Natural Ground Sections Axis (B) from km 0+049.10 to 0+070	Sección del terreno natural B
	26	PLN_LT_1025_05	Natural Ground Sections Axis (B) from km 0+075 to 0+095	Sección del terreno natural B
	27	PLN_LT_1026_05	Natural Ground Sections Axis (B) from km 0+100 to 0+120	Sección del terreno natural B
	28	PLN_LT_1027_05	Natural Ground Sections Axis (B) from km 0+049.10 to 148.19	Sección del terreno natural B
	29	PLN_LT_1028_05	Natural Ground Sections Axis (B) from km 0+150 to 0+175	Sección del terreno natural B
	30	PLN_LT_1029_05	Natural Ground Sections Axis (B) from km 0+180 to 0+200	Sección del terreno natural B
	31	PLN_LT_1030_05	Natural Ground Sections Axis (B) from km 0+205 to 0+230	Sección del terreno natural B
	32	PLN_LT_1031_05	Natural Ground Sections Axis (B) from km 0+235 to 0+255	Sección del terreno natural B
	33	PLN_LT_1032_05	Natural Ground Sections Axis (B) from km 0+260 to 0+280	Sección del terreno natural B
	34	PLN_LT_1033_05	Natural Ground Sections Axis (B) from km 0+285 to 0+310	Sección del terreno natural B
	35	PLN_LT_1034_05	Natural Ground Sections Axis (C) from km 0+315 to 0+329.97	Sección del terreno natural C
	36	PLN_LT_1035_05	Natural Ground Sections Axis (C) from km 0+176.84 to 0+215	Sección del terreno natural C
	37	PLN_LT_1036_05	Natural Ground Sections Axis (C) from km 0+220 to 0+260	Sección del terreno natural C
	38	KIN_COMP_PLN_LT_1037_05	Natural Ground Sections Axis (C) from km 0+265 to 0+305	Sección del terreno natural C
	39	PLN_LT_1038_05	Natural Ground Sections Axis (C) from km 0+310 to 0+330	Sección del terreno natural C
	40	PLN_LT_1039_05	Plant Assembly	Plano de planimetría, poligonal de apoyo y referencias topográficas
	41	TopographicSurveyReport	Support Report Topographic Survey	Informe de reporte topográfico
2000 Geotechnical & GPR	42	GeotechnicalReport	Geotechnical Report	Informe de campaña de geotecnia
	43	GPRStudy	GPR Report	Reporte de estudio GPR
	44	PLN_GA_2000_01	GPR Study - Scanning Paths	Planta de recorridos de GPR
	45	PLN_GA_2000_02	GPR Study - Interpretation	Planta de interpretación de estudio GPR
3000 Introduction	46	SiteFeaturesReport	Site Features Report	Reporte de características del sitio

Figura 27. *Relación de Entregables – Topografía y Estudios Complementarios.*
Nota: Extracto del listado general de documentos generados para el proyecto ejecutivo, correspondiente a planos topográficos, perfiles, secciones, reporte topográfico, estudio geotécnico y estudio GPR

VI. Proyecto Nuevo

El proyecto nuevo consistió en el desarrollo de la propuesta geométrica, constructiva y funcional para la rehabilitación y ampliación de la plataforma de aviación comercial. Esta etapa tomó como base la información topográfica, geodésica, altimétrica, geotécnica e hidráulica procesada en gabinete, con el objetivo de generar una solución técnica compatible con las condiciones existentes del aeropuerto, los requerimientos operativos, la normatividad aplicable y el sistema constructivo previsto para la ejecución de los trabajos.

A diferencia de las etapas de levantamiento y procesamiento, el desarrollo del proyecto nuevo implicó la interpretación técnica de la información disponible para transformarla en elementos de diseño. Entre estos elementos se incluyeron los límites de intervención, ejes principales y auxiliares, rasantes, pendientes, empates con pavimentos existentes, modulación de losas, criterios de pavimentación, integración con drenaje superficial, señalamiento horizontal y ayudas visuales.

Una consideración relevante dentro del desarrollo del proyecto fue el sistema constructivo previsto para la pavimentación. Debido a que se buscó ejecutar la mayor superficie posible mediante pavimentadora de cimbra deslizante tipo Power Paver, el diseño geométrico, las rasantes y la modulación de losas se plantearon procurando evitar cambios bruscos de pendiente, geometrías irregulares o condiciones que pudieran dificultar el avance continuo del equipo durante el colado.

La información topográfica fue fundamental para esta etapa, ya que permitió conocer con precisión la geometría existente de la plataforma, sus elevaciones, pendientes, instalaciones superficiales, registros, bordes de pavimento y zonas de posible interferencia. A partir de esta información fue posible desarrollar una propuesta que respondiera a los alcances del proyecto y que, al mismo tiempo, considerara las condiciones reales del sitio y las restricciones propias de un aeropuerto en operación.

VI.1 Proyecto geométrico nuevo

El proyecto geométrico nuevo se desarrolló a partir del plano maestro de topografía, las superficies de terreno existente, los perfiles longitudinales, las secciones transversales y la información complementaria obtenida mediante estudios de georradar, exploraciones geotécnicas y análisis hidráulico. Estos insumos permitieron analizar las condiciones actuales de la plataforma y definir una propuesta de intervención compatible con la infraestructura existente.

Dentro de esta etapa se revisaron los límites actuales del pavimento, las áreas disponibles para ampliación, las conexiones con calles de rodaje, los bordes de plataforma, los puntos de empate con pavimentos existentes y las zonas donde se requerían transiciones geométricas. Esta revisión fue necesaria para evitar discontinuidades, interferencias o cambios abruptos que pudieran afectar la operación aeroportuaria o la futura construcción.

La propuesta geométrica consideró la definición de ejes principales y auxiliares, los cuales sirvieron como base para organizar el diseño, establecer seccionamientos, generar perfiles, revisar rasantes y controlar la ubicación de los elementos proyectados. Estos ejes permitieron estructurar el proyecto de manera ordenada y facilitaron la coordinación entre las distintas disciplinas involucradas.

El diseño geométrico también consideró la necesidad de conservar una relación adecuada entre la plataforma existente y las nuevas áreas proyectadas. Para ello, se analizaron las elevaciones existentes, los puntos de empate, las pendientes naturales de escurrimiento y los elementos que podían condicionar el diseño, como registros, trincheras, líneas de servicio, luces de borde, hidrantes y obras hidráulicas.

Como parte del desarrollo del proyecto, se procuró que la geometría propuesta favoreciera la ejecución de los trabajos mediante pavimentadora de cimbra deslizante. Esto implicó buscar alineamientos, franjas de colado y modulaciones que permitieran un avance continuo, evitando cambios innecesarios de geometría y reduciendo zonas complejas de construcción.

VI.2 Criterios de rasantes y pendientes

La definición de rasantes fue una de las actividades más importantes dentro del proyecto nuevo, debido a que las plataformas aeroportuarias requieren un control preciso de elevaciones y pendientes. Una rasante mal definida puede generar problemas de escurrimiento, acumulación de agua, empates deficientes con pavimentos existentes o dificultades durante la ejecución de los trabajos.

Para establecer las rasantes de proyecto se utilizó la superficie existente generada en software especializado, así como los perfiles longitudinales y secciones transversales obtenidos a partir del levantamiento altimétrico. Esta información permitió identificar zonas altas, zonas bajas, cambios de pendiente y puntos obligados que debían respetarse durante el diseño.

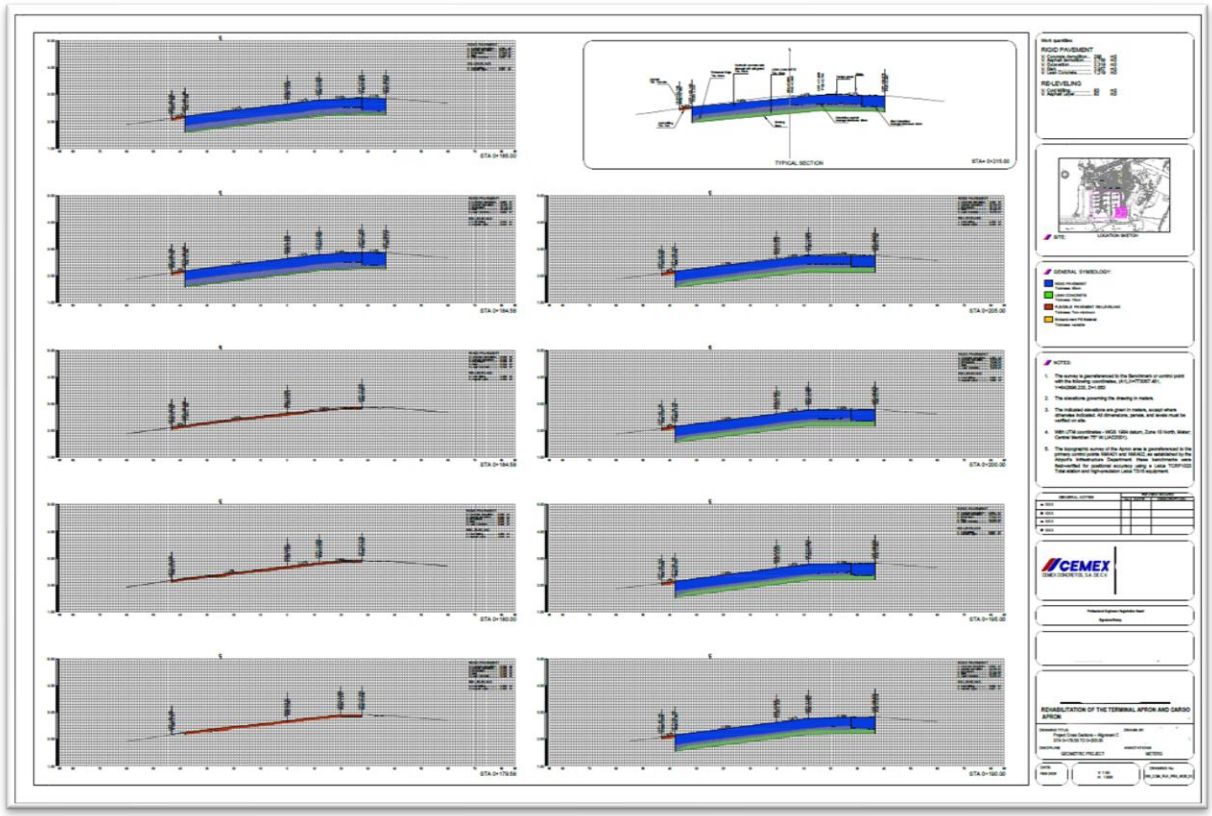


Figura 29. *Secciones Transversales De Proyecto.*
Nota: Secciones transversales generadas para revisar la configuración propuesta de la plataforma, pendientes de proyecto, empates con el terreno existente y criterios de corte o relleno.

El criterio principal fue generar una superficie de proyecto con transiciones suaves, evitando cambios abruptos de pendiente y procurando que el escurrimiento superficial se dirigiera hacia las zonas de captación o drenaje previstas. Este criterio fue especialmente importante debido al sistema de pavimentación considerado, ya que la pavimentadora de cimbra deslizante requiere condiciones geométricas favorables para mantener continuidad, control de nivel y calidad durante el colado.

Por esta razón, el diseño de perfiles y rasantes no se planteó únicamente desde el punto de vista altimétrico, sino también desde una perspectiva constructiva. Se buscó reducir cambios pronunciados de pendiente, facilitar el avance longitudinal de la pavimentadora y mantener una superficie compatible con la modulación de losas y las franjas de colado previstas.

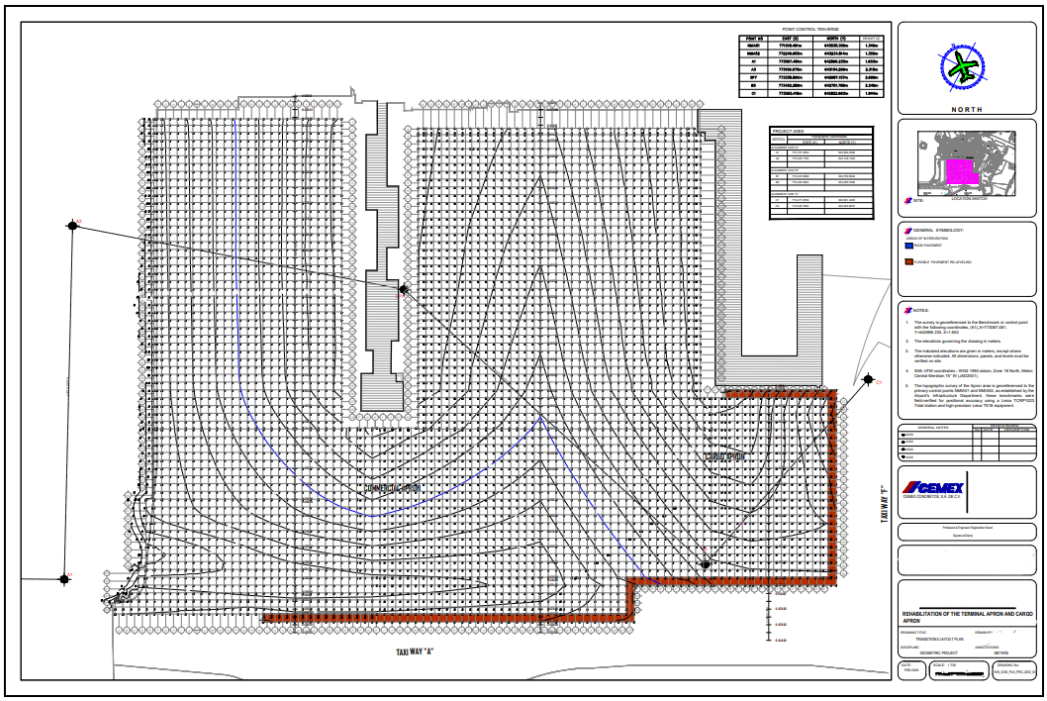


Figura 30. *Plano de Transiciones.*
Nota: Plano de transiciones utilizado para controlar empates, pendientes y cambios de rasante, procurando evitar variaciones bruscas que pudieran afectar el procedimiento constructivo mediante pavimentadora de cimbra deslizante.

En las zonas de empate con pavimento existente, se revisaron las cotas de ambos elementos para asegurar una transición adecuada. Esta revisión fue necesaria para evitar escalones, zonas bajas o cambios bruscos que pudieran afectar el drenaje superficial, la seguridad operacional o el desempeño del pavimento durante su vida útil.

VI.3 Modulación de losas y criterios constructivos

La modulación de losas fue una de las actividades principales dentro del desarrollo del proyecto nuevo, ya que permitió ordenar la distribución del pavimento, definir juntas y facilitar la ejecución de los trabajos durante la etapa constructiva. En este proyecto, la modulación se planteó considerando losas de 5m x 5m, procurando que la configuración favoreciera el colado en franjas de 5m mediante pavimentadora de cimbra deslizante.

Este criterio fue importante porque, para el sistema constructivo previsto, resulta preferible ejecutar la mayor superficie posible con pavimentadora, debido a que permite mejorar el rendimiento, la uniformidad del acabado, el control de espesores y la continuidad del proceso de pavimentación. Por ello, la modulación no se resolvió únicamente como una división geométrica del pavimento, sino como una herramienta para facilitar la construcción.

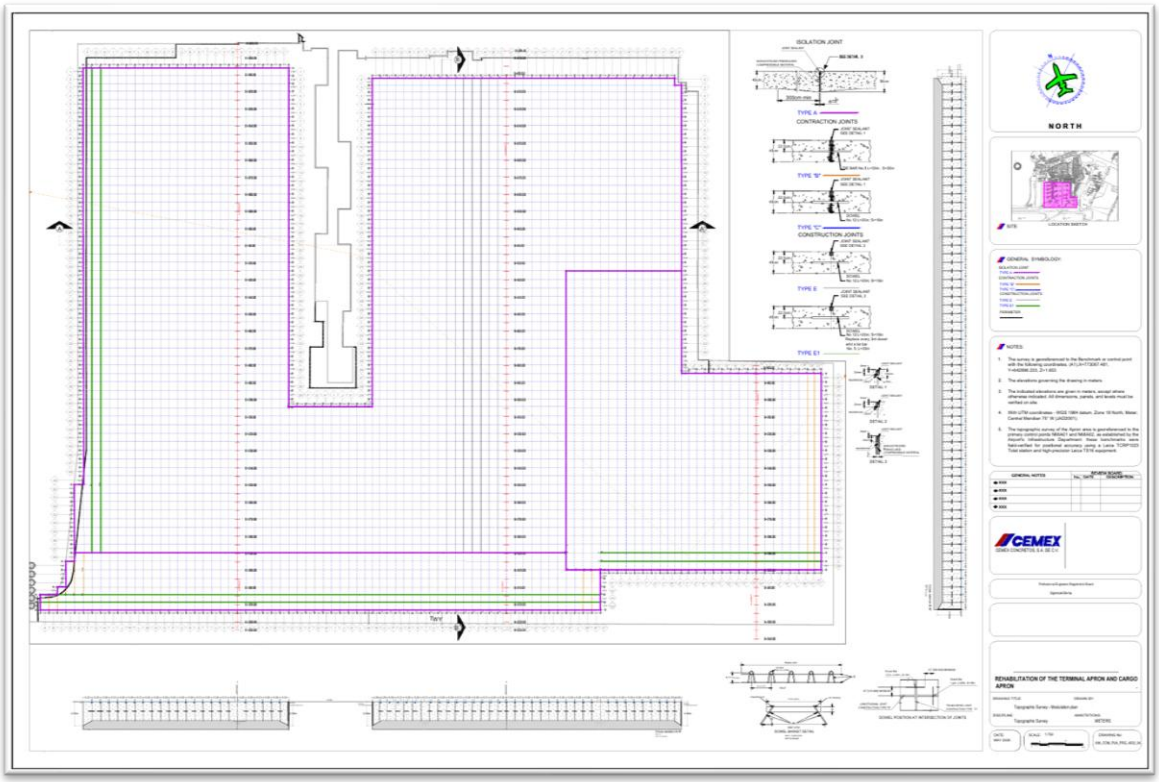


Figura 31. *Plano de Modulaciones.*
Nota: Plano generado para definir la distribución de losas y juntas sobre la plataforma, utilizado como apoyo para la planeación del colado, la revisión de empates y la compatibilidad con el procedimiento constructivo previsto.

Para establecer la modulación se consideraron los límites de intervención, los ejes de proyecto, las zonas de rehabilitación, las áreas de ampliación, los empates con losas existentes y las restricciones generadas por instalaciones o elementos superficiales. Se buscó evitar piezas demasiado pequeñas, losas irregulares o juntas ubicadas en zonas que pudieran afectar el comportamiento del pavimento o complicar el proceso de colado.

Asimismo, la modulación se coordinó con otros elementos del proyecto, como drenaje, registros, trincheras, señalamiento horizontal, ayudas visuales e instalaciones existentes. Esta coordinación fue necesaria para evitar que las juntas o límites de losa coincidieran de forma desfavorable con elementos que pudieran representar interferencias o puntos débiles dentro de la estructura del pavimento.

La revisión de la modulación permitió vincular directamente la información topográfica con decisiones constructivas. A partir de la superficie existente, los ejes, los límites de intervención y los criterios de pavimentación, se estableció una propuesta que facilitara la ejecución en campo y que mantuviera coherencia con el diseño geométrico y las rasantes del proyecto.

VI.4 Diseño de pavimento

El diseño de pavimento formó parte fundamental del proyecto ejecutivo, ya que permitió definir la estructura requerida para soportar las condiciones de operación de la plataforma de aviación comercial. Para su desarrollo se utilizó el software FAARFIELD 2.1.1, herramienta empleada para el análisis y dimensionamiento de pavimentos aeroportuarios conforme a los criterios de la Federal Aviation Administration (FAA), particularmente los lineamientos establecidos en la circular AC 150/5320-6G.

Para este proyecto se consideró un diseño de pavimento rígido nuevo, con una vida de diseño de 30 años, tomando en cuenta las condiciones operativas de la plataforma, la mezcla de aeronaves definida para el análisis, el tipo de pavimento requerido y la información geotécnica disponible. A partir de estos insumos se determinaron los espesores y capas que conformarían la estructura de pavimento, buscando garantizar un comportamiento adecuado durante su vida útil.

Dentro del modelo de diseño se consideró una estructura compuesta por una capa de concreto hidráulico (P-501 PCC Surface) con espesor de 428 mm, apoyada sobre una capa de concreto pobre (P-306 Lean Concrete) de 152 mm. Asimismo, el modelo incorporó las propiedades mecánicas de los materiales y de la subrasante, así como los parámetros asociados al tránsito de aeronaves, presiones de neumáticos y salidas anuales consideradas en el análisis.

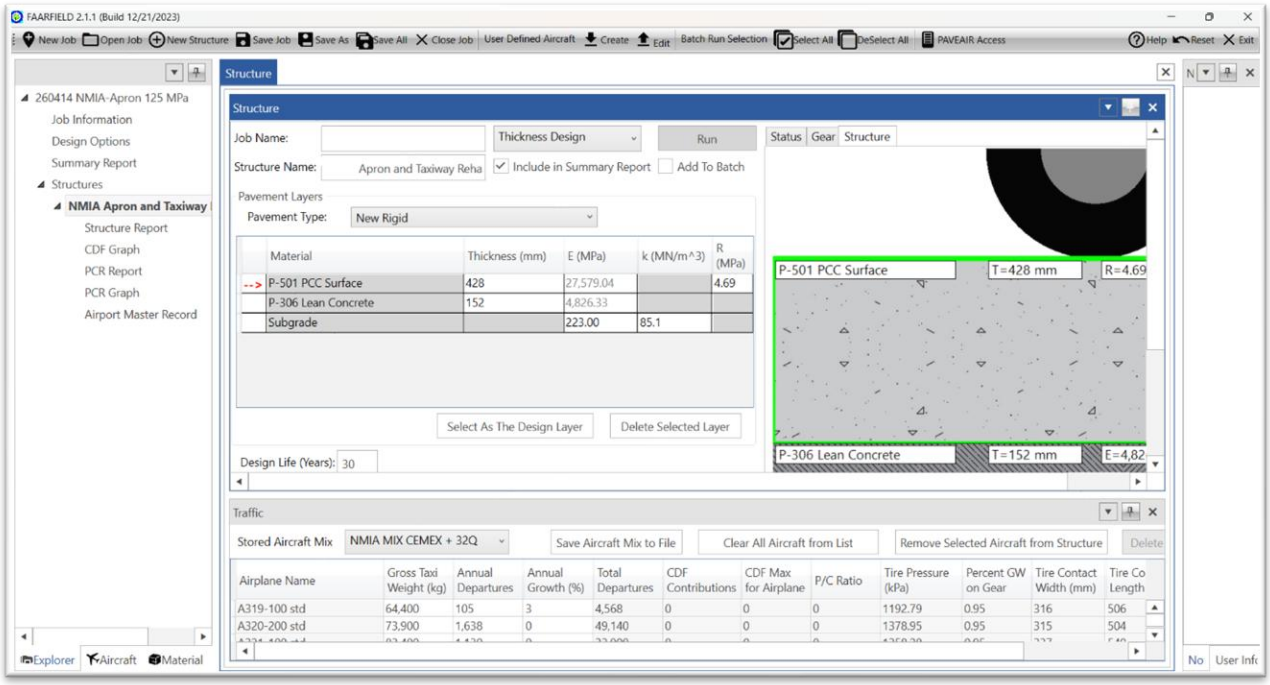


Figura 32. *Diseño de Pavimento en FAARFILED.*
Nota: Captura del modelo de diseño de pavimento rígido desarrollado en FAARFIELD 2.1.1

La información obtenida mediante FAARFIELD permitió definir la estructura de pavimento requerida para la plataforma, asegurando que el diseño respondiera a las cargas aeronáuticas previstas y a los criterios establecidos por la normativa FAA. Estos resultados fueron integrados con la geometría del proyecto, la modulación de losas, las rasantes y las volumetrías necesarias para el desarrollo del proyecto ejecutivo.

La información topográfica y geométrica fue necesaria para delimitar las zonas de rehabilitación y ampliación, establecer los límites de pavimento, revisar empates con superficies existentes y generar insumos para el cálculo de cantidades de obra.

De esta manera, el diseño de pavimento se vinculó directamente con la geometría de proyecto y con la modulación de losas, asegurando que los criterios estructurales, geométricos y constructivos fueran compatibles entre sí.

Asimismo, el diseño de pavimento se coordinó con las condiciones de rasante y pendientes del proyecto. Esta relación fue importante porque la estructura de pavimento debía integrarse adecuadamente con la superficie proyectada, evitando inconsistencias entre niveles, espesores, juntas, zonas de transición y elementos existentes. Por ello, el diseño estructural del pavimento no se desarrolló de forma aislada, sino como parte de una solución integral que consideró la geometría, la altimetría, el drenaje superficial y el procedimiento constructivo previsto para la plataforma.

VI.5 Integración con el proyecto hidráulico

El proyecto hidráulico fue desarrollado a partir de un estudio hidrológico e hidráulico completo, elaborado por un tercero especializado. Dicho estudio incluyó la evaluación de las condiciones de drenaje existentes y la generación de un modelo bidimensional, con el propósito de analizar el comportamiento del escurrimiento superficial y verificar la capacidad del sistema de drenaje actual.

La información topográfica fue un insumo indispensable para este análisis, ya que permitió representar la superficie existente, identificar pendientes, zonas bajas, obras hidráulicas, bocas de tormenta, trincheras, registros y áreas de escurrimiento. Con esta base fue posible relacionar la propuesta de rasantes con el funcionamiento del drenaje superficial.

La integración del estudio hidráulico permitió verificar que las pendientes propuestas y la geometría del proyecto fueran compatibles con la capacidad de drenaje existente. Esto fue importante para asegurar que la rehabilitación y ampliación de la plataforma no generaran nuevas zonas de acumulación de agua ni afectaran negativamente el funcionamiento hidráulico del sitio.



Figura 33. *Modelo Hidráulico del Proyecto.*
Nota: Modelo hidráulico utilizado para analizar el comportamiento del escurrimiento superficial y su compatibilidad con las rasantes propuestas y el sistema de drenaje pluvial del proyecto.

Asimismo, los resultados del análisis hidráulico permitieron revisar la ubicación de elementos de captación, evaluar zonas críticas y definir criterios de proyecto relacionados con escurrimientos, pendientes y continuidad superficial. Esta coordinación fue fundamental para que el proyecto geométrico, las rasantes y el sistema de drenaje funcionaran de manera conjunta.

VI.6 Relación con señalamiento horizontal y ayudas visuales

El proyecto geométrico nuevo sirvió como base para el desarrollo del señalamiento horizontal y de las ayudas visuales de la plataforma. A partir de la definición de ejes, límites de pavimento, posiciones de estacionamiento, zonas de circulación y áreas de servicio, fue posible establecer la ubicación de las marcas operativas necesarias para garantizar una operación segura y ordenada dentro de la plataforma comercial.

El señalamiento horizontal consideró la distribución de posiciones de estacionamiento de aeronaves, líneas de guía, líneas de entrada y salida, límites operativos, zonas restringidas y demás marcas requeridas para orientar las maniobras en plataforma.

De igual manera, se revisó la compatibilidad entre la geometría propuesta, la modulación de losas, las trayectorias de aeronaves y la ubicación de instalaciones existentes, con el fin de evitar interferencias durante la operación y la etapa constructiva.

Dentro del diseño se consideraron posiciones asociadas a diferentes categorías de aeronaves, por lo que fue necesario verificar que las marcas y líneas de guía fueran compatibles con las dimensiones, trayectorias y requerimientos operativos de cada tipo de aeronave. Esta revisión permitió asegurar que el proyecto mantuviera una adecuada funcionalidad para las posiciones comerciales, así como una correcta integración con las calles de rodaje, plataformas existentes y zonas de servicio.

El desarrollo del señalamiento horizontal y de las ayudas visuales se realizó considerando el cumplimiento de los criterios establecidos por la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI), particularmente aquellos relacionados con la configuración de plataformas, marcas en pavimento, identificación de posiciones, ayudas visuales y condiciones de seguridad operacional. Esto permitió que la propuesta mantuviera coherencia con los lineamientos aplicables a aeródromos y con las necesidades operativas del aeropuerto

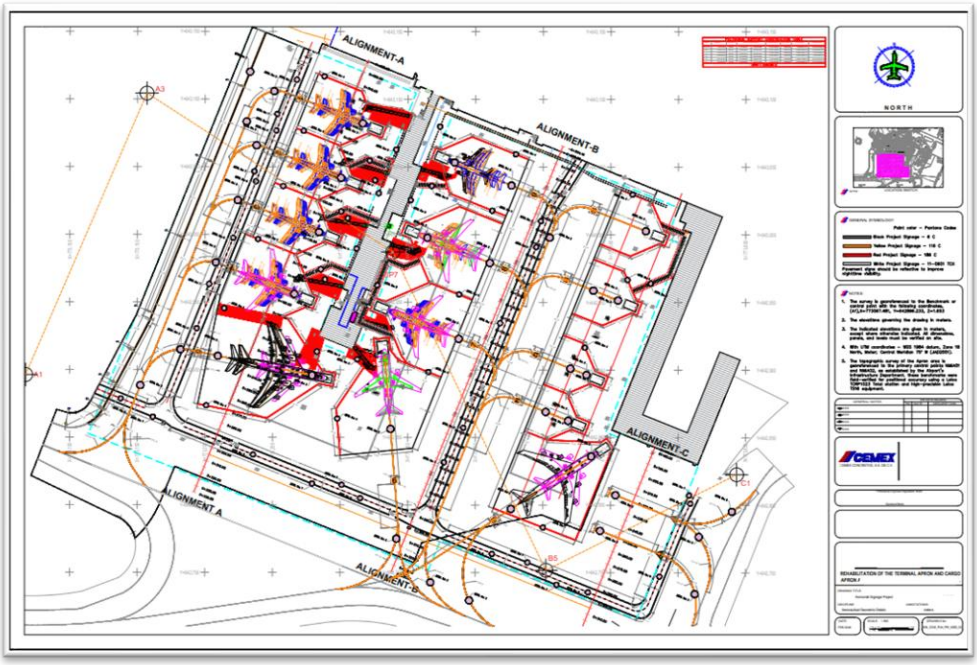


Figura 34. *Plano de Ayudas Visuales y Señalamiento Horizontal.*
Nota: Plano desarrollado para representar las posiciones de estacionamiento, líneas de guía, marcas operativas y ayudas visuales de la plataforma, considerando criterios aplicables de seguridad operacional y normativa OACI.

La coordinación con ayudas visuales fue importante debido a que cualquier modificación en la geometría de plataforma puede afectar la ubicación de elementos operativos. Por ello, el proyecto nuevo debía mantener compatibilidad entre la configuración geométrica, la modulación de pavimento, el señalamiento, las ayudas visuales y los elementos de seguridad operacional.

VI.7 Entregables Generados del Nuevo Proyecto

Como resultado del desarrollo del proyecto nuevo, se generaron diversos planos, reportes y documentos técnicos que formaron parte del proyecto ejecutivo para la rehabilitación y ampliación de la plataforma de aviación comercial. Estos entregables permitieron representar la solución propuesta, documentar los criterios de diseño y proporcionar la información necesaria para su revisión, coordinación y futura ejecución en obra.

Entre los principales productos generados se encuentran las plantas generales del proyecto, planos de conjunto, planos de transiciones, perfiles de proyecto, secciones transversales, modulación de losas, diseño de pavimento, planos de señalamiento

horizontal y ayudas visuales, así como documentación relacionada con el funcionamiento hidráulico y las condiciones del sitio.

Estos entregables permitieron integrar la información topográfica, geodésica, altimétrica, geotécnica e hidráulica dentro de una propuesta técnica coherente. Asimismo, sirvieron como base para revisar límites de intervención, empates con pavimento existente, pendientes, rasantes, modulación constructiva, drenaje superficial y condiciones operativas de la plataforma.

De manera general, los entregables del nuevo proyecto pueden agruparse de la siguiente forma:

Serie	Número	Clave Documento	Título	Descripción
4000 Geometry	47	KIN_COM_PLN_PRG_4000_03	Construction Layout Plan	Topográficas
	48	PLN_PRG_4001_03	General Layout Plan	Planta General
	49	PLN_PRG_4002_03	General Plan	Planta de Conjunto
	50	PLN_PRG_4003_03	Project Cross Sections - Alignment "A" STA 0+060.00 TO 0+045.0	Secciones Transversales de Proyecto Eje A
	51	PLN_PRG_4004_03	Project Cross Sections - Alignment A STA 0+050.00 TO 0+090.00	Secciones Transversales de Proyecto Eje A
	52	PLN_PRG_4005_03	Project Cross Sections - Alignment A STA 0+095.00 TO 0+135.00	Secciones Transversales de Proyecto Eje A
	53	PLN_PRG_4006_03	Project Cross Sections - Alignment A STA 0+140.00 TO 0+180.00	Secciones Transversales de Proyecto Eje A
	54	PLN_PRG_4007_03	Project Cross Sections - Alignment A STA 0+185.00 TO 0+215.00	Secciones Transversales de Proyecto Eje A
	55	PLN_PRG_4008_03	Project Cross Sections - Alignment A STA 0+220.00 TO 0+250.00	Secciones Transversales de Proyecto Eje A
	56	PLN_PRG_4009_03	Project Cross Sections - Alignment A STA 0+255.00 TO 0+294.58	Secciones Transversales de Proyecto Eje A
	57	PLN_PRG_4010_03	Project Cross Sections - Alignment A STA 0+294.58 TO 0+314.08	Secciones Transversales de Proyecto Eje A
	58	PLN_PRG_4011_03	Project Cross Sections - Alignment A STA 0+314.08 TO 0+328.08	Secciones Transversales de Proyecto Eje A
	59	PLN_PRG_4012_03	Project Cross Sections - Alignment B STA 0+012.00 TO 0+020.00	Secciones Transversales de Proyecto Eje B
	60	PLN_PRG_4013_03	Project Cross Sections - Alignment B STA 0+025.00 TO 0+045.00	Secciones Transversales de Proyecto Eje B
	61	PLN_PRG_4014_03	Project Cross Sections - Alignment B STA 0+050.00 TO 0+070.00	Secciones Transversales de Proyecto Eje B
	62	PLN_PRG_4015_03	Project Cross Sections - Alignment B STA 0+075.00 TO 0+095.00	Secciones Transversales de Proyecto Eje B
	64	KIN_COM_PLN_PRG_4017_03	Project Cross Sections - Alignment B STA 0+125.00 TO 0+145.00	Secciones Transversales de Proyecto Eje B
	65	PLN_PRG_4018_03	Project Cross Sections - Alignment B STA 0+150.00 TO 0+170.00	Secciones Transversales de Proyecto Eje B
	66	PLN_PRG_4019_03	Project Cross Sections - Alignment B STA 0+175.00 TO 0+185.00	Secciones Transversales de Proyecto Eje B
	67	PLN_PRG_4020_03	Project Cross Sections - Alignment B STA 0+190.00 TO 0+240.00	Secciones Transversales de Proyecto Eje B
	68	PLN_PRG_4021_03	Project Cross Sections - Alignment B STA 0+205.00 TO 0+225.00	Secciones Transversales de Proyecto Eje B
	69	PLN_PRG_4022_03	Project Cross Sections - Alignment B STA 0+230.00 TO 0+250.00	Secciones Transversales de Proyecto Eje B
	70	PLN_PRG_4023_03	Project Cross Sections - Alignment B STA 0+255.00 TO 0+275.00	Secciones Transversales de Proyecto Eje B
	71	PLN_PRG_4024_03	Project Cross Sections - Alignment B STA 0+280.00 TO 0+299.58	Secciones Transversales de Proyecto Eje B
	72	PLN_PRG_4025_03	Project Cross Sections - Alignment B STA 0+299.58 TO 0+305.00	Secciones Transversales de Proyecto Eje B
	73	PLN_PRG_4026_03	Project Cross Sections - Alignment B STA 0+310.00 TO 0+323.08	Secciones Transversales de Proyecto Eje B
	74	PLN_PRG_4027_03	Project Cross Sections - Alignment B STA 0+328.08	Secciones Transversales de Proyecto Eje B
	75	PLN_PRG_4028_03	Project Cross Sections - Alignment C STA 0+179.58 TO 0+205.00	Secciones Transversales de Proyecto Eje C
	76	PLN_PRG_4029_03	Project Cross Sections - Alignment C STA 0+210.00 TO 0+230.00	Secciones Transversales de Proyecto Eje C
	77	PLN_PRG_4030_03	Project Cross Sections - Alignment C STA 0+235.00 TO 0+295.00	Secciones Transversales de Proyecto Eje C
	78	PLN_PRG_4031_03	Project Cross Sections - Alignment C STA 0+299.58 TO 0+344.58	Secciones Transversales de Proyecto Eje C
	79	PLN_PRG_4032_03	Transitions Layout Plan	Planta General de Transiciones de Proyecto
	80	PLN_PRG_4033_03	Modulation Plan	Plano de Modulación
	81	PLN_PRG_4034_03	Project Profile- Alignment A	Perfil de Alineamiento A
	82	KIN_COM_PLN_PRG_4035_03	Project Profile- Alignment B	Perfil de Alineamiento B
	83	PLN_PRG_4036_03	Project Profile- Alignment C	Perfil de Alineamiento C

Figura 35a. *Relación de Entregables – Proyecto Geométrico Nuevo.*
Nota: Listado de documentos generados para el proyecto geométrico nuevo, utilizados para documentar rasantes, secciones, transiciones, modulación de losas y perfiles de alineamiento.

Serie	Número	Clave Documento	Título	Descripción
5000 Visual Aids	84	PLN_PIE_5000_02	Horizontal Signage Project	Plano de Señalamiento Horizontal
	85	PLN_PIE_5001_02	Horizontal Signage Project (Details)	Plano de Detalles del Señalamiento Horizontal
	86	PLN_PIE_5002_02	Horizontal Signage Project (Details)	Plano de Detalles del Señalamiento Horizontal
	87	PLN_PIE_5003_02	Electrical Details	Plano de Detalles Electromecánicos
6000 Hydraulic Works	88	HydrometeorologicalReport	Hydrometeorological Study	Reporte de Estudio Hidrometeorológico
	89	HydraulicStudy	Hydraulic Study	Reporte de Estudio Hidráulico
	90	PLN_POH_6000_01	Watersheds	Cuencas de Aportación Principales
	91	PLN_POH_6001_01	Secondary Watersheds	Cuencas de Aportación Secundarias
	92	PLN_POH_6002_01	Existing Drainage Plant	Planta de Obras Hidráulicas Existentes
	93	KIN_COM_PLN_POH_6003_01	Existing Drainage Profiles	Perfiles de Obras Hidráulicas Existentes
	94	PLN_POH_6004_01	Existing Drainage Plant	Planta de Obras Hidráulicas Existentes
	95	PLN_POH_6005_01	Proposal Profiles	Perfiles Propuestos
	96	PLN_POH_6006_01	Proposal Profiles	Perfiles Propuestos
	97	PLN_POH_6007_12	Proposal Profiles	Perfiles Propuestos
	98	PLN_POH_6008_01	Proposal Profiles	Perfiles Propuestos
7000 Pavement Design	99	PavementDesignReport	Pavement Design	Reporte de Diseño de Pavimento
	100	_Appendix 1	Appendix 1	Detalles Constructivos
	101	CFDGraph	CDF Graph	Gráfica de Distribución Acumulada FAARFIELD
	102	PCRGraph	PCR Graph	Gráfica PCR FAARFIELD
	103	PCRReport	PCR Report	Reporte PCR FAARFIELD
	104	StructureReport	Structure Report	Reporte Estructura Pavimento FAARFIELD
	105	FAA AC 150 5320 6G	FAA AC 150 5320 6G Airport Pavement Design and Evaluation	Circular FAA
	106	FAA AC 150 5370 10H	FAA AC 150 5370 10H Construction of Pavements	Circular FAA
	107	AGR	Annual Growth Rate	Cálculo de Tasa de Crecimiento Anual
	108	AircraftOperations	Aircraft Operations by Type	Numero de Operaciones por Tipo de Aeronave 2019- 2025
	109	StatisticalAircraftData	Statistical Analysis of Aircraft Data	Procesamiento Estadístico de Aeronaves para Faarfield
8000 Complementary Works	110	PLN_OC_8000_01	Covers and Manholes	Plano de renevelaciones
-	111	ConstructionSafetyPlan	Construction Safety Plan	Plan de Seguridad Operacional de Obra
-	112	SpecificDetails	Specific Details	Especificaciones Particulares

Figura 35b. *Relación de Entregables – Ayudas Visuales, Obras Hidráulicas, Diseño de Pavimentos y Estudios Complementarios*.
Nota: Listado de documentos generados, correspondiente a señalamiento horizontal, ayudas visuales, obras hidráulicas, diseño de pavimentos, documentos normativos y estudios complementarios.

Conclusiones

El desarrollo del proyecto ejecutivo para la rehabilitación y ampliación de una plataforma comercial aeroportuaria permitió aplicar de manera integral conocimientos de topografía, geodesia, procesamiento de información espacial y diseño asistido por computadora. A través de los trabajos realizados en campo y gabinete, fue posible generar una base técnica confiable para el análisis de las condiciones existentes y para la elaboración de los planos y documentos que integran el proyecto ejecutivo.

Los trabajos topográficos y geodésicos fueron fundamentales para conocer con precisión la geometría existente de la plataforma, sus elevaciones, pendientes, infraestructura superficial e instalaciones asociadas. Esta información permitió reducir la incertidumbre técnica del proyecto y establecer criterios adecuados para el diseño geométrico, la definición de rasantes, la integración de superficies y la identificación de posibles interferencias.

Asimismo, la coordinación previa con el personal del aeropuerto fue un aspecto esencial para el desarrollo de los trabajos, ya que permitió ejecutar las actividades dentro de un entorno operativo con restricciones de acceso, seguridad y tiempo. La planeación de rutas, horarios, permisos, medidas de seguridad y comunicación con operaciones fue determinante para llevar a cabo los levantamientos sin afectar la operación aeroportuaria.

El procesamiento de la información en gabinete permitió transformar los datos obtenidos en campo en productos técnicos útiles para la toma de decisiones. La generación del plano maestro, las plantas topográficas, perfiles, secciones, superficies y planos geométricos constituyó una etapa clave para el desarrollo del proyecto ejecutivo y para la coordinación con otras disciplinas como pavimentos, drenaje, señalamiento y ayudas visuales.

Desde el punto de vista profesional, la participación en este proyecto fortaleció la aplicación práctica de la Ingeniería Geomática en infraestructura aeroportuaria, al integrar actividades de medición, control, análisis espacial, representación gráfica y

apoyo al diseño. Esta experiencia permitió comprender la importancia de contar con información geoespacial precisa y actualizada para el desarrollo de proyectos ejecutivos en áreas operativas de alta exigencia técnica.

Finalmente, se concluye que la correcta planeación y ejecución de los levantamientos topográficos y geodésicos, junto con un procesamiento adecuado en gabinete, son elementos indispensables para el desarrollo de proyectos ejecutivos de rehabilitación y ampliación de plataformas comerciales. Estos trabajos aportan certidumbre técnica, favorecen la toma de decisiones y contribuyen a la seguridad, funcionalidad y eficiencia de la infraestructura aeroportuaria.

Bibliografía

Libros y Manuales:

Organización de Aviación Civil Internacional. (2016). *Anexo 14: Aeródromos. Volumen I, Diseño y operaciones de aeródromos* (7.ª ed.). OACI.

Normas Técnicas:

Agencia Federal de Aviación Civil. (2024). *Capítulo 09.3. Servicios de información aeronáutica*. Gobierno de México. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/955406/capitulo-09-3-servicios informacion-aeronautica-31102024.pdf

Federal Aviation Administration. (2018). *AC 150/5370-10H: Standard specifications for construction of airports*. U.S. Department of Transportation.

Federal Aviation Administration. (2021). *AC 150/5320-6G: Airport pavement design and evaluation*. U.S. Department of Transportation.

Software:

Federal Aviation Administration. (2023). *FAARFIELD* (Version 2.1.1) [Software de computación]. U.S. Department of Transportation.

Páginas Web:

DMINCO Ventas. (s. f.). *Nivel LEICA NA332*. https://dmincoventas.com/producto/nivel-leica-na332/

Instop. (2010, 17 de junio). *Leica 1203 TRCM robotizada*. https://www.instop.biz/blog/leica-1203-trcm-robotizada/

Punto Visado. (s. f.). *Kit GNSS Base SatLab SL900 + Rover SatLab Freyja*. https://www.puntovisado.com/producto/kit-gnss-satlab-sl900-freyja/

Documentos Internos del Proyecto:

CEMEX. (2026). *Términos de referencia para el proyecto ejecutivo de rehabilitación y ampliación de plataforma comercial* [Documento interno no publicado].