



UNIVERSIDAD  
DE PIURA

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Sectorización en lotes de trabajo como estrategia de  
planeamiento y control en la rehabilitación de la pista  
principal y calles de rodaje del Aeropuerto de Piura**

Tesis para optar el Título de  
Ingeniero Civil

**Marcia Solange Villasante Miñano**

Asesor(es):  
Mgtr. Ing Lucía Gabriela Chávez Quiroga

Piura, febrero de 2026



### Declaración Jurada de Originalidad del Trabajo Final

Yo, Marcia Solange Villasante Miñano, egresado del Programa Académico de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Piura, identificado(a) con DNI: 70471262, declaro que:

Soy autor del trabajo final titulado:

“Sectorización en lotes de trabajo como estrategia de planeamiento y control en la rehabilitación de la pista principal y calles de rodaje del Aeropuerto de Piura”

El mismo que presento bajo la modalidad de **Tesis** para optar el Título profesional de Ingeniero Civil.

El texto de mi trabajo final es original y no vulnera los derechos de terceros o, de ser el caso, derechos de los coautores, incluidos los derechos de propiedad intelectual, datos personales, entre otros. En tal sentido, el texto de mi trabajo final no ha sido plagiado total ni parcialmente, para lo cual, he respetado las normas internacionales de citas y referencias de las fuentes consultadas. Asimismo, el texto del trabajo final que presento no ha sido publicado ni presentado antes en cualquier medio electrónico o físico; y que la investigación, los resultados, datos, conclusiones y demás información presentada que atribuyo a mi autoría son veraces.

En caso de detectarse el incumplimiento de lo declarado asumo frente a terceros, la Universidad de Piura y/o la Administración Pública toda responsabilidad que pueda derivarse por el trabajo final presentado. Lo señalado incluye responsabilidad pecuniaria incluido el pago de multas u otros por los daños y perjuicios que se ocasionen.

La asesoría del trabajo estuvo a cargo de los siguientes docentes de la Universidad de Piura:

- Mgtr. Ing. Lucía Gabriela Chávez Quiroga, identificado con DNI: 71726748

Declaro que:

Luego de haber empleado el software de coincidencia Turnitin, revisado las fuentes de información señaladas por el autor, y en razón de mi (nuestra) experiencia como investigador(es), declaro (declaramos) que las ideas expuestas en el trabajo final alcanzan las condiciones de calidad, integridad y originalidad acorde a los objetivos institucionales y estándares en materia de investigación. Finalmente, no asumo (asumimos) responsabilidad por la posible vulneración de derechos de autor en el trabajo final referido, pues tal responsabilidad es exclusiva del autor.

Fecha: 02/02/2026.

  
.....  
Firma del autor<sup>1</sup>

  
.....  
Firma del asesor<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Firma idéntica al DNI. No se admite digital, salvo certificado.

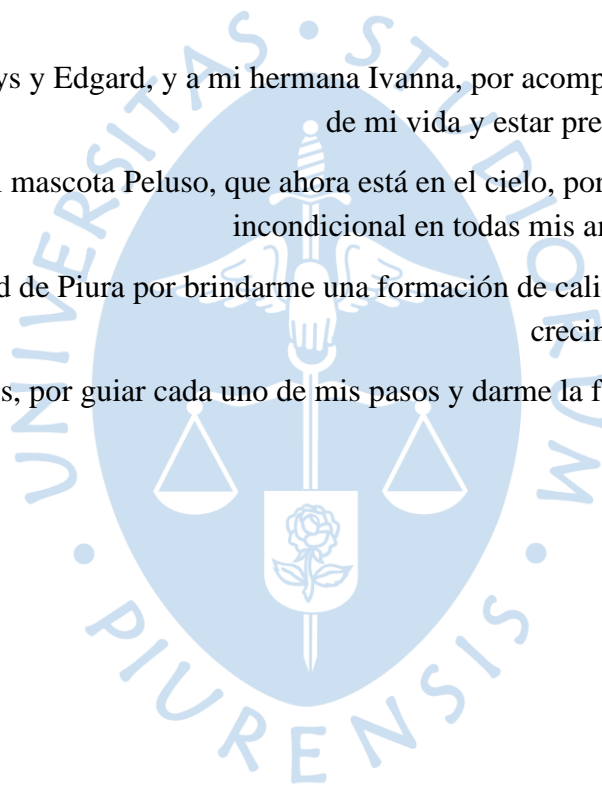
### **Dedicatoria**

A mis padres, Gladys y Edgard, y a mi hermana Ivanna, por acompañarme en cada decisión de mi vida y estar presentes en todo momento.

A mis abuelos y a mi mascota Peluso, que ahora está en el cielo, por haber sido mi compañía incondicional en todas mis amanecidas universitarias.

A la Universidad de Piura por brindarme una formación de calidad y por contribuir a mi crecimiento como profesional.

Y, sobre todo, a Dios, por guiar cada uno de mis pasos y darme la fortaleza para llegar hasta aquí.

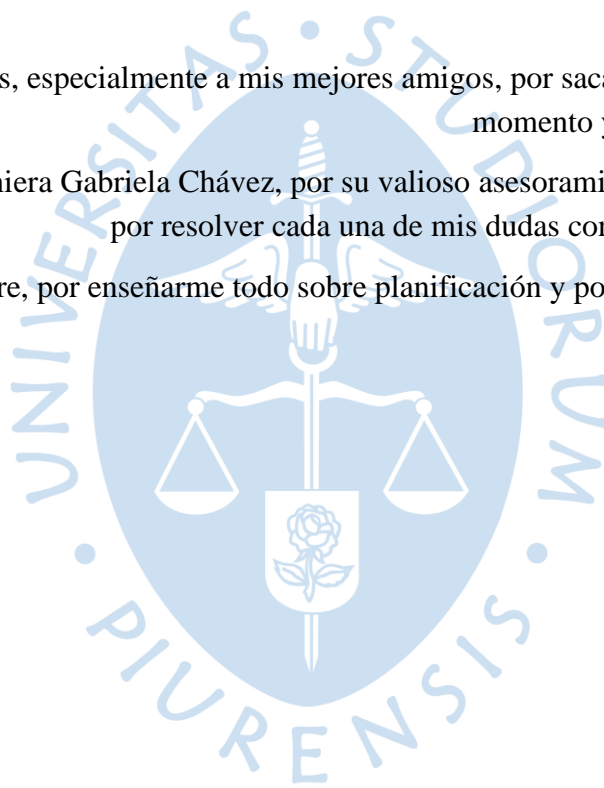


### **Agradecimientos**

A mis amigos, especialmente a mis mejores amigos, por sacarme una sonrisa en todo momento y acompañarme siempre.

A mi asesora, la ingeniera Gabriela Chávez, por su valioso asesoramiento, su guía constante y por resolver cada una de mis dudas con paciencia y dedicación.

A mi amigo Gianpierre, por enseñarme todo sobre planificación y por inspirarme a elegir este tema para mi tesis.



## Resumen

Los proyectos de construcción en el Perú progresivamente han ido implementando nuevas metodologías orientadas a la planificación y control de las actividades en estado de ejecución. Entre ellas destaca la aplicación de la sectorización en obras de edificación, que permite organizar la ejecución mediante la división del proyecto en frentes de trabajo y tener un buen control de avance.

En los últimos años, los proyectos de rehabilitación de la pavimentación en obras aeroportuarias han aumentado significativamente tanto en la zona norte como en el sur del Perú. El aeropuerto Internacional Guillermo Concha Ibérico, ubicado en la ciudad de Piura, ha sido uno de los proyectos más recientes de rehabilitación de pista y calles de rodaje. Para su ejecución se debe establecer una planificación estratégica debido a que debe mantener el aeropuerto operativo las veinticuatro horas del día, adicionalmente a ello debe enfrentar el clima cálido de la región que predomina la mayor parte del año, exigiendo una atención especial en la gestión de materiales y programación de actividades, principalmente en los vaciados, donde puede verse afectada la calidad del trabajo y generar sobrecostos si no se controla el avance adecuadamente.

Actualmente se han utilizado metodologías como el *Last Planner System*, que, si bien facilita la programación de actividades semanales en función del avance real, es necesario que sea complementado con un método que permita identificar y delimitar las zonas en donde deban ejecutarse las actividades y así evitar programaciones en zonas restringidas del proyecto asegurando una buena planificación evitando retrasos de obra.

El trabajo de investigación tiene como objetivo establecer una propuesta de sectorización de la pavimentación del Aeropuerto de Piura en lotes de trabajo, integrándolo como una estrategia de control y planeamiento para obras aeroportuarias de rehabilitación de pista y calles de rodaje.

Para ello, se realizó un análisis del área total de la pavimentación en base a la revisión documental del expediente técnico del proyecto y de la base de datos de avance obra. La información obtenida permitió identificar y clasificar los entregables del proyecto por fases, estableciendo una primera división del área total para una orientación organizada de la sectorización.

Posteriormente, se analizaron los rendimientos diarios de las cuadrillas durante la primera etapa del proyecto con el fin de determinar su productividad real. A partir de estos registros, se calcularon los rendimientos mensuales promedio de cada actividad. Con dichos valores, se determinó el rendimiento representativo tomando como referencia la mediana de los rendimientos mensuales obtenidos. Al mismo tiempo, se consideraron los criterios de área límite establecidos en el control de calidad para cada actividad del expediente técnico. Finalmente, se compararon ambos valores con el área promedio realmente alcanzada por las cuadrillas y, para cada actividad, se seleccionó el menor como área límite final de trabajo por lote.

Finalmente, se diseñó la propuesta de sectorización en base al área límite final establecida para cada lote en todas las actividades de ejecución, asignándole una codificación respectiva por lotes.



## Tabla de contenido

Introducción .....	12
Capítulo 1 Marco Teórico .....	14
1.1. Infraestructura aeroportuaria en el Perú.....	14
1.1.1 <i>Elementos funcionales de la pavimentación</i> .....	14
1.1.2 <i>Composición estructural</i> .....	15
1.2. Metodologías de planeamiento y control en obras de construcción .....	16
1.3. Filosofía Lean Construction.....	17
1.3.1 <i>Last Planner System (LPS)</i> .....	17
1.3.2 Técnica de sectorización en obras de construcción .....	19
Capítulo 2 Metodología de la investigación y presentación del caso de estudio .....	22
2.1. Metodología de la investigación .....	22
2.1.1 <i>Tipo y enfoque de la investigación</i> .....	22
2.1.2 <i>Estrategias de recolección de datos</i> .....	22
2.1.3 <i>Procesamiento y análisis de la información</i> .....	23
2.2. Caso de estudio: Pavimentación del Aeropuerto Internacional Guillermo Concha Ibérico	
25	
2.2.1 <i>Ubicación</i> .....	25
2.2.2 <i>Descripción</i> .....	25
2.2.3 <i>Problemática</i> .....	26
2.2.4 <i>Análisis del área de la Pista Principal y Calles de Rodaje</i> .....	27
2.2.5 <i>Evaluación de rendimientos de cuadrillas</i> .....	29
2.2.6 <i>Control de calidad en la sectorización</i> .....	48
Capítulo 3 Diseño del sistema de sectorización por lotes de trabajo .....	51
3.1. Integración de rendimientos y control de calidad en la planificación .....	51
3.2. Explicación de áreas y métodos de evaluación.....	52
3.3. Sectorización final por lotes y fases del proyecto.....	56
3.4. Beneficios obtenidos frente a la planificación tradicional.....	69
Conclusiones .....	72
Recomendaciones.....	73
Referencias .....	74
Planos .....	76
Plano A-1 Lotes de fresado en pista.....	77
Plano A-2 Lotes de fresado en pista.....	78
Plano A-3 Lotes de fresado en pista.....	79
Plano B-1 Lotes de excavación en pista.....	80
Plano B-2 Lotes de excavación en pista.....	81
Plano B-3 Lotes de excavación en pista.....	82
Plano C-1 Lotes de excavación en márgenes .....	83
Plano C-2 Lotes de excavación en márgenes .....	84
Plano C-3 Lotes de excavación en márgenes .....	85
Plano D-1 Lotes de perfilado y compactado en pista.....	86
Plano D-2 Lotes de perfilado y compactado en pista.....	87
Plano D-3 Lotes de perfilado y compactado en pista.....	88
Plano E-1 Lotes de perfilado y compactado en márgenes.....	89
Plano E-2 Lotes de perfilado y compactado en márgenes.....	90
Plano E-3 Lotes de perfilado y compactado en márgenes.....	91

Plano F-1 Subbase granular en pista .....	92
Plano F-2 Subbase granular en pista .....	93
Plano F-3 Subbase granular en pista .....	94
Plano G-1 Subbase granular en márgenes .....	95
Plano G-2 Subbase granular en márgenes .....	96
Plano G-3 Subbase granular en márgenes .....	97
Plano H-1 Lotes de econocreto en pista .....	98
Plano H-2 Lotes de econocreto en pista .....	99
Plano H-3 Lotes de econocreto en pista .....	100
Plano I-1 Lotes de concreto en pista .....	101
Plano I-2 Lotes de concreto en pista .....	102
Plano I-3 Lotes de concreto en pista .....	103
Plano J-1 Lotes de concreto en márgenes .....	104
Plano J-2 Lotes de concreto en márgenes .....	105
Plano J-3 Lotes de concreto en márgenes .....	106



## Lista de tablas

<b>Tabla 1</b> Elementos de la pavimentación en aeropuertos .....	14
<b>Tabla 2</b> Fuente de recopilación de datos .....	23
<b>Tabla 3</b> Dimensionamiento de las nuevas áreas de pavimentación a nivel de pista en la rehabilitación del Aeropuerto de Piura.....	28
<b>Tabla 4</b> Dimensionamiento de las nuevas áreas de pavimentación a nivel de márgenes en la rehabilitación del Aeropuerto de Piura.....	29
<b>Tabla 5</b> Rendimiento de la actividad mensual de fresado de pavimento .....	30
<b>Tabla 6</b> Rendimiento de la actividad mensual de excavación en explanaciones a nivel de pista .....	32
<b>Tabla 7</b> Rendimiento de la actividad mensual de excavación en explanaciones a nivel de márgenes.....	33
<b>Tabla 8</b> Rendimiento de la actividad mensual de perfilado y compactado a nivel de pista ....	34
<b>Tabla 9</b> Rendimiento de la actividad mensual de perfilado y compactado a nivel de márgenes .....	36
<b>Tabla 10</b> Rendimiento de la actividad mensual de subbase granular a nivel de pista.....	37
<b>Tabla 11</b> Rendimiento de la actividad mensual de subbase granular a nivel de márgenes .....	38
<b>Tabla 12</b> Rendimiento de la actividad mensual de actividad de econoconcreto a nivel de pista .....	39
<b>Tabla 13</b> Rendimiento de la actividad mensual de actividad de concreto a nivel de pista .....	41
<b>Tabla 14</b> Rendimiento de la actividad mensual de actividad de concreto a nivel de márgenes .....	42
<b>Tabla 15</b> Cantidad de personal y cantidad ejecutada por metro cuadrado en la actividad de fresado de pavimento .....	43
<b>Tabla 16</b> Cantidad de personal y cantidad ejecutada por metro cuadrado en la actividad de excavación en explanaciones a nivel de pista .....	44
<b>Tabla 17</b> Cantidad de personal y cantidad ejecutada por metro cuadrado en la actividad de excavación en explanaciones a nivel de márgenes.....	44
<b>Tabla 18</b> Cantidad de personal y cantidad ejecutada por metro cuadrado en la actividad de perfilado y compactado a nivel de pista .....	45
<b>Tabla 19</b> Cantidad de personal y cantidad ejecutada por metro cuadrado en la actividad de perfilado y compactado a nivel de márgenes .....	45
<b>Tabla 20</b> Cantidad de personal y cantidad ejecutada por metro cuadrado en la actividad de subbase granular a nivel de pista.....	46
<b>Tabla 21</b> Cantidad de personal y cantidad ejecutada por metro cuadrado en la actividad de subbase granular a nivel de márgenes .....	46
<b>Tabla 22</b> Cantidad de personal y cantidad ejecutada por metro cuadrado en la actividad de econoconcreto a nivel de pista .....	47
<b>Tabla 23</b> Cantidad de personal y cantidad ejecutada por metro cuadrado en la actividad de concreto a nivel de pista .....	47
<b>Tabla 24</b> Cantidad de personal y cantidad ejecutada por metro cuadrado en la actividad de concreto a nivel de márgenes .....	47
<b>Tabla 25</b> Registro de criterios de liberación por calidad.....	48
<b>Tabla 26</b> Resultados de área límite de las actividades de ejecución .....	51
<b>Tabla 27</b> Codificación de actividades .....	53
<b>Tabla 28</b> Codificación de secciones .....	54
<b>Tabla 29</b> Cantidad de lotes por fases en la actividad de fresado en pista.....	58
<b>Tabla 30</b> Cantidad de lotes por fases en la actividad de excavación en pista .....	59
<b>Tabla 31</b> Cantidad de lotes por fases en la actividad de excavación en pista .....	60
<b>Tabla 32</b> Cantidad de lotes por fases en la actividad de perfilado y compactado en pista.....	61

<b>Tabla 33</b> Cantidad de lotes por fases en la actividad de perfilado y compactado en márgenes .....	62
<b>Tabla 34</b> Cantidad de lotes por fases en la actividad de subbase granular en pista .....	64
<b>Tabla 35</b> Cantidad de lotes por fases en la actividad de subbase granular en márgenes.....	65
<b>Tabla 36</b> Cantidad de lotes por fases en la actividad de econocreto en pista .....	66
<b>Tabla 37</b> Cantidad de lotes por fases en la actividad de concreto en pista.....	67
<b>Tabla 38</b> Cantidad de lotes por fases en la actividad de concreto en márgenes.....	68
<b>Tabla 39</b> Resumen de áreas utilizadas y duración estimada de cada actividad.....	69



## Lista de figuras

<b>Figura 1</b>	Estructura de pavimentación en pista y calles de rodaje .....	15
<b>Figura 2</b>	Elementos de planificación del LPS .....	18
<b>Figura 3</b>	Sectorización de trabajos por facilidad .....	20
<b>Figura 4</b>	Mapa del Aeropuerto Internacional Guillermo Concha Ibérico .....	25
<b>Figura 5</b>	Pavimentación antigua del Aeropuerto de Piura .....	26
<b>Figura 6</b>	Nueva pavimentación del Aeropuerto de Piura .....	27
<b>Figura 7</b>	Fases del proyecto.....	28
<b>Figura 8</b>	Actividades principales y secuencia de ejecución a nivel de pista.....	30
<b>Figura 9</b>	Actividades principales y secuencia de ejecución a nivel de márgenes .....	30
<b>Figura 10</b>	Diagrama de caja fresado de pavimento.....	31
<b>Figura 11</b>	Diagrama de caja excavación en explanaciones a nivel de pista.....	33
<b>Figura 12</b>	Diagrama de caja excavación en explanaciones a nivel de márgenes .....	34
<b>Figura 13</b>	Diagrama de caja perfilado y compactado a nivel de pista .....	35
<b>Figura 14</b>	Diagrama de caja perfilado y compactado a nivel de márgenes.....	36
<b>Figura 15</b>	Diagrama de caja subbase granular a nivel de pista .....	38
<b>Figura 16</b>	Diagrama de caja subbase granular a nivel de márgenes .....	39
<b>Figura 17</b>	Diagrama de caja econoconcreto a nivel de pista.....	40
<b>Figura 18</b>	Diagrama de caja concreto a nivel de pista .....	42
<b>Figura 19</b>	Diagrama de caja concreto a nivel de márgenes.....	43
<b>Figura 20</b>	Flujo de trabajo Aeropuerto de Piura.....	52
<b>Figura 21</b>	Distribución de ejes topográficos por secciones en la pavimentación .....	55
<b>Figura 22</b>	Lotes y sublotes de trabajo en actividad de concreto .....	57
<b>Figura 23</b>	Lotización de fresado en pista .....	58
<b>Figura 24</b>	Lotización de excavación en pista .....	59
<b>Figura 25</b>	Lotización de excavación en márgenes .....	60
<b>Figura 26</b>	Lotización de perfilado y compactado en pista .....	61
<b>Figura 27</b>	Lotización de perfilado y compactado en márgenes.....	62
<b>Figura 28</b>	Lotización de subbase granular en pista .....	63
<b>Figura 29</b>	Lotización de subbase granular en márgenes .....	64
<b>Figura 30</b>	Lotización de econoconcreto en pista.....	65
<b>Figura 31</b>	Lotización de concreto en pista .....	67
<b>Figura 32</b>	Lotización de concreto en márgenes.....	68

## Introducción

En la última década, el tráfico aéreo en el Perú ha experimentado un crecimiento significativo. En 2010, el transporte aéreo movilizó aproximadamente 10.5 millones de pasajeros, de los cuales 5.46 millones correspondieron a vuelos domésticos y 5.03 millones a vuelos internacionales (MTC, 2010). Para 2024, este flujo alcanzó los 42.3 millones de pasajeros, con 31.1 millones en vuelos domésticos y 11.2 millones en vuelos internacionales (CORPAC, 2025). Este incremento, cercano al 304%, evidencia la creciente demanda de vuelos nacionales y la necesidad de ampliar y modernizar la infraestructura aeroportuaria peruana.

En el año 2019 se dio un impulso significativo a la ejecución de proyectos aeroportuarios en el Perú, entre los cuales destacan la ampliación del Aeropuerto Internacional Jorge Chávez en Lima con una duración aproximada de 61 meses (Invest, 2019) y la rehabilitación de la pista del Aeropuerto Internacional José Abelardo Quiñones en Chiclayo la cual tenía un tiempo estimado de duración de 18 meses (RPP, 2019). Ambos proyectos utilizaron metodologías diferentes, en el caso de Lima se ha utilizado la implementación del BIM y planificación avanzada (Woof, 2025) y en el caso de Chiclayo se ejecutó bajo una estructura metódica progresiva por fases. No obstante, ambos fueron entregados fuera del plazo establecido (OSITRAN, 2023; CORPAC, 2025). Las demoras en la entrega de obras aeroportuarias generan consecuencias significativas en el contexto nacional, entre ellas el incremento de costos para las empresas operadoras y contratistas, la pérdida de competitividad del país frente a otros destinos de la región, la reducción en la capacidad de atención al creciente flujo de pasajeros y las limitaciones para el desarrollo económico del lote turístico y comercial (Hernández, 2025).

Alrededor del año 2011, algunas empresas peruanas comenzaron a implementar las prácticas de la filosofía *Lean Construction*, utilizando la metodología *Last Planner System* (LPS) en la construcción de edificaciones multifamiliares y centros comerciales (Corporación Aceros Arequipa, 2011). La aplicación de la sectorización planteada por el LPS en proyectos de construcción en el Perú ha generado resultados positivos, un caso representativo es el proyecto Barranco, donde se evidenció que el porcentaje de plan de cumplimiento (PPC) alcanzó el 81 % y el trabajo no contributivo (TNC) se redujo al 19 %, demostrando la eficiencia de la metodología (Murillo Manrique & Llerena Carhuas, 2024).

Actualmente, la ciudad de Piura cuenta con el proyecto nombrado “Mejoramiento del sistema de pistas del Aeropuerto de Piura”, cuya duración total está programada para 24 meses, con inicio en agosto de 2023 (MTC, 2025). Dentro de la documentación del proyecto, no se especifica la estrategia metodológica a implementar para optimizar la ejecución de las actividades y garantizar el cumplimiento de los plazos establecidos, lo que evidencia la necesidad de incorporar herramientas de planificación y control que permitan mejorar la eficiencia en la gestión de la obra.

Dadas las evidencias del impacto positivo en los proyectos de la sectorización del LPS, esta tesis pretende proponer una sectorización para la Pista Principal y Calles de Rodaje del Aeropuerto de Piura, tomando en cuenta aspectos de calidad, con el propósito de optimizar el

trabajo en campo cumpliendo las normativas establecidas del expediente, asegurando una adecuada distribución de cuadrillas.

De esta manera, se busca registrar y evaluar el rendimiento diario por cada lote, lo que permitirá identificar si las actividades se encuentran dentro del cronograma o presentan variaciones, a fin de tomar medidas que garanticen la entrega de los hitos y entregables dentro de los plazos establecidos.



## Capítulo 1

### Marco Teórico

En el primer capítulo se describen los conceptos y metodologías que avalan la investigación correspondiente a la sectorización por lotes de trabajo como estrategia de planeamiento y control en la obra de rehabilitación del Aeropuerto de Piura. Dentro del contenido se abordan los conceptos referentes a la infraestructura aeroportuaria, las diversas metodologías de planeamiento y control, la filosofía *Lean Construction* y la integración del *Last Planner System* (LPS) con la sectorización en las obras de construcción.

#### 1.1 Infraestructura aeroportuaria en el Perú

Para una adecuada comprensión de la estructura de la pavimentación aeroportuaria, se debe abordar en primera instancia los conceptos básicos. Los elementos descritos forman parte del sistema de operación aeronáutico, cuya función es indispensable para la seguridad y eficiencia en las operaciones aéreas:

##### 1.1.1 Elementos funcionales de la pavimentación

Los elementos que conforman la pavimentación aeroportuaria se dividen en secciones que permiten el correcto desarrollo de las operaciones aéreas. A continuación, en la Tabla se presentan las principales terminologías y definiciones que describen cada uno de ellos.

**Tabla 1**

*Elementos de la pavimentación en aeropuertos*

Terminologías	Definición
Aeródromo	Área definida en tierra o agua (incluyendo las edificaciones y equipos) destinada total o parcialmente a la llegada, salida y movimiento en superficie de aeronaves.
Pista Principal	Área rectangular definida en un aeródromo, preparada para el aterrizaje y despegue de aeronaves. Es el elemento más crítico del campo de vuelo, debido a su soporte de altas cargas de impacto.
Calles de Rodaje	Vía establecida en un aeródromo para el rodaje de aeronaves, destinada a proporcionar enlace entre una parte del aeródromo y otra, incluyendo pista y plataformas.
Plataforma de estacionamiento	Área destinada al estacionamiento de aeronaves para las actividades de embarque y desembarque de pasajeros, carga, abastecimiento de combustible o actividades de mantenimiento, evitando la interferencia aeronáutica.

*Nota.* Adaptado de la OACI (Organización de Aviación Civil Internacional).

### 1.1.2 Composición estructural

Al ser una obra de rehabilitación de la pavimentación aeroportuaria, se consideran las siguientes partidas a ejecutar (Alarcón, 2023).

a) Fresado de pavimento: Corte y retiro de la carpeta asfáltica de rodadura a través de máquinas fresadoras o equipo similar para la obtención de un nuevo perfil longitudinal y transversal.

b) Excavación en explanaciones: Retiro de tierra u otros materiales existentes del suelo para abrir grandes cavidades, con el propósito de conformar en ellas las bases estructurales que tendrán los proyectos de ejecución.

c) Perfilado y compactado: Retención de humedad en la superficie de apoyo, asignándole posteriormente las características establecidas de acuerdo con los requisitos de las especificaciones técnicas, una vez culminado, aplicar un esfuerzo al suelo a través de maquinaria que ocasione su densificación.

d) Subbase granular: Capa de material granular ubicada encima de la subrasante cuyos agregados están conformados por partículas fuertes y durables, que al ser compactados constituyen una capa densa y estable que forma parte del paquete estructural del pavimento.

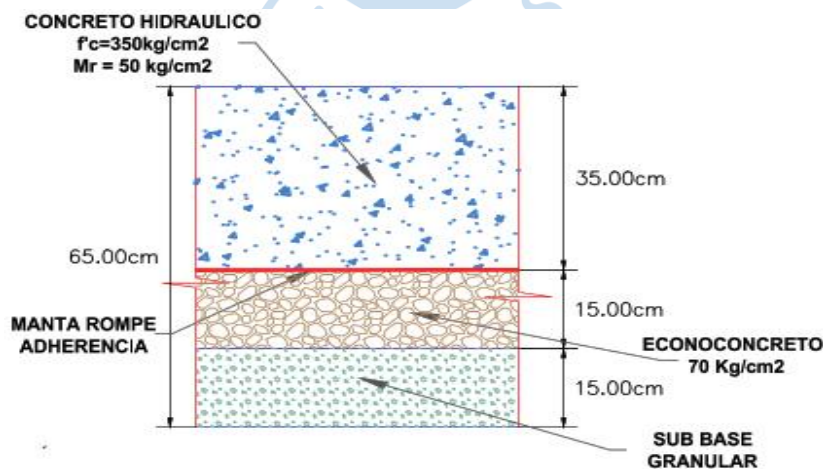
e) Econoconcreto: Mezcla compuesta de cemento, agregados uniformemente mezclados y agua. La mezcla puede incluir también aditivos químicos.

f) Concreto hidráulico: Mezcla homogénea de cemento, agua, arena, grava y aditivos de ser necesario. Es actualmente el material más empleado en la industria de la construcción por su resistencia, duración, impermeabilidad y mayor vida útil durante la puesta en operación.

La estructuración de la pavimentación se puede visualizar en la Figura 1.

**Figura 1**

*Estructura de pavimentación en pista y calles de rodaje*



*Nota.* Obtenido de Alarcón, C. (2023). Gestión de cambio: Cambio de Pavimento Flexible a Pavimento Rígido. Piura. Aeropuertos del Perú (ADP).

## 1.2 Metodologías de planeamiento y control en obras de construcción

Para un correcto manejo y control de las obras en estado de ejecución, existe un conjunto de herramientas y procesos orientados a asegurar el cumplimiento de las entregas dentro de los plazos, costos y niveles de calidad establecidos. Entre los que destacan principalmente para la presente tesis son:

a) **Definición del alcance del proyecto:** Descripción detallada del trabajo a ejecutar para que las partes interesadas sepan qué esperar en cuanto a entregables e hitos (Zwikael, 2009). Se presentan los conceptos relacionados a su alcance:

- **Entregables:** Productos, servicios o resultados que el proyecto debe ejecutar.
- **Gestión de cambio:** Proceso de identificación, evaluación, aprobación y control de las modificaciones que puedan afectar el alcance, costos o calidad del proyecto.

b) **Cronograma de obra:** Programación de actividades necesarias para la entrega de un proyecto dentro de su plazo de tiempo establecido, tomando en cuenta sus duraciones por actividad y recursos asignados. Para su desarrollo se emplean técnicas de la planificación tradicional como el diagrama de Gantt, el método de la ruta crítica (CPM) y herramientas colaborativas (Poliani, 2020). Se presentan los conceptos relacionados a su alcance:

- **Diagrama de Gantt:** Gráfico de barras que muestra actividades proyectadas en una escala temporal.
- **Método de la ruta crítica (CPM):** Técnica que identifica la ruta más larga de actividades que determinan la duración total del proyecto.
- **Lotes de trabajo:** Divisiones planificadas de un proyecto en áreas o secciones específicas.
- **Fases del proyecto:** Etapas del proyecto que agrupan un conjunto de actividades relacionadas entre sí, con el propósito de optimizar el cumplimiento de cada hito, acercándose al objetivo de la culminación total de la obra.
- **Hitos:** Puntos de control dentro del cronograma que representan la culminación de una fase, actividad o entregable importante del proyecto.

c) **Recursos (humanos, materiales y equipos):** Planificación de cuadrillas, maquinarias y suministros indispensables para la continuidad de ejecución de actividades (PMI, 2021). Se presentan los conceptos relacionados a su alcance:

- **Cuadrillas:** Unidades básicas de trabajo conformadas por un grupo de operarios organizados para ejecutar tareas específicas en proyectos de construcción.
- **Maquinarias:** Equipos mecánicos utilizados para facilitar y agilizar la ejecución de actividades como movimiento de tierras, compactación, pavimentación o izaje.

- Suministros: Materiales, insumos y recursos necesarios para la ejecución de las actividades en obra.

d) Control de calidad: Verificación del cumplimiento de las normas técnicas, especificaciones y ensayos en obra (OACI, 2022). Se presentan los conceptos relacionados a su alcance:

- Normas técnicas: Documentación estandarizada, elaborada por organismos nacionales o internacionales, que establecen requisitos mínimos de calidad aplicables a sistemas constructivos.
  - ✓ ISO: Organización Internacional de Normalización.
  - ✓ ASTM: Sociedad Estadounidense para Pruebas y Materiales.
  - ✓ AASHTO: Asociación Americana de Funcionarios de Carreteras Estatales y Transportes
  - ✓ OACI: Organización de Aviación Civil Internacional.
  - ✓ NTP: Normas Técnicas Peruanas.
- Especificaciones técnicas: Documentación particular del proyecto, en la que se detallan los materiales, procedimientos constructivos, tolerancias, ensayos y criterios de aceptación en la obra.

### 1.3 Filosofía Lean Construction

Centrada en la gestión de proyectos de construcción bajo un enfoque que prioriza el respeto y las relaciones entre todos los participantes. Su propósito es generar valor para el cliente mediante la identificación y eliminación de desperdicios a lo largo de todo el proceso de diseño y construcción. Esta filosofía impulsa una cultura de mejora continua y colaboración, con el fin de maximizar la eficiencia, reducir pérdidas y alcanzar resultados de excelencia en la entrega de proyectos.

La filosofía *Lean construction* está apoyada en un conjunto de metodologías y herramientas que permiten llevar sus principios a la práctica dentro de los proyectos de construcción (Lean Construction Institute, s.f.).

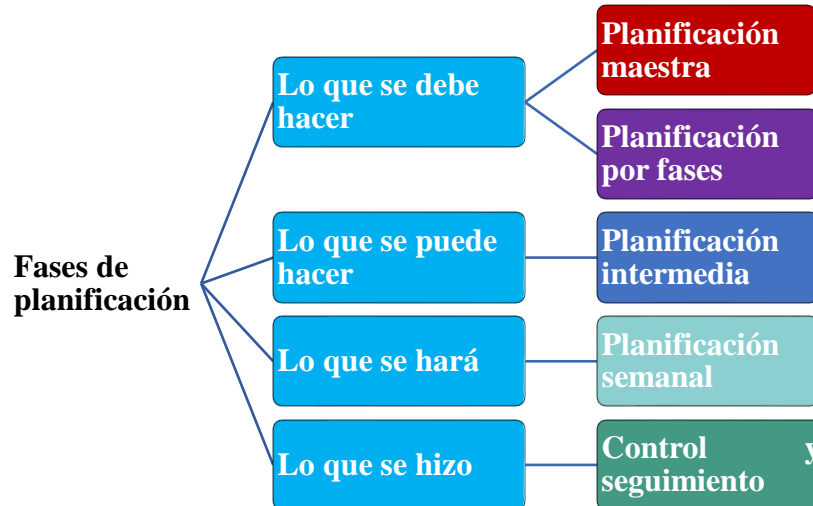
#### 1.3.1 Last Planner System (LPS)

Constituye un sistema de producción, planeamiento y control aplicado en proyectos de construcción que promueve la creación de un flujo de trabajo predecible y coordinado entre los distintos lotes comprometidos, con el fin de obtener resultados confiables. Su metodología permite identificar y gestionar de manera anticipada los obstáculos que podrían afectar la continuidad de las actividades, evitando que estos reduzcan el ritmo de ejecución y asegurando así un mejor cumplimiento de plazos y metas establecidas (Ćwik & Roston, 2017).

**1.3.1.1 Elementos del LPS.** Para obtener un flujo continuo de trabajo, la metodología se estructura en distintos niveles de planificación, para cada caso hay una o más herramientas asociadas. Estos siguen la lógica de lo que se debería hacer, lo que se puede ejecutar, lo que se

programa y lo que finalmente se realizó, como se observa en la Figura 2 (**Lean Construction Institute, s.f.**):

**Figura 2**  
*Elementos de planificación del LPS*



*Nota.* Adaptado de Lean Construction Institute.

a) Planificación maestra (*Master Planning*): Define los hitos principales del proyecto, como fechas de entrega y objetivos clave. Establece la visión general del proyecto.

b) Planificación por fases (*Pull Planning*): Método de planificación colaborativa en el que las actividades, recursos, materiales, información y equipos se programan para llegar únicamente en el momento y lugar donde son necesarios, asegurando una continuidad en el flujo y eficiencia en el proceso de producción.

c) Planificación intermedia (*Lookahead Planning*): Cronograma de actividades proyectadas de tres a seis semanas. Asegura que las futuras actividades estén preparadas y libres de restricciones antes de su ejecución.

d) Planificación semanal (*Weekly Work Planning*): Permite la planificación y control semanal basado en compromisos del equipo, asegurando un flujo de trabajo confiable.

e) Control y aprendizaje (*Learning*): Se mide el Porcentaje de Plan Completado (PPC), se analizan las causas de incumplimiento con propuestas de mejora, retroalimentando el proceso para aumentar la confiabilidad futura.

**1.3.1.2 Aplicaciones en proyectos aeroportuarios.** El LPS ha sido implementado en proyectos aeroportuarios a nivel internacional, destacando el caso del Aeropuerto Internacional ministro Victor Konder en Navegantes, Santa Catarina - Brasil, donde la aplicación de sus herramientas, incluyendo programaciones diarias, permitió alcanzar un 93 % de cumplimiento del cronograma a largo plazo (**Moura, y otros, 2024**).

Dentro del Perú, esta metodología también ha tenido aplicación en la obra de la ampliación del Aeropuerto Internacional Jorge Chávez, donde se emplearon herramientas como

la Planificación Maestra, Planificación por Fases, Planificación Intermedia y Planificación Semanal. Su implementación permitió optimizar el sistema de gestión de planeamiento y control de la obra, generando una mejora del 15 % en el SPI (Índice de desempeño del cronograma) acumulado (Tulich Ortiz, 2023).

### **1.3.2 Técnica de sectorización en obras de construcción**

Presentado como división del trabajo en diferentes frentes, con el propósito de minimizar tiempos de inactividad, asegurar un manejo eficiente del personal en campo y optimizar la asignación de recursos. Esta técnica permite mejorar la coordinación entre cuadrillas, aumentar la productividad y facilitar el seguimiento del avance constructivo (Guerrero Narbajo, 2013).

Para poder ejecutar la sectorización se deben aplicar los siguientes pasos generales:

- a) Delimitación física del área total: Usar planos topográficos o diseño general de la obra como base.
- b) Identificación de componentes y actividades principales: Listado de partidas como movimiento de tierras, pavimentación, entre otros.
- c) Definición de criterios de sectorización:
  - Físicos: Límites naturales, estructuras existentes.
  - Funcional: Secuencia constructiva, accesos, logística
  - Temporal: Cronograma o fases de entrega
- d) División del área en lotes o frentes de trabajo: Distribución del área total en frentes individuales para optimizar el avance.
- e) Asignación de recursos por lote: Determinar qué cuadrillas, equipos y materiales se asignarán a cada lote.
- f) Planificación y coordinación con el *Last Planner System*: Integrar la sectorización con las fases de planificación.
- g) Seguimiento y actualización: Actualizar los límites o reprogramar actividades si cambian las condiciones de obra.

La correcta aplicación del proceso de sectorización permite una mejor organización y control de las actividades en obra. En este sentido, ofrece diversas ventajas que contribuyen al desarrollo eficiente del proyecto.

- a) Mejor control y seguimiento del avance: Permite evaluar el progreso físico por lotes, facilitando el reporte de producción.
- b) Optimización de recursos: Asignación más eficiente del personal, maquinaria y materiales.
- c) Reducción de tiempos muertos: Se ejecutan actividades en paralelo, evitando esperas innecesarias.

d) Mayor orden y coordinación en campo: Disminuye interferencias entre cuadrillas y mejora la circulación interna dentro de la obra.

Su implementación también puede presentar ciertos desafíos:

a) Mayor complejidad en la planificación inicial. Requiere un estudio técnico detallado para definir límites y secuencias adecuadas.

b) Riesgo de desequilibrio entre lotes. En caso no se planifique correctamente la sectorización, algunos lotes pueden tener sobrecarga de trabajo mientras otros se encuentran inactivos.

c) Dependencia entre lotes próximos. El retraso en un lote puede afectar el inicio o la continuidad de otros.

d) Posibles interferencias logísticas. La circulación de maquinaria o materiales entre lotes puede generar conflictos en caso no se gestionen adecuadamente.

**1.3.2.1 Aplicaciones en obras de construcción.** Esta práctica ha sido aplicada en proyectos de construcción de viviendas masivas en la ciudad de Lima, distrito de Puente Piedra, donde la sectorización requiere un análisis más a detalle de las actividades críticas, distribuyéndolas según su orden lógico de ejecución para garantizar continuidad y eficiencia en la producción (**Castro Encalada, 2014**).

De manera similar, dentro de la ampliación del Aeropuerto Internacional Jorge Chávez, se implementó la sectorización en áreas específicas del proyecto como una estrategia de unificación (Ver figura 3), lo que permitió a los equipos de trabajo manejar un mismo idioma respecto a los entregables y, al mismo tiempo, facilitar de manera visual la comprensión del flujo de actividades (Tulich Ortiz, 2023).

### Figura 3

*Sectorización de trabajos por facilidad*



*Nota.* Obtenido de Tulich Ortiz, J. (2023). Análisis de un sistema de gestión para la mejora del planeamiento y control de un proyecto aeroportuario. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.

**1.3.2.2 Vinculación con LPS.** La integración de la sectorización con la metodología LPS fomenta a la predictibilidad y fluidez del trabajo en obra: la sectorización define frentes de trabajo físicamente delimitados, lo que facilita que los equipos compartan un mismo idioma y visualicen los flujos de producción, mientras que el LPS aporta los elementos de planificación colaborativa (Plan Maestro, Planificación por Fases, Planificación Intermedia, Planificación semanal, etc.) , que gestionan las dependencias de actividades y compromisos dentro de esos lotes.

Estos complementos permiten que los frentes definidos mediante sectorización se desarrollen en un marco de confiabilidad y control, minimizando restricciones y variabilidad, como el uso de Porcentaje de Plan de Cumplimiento (PPC) como métrica, y asegurando que los compromisos asumidos en cada lote se cumplan conforme al plan (Castro Encalada, 2014).



## Capítulo 2

### Metodología de la investigación y presentación del caso de estudio

El segundo capítulo se enfoca en la metodología utilizada, así como en el caso de estudio sobre la rehabilitación de la pista principal y las calles de rodaje del Aeropuerto de Piura. Aquí se explican los métodos de recolección, procesamiento y análisis de la información que se usaron para calcular los rendimientos por actividad y evaluar de qué manera la sectorización influye en la planificación y el control de la obra. Además, se ofrece una descripción técnica del proyecto, las áreas de intervención, la organización de las cuadrillas y los procedimientos implementados para asegurar la calidad. Toda la información presentada en este capítulo se ha elaborado a partir del expediente técnico y de la base de datos del proyecto, que son las principales fuentes de referencia para el desarrollo del estudio.

#### 2.1 Metodología de la investigación

Esta sección detalla la metodología empleada en el desarrollo de la investigación, donde se establece el enfoque, los métodos y las técnicas utilizadas para lograr los objetivos planteados. Con esto, se busca asegurar la validez, confiabilidad y coherencia del estudio, definiendo el tipo de investigación, el diseño aplicado, las fuentes de información y los instrumentos para la recolección de datos.

##### 2.1.1 Tipo y enfoque de la investigación

El estudio desarrollado corresponde a un tipo de investigación aplicada, fundamentada en principios técnicos y teóricos que buscan mejorar la planificación y el control en la ejecución de proyectos de infraestructura aeroportuaria mediante la implementación de la sectorización.

El enfoque de esta investigación es cuantitativo, ya que se basa en la recolección y análisis de datos obtenidos durante el proceso de construcción, con el objetivo de evaluar el impacto que la sectorización tiene en el rendimiento y la productividad de la obra. Además, incorpora elementos cualitativos, lo que permite interpretar los resultados desde una perspectiva tanto técnica como organizacional.

##### 2.1.2 Estrategias de recolección de datos

La investigación empleó la estrategia de recolección de datos basada en el análisis documental, mediante la revisión y procesamiento de información técnica proveniente de los documentos del proyecto de pavimentación del Aeropuerto de Piura. Asimismo, se complementó con la información obtenida en campo, contrastando los avances planificados con los avances reales ejecutados.

Para la identificación del área total del sistema de pavimentación del Aeropuerto de Piura se utilizaron los planos de construcción, cuyas medidas fueron obtenidas a través de levantamientos topográficos, estudios de diseño geométrico y estudio de suelos y pavimentos.

Para la determinación del rendimiento estándar por actividad, se emplearon instrumentos de control de campo y gabinete, entre ellos el reporte de producción y el Análisis de Precios Unitarios (APU) de obra. En el primero, el personal de campo registró el avance

físico obtenido en relación con lo programado diariamente, mientras que en el segundo se consignó el personal asignado, los códigos de frente y los recursos utilizados en cada actividad. Toda esta información fue consolidada en la base de datos de avance de obra.

Para el cumplimiento de los estándares de control de calidad, se aplicaron las normas establecidas en las especificaciones técnicas del proyecto, así como las normas internacionales ASTM y AASHTO, las Normas Técnicas Peruanas (NTP) y el Manual de Ensayos de Materiales del MTC 2016.

Se recurrió a los procedimientos de control de calidad establecidos en el proyecto, los cuales se encuentran basados en las normas técnicas y especificaciones correspondientes a cada actividad. Estos procedimientos sirvieron como base para las liberaciones en campo efectuadas por las áreas de laboratorio y topografía.

A continuación, se presenta en la Tabla 2 el resumen de las principales fuentes de información utilizadas.

**Tabla 2**

*Fuente de recopilación de datos*

Datos	Fuente
Área total y planos de construcción del sistema de pavimentación	Expediente técnico del proyecto de mejoramiento del sistema de pistas del Aeropuerto de Piura, incluyendo levantamientos topográficos, estudios de diseño geométrico y estudios de suelos y pavimentos
Rendimiento estándar por actividad	Reporte de producción y Análisis de Precios Unitarios (APU) de obra
Valores límite para el control de calidad	Manual de ensayos de materiales MTC-2016, Normas AASHTO, ASTM y NTP

La información recopilada mediante esta estrategia permitió disponer de una base técnica sólida para el posterior procesamiento y análisis de datos, asegurando la validez de los resultados y la coherencia con los objetivos de investigación.

### **2.1.3 Procesamiento y análisis de la información**

La información obtenida dentro de campo y gabinete, ha sido indispensable para identificar los patrones de rendimiento y establecer una comparativa entre lo proyectado y ejecutado mediante un procesamiento y análisis de las actividades en obra.

En primer lugar, la información registrada en los partes diarios y reportes de producción fue sistematizada en hojas de cálculo, clasificando los datos según el tipo de trabajo ejecutado,

el porcentaje de rendimiento diario, la cantidad de personal por cuadrilla, el número de equipos asignados por frente de trabajo y la fecha de ejecución. Posteriormente, esta información fue procesada con el propósito de determinar los rendimientos, tomando como referencia los valores diarios registrados.

A partir de los datos consolidados, se elaboraron tablas que presentan los rendimientos promedios mensuales obtenidos para muestras de seis y diez meses, según la naturaleza de cada actividad. Cabe precisar que no todas las actividades mostraron una continuidad mensual, ya que se consideraron únicamente los periodos con mayor productividad. Dentro de las actividades consideradas algunas suelen registrarse en metros cúbicos ( $m^3$ ), en esta propuesta se trabaja en metros cuadrados ( $m^2$ ) debido al sistema de lotización planteado. Dado que cada lote se gestiona en función de su área, emplear  $m^2$  permite un control más claro y coherente del avance. A partir de las progresivas de excavación del proyecto, donde se especifican los lotes intervenidos, se identifica el área en planta correspondiente a la excavación en cada periodo y, en consecuencia, se calcula el rendimiento correspondiente.

Para la identificación del rendimiento representativo de cada actividad, se aplicó un análisis estadístico mediante diagramas de caja, con el fin de evaluar la dispersión de los datos y excluir los valores atípicos. De esta manera, el rendimiento de la actividad adoptado corresponde al valor de la mediana calculada dentro del rango intercuartílico (la mediana), garantizando su representatividad estadística y su coherencia con las condiciones reales de ejecución en obra.

Para una información más consolidada se incorporó la cantidad de personal empleado por cada actividad evaluada para la determinación de rendimientos diarios del proyecto, en base a una jornada laboral de ocho horas.

Asimismo, se integró la información obtenida del control de calidad, contrastando los resultados de los ensayos de laboratorio con las especificaciones técnicas del proyecto. Esto permitió verificar el cumplimiento de los estándares establecidos y asegurar que los lotes liberados cumplieran con los parámetros exigidos para su aprobación.

Finalmente, con los datos consolidados, se estableció la propuesta de sectorización, considerando la información obtenida sobre el área estimada de cada lote, la cual se definió en función de la productividad y de los procedimientos de control técnico implementados en la obra. Cada lote fue dimensionado para representar aproximadamente un día de duración por actividad, lo que permitió determinar el tiempo total de ejecución en función de la cantidad de lotes requeridos para cada frente de trabajo. De esta manera, los lotes quedaron establecidos bajo parámetros normativos y verificables, garantizando que su extensión y liberación respondan a los estándares requeridos por el proyecto.

El control y seguimiento de estos nuevos lotes se interpretó bajo el enfoque del *Last Planner System* (LPS), mediante la evaluación del grado de cumplimiento de las actividades planificadas y la coordinación entre lotes. Este análisis permitió medir la predictibilidad del flujo de trabajo y determinar el impacto de la sectorización en la optimización del planeamiento y control de la obra aeroportuaria.

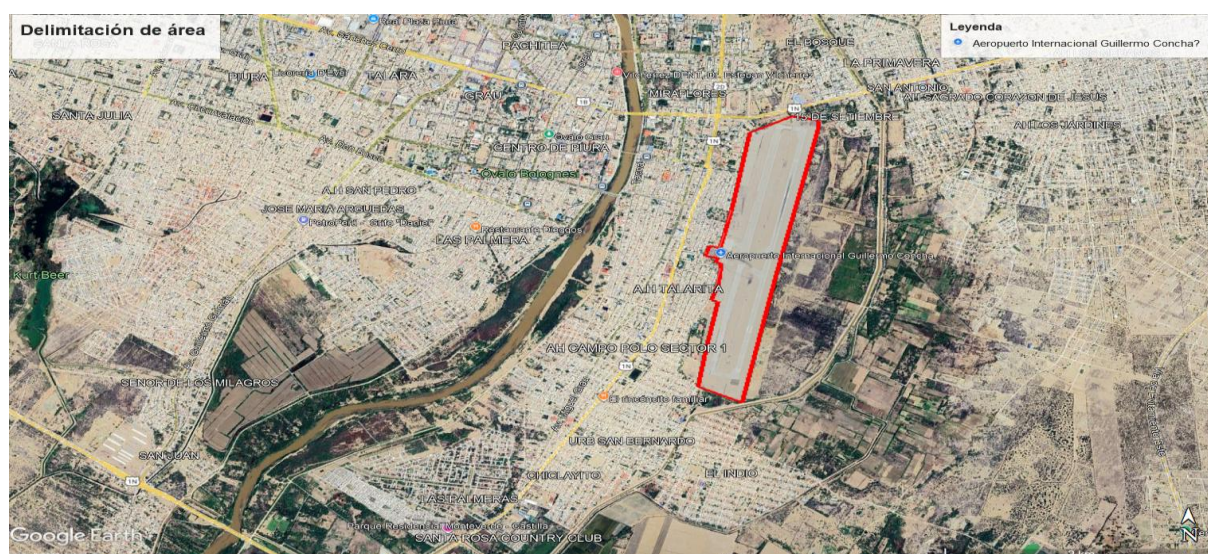
## 2.2 Caso de estudio: Pavimentación del Aeropuerto Internacional Guillermo Concha Ibérico

### 2.2.1 Ubicación

El Aeropuerto Internacional Guillermo Concha Ibérico se ubica en el distrito de Castilla, provincia de Piura y departamento de Piura, con las coordenadas (-5.2061931, -80.6209675). Su ubicación se puede apreciar en la Figura 4.

#### Figura 4

*Mapa del Aeropuerto Internacional Guillermo Concha Ibérico*



*Nota.* Obtenido de Google Earth.

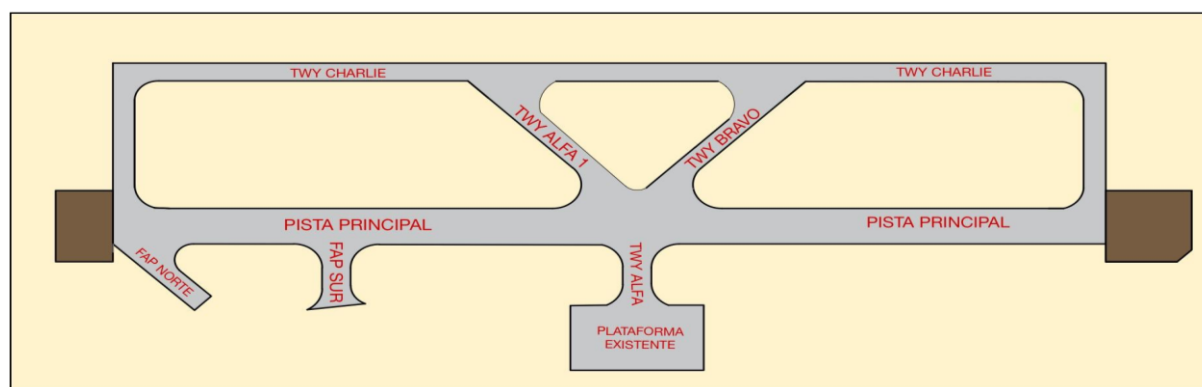
### 2.2.2 Descripción

El aeropuerto abarca un área total de 774 624,58 m<sup>2</sup> y fue construido en el año 1953. En la Figura 5 se visualiza como la pavimentación está conformada por la Pista Principal y las calles de Rodaje Alfa, Alfa 1, Bravo, Charlie, adicionalmente, cuenta con una plataforma de estacionamiento, cuenta con tres secciones típicas de pavimentación:

- Pavimento de concreto con cemento Portland
- Pavimento tipo “Sandwich”
- Pavimento flexible convencional

## Figura 5

### Pavimentación antigua del Aeropuerto de Piura



### 2.2.3 Problemática

La ejecución de obras en un aeropuerto operativo presenta una serie de limitaciones técnicas, logísticas y de seguridad que impactan en la planificación, los plazos y la coordinación general del proyecto. Estas dificultades surgen principalmente por la necesidad de mantener la continuidad de las operaciones aéreas sin comprometer la seguridad de las aeronaves, pasajeros y personal de obra. Entre las principales dificultades destacan las siguientes:

- a) Interferencia en la pavimentación: Cualquier actividad que deba realizarse dentro de la zona de operación requiere de una coordinación constante con el área de control de tránsito aéreo y el operador aeroportuario para garantizar la seguridad y evitar interrupciones en el tránsito de las aeronaves.
- b) Limitaciones de espacio operativo: La ejecución de obras dentro de un aeropuerto en funcionamiento requiere una estricta planificación del espacio disponible, ya que las zonas de trabajo deben ubicarse fuera de las áreas de seguridad operacional y cumplir con las distancias mínimas establecidas por la normativa aeronáutica.
- c) Condiciones de seguridad y normativa aeroportuaria: Las obras deben cumplir con regulaciones de seguridad operacional establecidas por la OACI y la autoridad aeronáutica local, lo que implica la implementación de procedimientos especiales, señalización temporal, control de objetos extraños (FOD) y supervisión constante.

Dentro de las obras de construcción en el Perú, es frecuente la aparición de gestiones de cambio durante la ejecución de los proyectos, lo que ocasiona ampliaciones de plazo para la entrega final de las obras. En el caso de los proyectos aeroportuarios desarrollados en los últimos años, esta problemática ha generado múltiples inconvenientes impactando de manera significativa en diversos ámbitos del proyecto.

El efecto más notorio se evidencia en el sector económico, ya que las ampliaciones de plazo producen sobrecostos indirectos relacionados con la prolongación de gastos generales de obra, la extensión en el alquiler y mantenimiento de equipos, así como un mayor requerimiento de materiales y mano de obra directa. A ello se suman las penalidades contractuales derivadas

del incumplimiento de plazos, lo cual repercute en la rentabilidad del contratista y en la eficiencia del uso de los recursos públicos o privados destinados al proyecto.

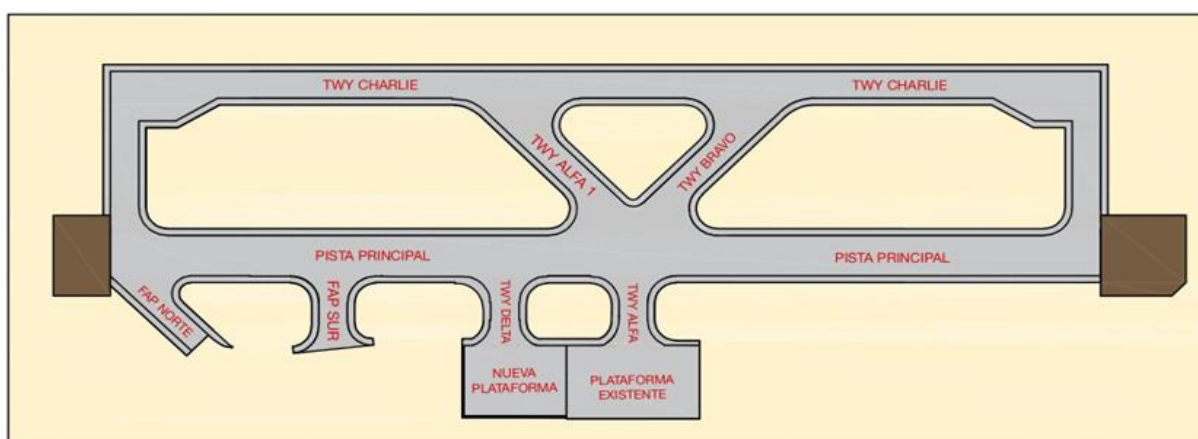
### 2.2.4 Análisis del área de la Pista Principal y Calles de Rodaje

Para iniciar el proceso de sectorización en el Aeropuerto de Piura, es indispensable delimitar el área total de intervención, la cual comprende tanto la pista principal como las calles de rodaje.

Con la propuesta de la nueva pavimentación, el área total de intervención se amplía debido a la incorporación de las márgenes, la calle de rodaje Delta y la nueva plataforma de estacionamiento, visualizándose como en la Figura 6.

#### Figura 6

*Nueva pavimentación del Aeropuerto de Piura*

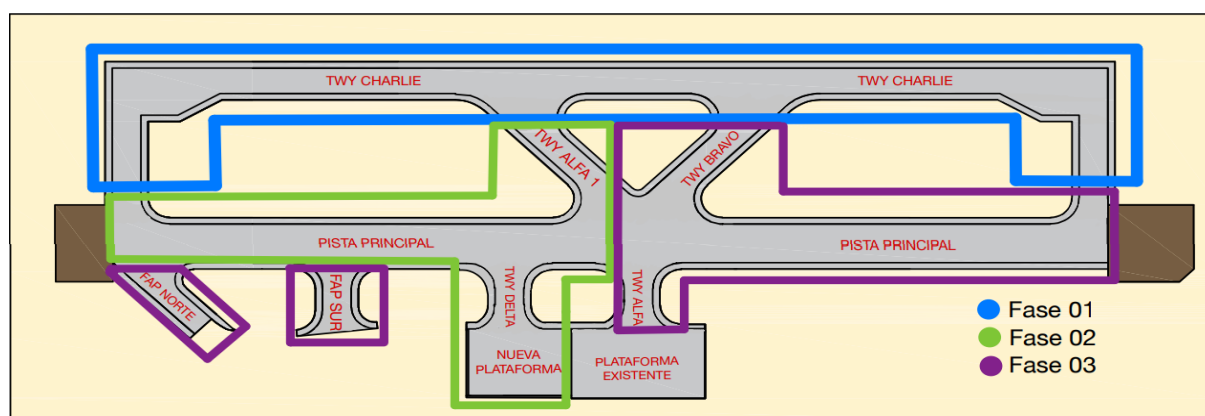


De acuerdo con el plan de obra establecido, estas áreas se organizaron en tres fases de entrega con el objetivo de garantizar la continuidad de las operaciones aéreas y permitir un manejo eficiente de los vuelos durante la ejecución de los trabajos (Ver Figura 7).

a) Fase 1: Rehabilitación de la calle de rodaje Charlie (KM 0+063.34 hasta KM 2+715.47). Adaptada como pista temporal "19/01R" Los trabajos incluyeron márgenes de pista, zona RESA

b) Fase 2: Rehabilitación de la Pista Principal lado norte y calle de rodaje Alfa 1, junto con la construcción de la calle de rodaje Delta, calle de rodaje Charlie (KM 0+000.00 hasta 0+063.34, KM 2+715.47 hasta KM 2+778.83) y la nueva plataforma de estacionamiento, los trabajos incluyeron márgenes de pista.

c) Fase 3: Rehabilitación de Pista Principal lado sur y las calles de rodaje Bravo, Alfa, FAP Sur y FAP Norte, los trabajos incluyeron márgenes de pista.

**Figura 7***Fases del proyecto*

En la Tabla 3 se muestra el dimensionamiento propuesto a nivel de pista:

En la Tabla 3 se presenta el nuevo dimensionamiento de la pavimentación a nivel de pista, considerando las progresivas de inicio y fin de cada lote.

**Tabla 3**

*Dimensionamiento de las nuevas áreas de pavimentación a nivel de pista en la rehabilitación del Aeropuerto de Piura*

Sección	Progresivas		Área total (m <sup>2</sup> )
	Inicio	Fin	
Pista Principal	KM 0+000.00	KM 2+501.15	112,552
Calle de Rodaje Alfa	KM 0+000.00	KM 0+080.00	3,167
Calle de Rodaje Alfa 1	KM 0+000.00	KM 0+212.31	9,413
Calle de Rodaje Bravo	KM 0+000.00	KM 0+212.31	9,413
Calle de Rodaje Charlie	KM 0+000.00	KM 2+778.83	96,972
Calle de Rodaje Delta	KM 0+000.00	KM 0+077.50	2,980
Nueva Plataforma de Estacionamiento	KM 0+000.00	KM 0+080.00	8,478
Calle de Rodaje FAP Sur	KM 0+000.00	KM 0+086.64	3,155
Calle de Rodaje FAP Norte	KM 0+000.00	KM 0+107.12	3,188

*Nota.* Obtenido de la base de datos de obra.

Adicionalmente, en la Tabla 4 se presenta el nuevo dimensionamiento a nivel de márgenes, las cuales han sido incorporadas en el proyecto de rehabilitación con el objetivo de optimizar la superficie de pavimentación y adecuarla a los requerimientos operacionales del aeropuerto.

**Tabla 4**

*Dimensionamiento de las nuevas áreas de pavimentación a nivel de márgenes en la rehabilitación del Aeropuerto de Piura*

Sección	Progresivas		Área total (m <sup>2</sup> )
	Inicio	Fin	
Pista Principal	KM 0+000.00	KM 2+501.15	31,752
Calle de Rodaje Alfa	KM 0+000.00	KM 0+080.00	1,730
Calle de Rodaje Alfa 1	KM 0+000.00	KM 0+212.31	3,088
Calle de Rodaje Bravo	KM 0+000.00	KM 0+212.31	3,088
Calle de Rodaje Charlie	KM 0+000.00	KM 2+778.83	39,756
Calle de Rodaje Delta	KM 0+000.00	KM 0+077.50	1,499
Calle de Rodaje FAP Sur	KM 0+000.00	KM 0+086.64	1,542
Calle de Rodaje FAP Norte	KM 0+000.00	KM 0+107.12	1,652

*Nota.* Obtenido de la base de datos de obra.

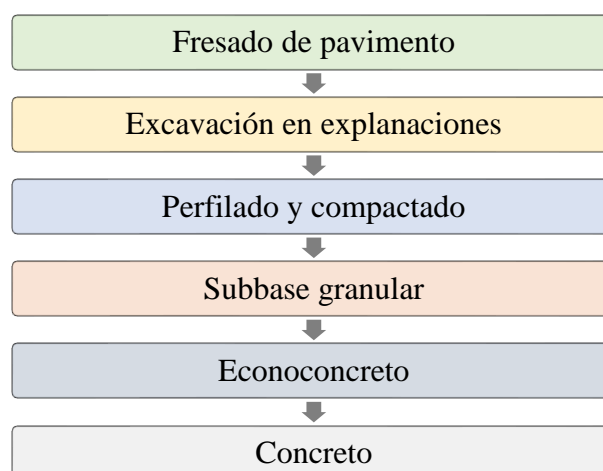
### **2.2.5 Evaluación de rendimientos de cuadrillas**

Se consideraron las actividades principales para el análisis y determinación del rendimiento estándar de cada una de ellas, de acuerdo con su orden de ejecución.

En el caso de la pavimentación a nivel de pista, la ejecución se desarrolla según lo mostrado en la Figura 8.

**Figura 8**

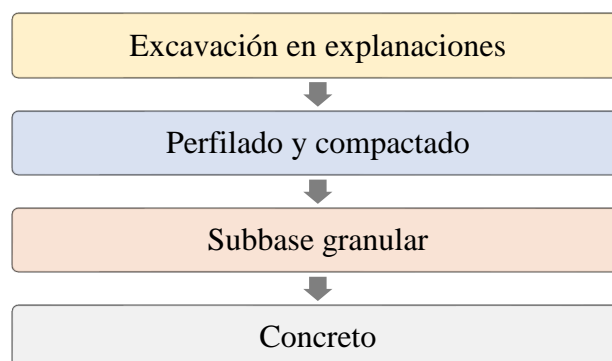
*Actividades principales y secuencia de ejecución a nivel de pista*



En el caso de la pavimentación a nivel de márgenes, la ejecución se desarrolla según lo mostrado en la Figura 9.

**Figura 9**

*Actividades principales y secuencia de ejecución a nivel de márgenes*



En la primera actividad de fresado de pavimento, debido a que es de rápida ejecución, la cantidad de muestras obtenidas resulta menor en comparación con otras partidas. Por tal motivo, su evaluación se realiza considerando una muestra correspondiente a un periodo de seis meses. Se muestran los resultados en la Tabla 5.

**Tabla 5**

*Rendimiento de la actividad mensual de fresado de pavimento*

Año	Mes	Rendimiento de la actividad (m <sup>2</sup> )
2023	Agosto	2,012

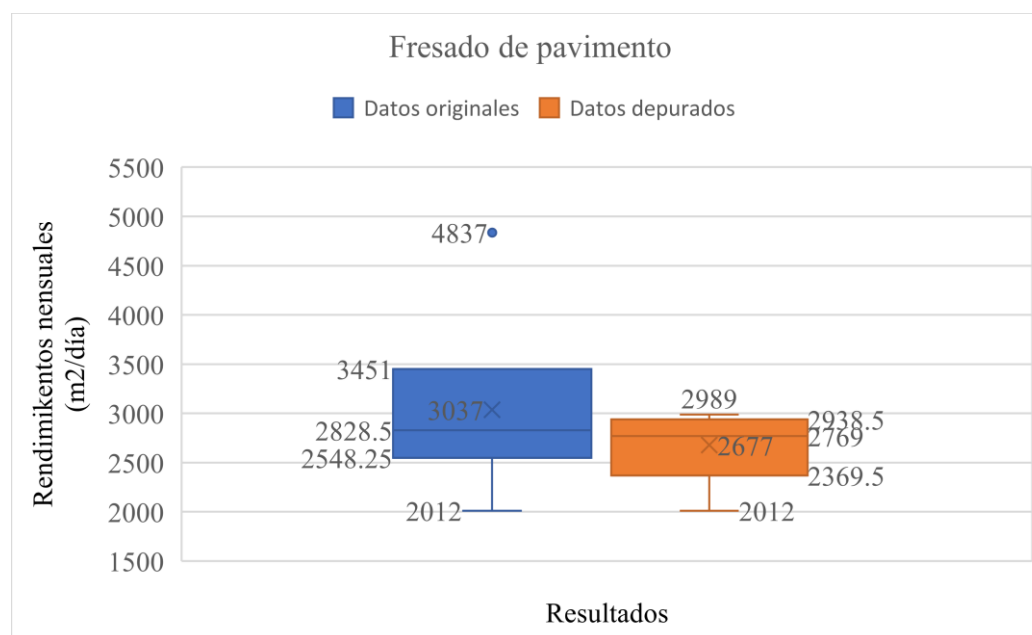
Año	Mes	Rendimiento de la actividad (m <sup>2</sup> )
2023	Setiembre	2,769
2024	Abril	2,727
2024	Junio	2,989
2024	Julio	4,837
2024	Agosto	2,888

*Nota.* Obtenido de la base de datos de obra.

Se analizó la dispersión de los valores promedio de los rendimientos obtenidos en la Tabla 4. El diagrama de caja de la Figura 10, muestra que el rendimiento de la actividad del mes de julio es un valor atípico entre los datos, por lo tanto, para la estimación del rendimiento de la actividad, este valor se ha desestimado.

### Figura 10

*Diagrama de caja fresado de pavimento*



Con los datos procesados se obtuvo un rendimiento de 2,769 m<sup>2</sup>/día para el fresado de pavimento. Este valor corresponde a la mediana de los datos.

El resto de actividades fueron evaluadas con una muestra de diez meses, dado que presentan un mayor tiempo de ejecución en comparación con el fresado de pavimento. Esta ampliación del periodo de análisis permite obtener resultados más representativos del rendimiento real en campo. Para su evaluación, se realizó también un análisis de dispersión de los datos, para eliminar los valores atípicos.

En la Tabla 6 se presentan los resultados obtenidos para la actividad de excavación en explanaciones, ejecutada a nivel de pista.

**Tabla 6**

*Rendimiento de la actividad mensual de excavación en explanaciones a nivel de pista*

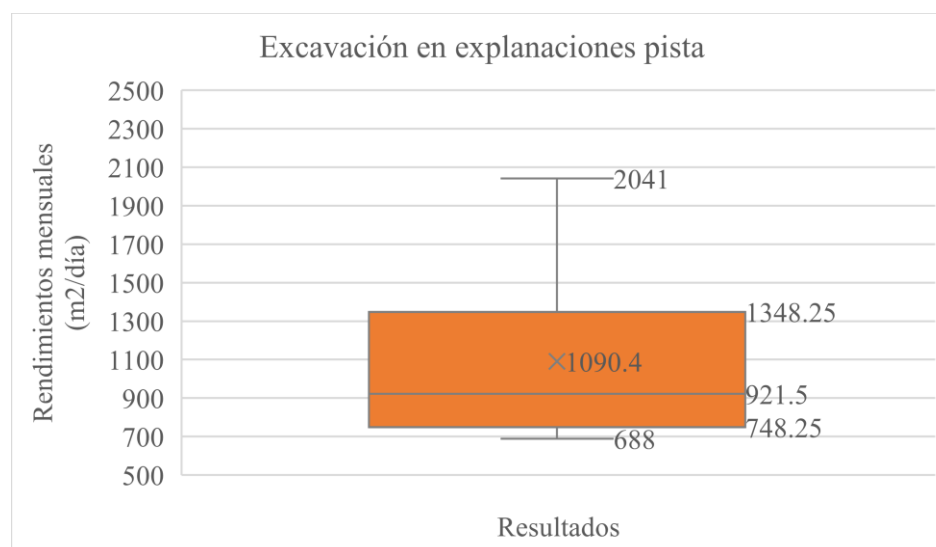
Año	Mes	Rendimiento de la actividad (m <sup>2</sup> )
2023	Setiembre	1,207
2023	Octubre	1,089
2024	Abril	868
2024	Mayo	777
2024	Junio	1,772
2024	Julio	2,041
2024	Agosto	753
2024	Setiembre	688
2025	Enero	734
2025	Marzo	975

*Nota.* Obtenido de la base de datos de obra.

A partir de esta información, se elaboró un diagrama de caja para identificar la dispersión y consistencia de los rendimientos obtenidos.

**Figura 11**

*Diagrama de caja excavación en explanaciones a nivel de pista*



En la Figura 11 se presentan los resultados obtenidos, considerando el valor de la mediana como rendimiento de la actividad, el cual asciende a 921.5 m<sup>2</sup>/día. En este caso, no se identificaron valores atípicos, por lo que se consideraron todos los datos registrados para la determinación del rendimiento de la actividad.

En la Tabla 7 se presentan los resultados obtenidos para la actividad de excavación en explanaciones a nivel de márgenes.

**Tabla 7**

*Rendimiento de la actividad mensual de excavación en explanaciones a nivel de márgenes*

Año	Mes	Rendimiento de la actividad (m <sup>2</sup> )
2024	Enero	1,180
2024	Febrero	1,000
2024	Abril	593
2024	Julio	375
2024	Noviembre	1,453
2025	Febrero	556
2025	Marzo	825
2025	Abril	345

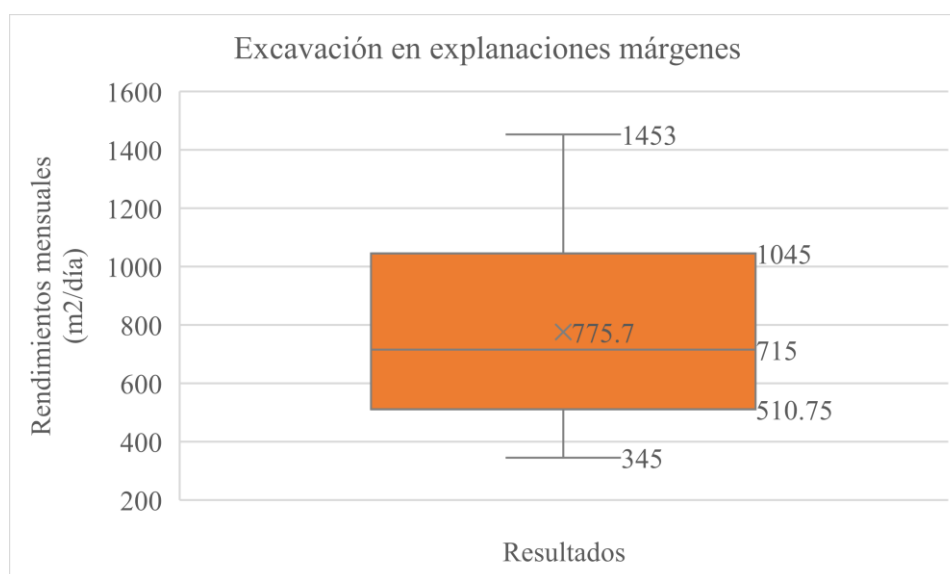
2025	Mayo	605
2025	Junio	825

*Nota.* Obtenido de la base de datos de obra.

A partir de esta información, se elaboró un diagrama de caja para identificar la dispersión y consistencia de los rendimientos obtenidos

**Figura 12**

*Diagrama de caja excavación en explanaciones a nivel de márgenes*



En la Figura 12 se presentan los resultados obtenidos, considerando el valor de la mediana como rendimiento de la actividad, el cual asciende a 715 m<sup>2</sup>/día. En este caso, no se identificaron valores atípicos, por lo que se consideraron todos los datos registrados para la determinación del rendimiento de la actividad.

En la Tabla 8 se presentan los resultados obtenidos para la actividad de perfilado y compactado a nivel de pista.

**Tabla 8**

*Rendimiento de la actividad mensual de perfilado y compactado a nivel de pista*

Año	Mes	Rendimiento de la actividad (m <sup>2</sup> )
2023	Octubre	2,319
2023	Noviembre	2,614
2023	Diciembre	958

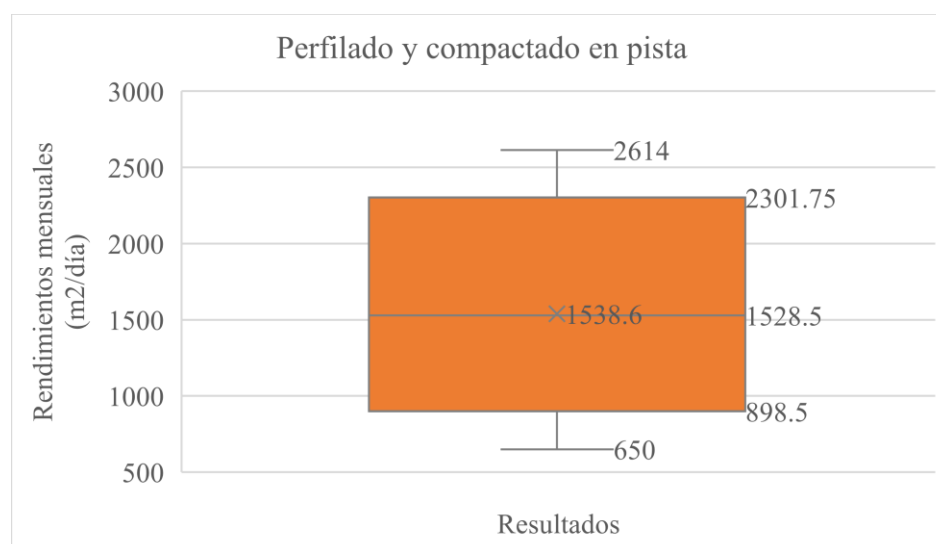
Año	Mes	Rendimiento de la actividad (m <sup>2</sup> )
2024	Mayo	1,594
2024	Junio	1,772
2024	Julio	2,296
2024	Agosto	1,000
2024	Setiembre	1,463
2025	Enero	650
2025	Febrero	720

*Nota.* Obtenido de la base de datos de obra.

A partir de esta información, se elaboró un diagrama de caja para identificar la dispersión y consistencia de los rendimientos obtenidos.

**Figura 13**

*Diagrama de caja perfilado y compactado a nivel de pista*



En la Figura 13 se presentan los resultados obtenidos, considerando el valor de la mediana como rendimiento de la actividad, el cual asciende a 1,528.5 m<sup>2</sup>/día. En este caso, no se identificaron valores atípicos, por lo que se consideraron todos los datos registrados para la determinación del rendimiento de la actividad.

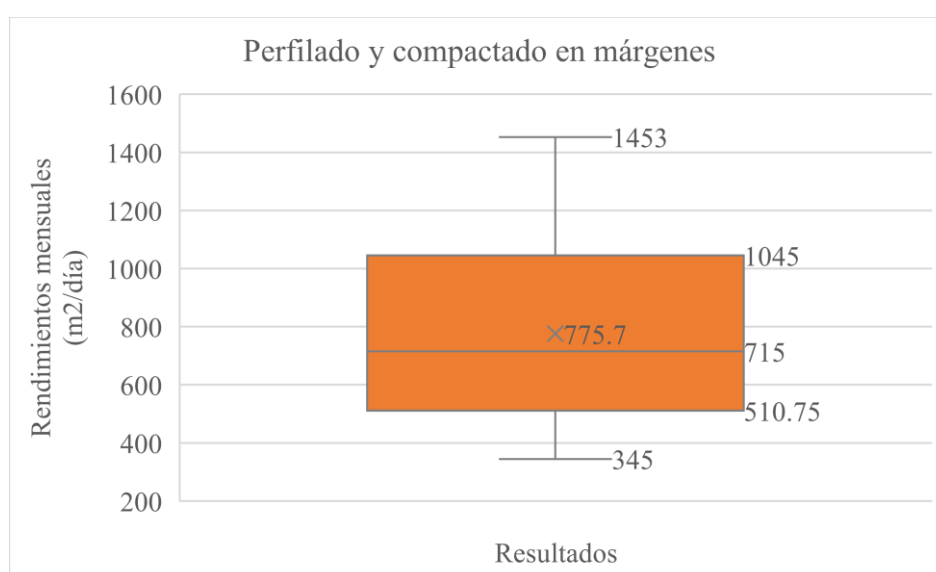
En la Tabla 9 se presentan los resultados obtenidos para la actividad de perfilado y compactado a nivel de márgenes.

**Tabla 9***Rendimiento de la actividad mensual de perfilado y compactado a nivel de márgenes*

Año	Mes	Rendimiento de la actividad (m <sup>2</sup> )
2024	Enero	1,180
2024	Febrero	1,000
2024	Abril	593
2024	Julio	375
2024	Noviembre	1,453
2025	Febrero	556
2025	Marzo	825
2025	Abril	345
2025	Mayo	605
2025	Junio	825

*Nota.* Obtenido de la base de datos de obra.

A partir de esta información, se elaboró un diagrama de caja para identificar la dispersión y consistencia de los rendimientos obtenidos.

**Figura 14***Diagrama de caja perfilado y compactado a nivel de márgenes*

En la Figura 14 se presentan los resultados obtenidos, considerando el valor de la mediana como el rendimiento de la actividad, el cual asciende a 715 m<sup>2</sup>/día. En este caso, no se identificaron valores atípicos, por lo que se tomaron en cuenta todos los datos registrados para la determinación del rendimiento de la actividad.

Como se observa, los resultados de rendimiento correspondientes a las actividades de excavación en explanaciones y perfilado y compactado a nivel de márgenes presentan el mismo valor. Esto se debe a que ambas actividades fueron ejecutadas de manera simultánea; por consiguiente, los reportes de campo consideraron un único rendimiento representativo para ambas.

En la Tabla 10 se presentan los resultados obtenidos para la actividad de subbase granular a nivel de pista.

**Tabla 10**

*Rendimiento de la actividad mensual de subbase granular a nivel de pista*

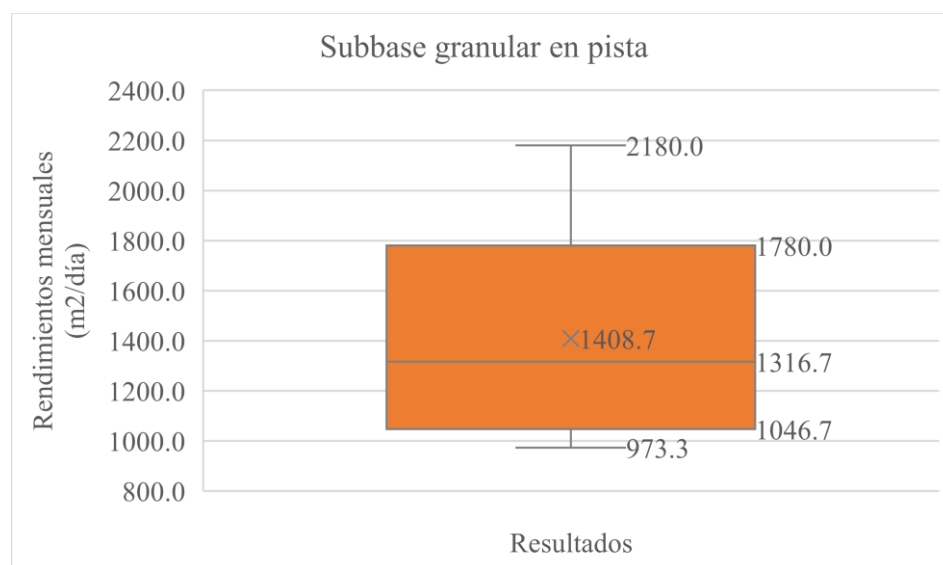
Año	Mes	Rendimiento de la actividad (m <sup>2</sup> )
2023	Noviembre	1,413
2023	Diciembre	2,180
2024	Enero	1,087
2024	Mayo	1,393
2024	Julio	2,060
2024	Agosto	1,687
2024	Setiembre	973
2024	Octubre	1,240
2025	Febrero	987
2025	Junio	1,067

*Nota.* Obtenido de la base de datos de obra.

A partir de esta información, se elaboró un diagrama de caja para identificar la dispersión y consistencia de los rendimientos obtenidos.

**Figura 15**

*Diagrama de caja subbase granular a nivel de pista*



En la Figura 15 se presentan los resultados obtenidos, considerando el valor de la mediana como rendimiento de la actividad, el cual asciende a 1,316.7 m<sup>2</sup>/día. En este caso, no se identificaron valores atípicos, por lo que se consideraron todos los datos registrados para la determinación del rendimiento de la actividad.

En la Tabla 11 se presentan los resultados obtenidos para la actividad de subbase granular a nivel de márgenes.

**Tabla 11**

*Rendimiento de la actividad mensual de subbase granular a nivel de márgenes*

Año	Mes	Rendimiento de la actividad (m <sup>2</sup> )
2024	Febrero	1,093
2024	Marzo	753
2024	Abril	614
2024	Diciembre	694
2025	Enero	624
2025	Febrero	973
2025	Marzo	640
2025	Abril	620

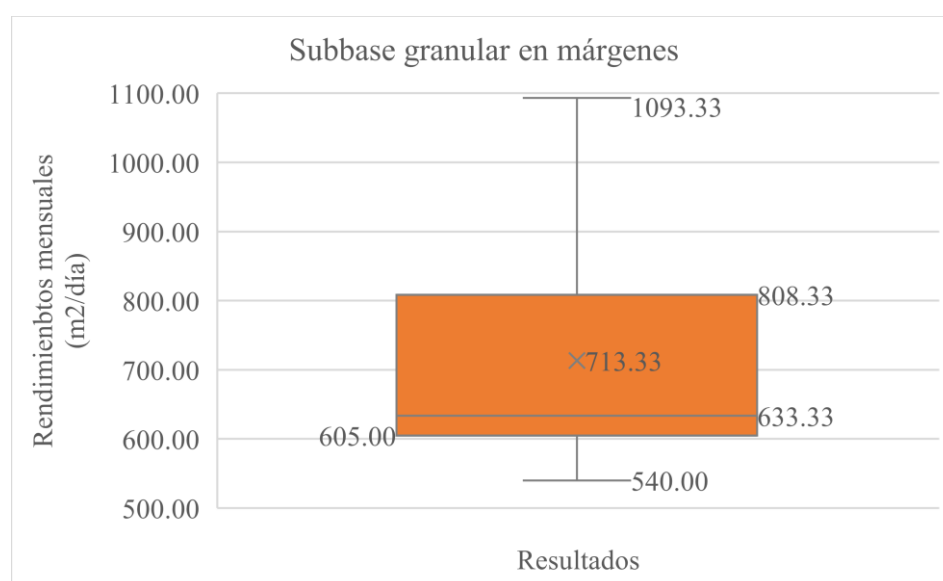
Año	Mes	Rendimiento de la actividad (m <sup>2</sup> )
2025	Mayo	540
2025	Junio	580

*Nota.* Obtenido de la base de datos de obra.

A partir de esta información, se elaboró un diagrama de caja para identificar la dispersión y consistencia de los rendimientos obtenidos.

**Figura 16**

*Diagrama de caja subbase granular a nivel de márgenes*



En la Figura 16 se presentan los resultados obtenidos, considerando el valor de la mediana como rendimiento de la actividad, el cual asciende a 633.3 m<sup>2</sup>/día. En este caso, no se identificaron valores atípicos, por lo que se consideraron todos los datos registrados para la determinación del rendimiento de la actividad.

En la Tabla 12 se presentan los resultados obtenidos para la actividad de econocreto a nivel de pista.

**Tabla 12**

*Rendimiento de la actividad mensual de actividad de econocreto a nivel de pista*

Año	Mes	Rendimiento de la actividad (m <sup>2</sup> )
2023	Diciembre	1,793
2024	Enero	1,667

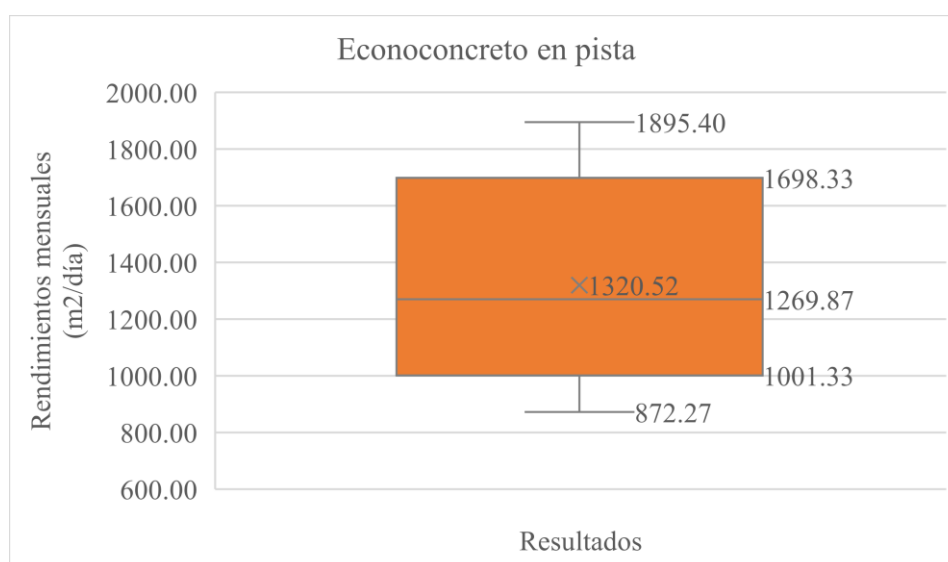
Año	Mes	Rendimiento de la actividad (m <sup>2</sup> )
2024	Julio	1,895
2024	Agosto	1,347
2024	Setiembre	1,399
2024	Octubre	1,193
2025	Febrero	1,013
2025	Abril	968
2025	Mayo	872
2025	Junio	1,058

*Nota.* Obtenido de la base de datos de obra.

A partir de esta información, se elaboró un diagrama de caja para identificar la dispersión y consistencia de los rendimientos obtenidos.

**Figura 17**

*Diagrama de caja econoconcreto a nivel de pista*



En la Figura 17 se presentan los resultados obtenidos, considerando el valor de la mediana como rendimiento de la actividad, el cual asciende a 1,269.9 m<sup>2</sup>/día. En este caso, no se identificaron valores atípicos, por lo que se consideraron todos los datos registrados para la determinación del rendimiento de la actividad.

En la Tabla 13 se presentan los resultados obtenidos para la actividad de concreto a nivel de pista.

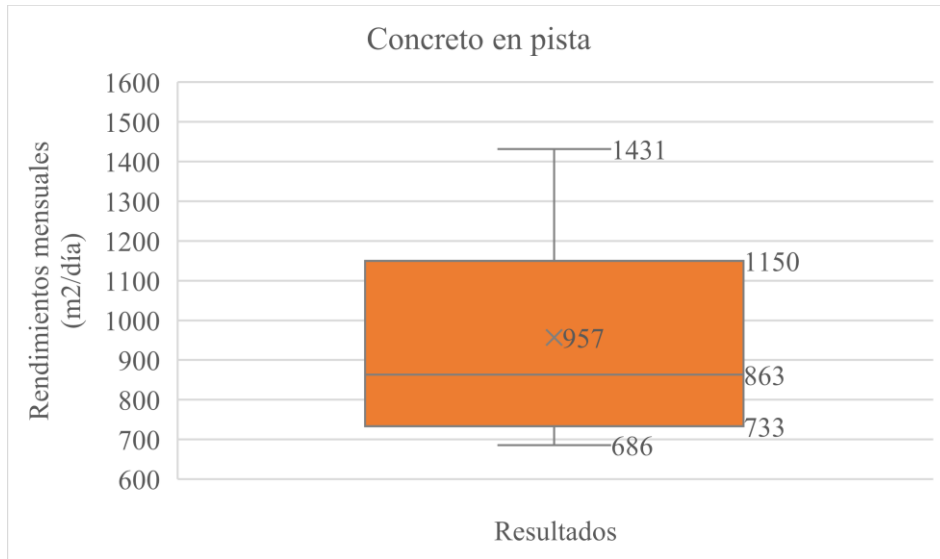
**Tabla 13**

*Rendimiento de la actividad mensual de actividad de concreto a nivel de pista*

Año	Mes	Rendimiento de la actividad (m <sup>2</sup> )
2024	Marzo	1,431
2024	Abril	720
2024	Mayo	737
2024	Agosto	737
2024	Setiembre	1,411
2024	Octubre	1,063
2024	Noviembre	1,060
2025	Enero	931
2025	Febrero	686
2025	Marzo	794

*Nota.* Obtenido de la base de datos de obra.

A partir de esta información, se elaboró un diagrama de caja para identificar la dispersión y consistencia de los rendimientos obtenidos.

**Figura 18***Diagrama de caja concreto a nivel de pista*

En la Figura 18 se presentan los resultados obtenidos, considerando el valor de la mediana como rendimiento de la actividad, el cual asciende a 863 m<sup>2</sup>/día. En este caso, no se identificaron valores atípicos, por lo que se consideraron todos los datos registrados para la determinación del rendimiento de la actividad.

En la Tabla 14 se presentan los resultados obtenidos para la actividad de concreto a nivel de márgenes.

**Tabla 14***Rendimiento de la actividad mensual de actividad de concreto a nivel de márgenes*

Año	Mes	Rendimiento de la actividad (m <sup>2</sup> )
2024	Febrero	687
2024	Marzo	1,000
2024	Abril	1,160
2025	Enero	841
2025	Febrero	987
2025	Marzo	898
2025	Abril	1,020
2025	Mayo	673

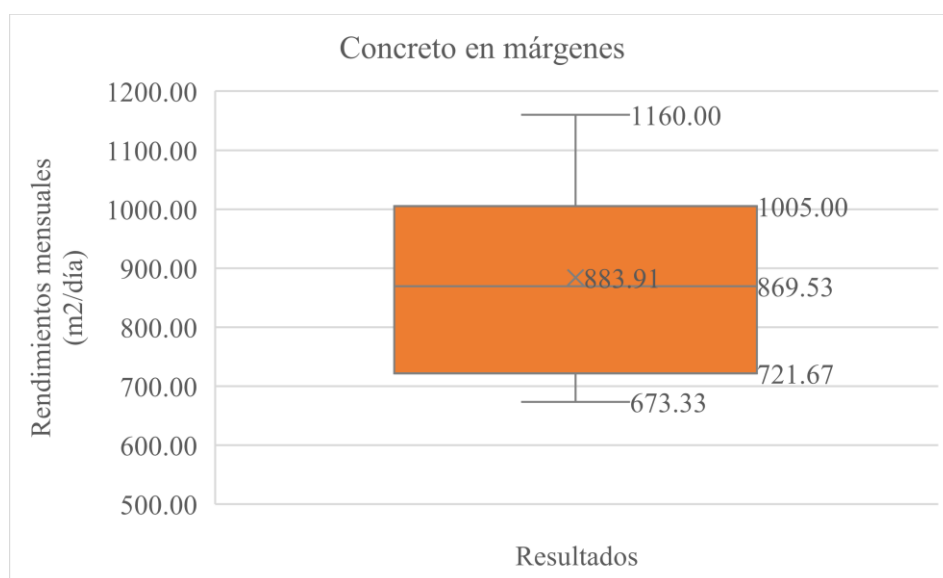
2025	Junio	733
2025	Julio	840

*Nota.* Obtenido de la base de datos de obra.

A partir de esta información, se elaboró un diagrama de caja para identificar la dispersión y consistencia de los rendimientos obtenidos.

**Figura 19**

*Diagrama de caja concreto a nivel de márgenes*



En la Figura 19 se presentan los resultados obtenidos, considerando el valor de la mediana como rendimiento de la actividad, el cual asciende a 869.5 m<sup>2</sup>/día. En este caso, no se identificaron valores atípicos, por lo que se consideraron todos los datos registrados para la determinación del rendimiento de la actividad.

Asimismo, se recopilaron los datos correspondientes a la cantidad de personal por frente de trabajo, de acuerdo con el tipo de actividad a ejecutar. Desde la Tabla 15 a la 24 se presenta dicha información obtenida de los Análisis de Precios Unitarios (APU) donde se incluye la cantidad de personal requerida por actividad para una jornada de ocho horas, esta información ha sido extraída de los APUS del proyecto, adicionalmente, se incluye la cantidad estimada en base al rendimiento establecido para cada actividad.

**Tabla 15**

*Cantidad de personal y cantidad ejecutada por metro cuadrado en la actividad de fresado de pavimento*

---

### Fresado de pavimento

---

**Rendimiento: 2,769 m<sup>2</sup>/día**

---

Mano de obra	Unidad	Cuadrilla	Cantidad
Operador	hh	2.0000	0.0058
Operario	hh	2.0000	0.0058
Peón	hh	2.5000	0.0072

**Tabla 16**

*Cantidad de personal y cantidad ejecutada por metro cuadrado en la actividad de excavación en explanaciones a nivel de pista*

<b>Excavación de explanaciones a nivel de pista</b>			
<b>Rendimiento: 921.5 m<sup>2</sup>/día</b>			
Mano de obra	Unidad	Cuadrilla	Cantidad
Operador	hh	2.0000	0.0174
Operario	hh	1.0000	0.0087
Peón	hh	2.5000	0.0217

Aunque el rendimiento convencional para esta actividad se expresa en m<sup>3</sup>/día, en esta tabla se presenta en m<sup>2</sup>/día para alinearse con la sectorización por áreas del proyecto. Cabe destacar que, en los documentos de control de producción del proyecto, el rendimiento de esta actividad fue documentado inicialmente en m<sup>2</sup>.

**Tabla 17**

*Cantidad de personal y cantidad ejecutada por metro cuadrado en la actividad de excavación en explanaciones a nivel de márgenes*

<b>Excavación de explanaciones a nivel de márgenes</b>			
<b>Rendimiento: 715 m<sup>2</sup>/día</b>			
Mano de obra	Unidad	Cuadrilla	Cantidad
Operador	hh	2.0000	0.0224
Operario	hh	1.0000	0.0112
Peón	hh	2.5000	0.0280

Aunque el rendimiento convencional para esta actividad se expresa en m<sup>3</sup>/día, en esta tabla se presenta en m<sup>2</sup>/día para alinearse con la sectorización por áreas del proyecto. Cabe destacar que, en los documentos de control de producción del proyecto, el rendimiento de esta actividad fue documentado inicialmente en m<sup>2</sup>.

**Tabla 18**

*Cantidad de personal y cantidad ejecutada por metro cuadrado en la actividad de perfilado y compactado a nivel de pista*

<b>Perfilado y compactado a nivel de pista</b>			
<b>Rendimiento: 1,528.5 m<sup>2</sup>/día</b>			
Mano de obra	Unidad	Cuadrilla	Cantidad
Operador	hh	3.0000	0.0157
Operario	hh	2.0000	0.0105
Peón	hh	3.0000	0.0157

**Tabla 19**

*Cantidad de personal y cantidad ejecutada por metro cuadrado en la actividad de perfilado y compactado a nivel de márgenes*

<b>Perfilado y compactado a nivel de márgenes</b>			
<b>Rendimiento: 715 m<sup>2</sup>/día</b>			
Mano de obra	Unidad	Cuadrilla	Cantidad
Operador	hh	3.0000	0.0336
Operario	hh	2.0000	0.0224
Peón	hh	3.0000	0.0336

**Tabla 20**

*Cantidad de personal y cantidad ejecutada por metro cuadrado en la actividad de subbase granular a nivel de pista*

<b>Subbase granular a nivel de pista</b>			
<b>Rendimiento: 1,316.7 m<sup>2</sup>/día</b>			
<b>Mano de obra</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>
Operador	hh	3.0000	0.0182
Operario	hh	2.0000	0.0122
Peón	hh	3.0000	0.0182

Aunque el rendimiento convencional para esta actividad se expresa en m<sup>3</sup>/día, en esta tabla se presenta en m<sup>2</sup>/día para alinearse con la sectorización por áreas del proyecto. Cabe destacar que, en los documentos de control de producción del proyecto, el rendimiento de esta actividad fue documentado inicialmente en m<sup>2</sup>.

**Tabla 21**

*Cantidad de personal y cantidad ejecutada por metro cuadrado en la actividad de subbase granular a nivel de márgenes*

<b>Subbase granular a nivel de márgenes</b>			
<b>Rendimiento: 633.3 m<sup>2</sup>/día</b>			
<b>Mano de obra</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>
Operador	hh	3.0000	0.0379
Operario	hh	2.0000	0.0253
Peón	hh	3.0000	0.0379

Aunque el rendimiento convencional para esta actividad se expresa en m<sup>3</sup>/día, en esta tabla se presenta en m<sup>2</sup>/día para alinearse con la sectorización por áreas del proyecto. En los reportes de producción de esta actividad se reportó el rendimiento originalmente en m<sup>2</sup>.

**Tabla 22**

*Cantidad de personal y cantidad ejecutada por metro cuadrado en la actividad de econoconcreto a nivel de pista*

<b>Econoconcreto a nivel de pista</b>			
<b>Rendimiento: 1,269.9 m<sup>2</sup>/día</b>			
<b>Mano de obra</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>
Operador	hh	1.0000	0.0063
Operario	hh	10.0000	0.0630
Peón	hh	14.0000	0.0882
Oficial	hh	6.0000	0.0378

Aunque el rendimiento convencional para esta actividad se expresa en m<sup>3</sup>/día, en esta tabla se presenta en m<sup>2</sup>/día para alinearse con la sectorización por áreas del proyecto. Cabe destacar que, en los documentos de control de producción, el rendimiento fue documentado inicialmente en m<sup>3</sup>; sin embargo, el valor se convirtió dividiéndolo entre la altura constante de la losa de econoconcreto (h=0.15 m) para estandarizar la medición del avance superficial.

**Tabla 23**

*Cantidad de personal y cantidad ejecutada por metro cuadrado en la actividad de concreto a nivel de pista*

<b>Concreto a nivel de pista</b>			
<b>Rendimiento: 863 m<sup>2</sup>/día*</b>			
<b>Mano de obra</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>
Operador	hh	5.0000	0.0463
Operario	hh	10.0000	0.0927
Peón	hh	20.0000	0.1854
Oficial	hh	8.0000	0.0742

Aunque el rendimiento convencional para esta actividad se expresa en m<sup>3</sup>/día, en esta tabla se presenta en m<sup>2</sup>/día para alinearse con la sectorización por áreas del proyecto. Cabe destacar que, en los documentos de control de producción, el rendimiento fue documentado

inicialmente en m<sup>3</sup>; sin embargo, el valor se convirtió dividiéndolo entre la altura constante de la losa de concreto (h=0.35 m) para estandarizar la medición del avance superficial.

**Tabla 24**

*Cantidad de personal y cantidad ejecutada por metro cuadrado en la actividad de concreto a nivel de márgenes*

<b>Concreto a nivel de márgenes</b>			
<b>Rendimiento: 869.5 m<sup>2</sup>/día</b>			
Mano de obra	Unidad	Cuadrilla	Cantidad
Operador	hh	5.0000	0.0460
Operario	hh	10.0000	0.0920
Peón	hh	20.0000	0.1840
Oficial	hh	8.0000	0.0736

Aunque el rendimiento convencional para esta actividad se expresa en m<sup>3</sup>/día, en esta tabla se presenta en m<sup>2</sup>/día para alinearse con la sectorización por áreas del proyecto. Cabe destacar que, en los documentos de control de producción, el rendimiento fue documentado inicialmente en m<sup>3</sup>; sin embargo, el valor se convirtió dividiéndolo entre la altura constante de la losa de concreto (h=0.15 m) para estandarizar la medición del avance superficial.

### **2.2.6 Control de calidad en la sectorización**

A continuación, se describen los criterios establecidos para las actividades que deben cumplir con las condiciones técnicas requeridas para su liberación en la obra de rehabilitación del Aeropuerto de Piura. Estos criterios fueron definidos por el equipo técnico de la obra en base al expediente técnico y a las normas nacionales e internacionales correspondientes, con el propósito de asegurar la conformidad de cada lote antes de su liberación y garantizar la calidad de los trabajos ejecutados. Se muestra lo indicado en la Tabla 25.

**Tabla 25**

*Registro de criterios de liberación por calidad*

Procedimiento	Descripción	Área máxima / Límite de control
Perfilado y compactado	Según los criterios establecidos para los ensayos de control de calidad a nivel de subrasante, incluyendo granulometría, límites de consistencia,	1,000 m <sup>2</sup> por superficie ejecutada

Procedimiento	Descripción	Área máxima / Límite de control
	Proctor modificado, CBR y método del cono de arena.	
Subbase granular	Según los criterios establecidos para los ensayos de control de calidad a nivel de subrasante, incluyendo granulometría, límites de consistencia, relación densidad–humedad, CBR y método del cono de arena.	1,000 m <sup>2</sup> por superficie ejecutada
Econoconcreto	Cada lote se dividirá en 4 sublotes de trabajo iguales, debiendo ejecutarse las pruebas de medición y ensayo en cada sublote. Cada paño de econoconcreto presenta un dimensionamiento de 4.5 m x 4.5 m x 0.15 m.	No puede excederse de los 1,675 m <sup>2</sup>
Concreto en pista	Cada lote se dividirá en 4 sublotes de trabajo iguales, debiendo ejecutarse las pruebas de medición y ensayo en cada sublote. Cada paño de concreto en pista presenta un dimensionamiento de 4.5 m x 4.5 m x 0.35 m.	No puede excederse de los 1,530 m <sup>2</sup>
Concreto en márgenes	Cada lote se dividirá en 3 sublotes de trabajo iguales, debiendo ejecutarse las pruebas de medición y ensayo en cada sublote. Cada paño de concreto en márgenes presenta un dimensionamiento de 2.25 m x 2.5 m x 0.15 m.	No puede excederse de los 1,530 m <sup>2</sup> m <sup>2</sup>

*Nota.* Adaptado de los procedimientos de calidad de obra.

Los resultados de los ensayos de control de calidad fueron determinantes para la liberación progresiva de los lotes, validando el cumplimiento de los parámetros técnicos antes del inicio de las siguientes actividades.

En el caso del fresado de pavimento y la excavación en explanaciones, aunque no contemplan criterios específicos de control de calidad ni procesos de liberación en campo, se

realizó una verificación de cumplimiento por parte de la supervisión, garantizando la preparación adecuada de las capas posteriores. Su sectorización se definió tomando como referencia los rendimientos obtenidos durante la ejecución en obra.



## Capítulo 3

### Diseño del sistema de sectorización por lotes de trabajo

En este capítulo se detalla la integración del control de calidad y los rendimientos dentro del proceso de planificación. Posteriormente, se establece un plan de diseño en el que se analiza un método de evaluación para la delimitación de las áreas. Finalmente, se presenta el diseño del sistema de sectorización, elaborado de manera que facilite la planificación, el control y la coordinación entre las distintas áreas involucradas en la ejecución, resaltando los beneficios obtenidos frente a la planificación tradicional en términos de productividad y seguimiento de los avances de obra.

#### 3.1 Integración de rendimientos y control de calidad en la planificación

En base a los resultados obtenidos del control de calidad y de la producción diaria, se estableció una comparativa entre ambos criterios con el propósito de determinar el área máxima que deben tener cada lote de trabajo para cada actividad, considerando tanto las zonas de pista como de márgenes.

Para determinar el área límite final, se compararon las áreas obtenidas según ambos criterios, adoptando el menor valor como el determinante para la definición de los lotes en cada actividad.

Los resultados finales para cada actividad, se presentan de manera consolidada en la Tabla 26, donde se muestran las áreas límite para cada componente (pista y márgenes).

**Tabla 26**

*Resultados de área límite de las actividades de ejecución*

Actividad	Componente	Área (m <sup>2</sup> )		
		Por control de calidad	Por rendimiento	Límite para cada lote
Fresado de pavimento	Pista	Sin restricción	2,769.0	2,769.0
Excavación en explanaciones	Pista	Sin restricción	921.5	921.5
	Márgenes		715.0	715.0
Perfilado y compactado	Pista	1,000.0	1,528.5	1,000
	Márgenes		715.0	715.0
Subbase granular	Pista	1,000.0	1,316.7	1,000.0
	Márgenes		633.3	633.3

Actividad	Componente	Área (m <sup>2</sup> )		
		Por control de calidad	Por rendimiento	Límite para cada lote
Econoconcreto	Pista	1,675.0	1,269.9	1,269.9
Concreto	Pista	1,530.0	863.0	863.0
	Márgenes		869.5	869.5

Dado que las actividades de fresado de pavimento y excavación en explanaciones no presentan restricciones por parte del área de calidad, se estableció que, en caso algún lote superara el área límite debido a irregularidades geométricas, se emplearía como referencia el área máxima obtenida de la producción máxima diaria indicada en las Tablas 5, 6 y 7, cuyos valores son: 2,989 m<sup>2</sup> para fresado de pavimento, 2,041 m<sup>2</sup> para excavación en explanaciones a nivel de pista y 1,453 m<sup>2</sup> a nivel de márgenes.

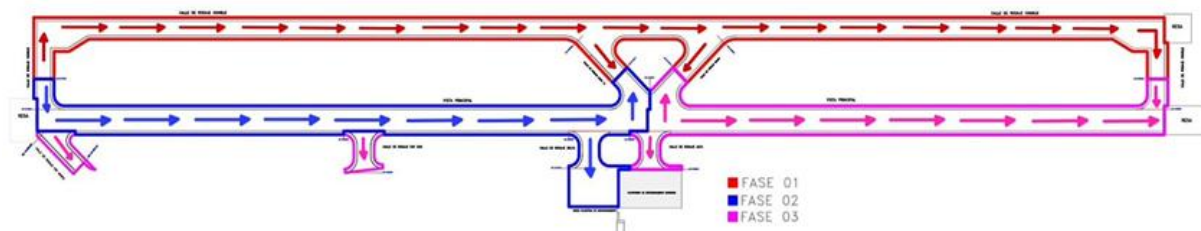
### 3.2 Explicación de áreas y métodos de evaluación

En la sectorización por lotes de trabajo se estableció una secuencia constructiva que permitió definir de manera ordenada y coherente las áreas de intervención. El proceso comprendió las siguientes etapas:

a) Identificación del punto de partida: Se determinó el punto inicial de trabajo para cada fase y lote, abarcando la pista principal y las calles de rodaje, tanto a nivel de pista como de márgenes. El punto de partida se ubicó en el lado izquierdo, así como se visualiza en la Figura 20.

#### Figura 20

*Flujo de trabajo Aeropuerto de Piura*



b) Definición de la secuencia de avance: Se estableció una secuencia geométrica progresiva, con el objetivo de obtener la mayor cantidad posible de áreas con dimensiones equitativas al área límite, facilitando la planificación y continuidad de las labores. Esta secuencia se desarrolla de manera continua hacia la derecha, según el flujo representado en la Figura 20.

c) Representación visual de los lotes: Para la presentación del sistema se aplicó una paleta de colores diferenciada, lo que permitió mejorar la visualización de los lotes y facilitar la identificación de cada lote tanto en la pista como en los márgenes. Esta representación gráfica se elaboró para cada actividad y se encuentra detallada desde el Plano A hasta J. La pista principal, la calle de rodaje Charlie y la nueva plataforma comparten una misma paleta de colores, mientras que las calles de rodaje Delta, Alfa 1, Bravo, FAP Sur, FAP Norte y Alfa utilizan otra paleta diferenciada.

d) Codificación de lotes: Cada lote de pavimentación fue identificado mediante una codificación específica, diseñada para optimizar el seguimiento y control de los avances. Para las actividades correspondientes a movimiento de tierras (fresado, excavación, perfilado y subbase), se empleó una estructura estandarizada compuesta por tres elementos:

[Código de Actividad]. [Código de sección]. [Número de lote]

En el caso de las actividades de vaciado (econoconcreto y concreto), debido a la geometría predefinida de las losas y a la necesidad de subdividir áreas, se utilizó una estructura de cuatro elementos:

[Código de Actividad]. [Código de sección]. [Número de lote]. ([Número de sublote])

Donde el lote representa a una losa definida en el diseño de la pavimentación y el sublote es una fracción de la losa respectiva. Este sistema permitirá reconocer de manera inmediata la actividad ejecutada, la zona de intervención y el orden de ejecución. Además, debajo de cada código se incorporó el área correspondiente, lo que facilitará la verificación dimensional durante el control en campo.

A continuación, se presentan las Tablas 27 y 28 con los códigos asignados a cada actividad y componente, así como las secciones, respectivamente.

**Tabla 27**

*Codificación de actividades*

Actividad	Componente	Codificación
Fresado de pavimento	Pista	FP
Excavación en explanaciones	Pista	EP
	Márgenes	EM
Perfilado y compactado	Pista	PP
	Márgenes	PM
Subbase granular	Pista	SP

Actividad	Componente	Codificación
	Márgenes	SM
Econoconcreto	Pista	EC
Concreto	Pista	CP
	Márgenes	CM

**Tabla 28***Codificación de secciones*

Sección	Codificación
Calle de Rodaje Charlie	1
Calle de Rodaje Alfa 1	2
Calle de Rodaje Bravo	3
Pista Principal	4
Calle de Rodaje FAP Norte	5
Calle de Rodaje FAP Sur	6
Calle de Rodaje Delta	7
Calle de Rodaje Alfa	8
Nueva Plataforma de Estacionamiento	9

Un ejemplo referencial para el primer tipo de codificación correspondiente a las actividades de movimiento de tierras sería el siguiente:

**FP. 1. 2**

Donde:

FP → Actividad de fresado de pavimento

1 → Calle de Rodaje Charlie (Según tabla)

2 → Lote 2 dentro de esa sección

Para el segundo tipo de codificación, correspondiente a las actividades de vaciado, se aplicaría el siguiente ejemplo:

**P. 3.2(8)**

Donde:

FP → Actividad de concreto en pista

3 → Calle de Rodaje Bravo (Según tabla)

2 → Lote 2 dentro de esa sección

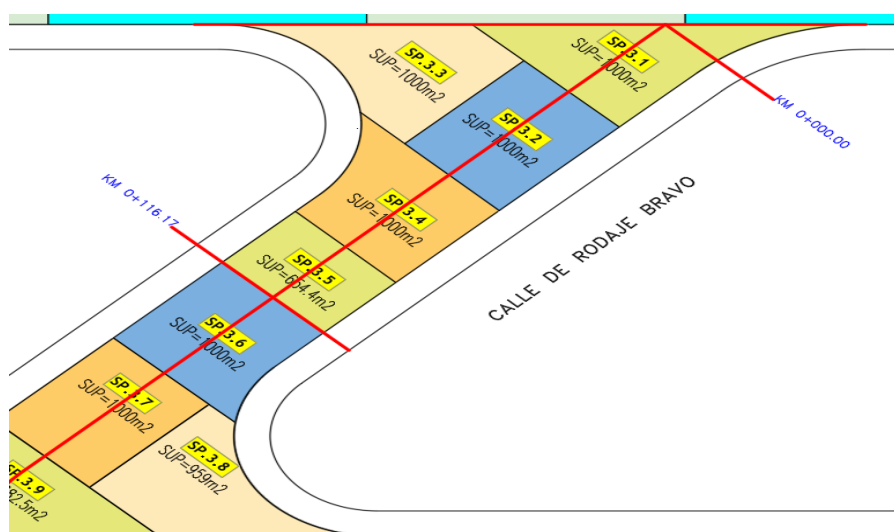
8 → Sublote 8 dentro del lote 2

e) Ubicación referencial mediante progresivas: Con el objetivo de facilitar la localización de los lotes en campo, los lotes se vinculan con los ejes topográficos establecidos en el proyecto. Esta medida asegura una identificación precisa de los lotes durante la ejecución de las actividades y contribuye al control y seguimiento de los trabajos.

En la Figura 21 se presenta un ejemplo correspondiente a la Calle de Rodaje Bravo, el cual se observa que los lotes SP.3.1 a la SP.3.5 están comprendidos entre las progresivas (KM 0+000.00 al KM 0+116.17).

**Figura 21**

*Distribución de ejes topográficos por secciones en la pavimentación*



Para la delimitación final de las áreas se consideraron los siguientes criterios generales, establecidos en función de cada actividad evaluada:

- Uniformización de los lotes de trabajo: La sectorización se definió de manera que se obtenga la mayor cantidad posible de lotes con forma geométrica regular, lo cual facilita la trabajabilidad y organización del personal de campo.
- Ubicación de progresivas por cada lote: Para asegurar las liberaciones en campo por parte de Calidad y Topografía, se colocaron progresivas en cada lote, procurando que las áreas estuvieran alineadas con el eje principal, salvo en casos donde la geometría no lo permitía. Cada lote se diseñó con la base inferior paralela al eje central de su sección, garantizando una progresiva final uniforme. Esta disposición evita variaciones por desalineaciones y facilita la

ejecución, el registro y el control en obra. Como ejemplo, en la Figura 21 se muestra el lote SP.3.5 de subbase granular con su base inferior paralela al eje de su sección.

- Determinación del área final de los lotes por actividad: A partir de los resultados de rendimiento de cuadrillas y los criterios de control de calidad, se estableció, para cada actividad, el área límite final. Esta se definió considerando el menor valor entre ambos factores (rendimiento y calidad).

Asimismo, se establecieron criterios particulares en función de las características de las actividades:

- Actividades sin límites de calidad por área: Fresado de pavimento y excavación en explanaciones

Al no tener límites de calidad asociados al área, se aplicó un criterio flexible en zonas con restricciones, permitiendo lotes menores o mayores al estándar siempre que no superaran la producción correspondiente al rendimiento máximo y mantuvieran una geometría regular.

- Actividades con límites de calidad definidos: Perfilado, compactado y subbase granular.

Estas actividades requieren que cualquier variación respecto al área de cada lote se mantenga dentro de los límites de calidad permitidos.

- Actividades con geometría predefinida: Econoconcreto y concreto

Debido a que cada losa posee dimensiones fijadas en el diseño, la lotización se adaptó para aproximarse al área límite sin superar los límites de calidad establecidos.

### **3.3 Sectorización final por lotes y fases del proyecto**

La distribución de los lotes de trabajo se realizó de acuerdo con las fases establecidas del proyecto para cada actividad, tanto a nivel de pista como de márgenes. Para ello, se consideraron diversos criterios constructivos que permitieron definir un sistema de lotización eficiente y coherente con las condiciones reales de ejecución en campo:

a) Asignación de codificación por sección: El sistema de lotización se organizó de modo que cada grupo de lotes perteneciera únicamente a su sección correspondiente y contara con una codificación específica, lo que permitió mantener claridad en la ubicación, el seguimiento y el control de cada actividad.

b) Cumplimiento de los límites de fase: Dado que el proyecto cuenta con fases de intervención claramente definidas, los lotes fueron dimensionados sin sobrepasar dichos límites, asegurando una transición ordenada entre lotes y evitando interferencias operativas.

c) Adaptación a restricciones geométricas: En zonas con limitaciones de espacio, algunos lotes no alcanzaron el área límite definida. En estos casos, se configuraron lotes con geometrías simples y proporciones equilibradas, priorizando la uniformidad del diseño y la reducción del número total de lotes, manteniendo siempre la secuencia de los lotes anteriores.

d) Facilitación de accesos y circulación interna: El diseño de los lotes también consideró la necesidad de garantizar rutas claras de circulación para maquinaria y personal. De esta forma, durante la ejecución de cualquier actividad, es posible identificar con precisión qué zonas pueden ser transitadas y cuáles deben mantenerse restringidas, asegurando accesos seguros, operativos y acordes al avance programado de la obra.

Adicionalmente, se incluyeron consideraciones relevantes en base al método de ejecución de las actividades para su diseño por lotes:

- Actividades ejecutadas en simultáneo: Excavación y perfilado, compactado en márgenes

Dado que se realizaban el mismo día y que la excavación no posee límites de calidad, ambas actividades compartieron la misma lotización.

- Actividades con área límite igualitaria: Perfilado, compactado y subbase granular en pista

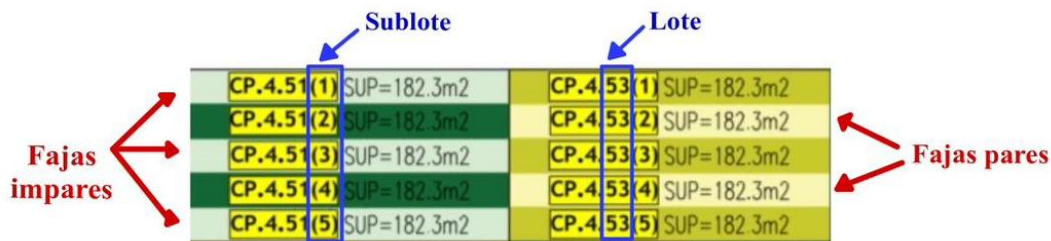
Al presentar la misma área estándar, se utilizó una lotización común para mantener coherencia en los frentes de trabajo.

- División por sublotes de trabajo: Econoconcreto y concreto

La lotización se subdividió en sublotes porque, al tratarse de actividades de vaciado, estas se ejecutan por fajas que deben ser encofradas previamente. Por ello, los sublotes se organizaron en fajas pares e impares, permitiendo identificar la secuencia y distribución del vaciado en campo, así como se muestra en la Figura 22.

**Figura 22**

*Lotes y sublotes de trabajo en actividad de concreto*



Aplicando los criterios generales y particulares establecidos en el capítulo anterior, se definió la sectorización del proyecto considerando la jerarquía planteada para su ejecución. En primer lugar, se recuerda que el proyecto se desarrolla en tres fases principales, abarcando tanto las calles de rodaje como la pista, cuyos límites y progresivas están estrictamente definidos en el expediente técnico. Sobre este eje longitudinal, se han delimitado lotes y sublotes de trabajo que permiten organizar y secuenciar las actividades constructivas de manera eficiente.

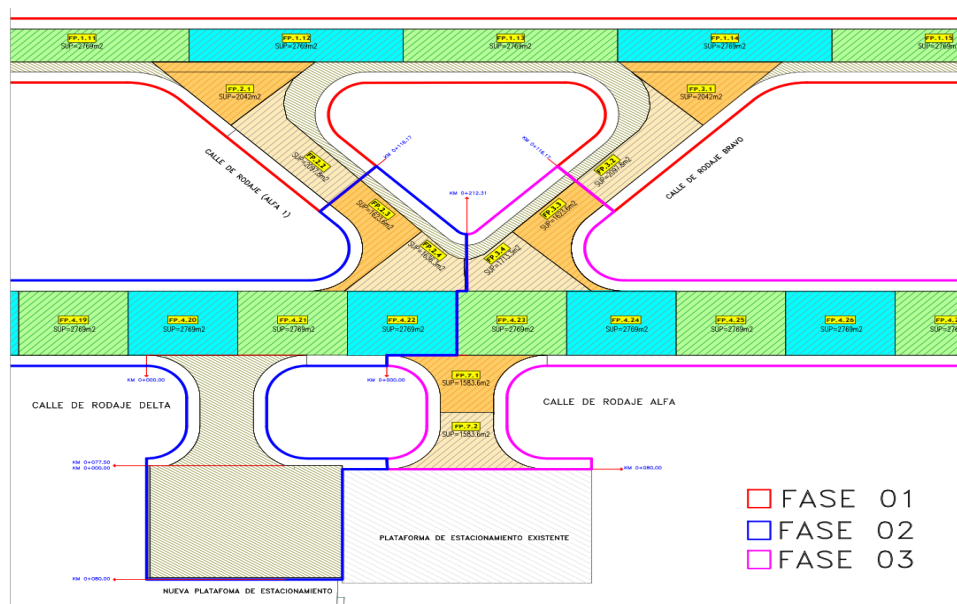
A continuación, se presenta la sectorización propuesta para cada actividad.

a) Fresado a nivel de pista

Cada lote de pavimentación fue diseñado de acuerdo con la secuencia de ejecución, asignándole una codificación específica según la zona de la pista o calle de rodaje donde se desarrolló la actividad (Ver Figura 23). La Tabla 29 presenta la cantidad de lotes por fase y por sección.

**Figura 23**

*Lotización de fresado en pista*



**Tabla 29**

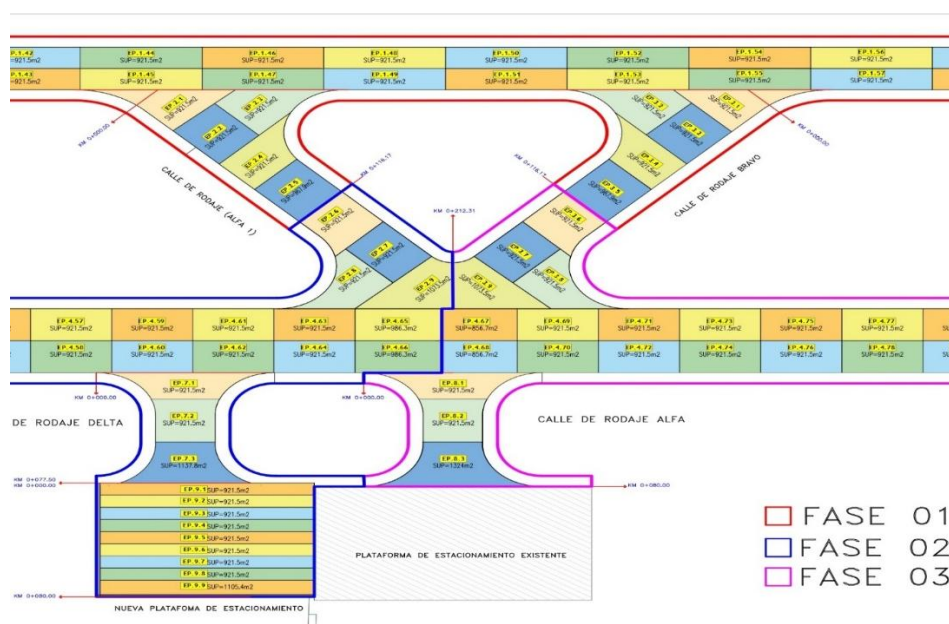
*Cantidad de lotes por fases en la actividad de fresado en pista*

Sección	Fase 1	Fase 2	Fase 3	Total
Pista Principal	-	22	19	41
Calle de Rodaje Alfa	-	-	2	2
Calle de Rodaje Alfa 1	2	2	-	4
Calle de Rodaje Bravo	2	-	2	4
Calle de Rodaje Charlie	23	-	1	24
Calle de Rodaje FAP Sur	-	1	2	3
Calle de Rodaje FAP Norte	-	-	2	2
Total general	27	25	28	80

Los planos generales de la sectorización se encuentran en el Plano A.

## b) Excavación en pista y márgenes

Para la actividad de Excavación en Explanaciones a nivel de pista, se presenta la propuesta de sectorización elaborada en función de los criterios establecidos. A partir de esta actividad, se empezó a considerar el área total de intervención, incluyendo la zona de ampliación correspondiente (Ver Figura 24 y Tabla 30).

**Figura 24***Lotización de excavación en pista***Tabla 30***Cantidad de lotes por fases en la actividad de excavación en pista*

Sección	Fase 1	Fase 2	Fase 3	Total
Pista Principal	-	66	56	122
Calle de Rodaje Alfa	-	-	3	3
Calle de Rodaje Alfa 1	5	4	-	9
Calle de Rodaje Bravo	5	-	4	9
Calle de Rodaje Charlie	91	2	2	95
Calle de Rodaje Delta	-	3	-	3
Nueva Plataforma de Estacionamiento	-	9	-	9

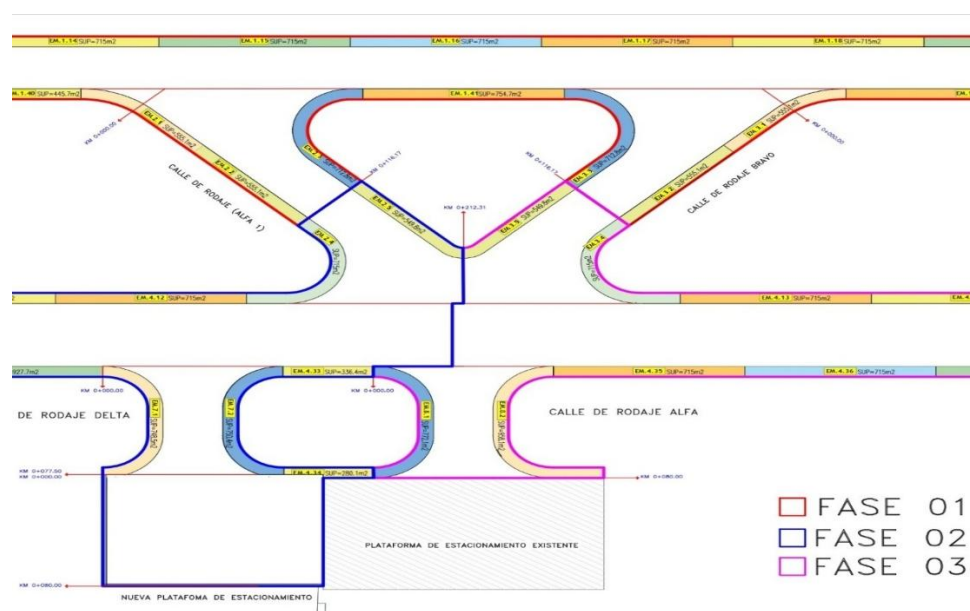
Sección	Fase 1	Fase 2	Fase 3	Total
Calle de Rodaje FAP Sur	-	-	3	3
Calle de Rodaje FAP Norte	-	-	3	3
Total general	101	84	71	256

Los planos generales de la sectorización se encuentran en el Plano B.

Se aplicó el mismo procedimiento para excavación a nivel de márgenes, siguiendo los criterios definidos (Ver Figura 25 y Tabla 31).

**Figura 25**

*Lotización de excavación en márgenes*



**Tabla 31**

*Cantidad de lotes por fases en la actividad de excavación en pista*

Sección	Fase 1	Fase 2	Fase 3	Total
Pista Principal	-	24	21	45
Calle de Rodaje Alfa	-	-	2	2
Calle de Rodaje Alfa 1	3	2	-	5
Calle de Rodaje Bravo	3	-	2	5
Calle de Rodaje Charlie	52	2	2	56

Sección	Fase 1	Fase 2	Fase 3	Total
Calle de Rodaje Delta	-	2	-	2
Calle de Rodaje FAP Sur	-	-	2	2
Calle de Rodaje FAP Norte	-	-	2	2
Total general	58	30	31	119

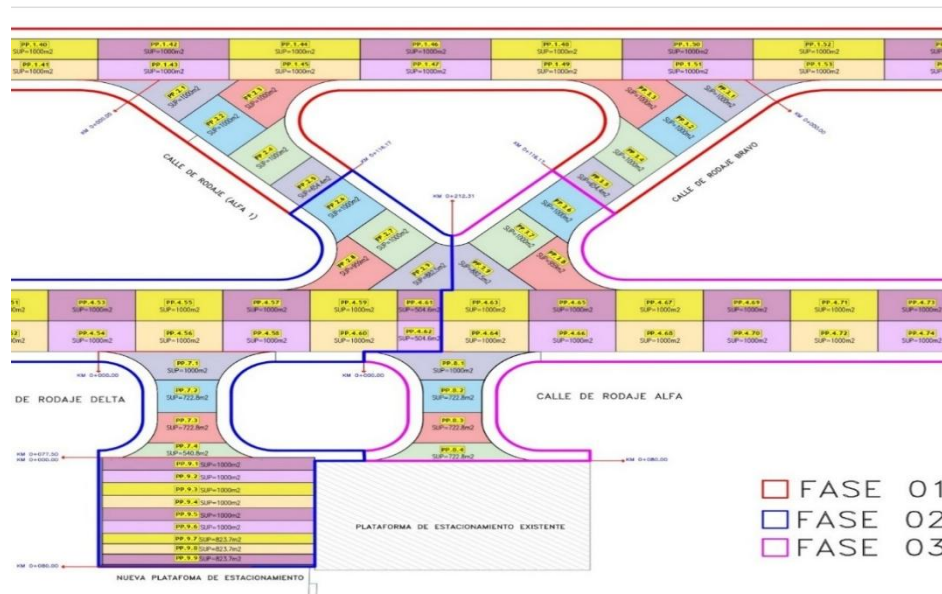
Los planos generales de la sectorización se encuentran en el Plano C.

c) Perfilado y compactado en pista y márgenes

En las Figuras 26 y 27 se presenta la sectorización final a nivel de pista y márgenes, respectivamente. Además, las Tablas 32 y 33 detallan la cantidad de lotes definidos para cada fase de la actividad.

**Figura 26**

*Lotización de perfilado y compactado en pista*



**Tabla 32**

*Cantidad de lotes por fases en la actividad de perfilado y compactado en pista*

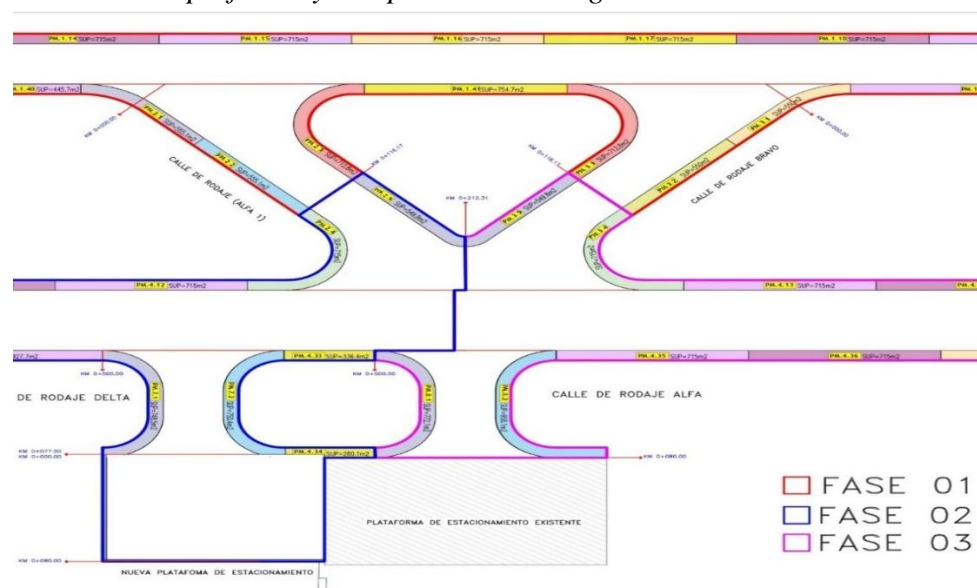
Sección	Fase 1	Fase 2	Fase 3	Total
Pista Principal	-	62	52	114
Calle de Rodaje Alfa	-	-	4	4
Calle de Rodaje Alfa 1	5	4	-	9

Sección	Fase 1	Fase 2	Fase 3	Total
Calle de Rodaje Bravo	5	-	4	9
Calle de Rodaje Charlie	86	3	3	92
Calle de Rodaje Delta	-	4	-	4
Nueva Plataforma de Estacionamiento	-	9	-	9
Calle de Rodaje FAP Sur	-	-	4	4
Calle de Rodaje FAP Norte	-	-	4	4
Total general	96	82	71	249

Los planos generales de la sectorización se encuentran en el Plano D.

**Figura 27**

*Lotización de perfilado y compactado en márgenes*



**Tabla 33**

*Cantidad de lotes por fases en la actividad de perfilado y compactado en márgenes*

Sección	Fase 1	Fase 2	Fase 3	Total
Pista Principal	-	24	21	45
Calle de Rodaje Alfa	-	-	2	2

Sección	Fase 1	Fase 2	Fase 3	Total
Calle de Rodaje Alfa 1	3	2	-	5
Calle de Rodaje Bravo	3	-	2	5
Calle de Rodaje Charlie	52	2	2	56
Calle de Rodaje Delta	-	2	-	2
Calle de Rodaje FAP Sur	-	-	2	2
Calle de Rodaje FAP Norte	-	-	2	2
<b>Total general</b>	<b>58</b>	<b>30</b>	<b>31</b>	<b>119</b>

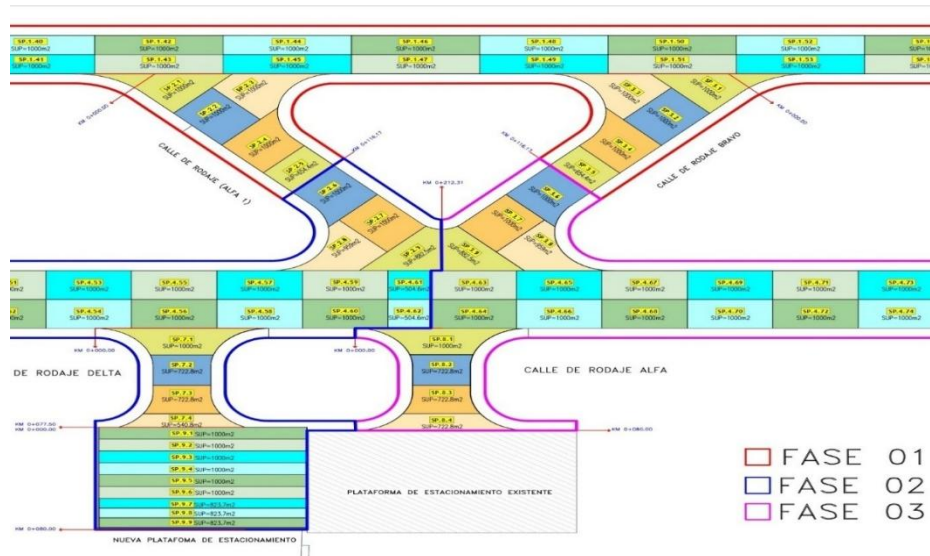
Los planos generales de la sectorización se encuentran en el Plano E.

d) Subbase granular en pista y márgenes

En las Figuras 28 y 29 se presenta la sectorización final a nivel de pista y márgenes, respectivamente. Además, las Tablas 34 y 35 detallan la cantidad de lotes definidos para cada fase de la actividad.

**Figura 28**

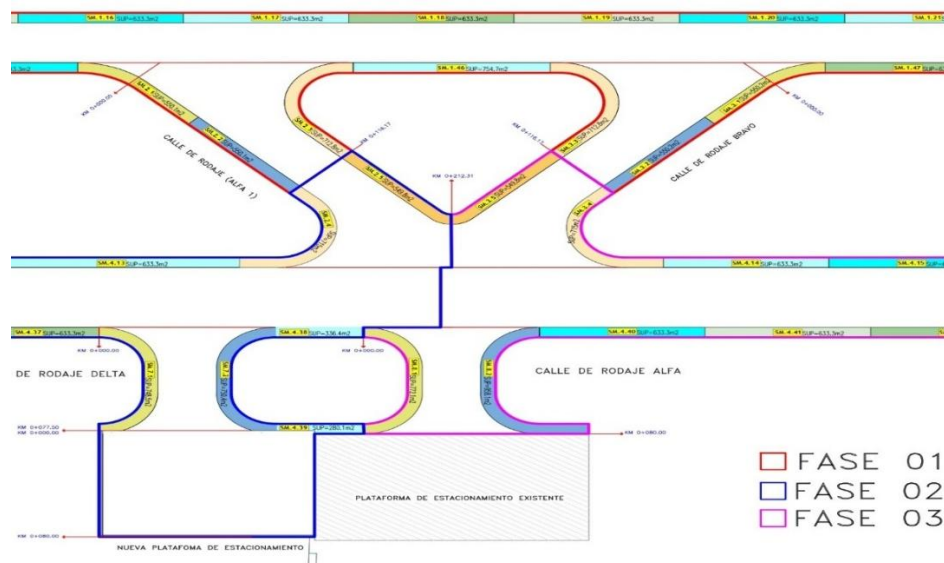
*Lotización de subbase granular en pista*



**Tabla 34***Cantidad de lotes por fases en la actividad de subbase granular en pista*

Sección	Fase 1	Fase 2	Fase 3	Total
Pista Principal	-	62	52	114
Calle de Rodaje Alfa	-	-	4	4
Calle de Rodaje Alfa 1	5	4	-	9
Calle de Rodaje Bravo	5	-	4	9
Calle de Rodaje Charlie	86	3	3	92
Calle de Rodaje Delta	-	4	-	4
Nueva Plataforma de Estacionamiento	-	9	-	9
Calle de Rodaje FAP Sur	-	-	4	4
Calle de Rodaje FAP Norte	-	-	4	4
Total general	96	82	71	249

Los planos generales de la sectorización se encuentran en el Plano F.

**Figura 29***Lotización de subbase granular en márgenes*

**Tabla 35**

*Cantidad de lotes por fases en la actividad de subbase granular en márgenes*

Sección	Fase 1	Fase 2	Fase 3	Total
Pista Principal	-	27	25	52
Calle de Rodaje Alfa	-	-	2	2
Calle de Rodaje Alfa 1	3	2	-	5
Calle de Rodaje Bravo	3	-	2	5
Calle de Rodaje Charlie	59	2	2	63
Calle de Rodaje Delta	-	2	-	2
Calle de Rodaje FAP Sur	-	-	2	2
Calle de Rodaje FAP Norte	-	-	2 </td <td>2</td>	2
Total general	65	33	35	133

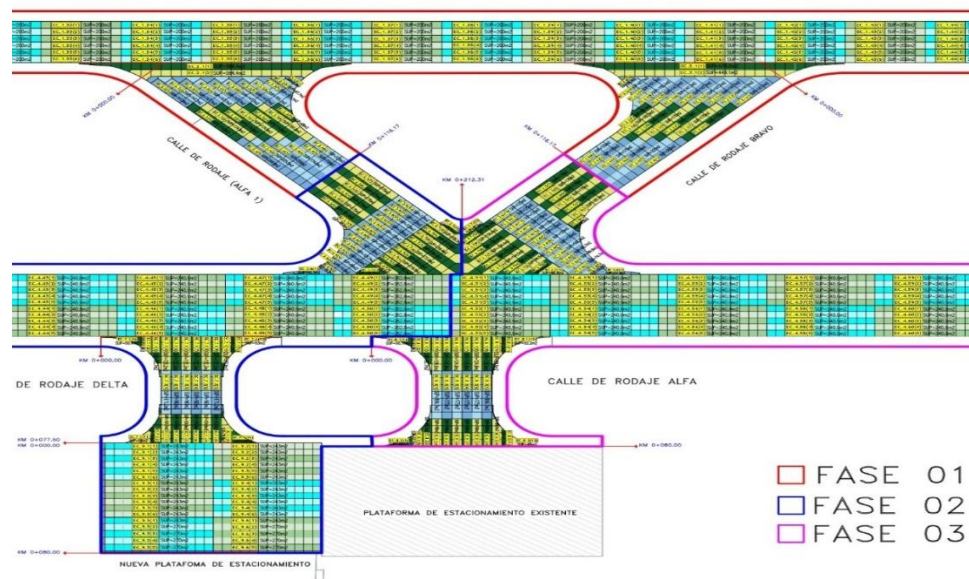
Los planos generales de la sectorización se encuentran en el Plano G.

e) Econoconcreto en pista

En la Figura 30 se presenta la sectorización final a nivel de pista, respectivamente. Además, la Tabla 32 detalla la cantidad de lotes definidos para cada fase de la actividad.

**Figura 30**

*Lotización de econoconcreto en pista*



**Tabla 36***Cantidad de lotes por fases en la actividad de econocreto en pista*

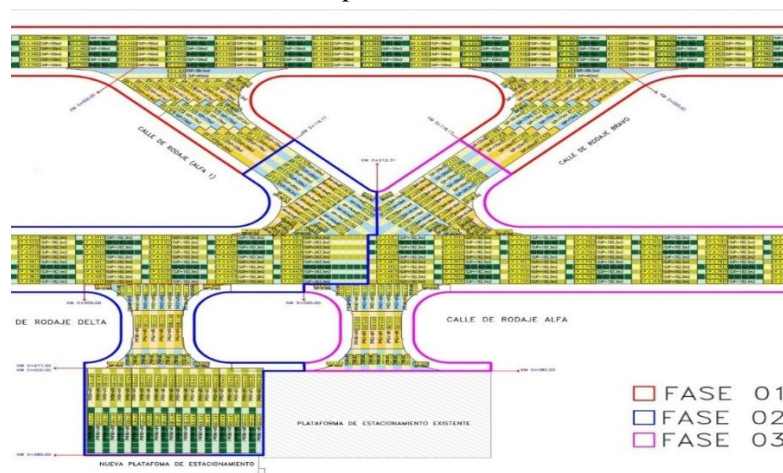
Sección	Fase 1	Fase 2	Fase 3	Total
Pista Principal	-	50	42	92
Calle de Rodaje Alfa	-	-	3	3
Calle de Rodaje Alfa 1	4	3	-	7
Calle de Rodaje Bravo	4	-	3	7
Calle de Rodaje Charlie	69	2	2	73
Calle de Rodaje Delta	-	2	-	2
Nueva Plataforma de Estacionamiento	-	6	-	6
Calle de Rodaje FAP Sur	-	-	3	3
Calle de Rodaje FAP Norte	-	-	3	3
Total general	77	63	56	196

Los planos generales de la sectorización se encuentran en el Plano H.

f) Concreto en pista y márgenes

En las Figuras 31 y 32 se visualiza la sectorización final a nivel de pista y márgenes, respectivamente. Además, las Tablas 37 y 38 detallan la cantidad de lotes definidos para cada fase de la actividad.

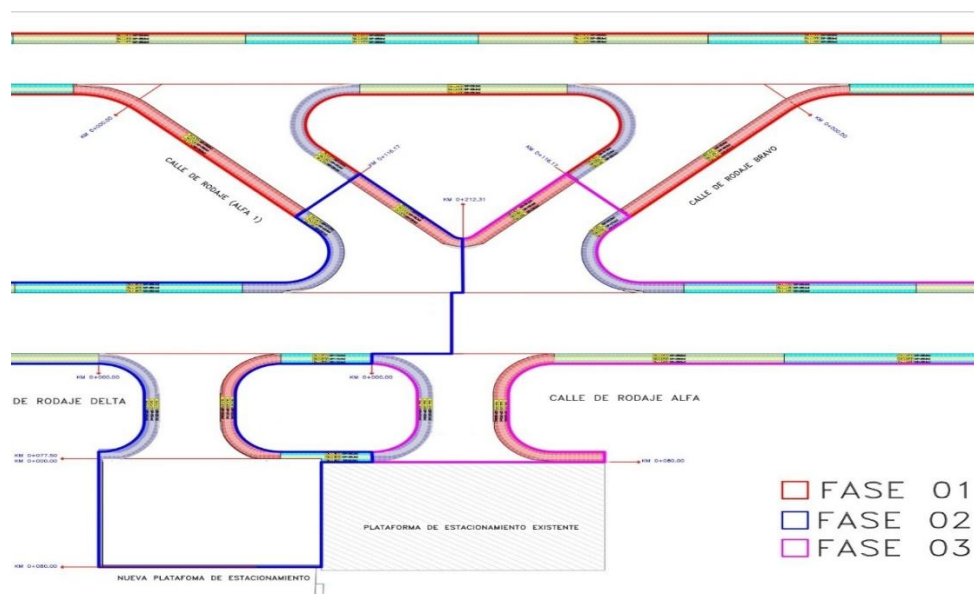
**Figura 31**  
*Lotización de concreto en pista*



**Tabla 37**  
*Cantidad de lotes por fases en la actividad de concreto en pista*

Sección	Fase 1	Fase 2	Fase 3	Total
Pista Principal	-	66	66	132
Calle de Rodaje Alfa	-	-	3	3
Calle de Rodaje Alfa 1	4	3	-	7
Calle de Rodaje Bravo	4	-	3	7
Calle de Rodaje Charlie	93	2	2	97
Calle de Rodaje Delta	-	3	-	3
Nueva Plataforma de Estacionamiento	-	8	-	8
Calle de Rodaje FAP Sur	-	-	3	3
Calle de Rodaje FAP Norte	-	-	3	3
Total general	101	82	80	263

Los planos generales de la sectorización se encuentran en el Plano I.

**Figura 32***Lotización de concreto en márgenes***Tabla 38***Cantidad de lotes por fases en la actividad de concreto en márgenes*

Sección	Fase 1	Fase 2	Fase 3	Total
Pista Principal	-	20	17	37
Calle de Rodaje Alfa	-	-	2	2
Calle de Rodaje Alfa 1	2	2	-	4
Calle de Rodaje Bravo	2	-	2	4
Calle de Rodaje Charlie	43	2	2	47
Calle de Rodaje Delta	-	2	-	2
Calle de Rodaje FAP Sur	-	-	2	2
Calle de Rodaje FAP Norte	-	-	2	2
Duración total (días)	47	26	27	100

Los planos generales de la sectorización se encuentran en el Plano J.

Con el propósito de sintetizar los principales resultados del diseño de sectorización por lotes de trabajo, se elaboró un cuadro resumen en la Tabla 39 que integra las áreas utilizadas, la duración estimada y los hitos clave correspondientes a cada actividad del proceso

constructivo, tanto a nivel de pista como de márgenes. Esta información permitió caracterizar el comportamiento de cada partida en función de los rendimientos obtenidos, las restricciones técnicas del proyecto y la logística operativa de la obra. Asimismo, la identificación de hitos clave contribuye a facilitar el control del avance, permitiendo reconocer los momentos críticos que condicionan la continuidad de las actividades subsecuentes dentro de cada fase del proyecto.

**Tabla 39**

*Resumen de áreas utilizadas y duración estimada de cada actividad*

Actividad	Componente	Área (m <sup>2</sup> )	Duración (días)	Hitos clave
		Mín-Máx-Prom		
Fresado de pavimento	Pista	1575.1- 2769 - 2769	80	Retiro de material fresado
Excavación en explanaciones	Pista	561.9- 1350 - 921.5	257	Acopio y traslado de material de excavación
	Márgenes	280.1- 917.7 - 715	119	
Perfilado y compactado	Pista	540.8- 1000 - 1000	249	Culminación y liberación de la superficie por supervisión y calidad
	Márgenes	280.1- 917.7 - 715	119	
Subbase granular	Pista	540.8- 1000 - 1000	249	Culminación y acabado con verificación de nivelación, junta y acabado superficial
	Márgenes	306.5- 958.1 - 633.3	133	
Econoconcreto	Pista	902.6- 1500 - 1269.2	196	

### 3.4 Beneficios obtenidos frente a la planificación tradicional

A diferencia de la planificación tradicional, que se basa en cronogramas globales con áreas de trabajo amplias y poco definidas, la sectorización permitirá dividir la obra en unidades homogéneas y medibles, lo que contribuye a mejorar la precisión en la programación diaria y semanal. Asimismo, posibilitará identificar desviaciones de manera temprana y aplicar medidas correctivas oportunas.

Entre los principales beneficios obtenidos destacan los siguientes:

- La sectorización permite escalar cuadrillas, de modo que un equipo puede realizar la actividad de excavación en un grupo de lotes de una fase en ejecución; por ejemplo, los lotes EP.2 correspondientes a la Calle de Rodaje Alfa 1 en la Fase 1, mientras otro equipo avanza con la subbase granular en los lotes ya excavados, como los lotes SP.1 de la Calle de Rodaje Charlie. Por lo tanto, uno de los beneficios de esta propuesta frente a la planificación tradicional es que facilita la asignación de recursos, proporcionando una estructura más ordenada y predecible del avance.

- Facilita que cada lote completado con una actividad específica se convierta en un hito de progreso objetivo y fácilmente verificable. Por ejemplo, los lotes PP.1 de la Calle de Rodaje Charlie con Perfilado y Compactado, o los lotes EP.3 de la Calle de Rodaje Bravo con Excavación, representan hitos que pueden registrarse y controlarse por el área de Calidad.

- En caso de que un lote en ejecución deba paralizarse por motivos de observaciones, seguridad u otros, la sectorización permite identificar rápidamente otro lote que ya esté liberado de su última actividad y ejecutarlo en su lugar, evitando retrasos en el avance general de la obra. Por ejemplo, si el lote de Perfilado y Compactado PP.1.5 presenta complicaciones, se podría reemplazar por el lote PP.1.7, siempre que éste se encuentre libre.

- Manejar la sectorización con un sistema de codificación como el propuesto, permite al personal de campo identificar claramente cuáles lotes se van a ejecutar y su ubicación según la fase actual. Por ejemplo, durante la Fase 1 en la actividad de fresado de pavimento, se ejecutan únicamente los lotes FP.1, FP.2 y FP.3, evitando que el personal ingrese a zonas restringidas como el lote FP.4 donde se encuentran operando los aviones, previniendo posibles inconvenientes.

- Si bien en algunos casos el área límite se definió considerando el valor menor entre el rendimiento de las cuadrillas y los límites establecidos por el control de calidad, lo cual podría interpretarse como un riesgo de retraso por reducir la producción diaria, esta decisión aporta un beneficio importante. Al adoptar el área menor, se garantiza que todo lo ejecutado en el día pueda ser controlado adecuadamente, evitando defectos, observaciones o la necesidad de reprocesos. De esta manera, la producción diaria se ajusta a un estándar que asegura el cumplimiento de las tolerancias exigidas, reforzando la calidad y la confiabilidad del avance.

- En el caso específico de las actividades vaciado, la propuesta establece que los lotes se dividan por fajas, implicando un encofrado que, bajo el método de planificación tradicional, no se requeriría, generando un impacto en el metrado de encofrado, así como también en el tiempo y costo total del proyecto. Sin embargo, esta sectorización ofrece la ventaja en la que permite definir con exactitud la cantidad de vaciado que puede ejecutarse según el encofrado disponible, evitando desperdicios de concreto y econoconcreto, cuyos costos de ejecución es considerablemente mayor que las otras actividades. De este modo, la lotización adoptada optimiza el uso de recursos y mejora la programación de vaciado.

- La sectorización por lotes aplicada a cada actividad permite determinar el porcentaje de avance en función del número total de lotes programados. Este enfoque

proporciona una estimación más precisa del progreso real de la obra. Asimismo, facilita la detección temprana de desviaciones respecto al cronograma, permitiendo generar alertas oportunas en caso de identificarse retrasos en la duración estimada de cada actividad.

- Asimismo, la sectorización por lotes presenta la ventaja de ser un sistema flexible y adaptable ante imprevistos en la ejecución. En caso algún lote requiera ser modificado porque una parte de su área no pueda ejecutarse por razones operativas o de campo, la lotización permite reajustar sus dimensiones sin afectar la secuencia general de trabajo. Esta capacidad de ajuste evita retrasos y mantiene la continuidad de la producción, siempre que el área resultante no exceda el límite máximo establecido.

La aplicación del sistema de sectorización por lotes de trabajo permite optimizar la planificación y el control de las actividades constructivas en comparación con los métodos tradicionales empleados en la obra. Este enfoque proporciona una estructura más ordenada y predecible del avance, facilitando la asignación de recursos y el seguimiento del rendimiento real de las cuadrillas.



## Conclusiones

La aplicación de la sectorización por lotes de trabajo como método de planificación, control y seguimiento en obras de pavimentación de gran envergadura representa una estrategia eficiente que optimiza los recursos, reduce los desperdicios y mejora la coordinación de los frentes de trabajo. Su implementación permite distribuir las actividades de manera ordenada y progresiva, facilitando la gestión tanto en gabinete como en campo.

Establecer como área limitante el menor valor entre el rendimiento de cuadrillas y los criterios de control de calidad permitirá asegurar que el avance diario se mantenga dentro de los parámetros necesarios para las liberaciones. Esto evitará observaciones durante el control de los lotes y posibles reprocesos.

Se identificó que las secciones con mayor número de lotes fueron la pista principal y la calle de rodaje Charlie. Esto se debe a que ambas comprenden áreas significativamente más extensas en comparación con las demás secciones, lo que implica una mayor cantidad de unidades de trabajo y, en consecuencia, una mayor proyección en el tiempo total de ejecución.

Dado que el área total de cada sección no siempre es múltiplo exacto del área límite definida por actividad, la sectorización genera inevitablemente lotes con dimensiones diferentes entre sí. En estos casos, los lotes deben ser ajustados de manera que ninguno exceda el área máxima permitida según los criterios establecidos para cada actividad. Este proceso de reajuste garantiza que todos los lotes cumplan con los requisitos técnicos y mantengan la coherencia en la planificación, asegurando la viabilidad y continuidad de la ejecución.

Se logró obtener lotes con formas geométricas regulares en la mayor parte del proyecto; no obstante, en algunos lotes esto no fue posible debido a las limitaciones impuestas por el diseño geométrico predimensionado. Aun así, se procuró minimizar dichas variaciones con el fin de mantener la uniformización del sistema de lotización y facilitar las actividades de ejecución en campo.

Finalmente, la aplicación de esta metodología mejora la eficiencia operativa y la predictibilidad del flujo de trabajo, al integrar el control de calidad con la planificación diaria y semanal. De esta manera, se demuestra que la sectorización por lotes constituye una herramienta efectiva para el planeamiento, control y optimización de obras aeroportuarias, especialmente en proyectos con amplias áreas de intervención y altos estándares técnicos.

## **Recomendaciones**

En primera instancia, se recomienda establecer un diseño homogéneo en lo posible para todos los lotes de trabajo de cada actividad. De este modo, la cantidad de personal, equipos y materiales requeridos sería el mismo para cada lote, facilitando la planificación, programación y coordinación de las actividades.

Se recomienda desarrollar más de un modelo de diseño de lotes para así poder contar con más de una alternativa y, de esta manera, seleccionar el más adecuado en base al ritmo de trabajo que se esté ejecutando en el proyecto.

Para finalizar, se podrían realizar otras investigaciones futuras como la aplicación de la sectorización en lotes de trabajo para obras de rehabilitación de la pavimentación en otros aeropuertos del Perú. Asimismo, se puede hacer una evaluación de cómo la implementación de los lotes de trabajo influye en el aspecto económico y en los tiempos de ejecución, mediante una comparación directa con la planificación tradicional.



## Referencias

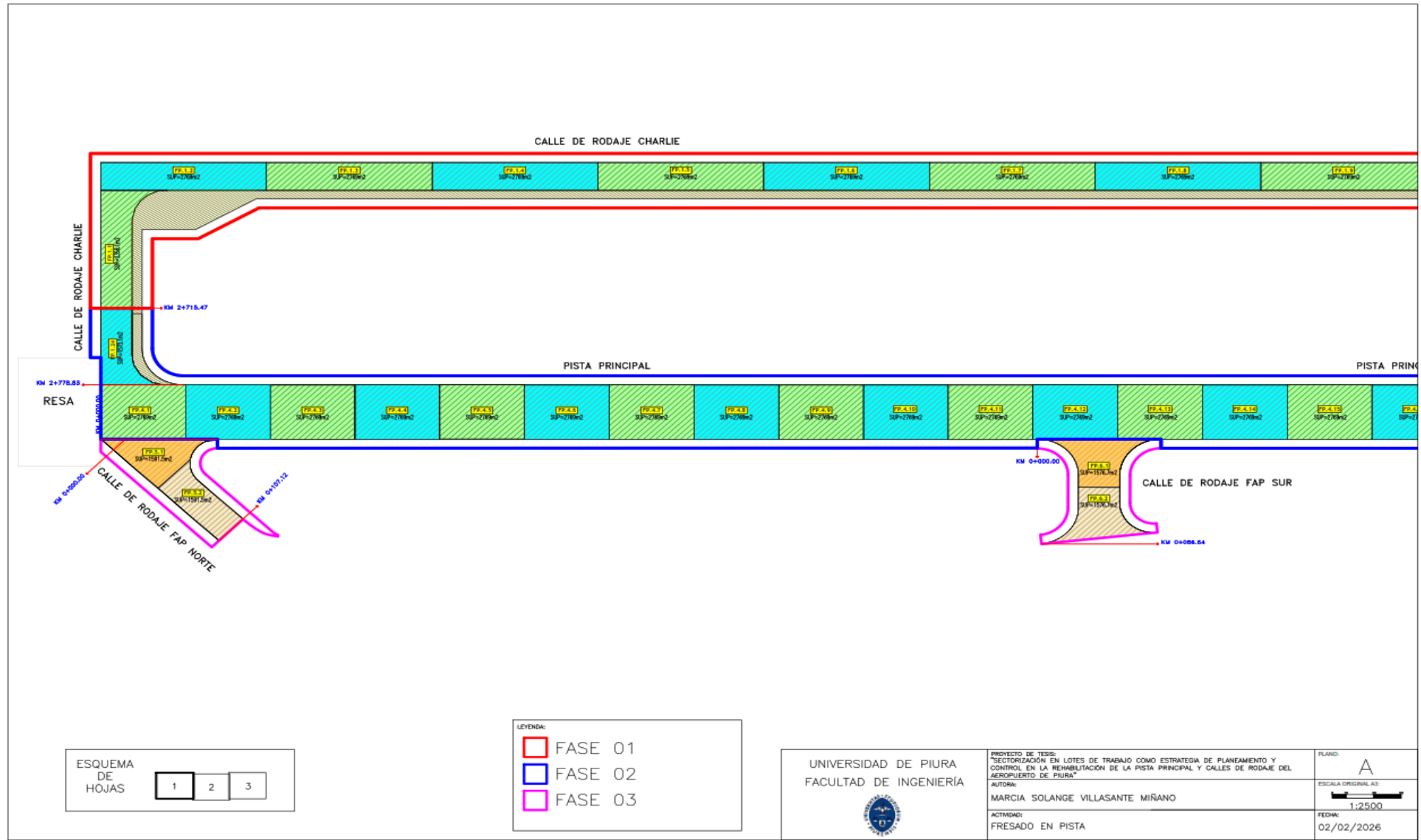
- Aeropuertos del Perú, A. (2016). Expediente técnico del Mejoramiento de Pistas y Cerco Perimétrico del Aeropuerto de Piura. Piura.
- Alarcón, C. (2023). Gestión de cambio: Cambio de Pavimento Flexible a Pavimento Rígido. Piura: Aeropuertos del Perú (ADP).
- Castro Encalada, J. M. (2014). Propuesta e implementación de sectorización y trenes de trabajo para acabados interiores bajo la filosofía Lean Construction, en obras de construcción de viviendas masivas. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.
- CORPAC, C. P. (2025). El nuevo Aeropuerto Internacional Jorge Chávez empezará a funcionar completamente desde el domingo 1 de junio. Obtenido de Gobierno del Perú: <https://www.gob.pe/institucion/corpac/noticias/1161563-el-nuevo-aeropuerto-internacional-jorge-chavez-empezara-a-funcionar-completamente-desde-el-domingo-1-de-junio>
- CORPAC, C. P. (16 de Abril de 2025). Más de 42 millones de personas viajaron por vía aérea en 2024, superando los niveles prepandemia. Obtenido de Gob.pe: <https://www.gob.pe/institucion/corpac/noticias/1150221-mas-de-42-millones-de-personas-viajaron-por-via-aerea-en-2024-superando-los-niveles-pre-pandemia?>
- Corporación Aceros Arequipa, A. A. (Abril de 2011). El Lean Construction en el Perú (Boletín N° 12). Obtenido de Aceros Arequipa: <https://acerosarequipa.com.pe/es/download/file/Boletin-Construccion-Integral-12.pdf/boletines/archivos/2020-02>
- Ćwik, K., & Roston, J. (2017). Last Planner System in Construction. Warsaw University of Technology.
- DEBEM. (20 de Septiembre de 2022). Obtenido de <https://www.debem.com/es/calculo-altura/#:~:text=La%20altura%20de%20una%20bomba%20es%20una%20magnitud%20f%C3%ADsica%20que,que%20est%C3%A1%20colocada%20la%20bomba>
- DICTUC. (1996). Técnicas Alternativas para Soluciones de Aguas. Santiago.
- Guerrero Narbajo, J. (2013). Ventajas de la sectorización y los trenes de trabajo en la construcción, a nivel de superestructura, de viviendas multifamiliares. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Hernández, G. (4 de Julio de 2025). ¿Cómo afecta el estado de los aeropuertos peruanos a la economía nacional? Obtenido de RPP Noticias: <https://rpp.pe/economia/economia/como-afecta-el-estado-de-los-aeropuertos-peruanos-a-la-economia-nacional-informe-noticia-1631528>
- INGELABC. (2019). ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS PARA EL PROYECTO: "REHABILITACIÓN DE REDES DE AGUA Y DESAGÜE EN LA URBANIZACIÓN LOS COCOS DEL CHIPE - DISTRITO Y PROVINCIA DE PIURA - DEPARTAMENTO DE PIURA". Piura.
- Invest, I. I. (2019). Lima Airport Expansion Project. Obtenido de IDB Invest: <https://idbinvest.org/en/projects/lima-airport-peru?>

- Lean Construction Institute, L. (s.f.). Lean construction. Obtenido de Lean Construction Institute: <https://leanconstruction.org/lean-topics/last-planner-system/>
- Moura, L. M., Antonini, B. G., Fireman, M. C., Etges, B. M., Campos, F. R., & Kronbauer, B. K. (2024). Lean Construction Implementation in the Construction of an Airport Runway. Proceedings of the 32nd Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC 32). IGLC.
- MTC, M. d. (2010). Anuario estadístico 2010. Gobierno del Perú, 133.
- MTC, M. d. (14 de Enero de 2025). Rehabilitación y mejoramiento del Aeropuerto de Piura tiene un avance del 52%. Obtenido de Gobierno del Perú: <https://www.gob.pe/institucion/mtc/noticias/1090515-rehabilitacion-y-mejoramiento-del-aeropuerto-de-piura-tiene-un-avance-del-52>
- Murillo Manrique, M., & Llerena Carhuas, J. J. (2024). Incorporación del modelo Lean Construction para innovar la gestión del tiempo en proyectos de construcción. Perfiles de Ingeniería.
- OACI, I. C. (2022). Aerodrome design and operations. ICAO.
- OSITRAN. (2023). Plan de negocios Aeropuertos del Perú 2023.
- PMI, P. M. (2021). A Guide to the Project Management Body of Knowledge. Newtown Square: Project Management Institute.
- Poliani, R. (2020). Planning and control in construction: Analysis and integrations of three methodological approaches: Location-Based Management System (LBMS), Last Planner System (LPS) and Critical Path Method (CPM). Milán: Politécnico de Milán.
- Roibón, M. A. (2022). Parques inundables y materialización del espacio público urbano. Corrientes, Argentina: ARQUITECNO.
- RPP, R. (19 de Febrero de 2019). Aeropuerto de Chiclayo tendrá capacidad para más de dos millones de pasajeros. Obtenido de RPP Noticias: <https://rpp.pe/peru/lambayeque/aeropuerto-de-chiclayo-tendra-capacidad-para-mas-de-dos-millones-de-pasajeros-noticia-1181748?>
- SENAMHI, & Dirección de Climatología. (2014). El fenómeno EL NIÑO en el Perú. Lima.
- Tulich Ortiz, J. (2023). Análisis de un sistema de gestión para la mejora del planeamiento y control de un proyecto aeroportuario. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Ugaz, C. (10 de Abril de 2025). Nuevo Aeropuerto Jorge Chávez: Análisis del retraso y sus efectos en la cadena logística peruana. Obtenido de Global Comex: <https://globalcomex.pe/nuevo-aeropuerto-jorge-chavez-analisis-del-retraso-y-sus-efectos-en-la-cadena-logistica-peruana/>
- Woof, M. J. (4 de Marzo de 2025). Lima's massive \$2 billion airport project. Obtenido de Global Highways: <https://www.globalhighways.com/feature/limas-massive-2-billion-airport-project>
- Zwikael, O. (2009). Critical planning processes in construction projects. Construction Innovation.

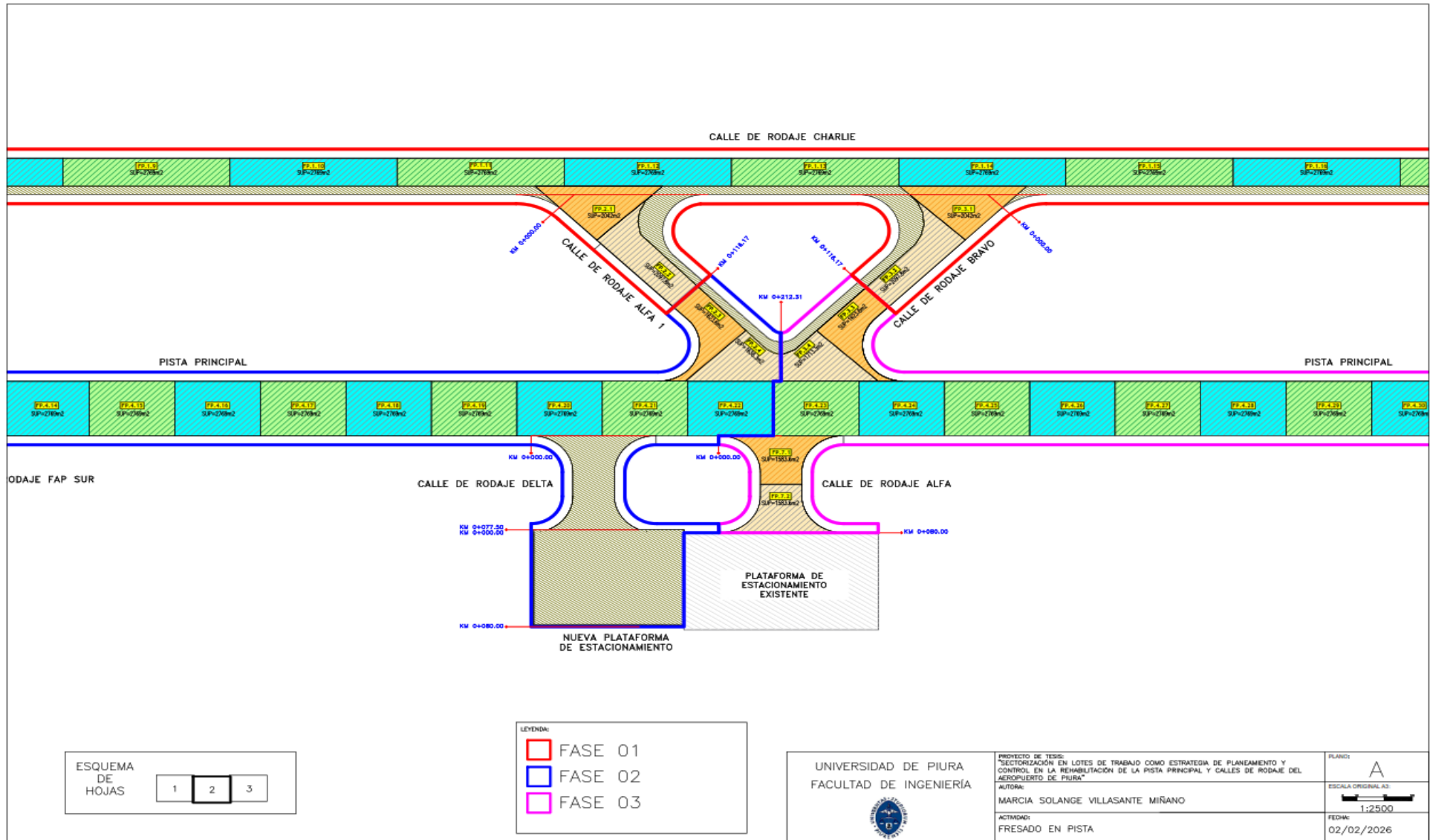
**Planos**



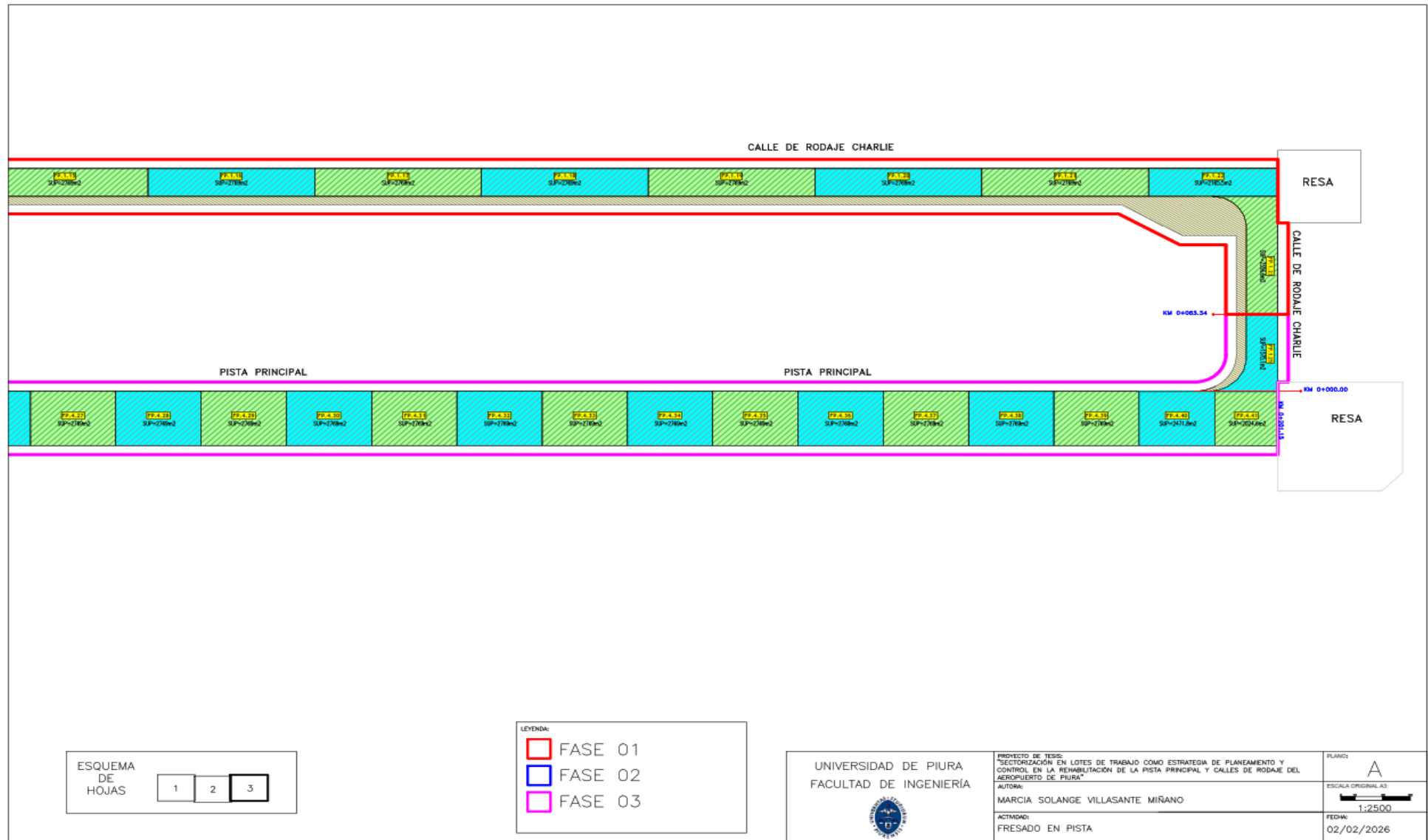
Plano A-1 Lotes de fresado en pista



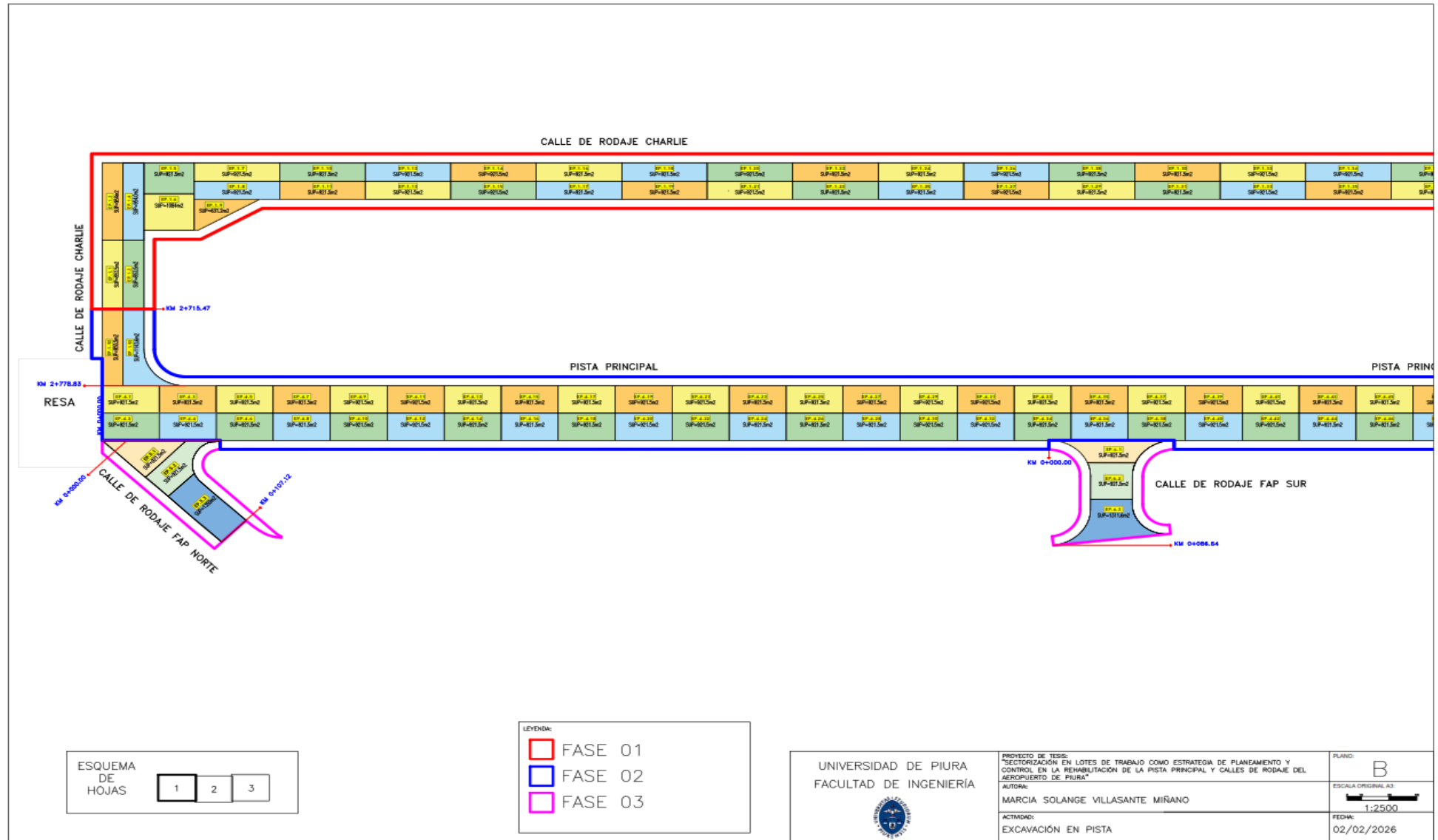
Plano A-2 Lotes de fresado en pista



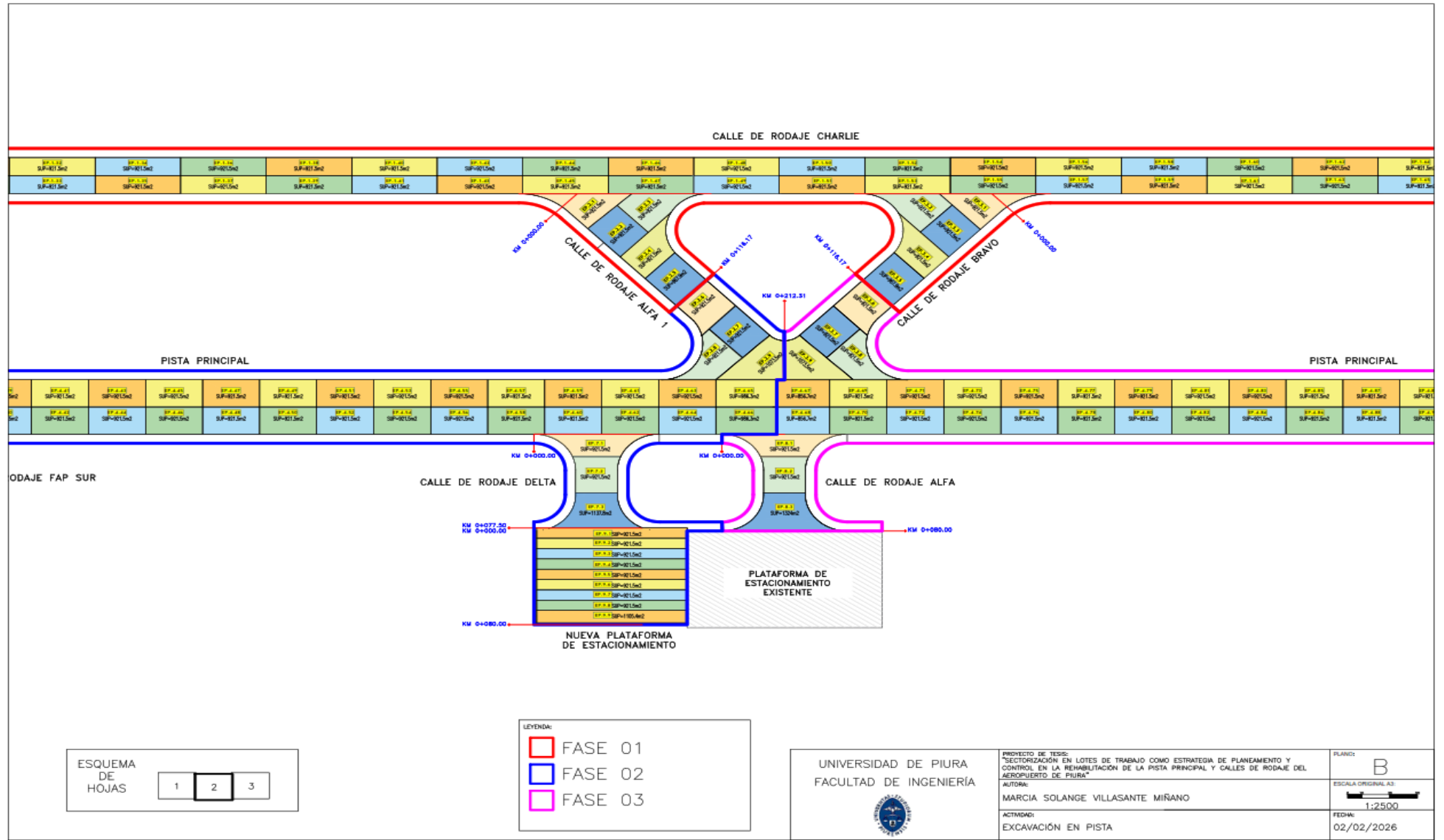
Plano A-3 Lotes de fresado en pista



Plano B-1 Lotes de excavación en pista



Plano B-2 Lotes de excavación en pista



LEYENDA:

<span style="color: red;">□</span>	FASE 01
<span style="color: blue;">□</span>	FASE 02
<span style="color: magenta;">□</span>	FASE 03

UNIVERSIDAD DE PIURA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



PROYECTO DE TESIS:  
SECTORIZACIÓN EN LOTES DE TRABAJO COMO ESTRATEGIA DE PLANEAMIENTO Y CONTROL EN LA REHABILITACIÓN DE LA PISTA PRINCIPAL Y CALLES DE RODAJE DEL AEROPUERTO DE PIURA\*

AUTORA:  
MARCIA SOLANGE VILLASANTE MIÑANO

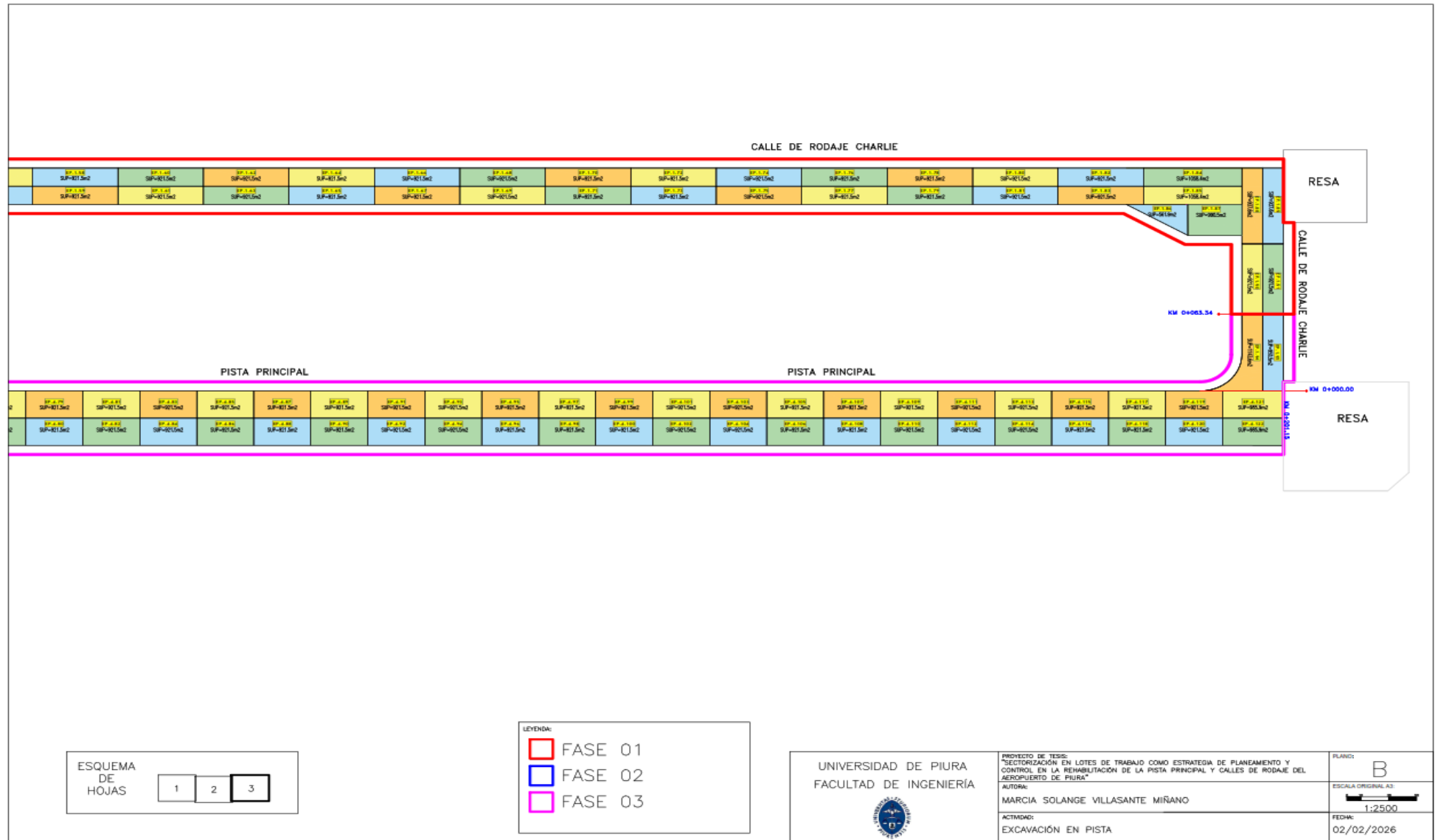
ACTIVIDAD:  
EXCAVACIÓN EN PISTA

PLANO: B

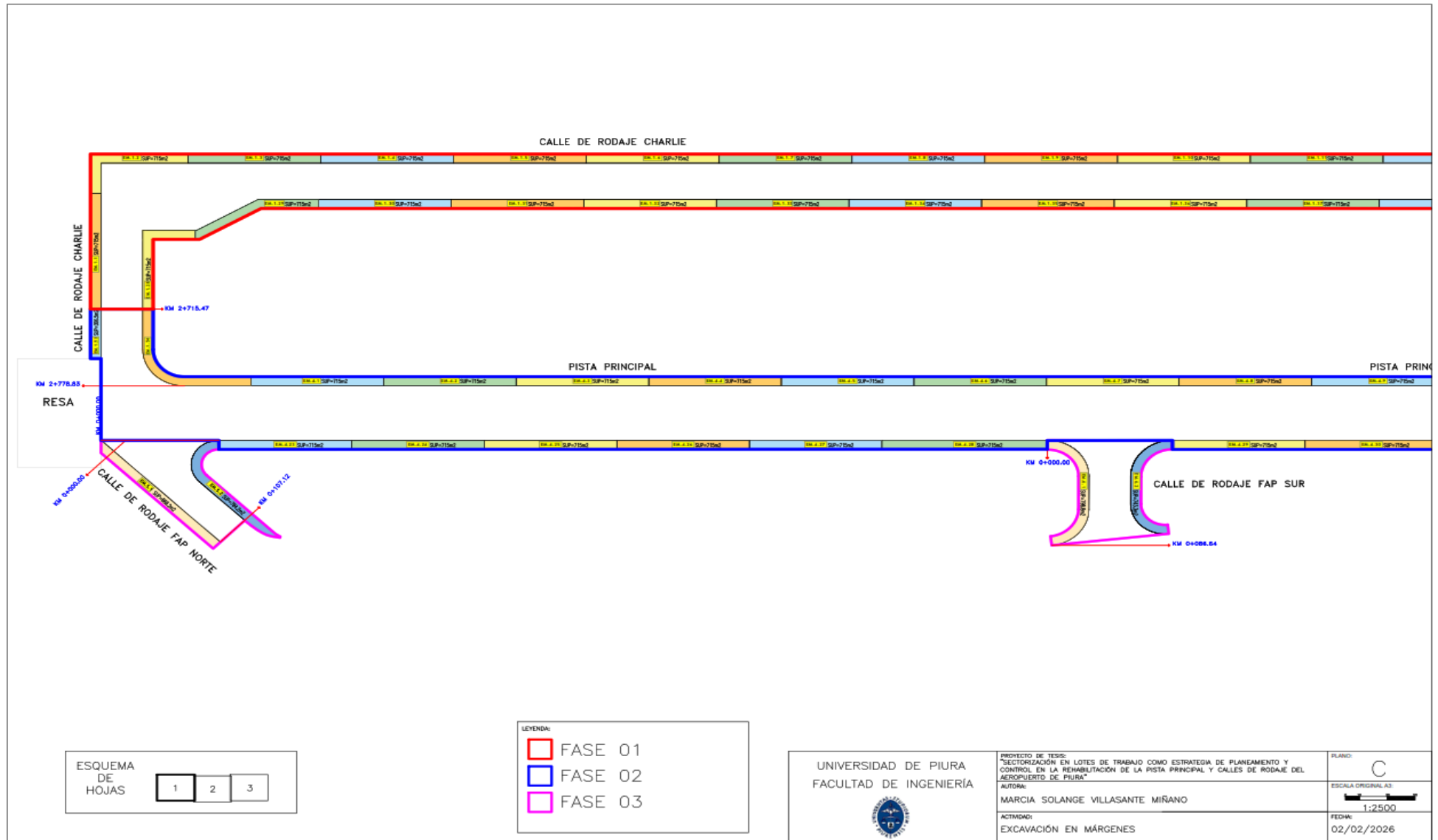
ESCALA ORIGINAL: 1:2500

FECHA: 02/02/2026

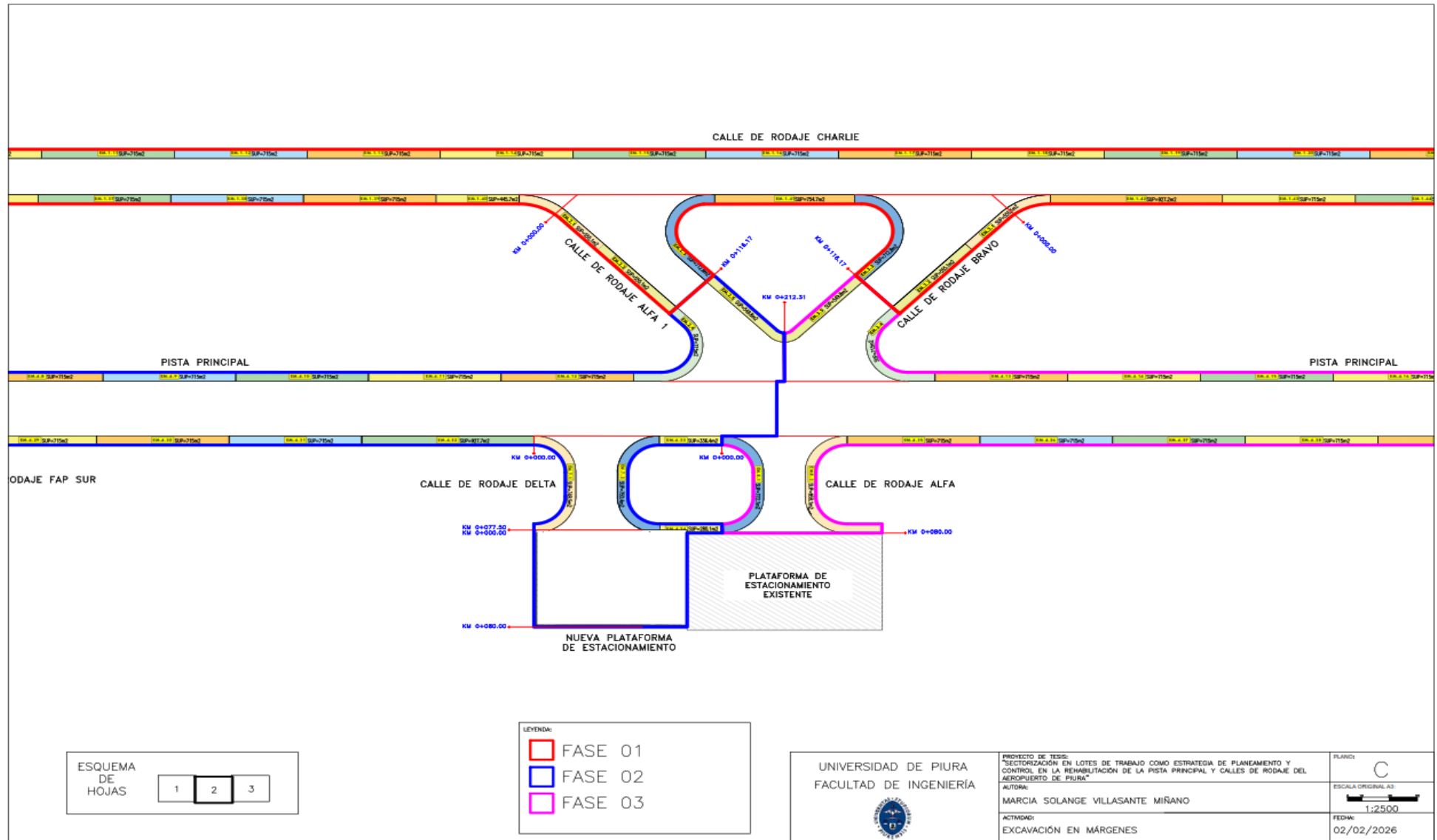
Plano B-3 Lotes de excavación en pista



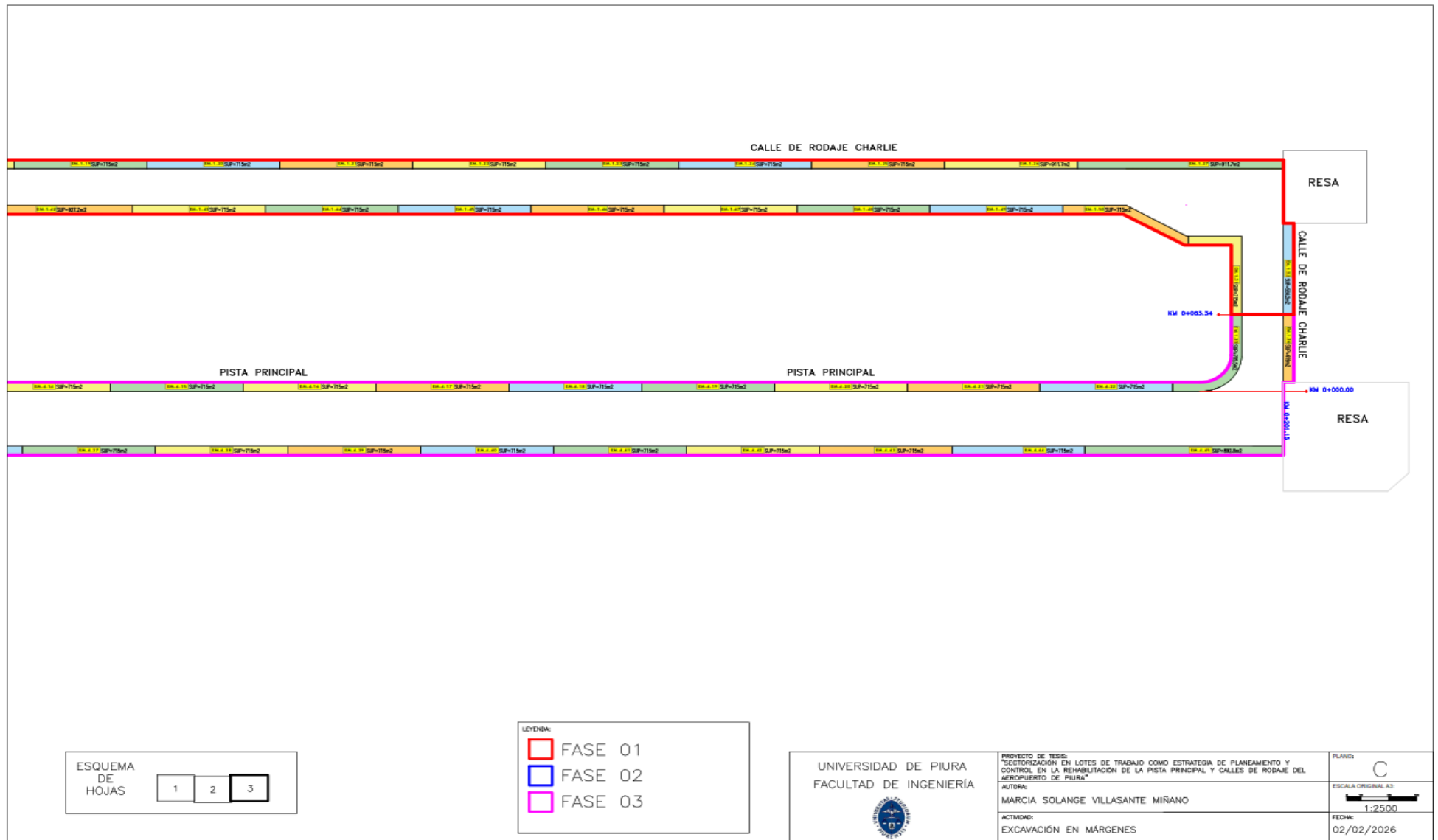
Plano C-1 Lotes de excavación en márgenes



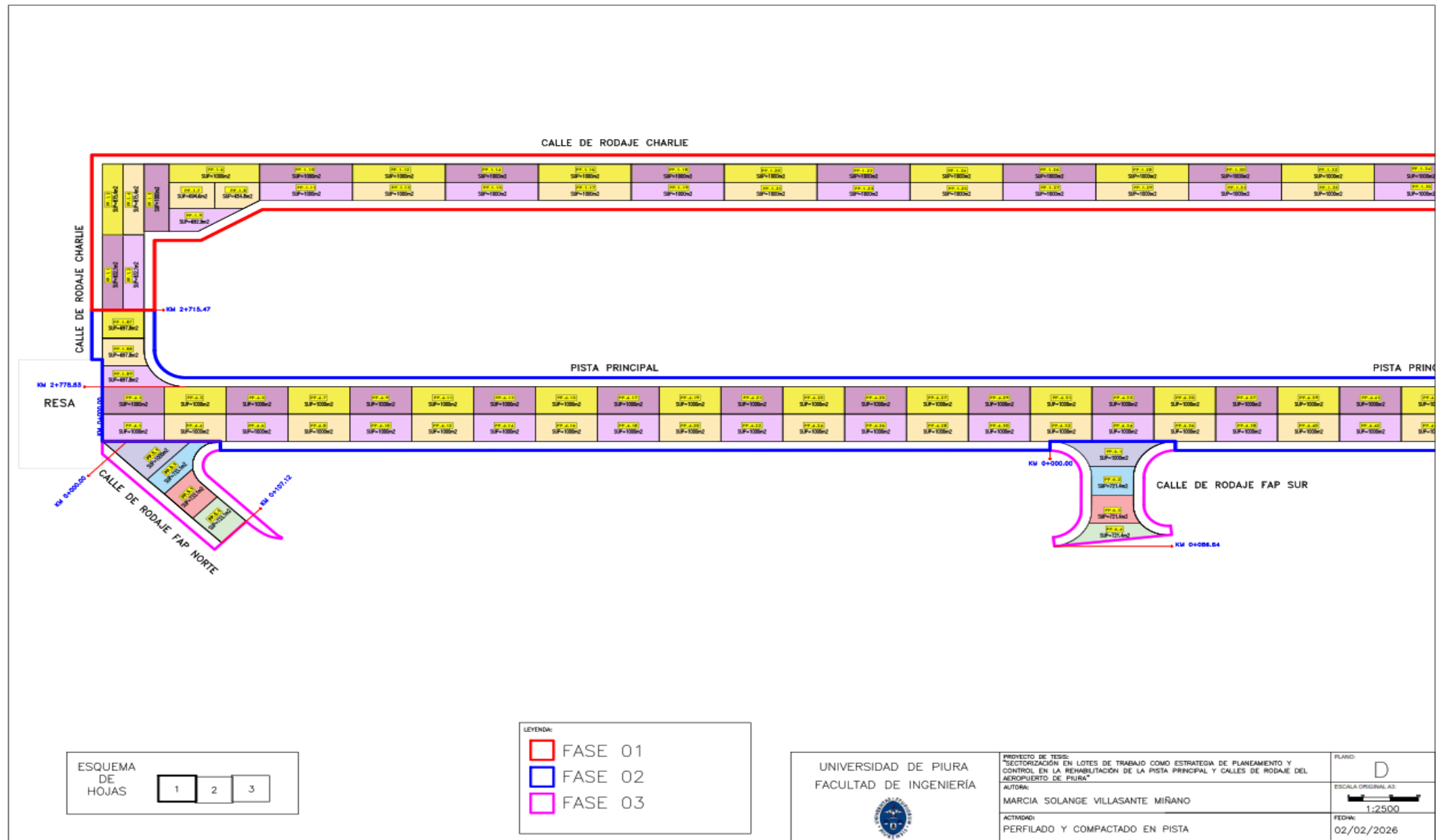
Plano C-2 Lotes de excavación en márgenes



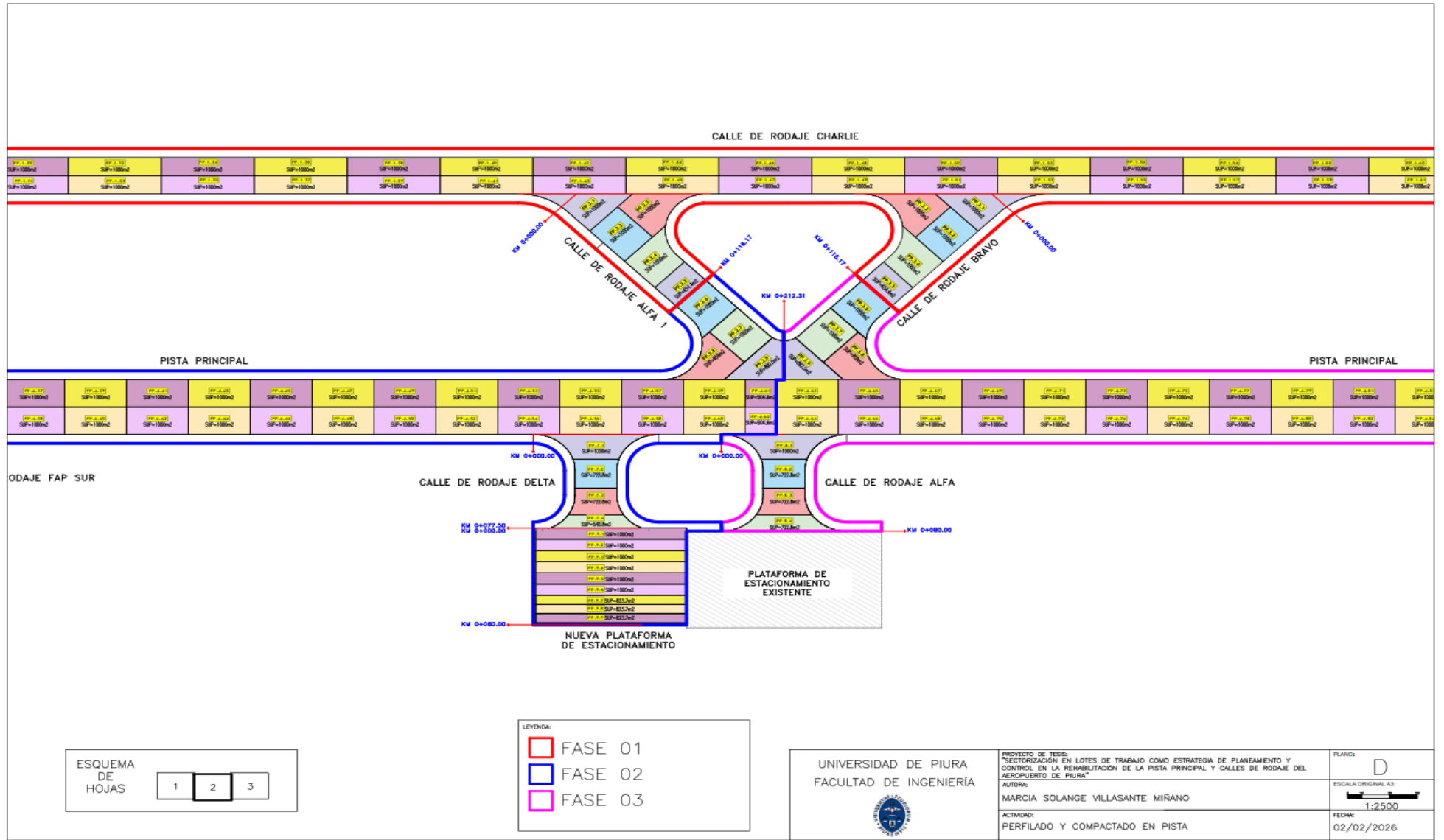
Plano C-3 Lotes de excavación en márgenes



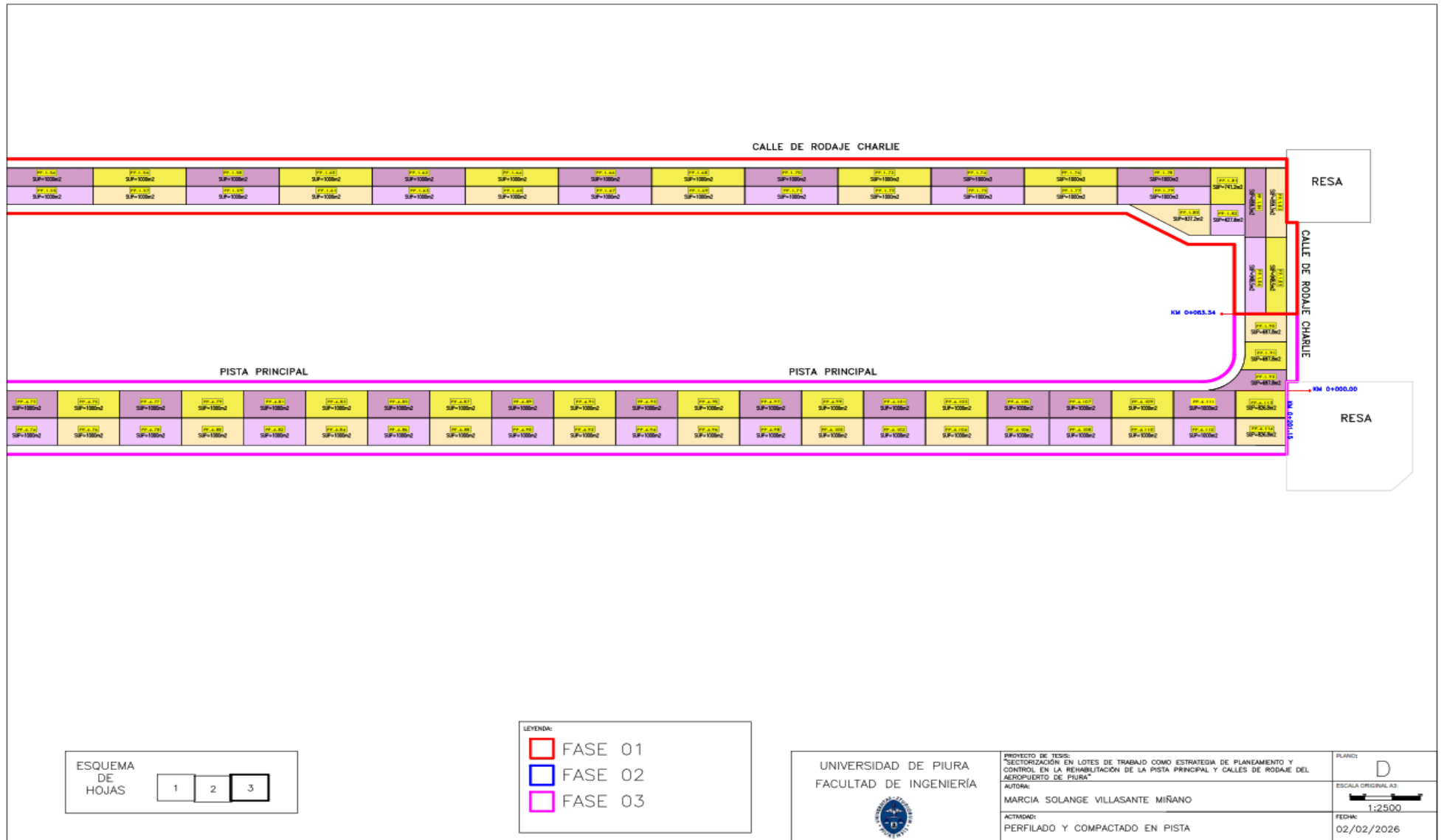
Plano D-1 Lotes de perfilado y compactado en pista



Plano D-2 Lotes de perfilado y compactado en pista




Plano D-3 Lotes de perfilado y compactado en pista

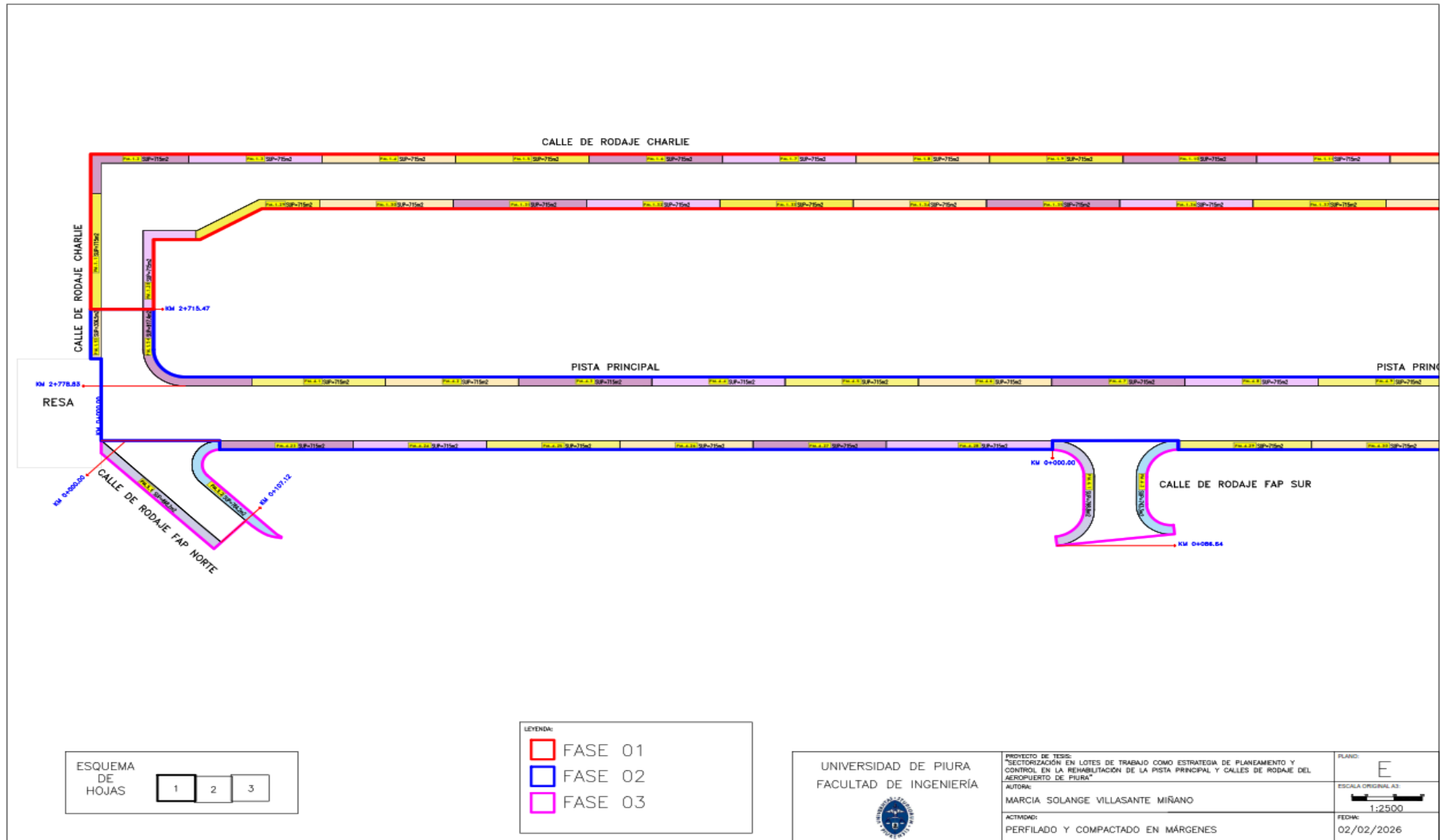


LEYENDA:

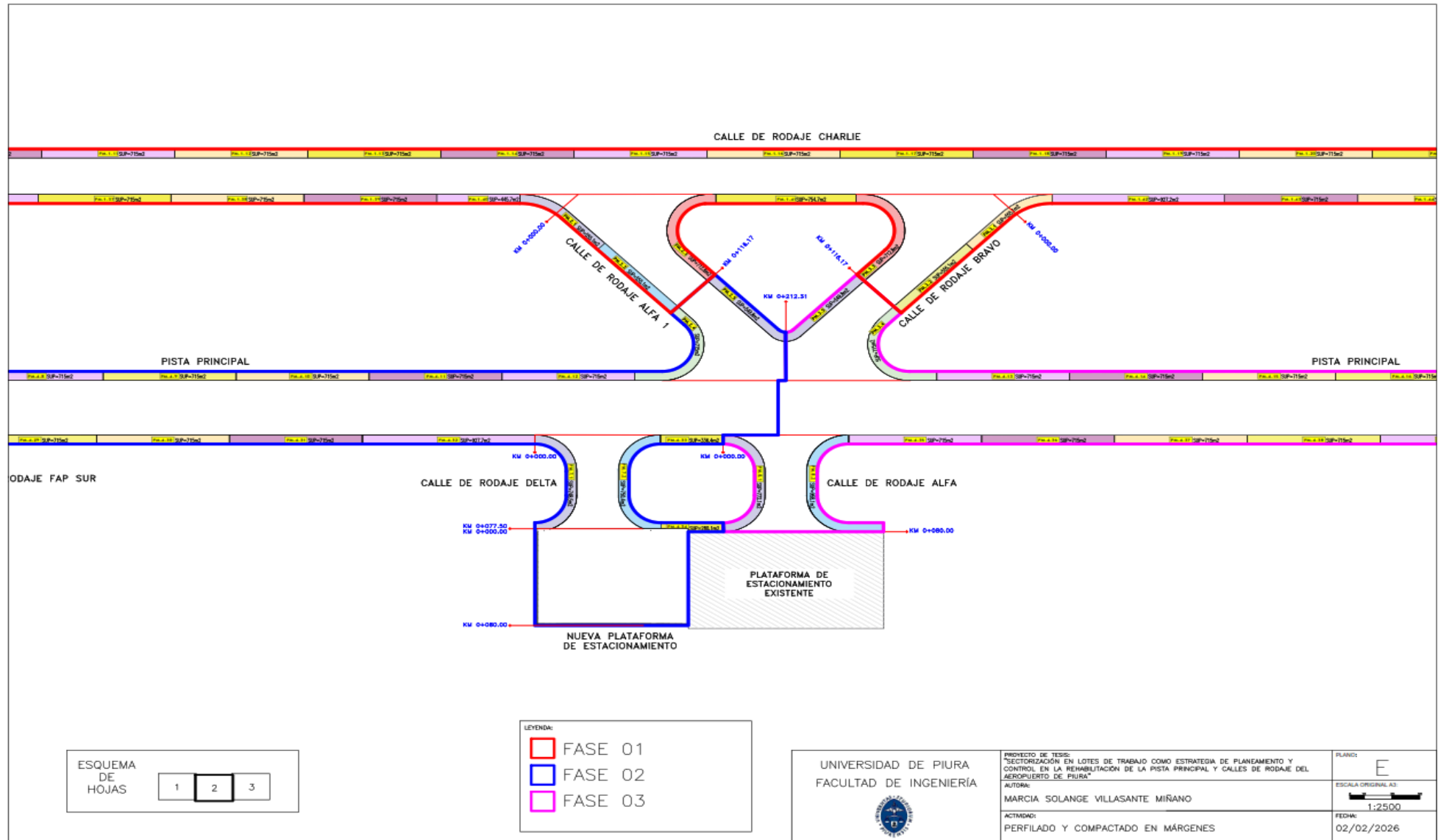
	FASE 01
	FASE 02
	FASE 03

UNIVERSIDAD DE PIURA FACULTAD DE INGENIERÍA 	PROYECTO DE TESIS: "SECTORIZACIÓN EN LOTES DE TRABAJO COMO ESTRATEGIA DE PLANEAMIENTO Y CONTROL EN LA REHABILITACIÓN DE LA PISTA PRINCIPAL Y CALLES DE RODAJE DEL AEROPUERTO DE PIURA" AUTORA:	PLANO: D ESCALA ORIGINAL A3: 1:2500
	MARCIA SOLANGE VILLASANTE MIÑANO ACTIVIDAD:	FECHA: 02/02/2026
	PERFILADO Y COMPACTADO EN PISTA	

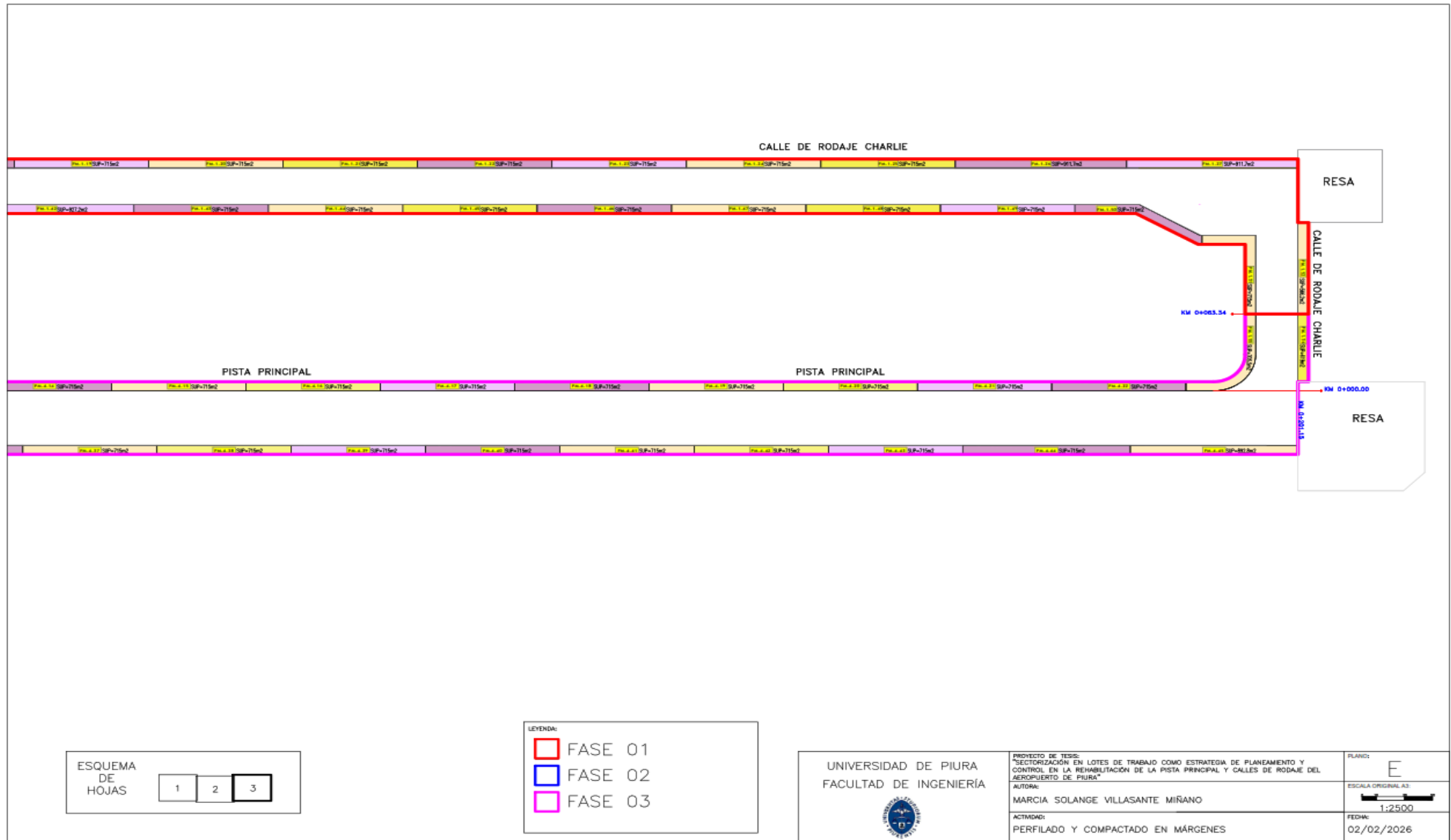
Plano E-1 Lotes de perfilado y compactado en márgenes



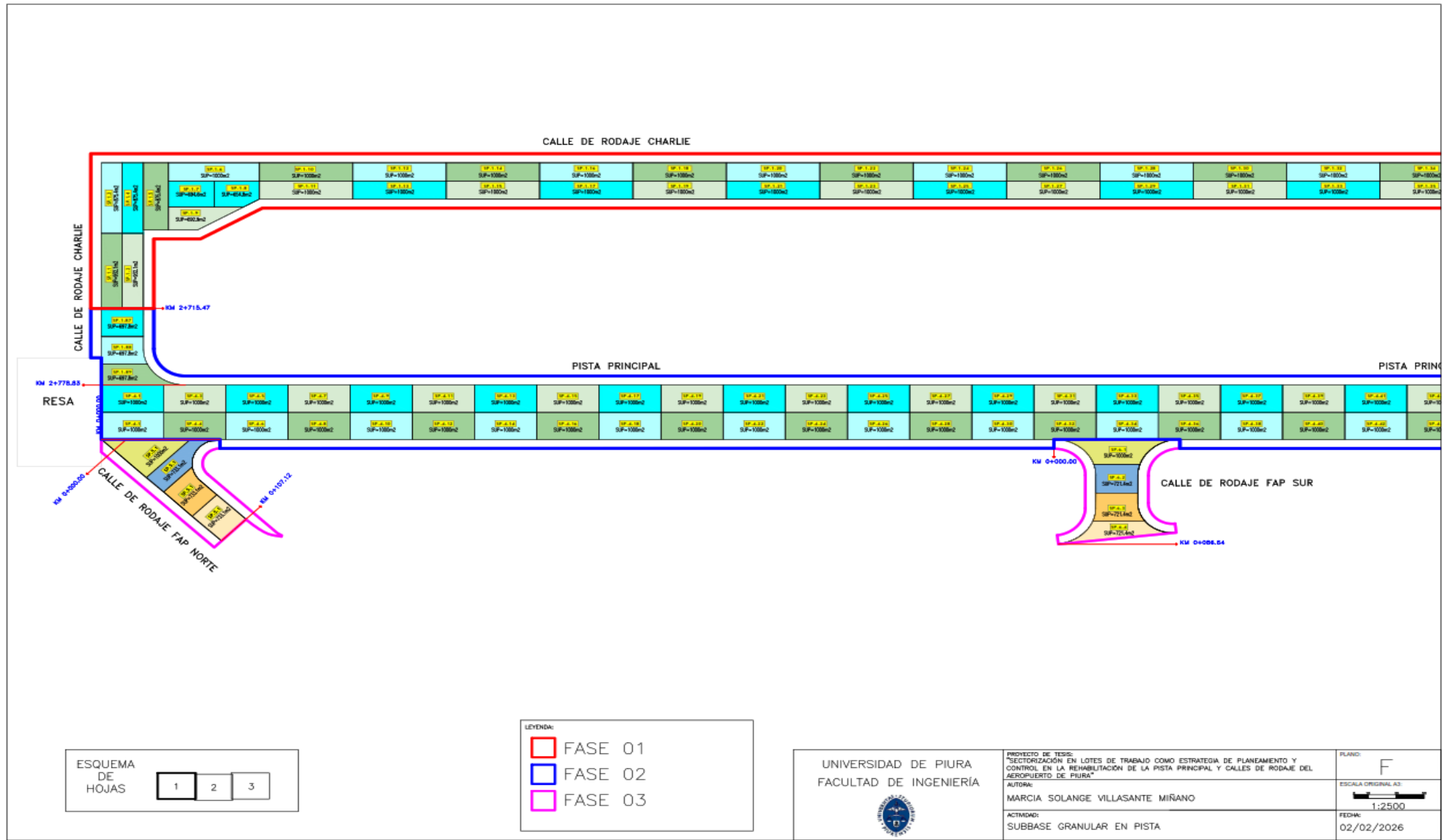
Plano E-2 Lotes de perfilado y compactado en márgenes



Plano E- 3 Lotes de perfilado y compactado en márgenes



Plano F-1 Subbase granular en pista



ESQUEMA DE HOJAS

1	2	3
---	---	---

LEYENDA:

- FASE 01
- FASE 02
- FASE 03

UNIVERSIDAD DE PIURA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



PROYECTO DE TESIS:  
"SECTORIZACIÓN EN LOTES DE TRABAJO COMO ESTRATEGIA DE PLANEAMIENTO Y CONTROL EN LA REHABILITACIÓN DE LA PISTA PRINCIPAL Y CALLES DE RODAJE DEL AEROPUERTO DE PIURA"

AUTORA:  
MARCIA SOLANGE VILLASANTE MIÑANO

ACTIVIDAD:  
SUBBASE GRANULAR EN PISTA

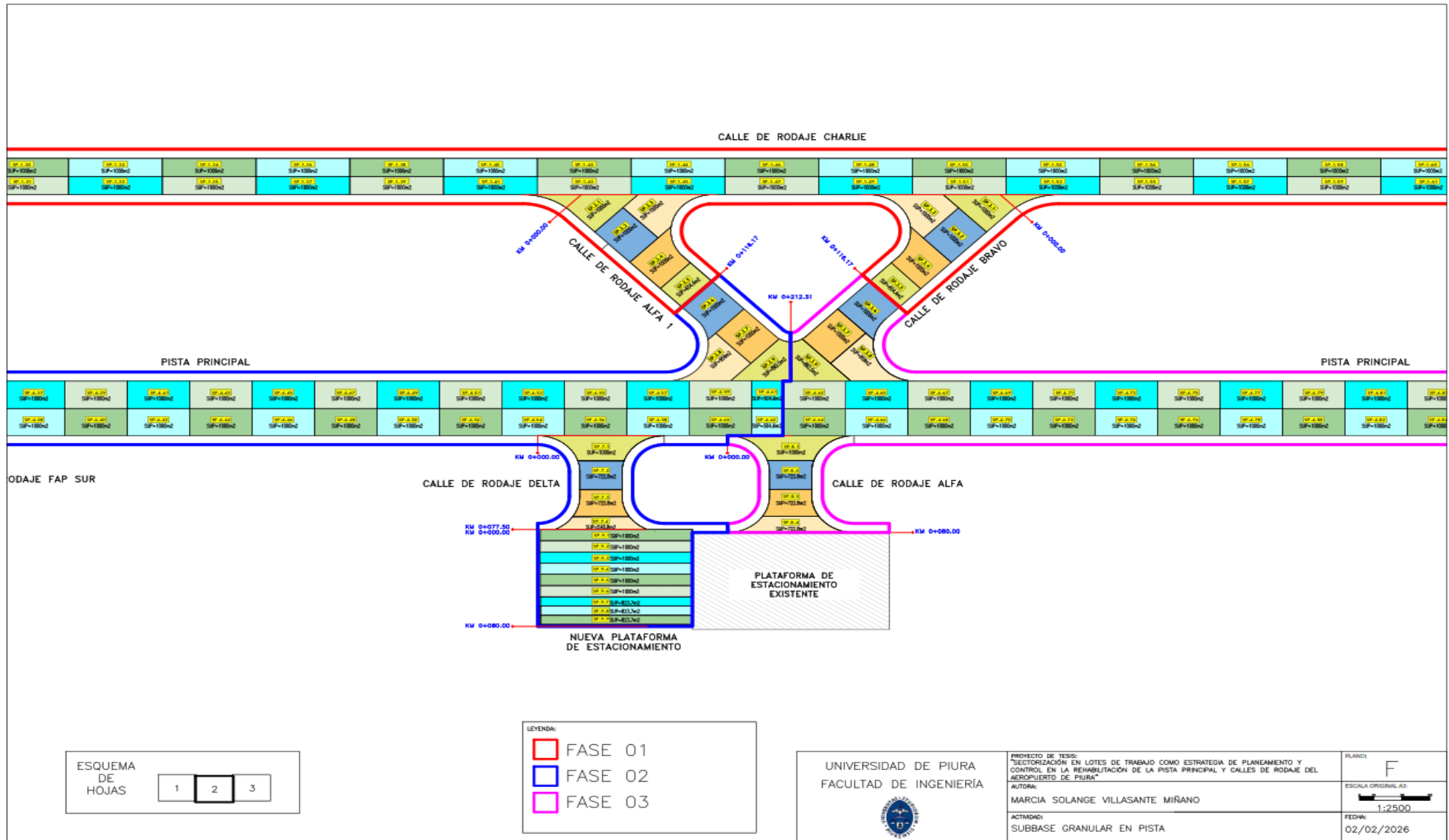
PLANO:  
F

ESCALA ORIGINAL 3/4

1:2500

FECHA:  
02/02/2026

Plano F-2 Subbase granular en pista



LEYENDA:

<span style="color: red;">■</span>	FASE 01
<span style="color: blue;">■</span>	FASE 02
<span style="color: magenta;">■</span>	FASE 03

UNIVERSIDAD DE PIURA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



PROYECTO DE TESIS:  
SECTORIZACIÓN EN LOTES DE TRABAJO COMO ESTRATEGIA DE PLANEAMIENTO Y CONTROL EN LA REHABILITACIÓN DE LA PISTA PRINCIPAL Y CALLES DE RODAJE DEL AEROPUERTO DE PIURA

AUTORA:  
MARCIA SOLANGE VILLASANTE MIÑANO

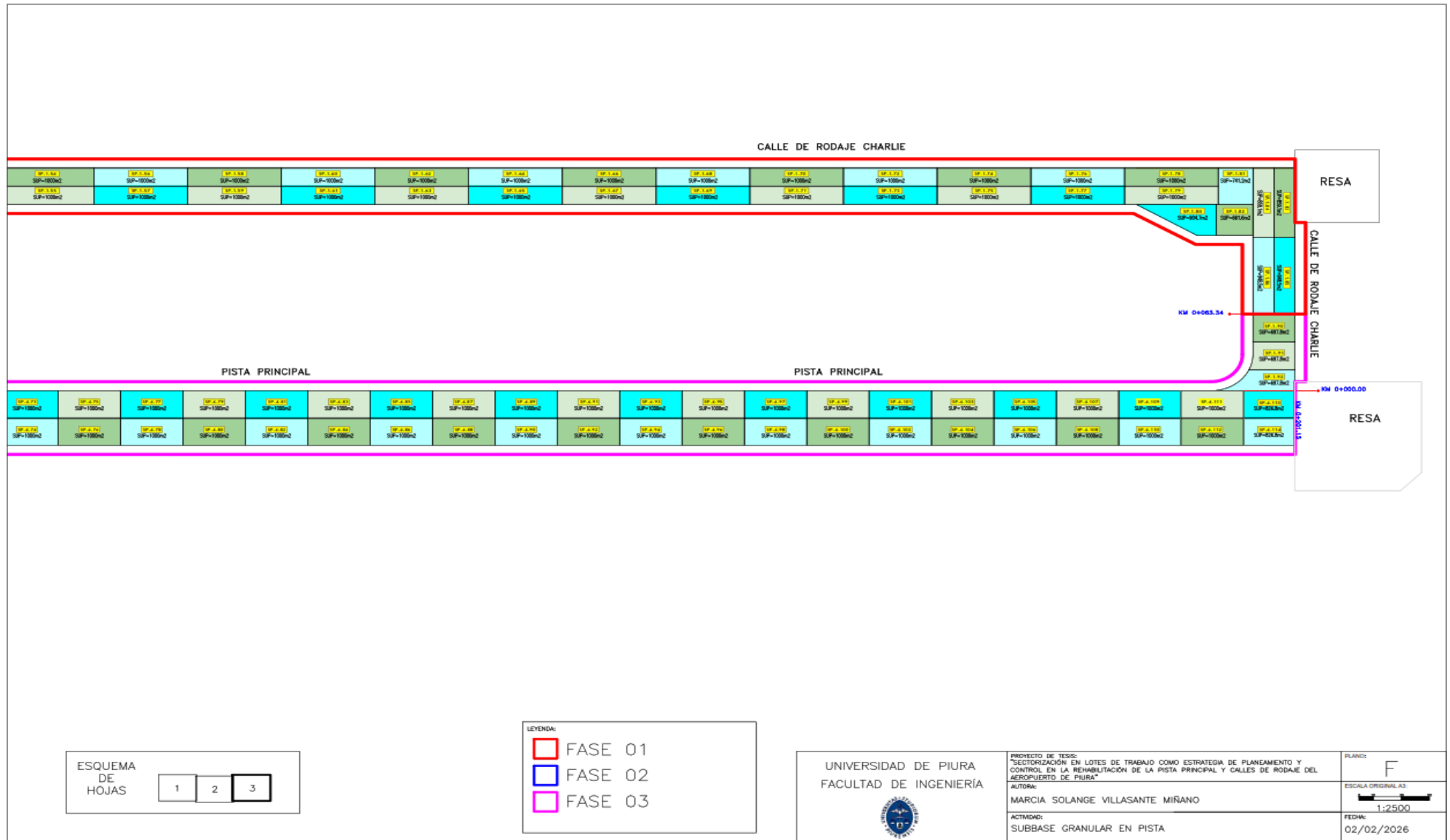
ACTIVIDAD:  
SUBBASE GRANULAR EN PISTA

PLANO:  
F

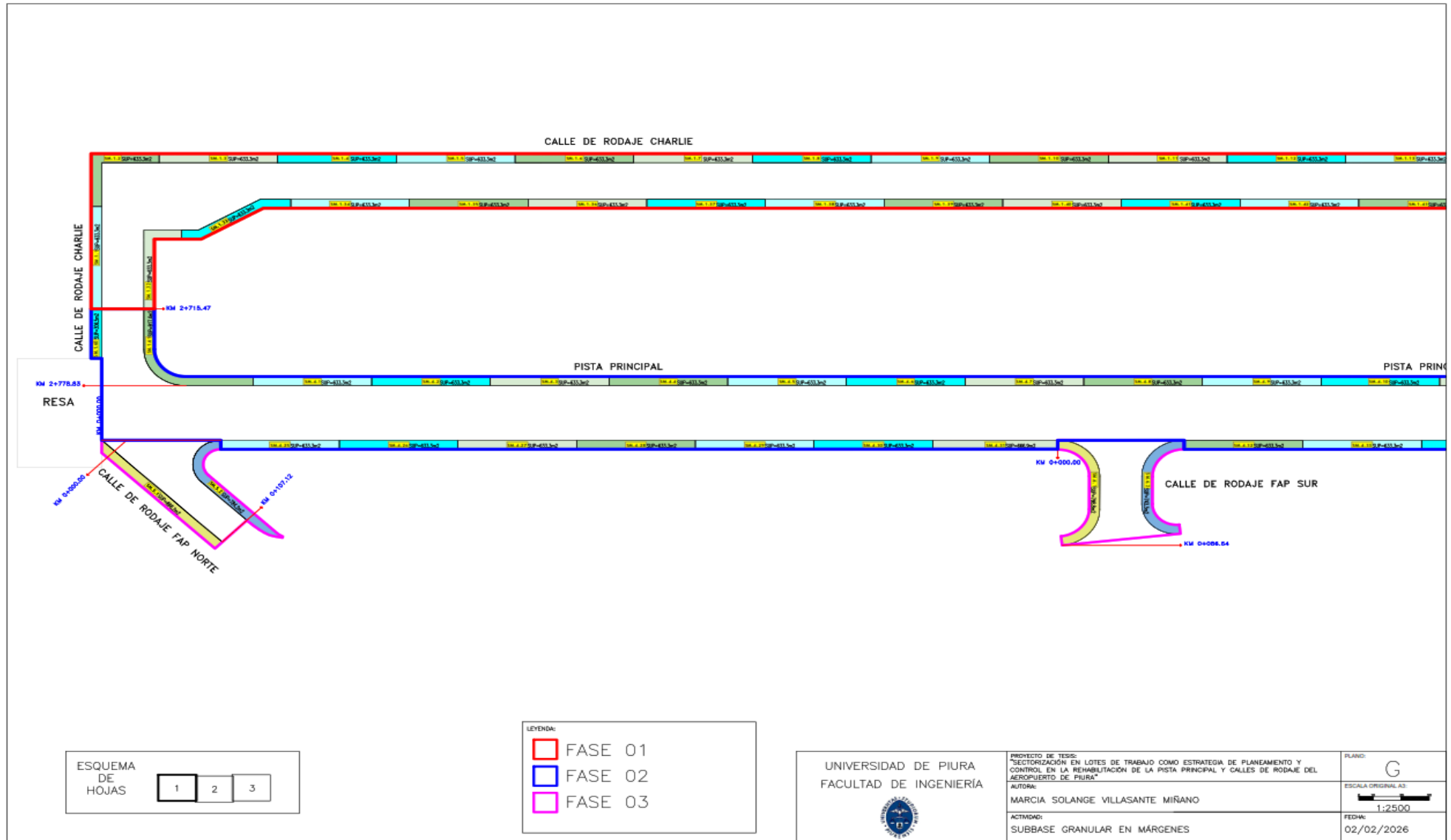
ESCALA ORIGINAL A3:  
1:2500

FECHA:  
02/02/2026

Plano F-3 Subbase granular en pista



Plano G-1 Subbase granular en márgenes



ESQUEMA DE HOJAS

1	2	3
---	---	---

LEYENDA:

<span style="color: red;">■</span>	FASE 01
<span style="color: blue;">■</span>	FASE 02
<span style="color: magenta;">■</span>	FASE 03

UNIVERSIDAD DE PIURA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



PROYECTO DE TESIS:  
"SECTORIZACIÓN EN LOTES DE TRABAJO COMO ESTRATEGIA DE PLANEAMIENTO Y CONTROL EN LA REHABILITACIÓN DE LA PISTA PRINCIPAL Y CALLES DE RODAJE DEL AEROPUERTO DE PIURA"

AUTORA:  
MARCIA SOLANGE VILLASANTE MIÑANO

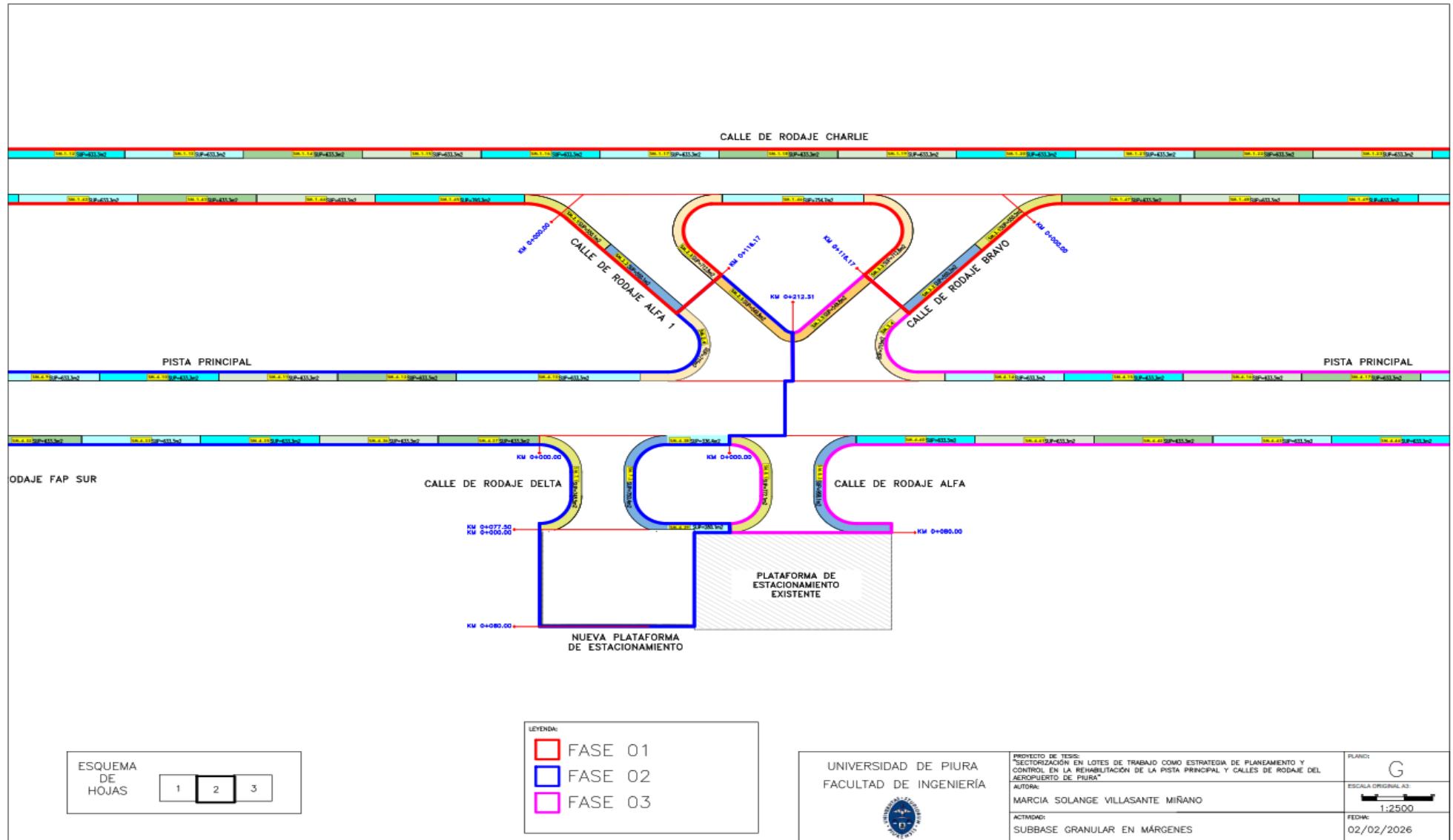
ACTIVIDAD:  
SUBBASE GRANULAR EN MÁRGENES

PLANO:  
G

ESCALA ORIGINAL A3:  
1:2500

FECHA:  
02/02/2026

Plano G-2 Subbase granular en márgenes



LEYENDA:

<span style="color: red;">■</span>	FASE 01
<span style="color: blue;">■</span>	FASE 02
<span style="color: magenta;">■</span>	FASE 03

UNIVERSIDAD DE PIURA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



PROYECTO DE TESIS:  
"SECTORIZACIÓN EN LOTES DE TRABAJO COMO ESTRATEGIA DE PLANEAMIENTO Y CONTROL EN LA REHABILITACIÓN DE LA PISTA PRINCIPAL Y CALLES DE RODAJE DEL AEROPUERTO DE PIURA"

AUTORA:  
MARCIA SOLANGE VILLASANTE MIÑANO

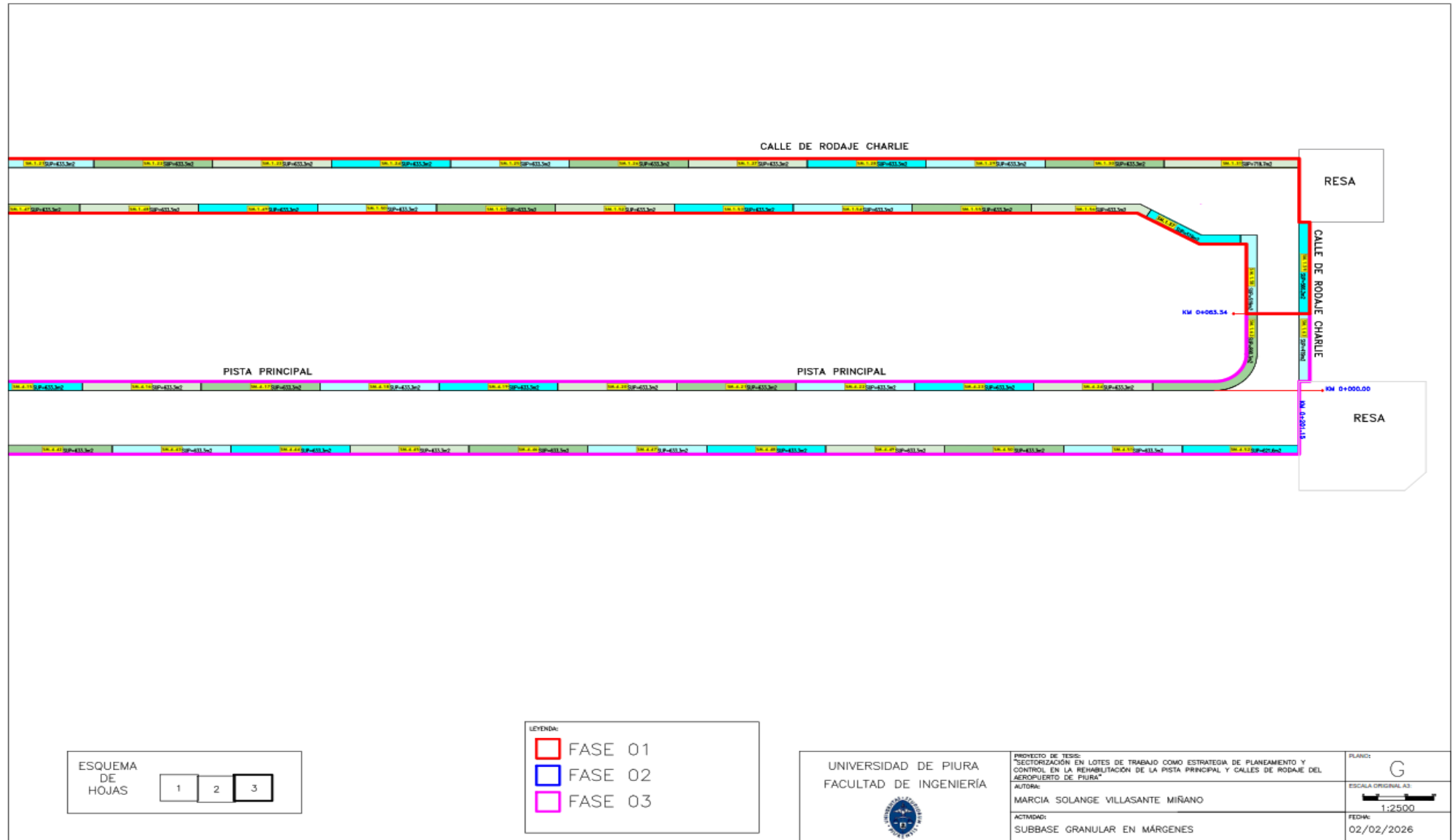
ACTIVIDAD:  
SUBBASE GRANULAR EN MÁRGENES

PLANO:  
G

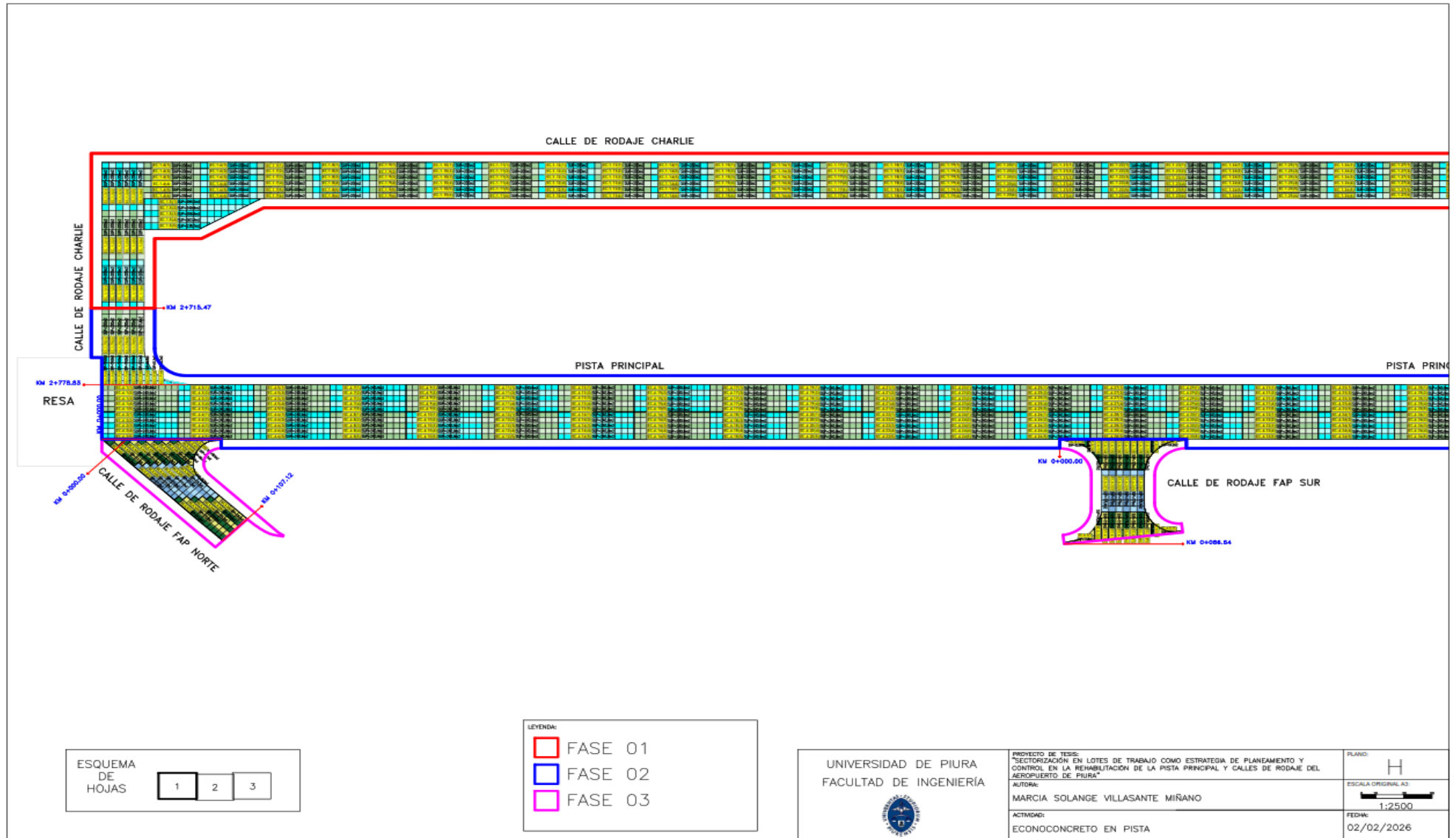
ESCALA ORIGINAL A3:  
1:2500

FECHA:  
02/02/2026

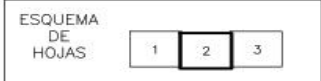
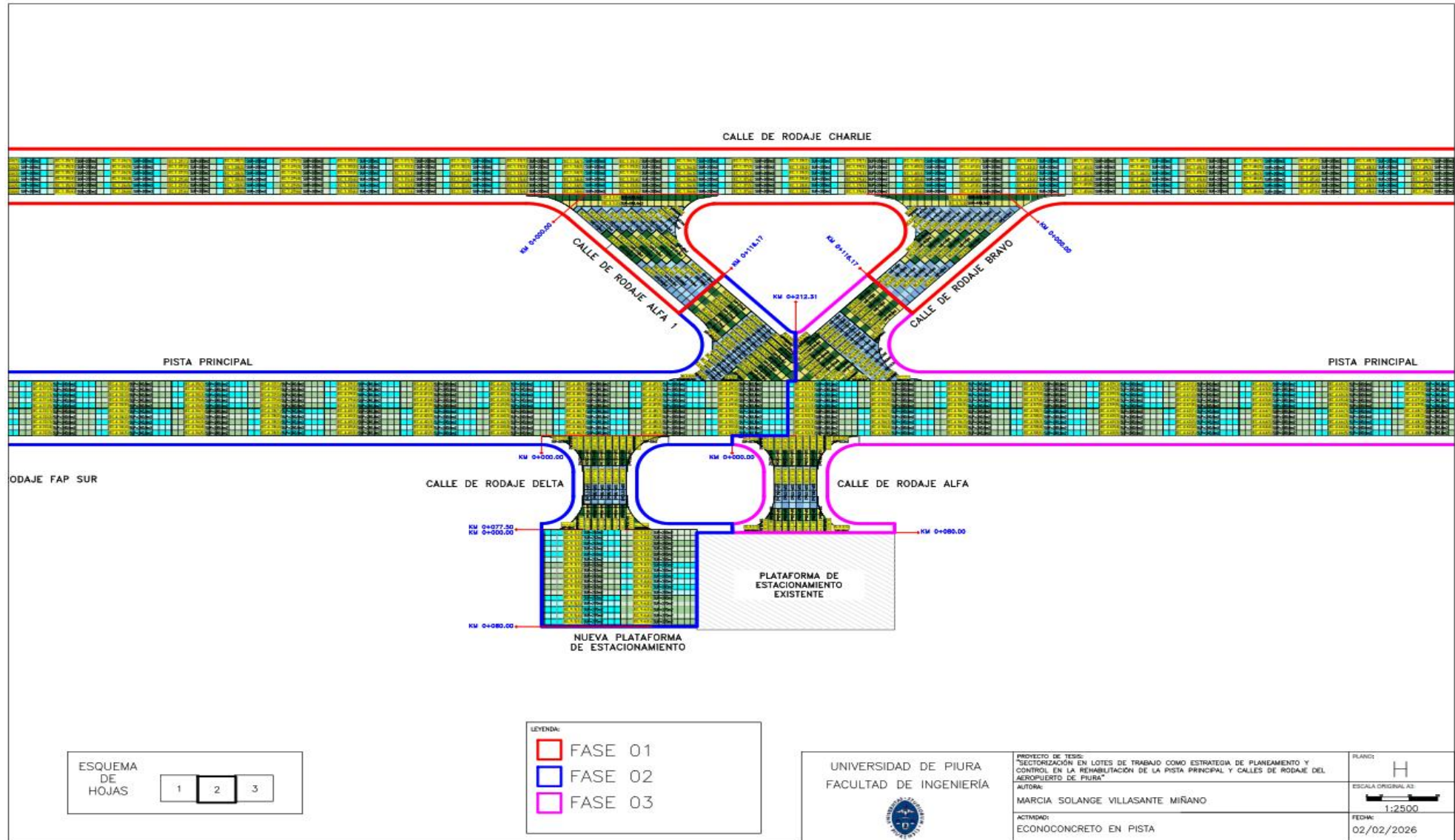
Plano G-3 Subbase granular en márgenes



Plano H-1 Lotes de econocreto en pista



Plano H-2 Lotes de econocreto en pista



LEYENDA:

<span style="color: red;">■</span>	FASE 01
<span style="color: blue;">■</span>	FASE 02
<span style="color: magenta;">■</span>	FASE 03

UNIVERSIDAD DE PIURA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



PROYECTO DE TESIS:  
"SECTORIZACIÓN EN LOTES DE TRABAJO COMO ESTRATEGIA DE PLANEAMIENTO Y CONTROL EN LA REHABILITACIÓN DE LA PISTA PRINCIPAL Y CALLES DE RODAJE DEL AEROPUERTO DE PIURA"

AUTORA:  
MARCIA SOLANGE VILLASANTE MIÑANO

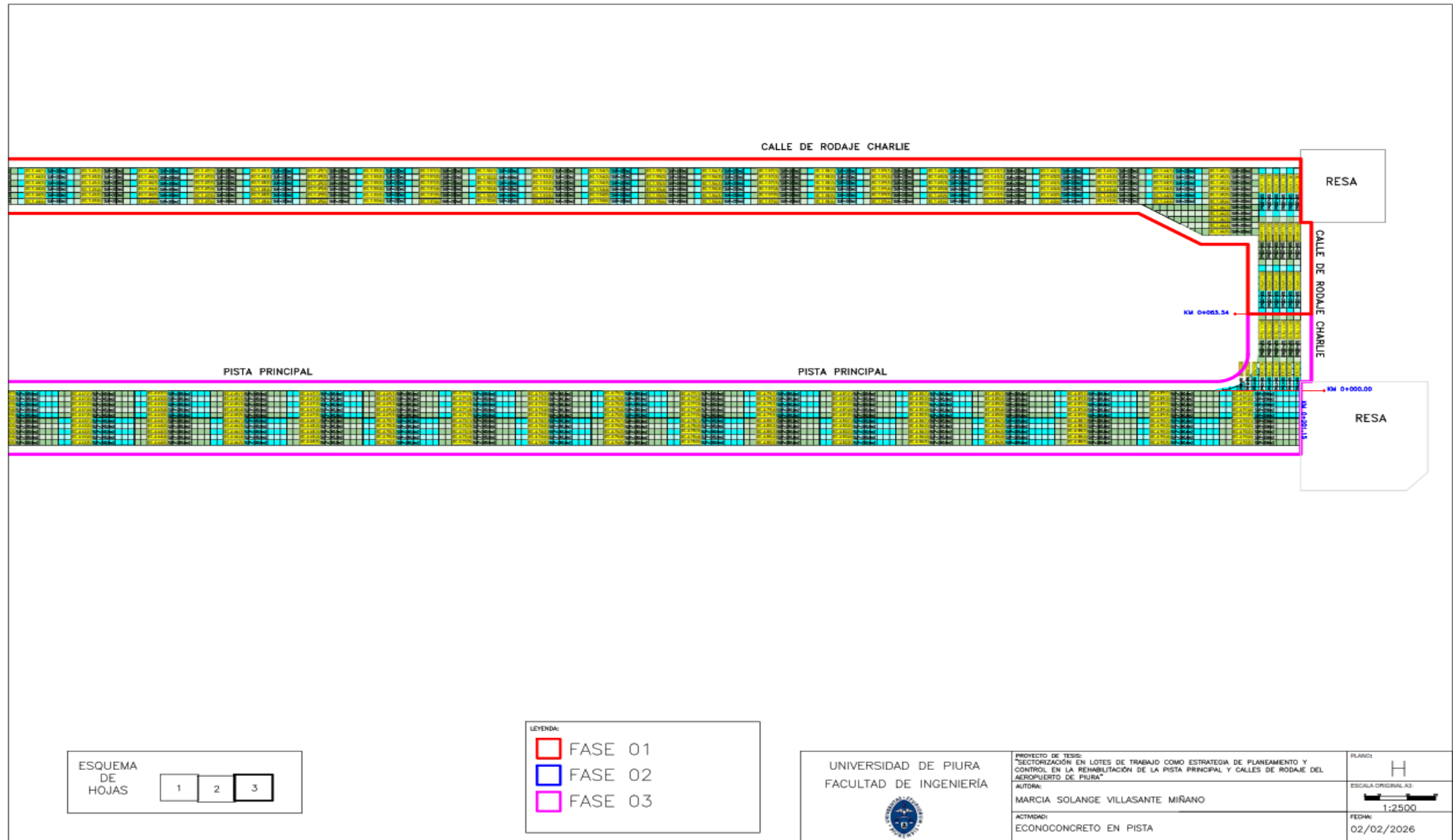
ACTIVIDAD:  
ECONOCRETO EN PISTA

PLANO:  
H

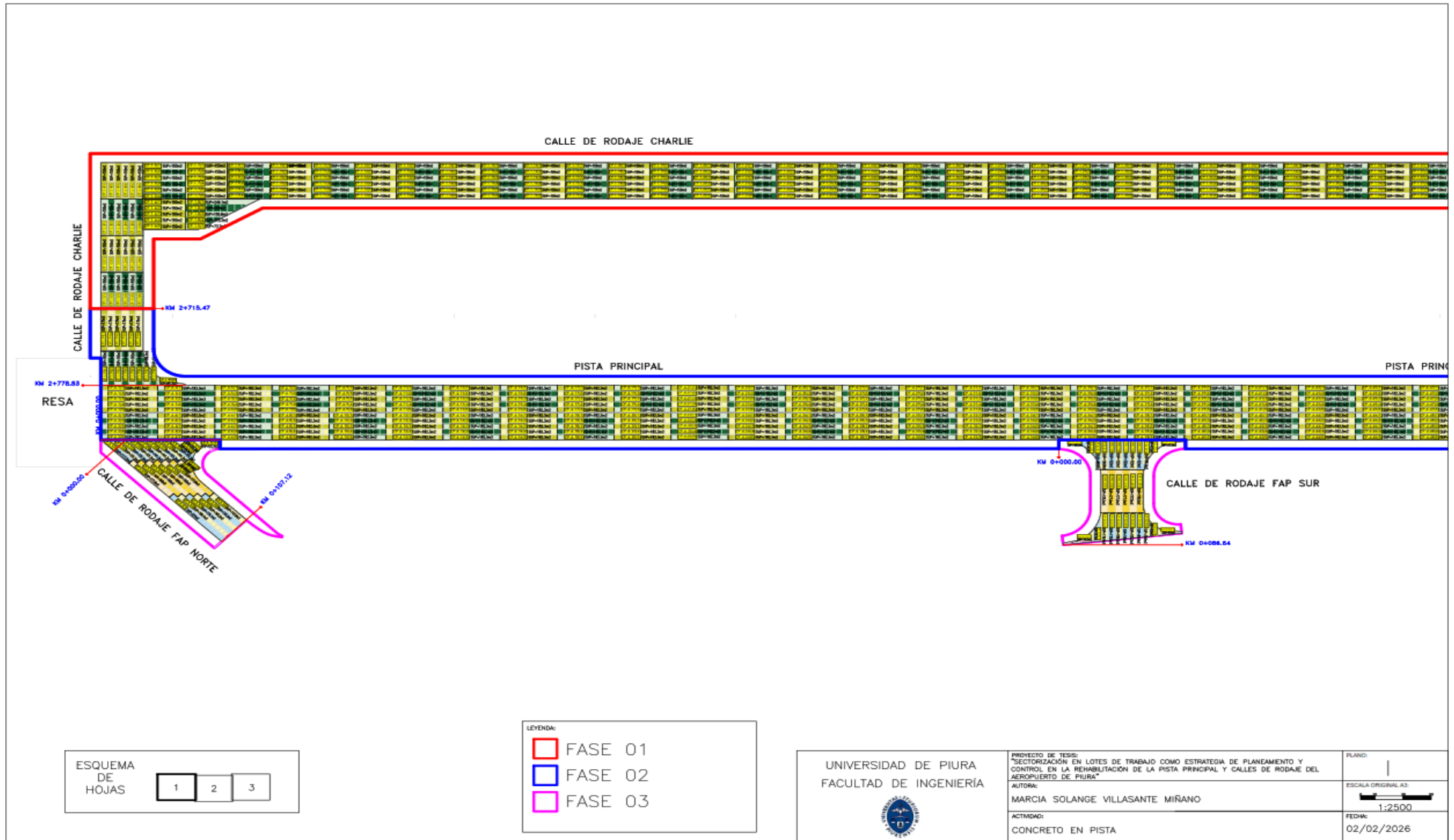
ESCALA ORIGINAL A3:  
1:2500

FEDIA:  
02/02/2026

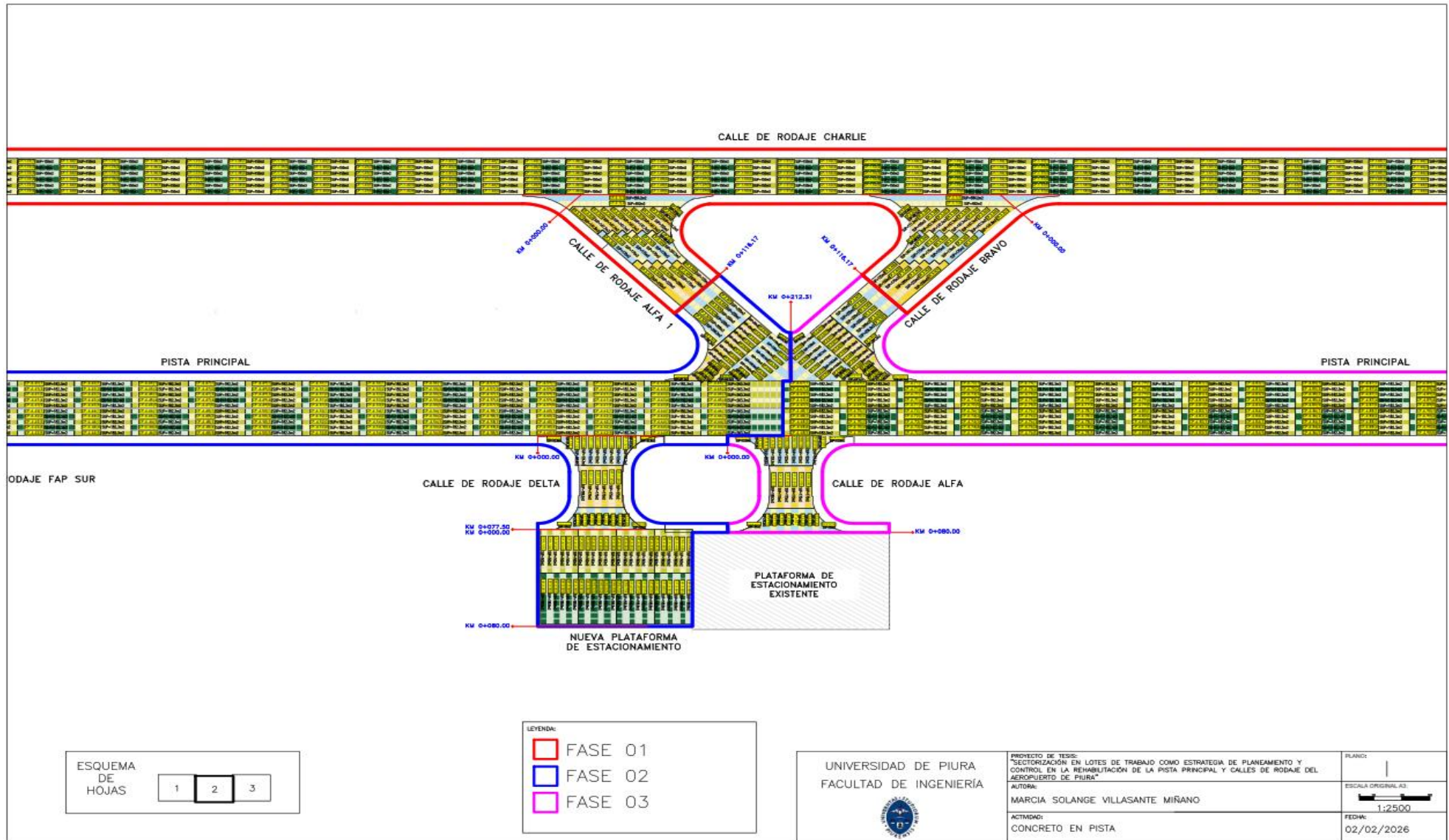
Plano H-3 Lotes de econocreto en pista



Plano I-1 Lotes de concreto en pista



Plano I-2 Lotes de concreto en pista




Plano I-3 Lotes de concreto en pista

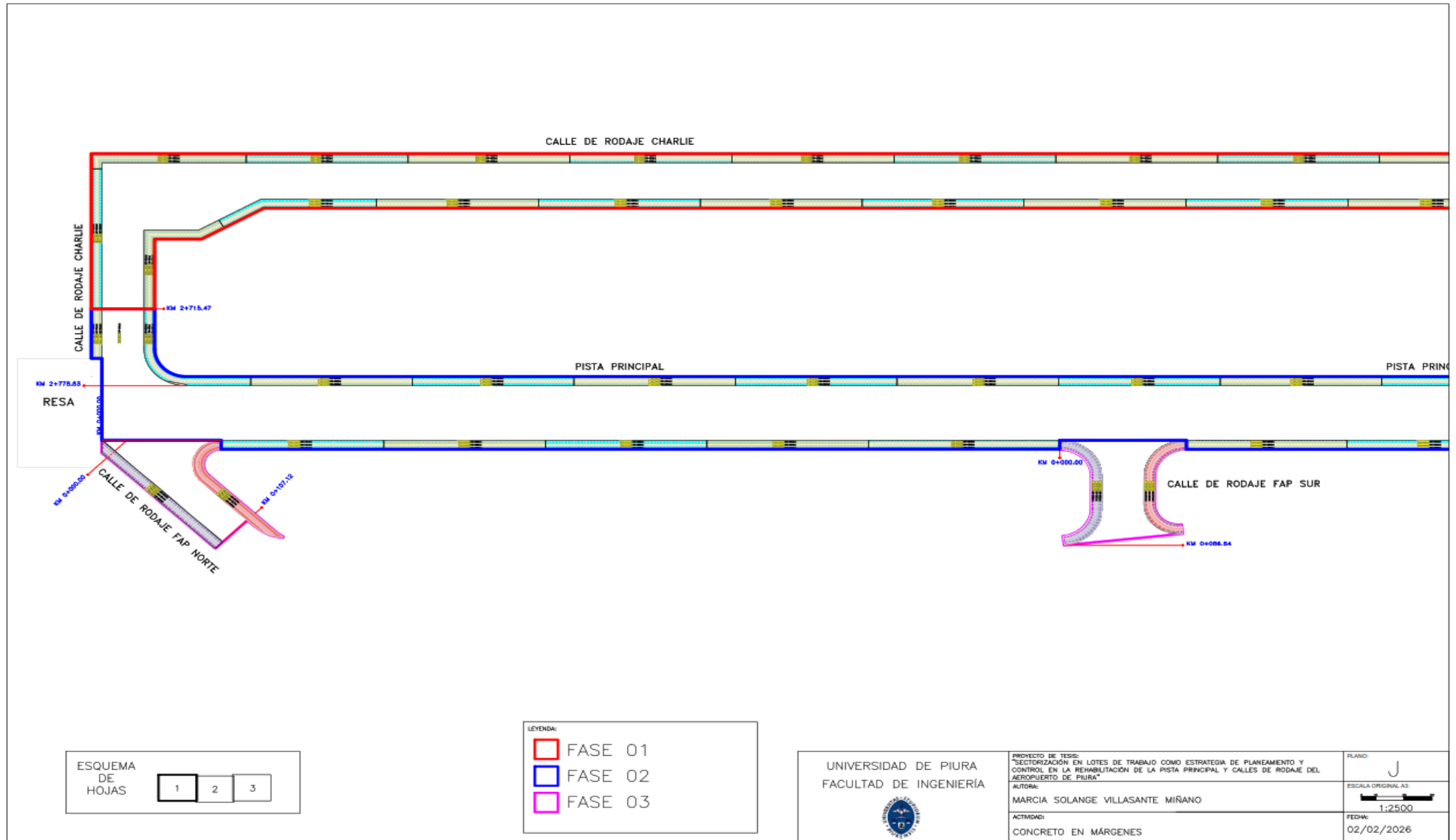


LEYENDA:

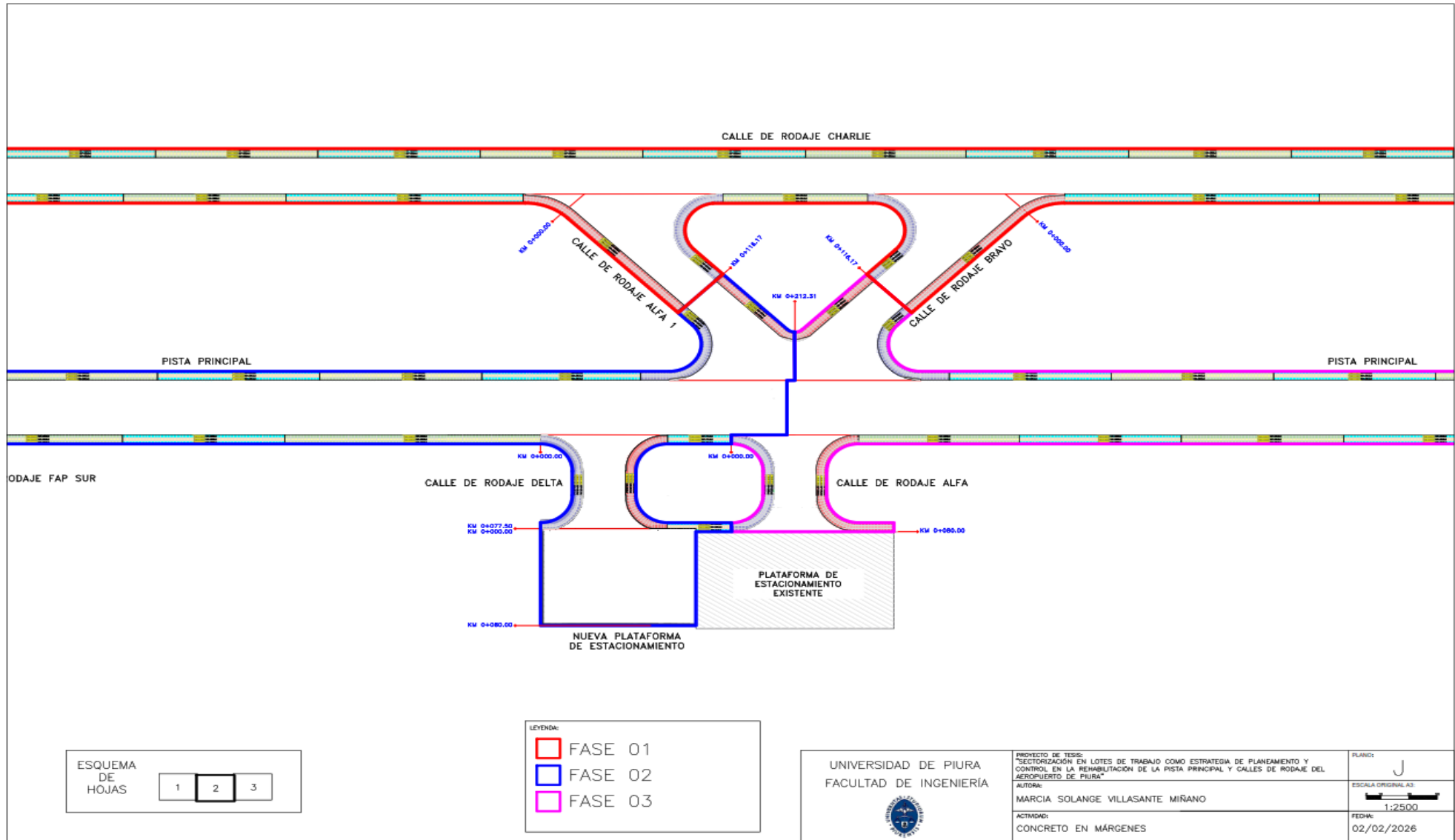
	FASE 01
	FASE 02
	FASE 03

UNIVERSIDAD DE PIURA FACULTAD DE INGENIERÍA 	PROYECTO DE TESIS: "SECTORIZACIÓN EN LOTES DE TRABAJO COMO ESTRATEGIA DE PLANEAMIENTO Y CONTROL EN LA REHABILITACIÓN DE LA PISTA PRINCIPAL Y CALLES DE RODAJE DEL AEROPUERTO DE PIURA" AUTORA:	PLANO: ESCALA ORIGINAL A3:
	ACTIVIDAD: CONCRETO EN PISTA	AUTORA: MARCIA SOLANGE VILLASANTE MIÑANO FECHA: 02/02/2026

Plano J-1 Lotes de concreto en márgenes



Plano J-2 Lotes de concreto en márgenes



LEYENDA:

	FASE 01
	FASE 02
	FASE 03

UNIVERSIDAD DE PIURA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



PROYECTO DE TESIS:  
"SECTORIZACIÓN EN LOTES DE TRABAJO COMO ESTRATEGIA DE PLANEAMIENTO Y CONTROL EN LA REHABILITACIÓN DE LA PISTA PRINCIPAL Y CALLES DE RODAJE DEL AEROPUERTO DE PIURA"

AUTORA:  
MARCIA SOLANGE VILLASANTE MIÑANO

ACTIVIDAD:  
CONCRETO EN MÁRGENES

PLANO:  
J

ESCALA ORIGINAL A3:  
1:2500

FECHA:  
02/02/2026

Plano J-3 Lotes de concreto en márgenes

