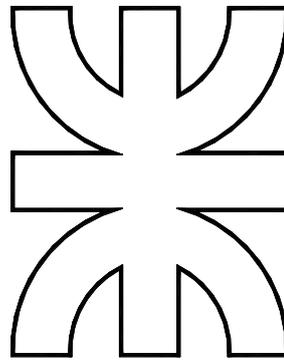


UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
Facultad Regional La Plata



Alumno: Irvin Quispe Sallo

Septiembre 2019

INDICE

1.	INTRODUCCIÓN	3
2.	UBICACIÓN Y DIMENSIONES DEL PREDIO	4
3.	AERONAVES DE DISEÑO	8
3.1.	Aeronaves que operan actualmente en el AIVA	14
3.2.	Aeronaves comerciales que operan actualmente en el AIVA	14
3.3.	Aeronaves no civiles que operan en el AIVA	15
3.4.	Aeronaves comerciales que podrían operar en el Aeropuerto de Chinchero	16
3.5.	Aeronaves de diseño	16
3.6.	Aeronave de diseño para el cálculo de pavimentos.....	18
4.	DATOS ESTADISTICOS DE CLIMATOLOGIA.....	19
4.1.	Introducción.....	19
4.2.	Conclusiones sobre el estudio de la meteorología aeronáutica en Chinchero.....	19
5.	DATOS ESTADISTICOS DE CLIMATOLOGÍA.....	23
6.	DISEÑO GEOMETRICO DEL ÁREA DE MANIOBRAS	25
6.1.	Clave de referencia de aeródromo.....	25
6.2.	Pista de vuelos	26
6.2.1	Orientación de la pista de aterrizaje.....	26
6.2.2	Longitud de pista	28
6.2.3	Distancias declaradas.....	30
6.2.4	Ubicación.....	31
6.2.5	Ancho de pista y áreas de seguridad.....	32
6.2.6	Perfiles de la pista y de las áreas de seguridad de la pista	33
6.3.	Ubicación y utilización del sistema de calles de rodaje	35
6.3.1	Ubicación y utilización de las calles.....	36
6.4.	Diseño geométrico de las calles de rodaje	39
6.4.1	Características generales.....	39
6.4.2	Virajes en calles de rodaje	41
6.4.3	Perfiles de las calles de rodaje	43
6.5.	Apartaderos de espera	44
7.	DISEÑO GEOMETRICO DE LA PLATAFORMA DE ESTACIONAMIENTO	47
	Diseño geométrico de los puestos de estacionamiento.....	47
8.	ESTUDIO DE SUELOS EN ZONA DE EMPLAZAMIENTO DEL AEROPUERTO	50
8.1.	Ensayos estándar:.....	50
8.2.	Capacidad portante de los materiales.....	51
9.	PAQUETE ESTRUCTURAL DE LA PISTA DE ATERRIZAJE	53
9.1.	Cálculo de pavimentos	53
9.2.	Parámetros de diseño de los pavimentos.....	53
9.3.	Tipos de pavimentos	53
	Figura 1. Vista en planta de las diferentes secciones de pavimentos propuestas.....	54
9.4.	Obtención de los parámetros de diseño.....	54
9.4.1	CBR del terreno de fundación	55
9.4.2	Módulo de reacción k	55
9.5.	Movimientos previstos por aeronave	55
9.6.	Especificaciones de las aeronaves.....	59
9.7.	Pavimento flexible	59
9.8.	Diseño de la mezcla asfáltica	66
9.9.	Pavimento rígido 1	68
9.10.	Pavimento rígido 2	75
9.11.	Método constructivo para pavimentos rígidos	78
10.	SEÑALIZACIÓN DE LA PISTA DE ATERRIZAJE Y CALLES DE RODAJE	84
10.1.	Balizamiento del área de movimiento.....	84
10.2.	Torres de iluminación de plataforma	86
10.3.	Señalización horizontal del área de movimiento.....	86
10.4.	Señalización vertical del área de movimiento.....	88
11.	MOVIMIENTO DE SUELOS	90

12.	DIAGRAMA DE ÁREAS	96
13.	DIAGRAMA DE BRUCKNER.....	97
14.	CONTACTOS	98
15.	BIBLIOGRAFÍA	99
➤	“MANUAL DE PROYECTO DE AERÓDROMOS”. Organización de Aviación Civil Internacional (OACI). Segunda edición 1984.	99
➤	“ADMINISTRACIÓN FEDERAL DE AVIACIÓN” Bibliografía sobre diseño de aeropuertos	99

1. INTRODUCCIÓN

El objetivo del proyecto del Aeropuerto de Chinchero - Cusco (ACC), nace con el propósito de mejorar la capacidad de la infraestructura aeroportuaria en la Región del Cusco, debido a que el Aeropuerto Internacional Alejandro Velasco Astete (AIVA) se encuentra levemente colapsada debido al gran crecimiento inesperado del tráfico. Por ello, la demanda del tráfico aéreo en la región del cusco comienza a decaer notablemente y se reduce el nivel de servicio en el aeropuerto.

Según los registros estadísticos en el año 2012 el AIVA tuvo más de 1.9 millones de pasajeros (Mpax), y durante los últimos 10 años (2003-2012) presenta una tasa de crecimiento media anual del 11.6%. La principal ruta del AIVA es Lima aunque también hay rutas domésticas con Puerto Maldonado, Juliaca y Arequipa, a su vez hay conexiones internacionales de menor frecuencia de vuelos con La Paz (Bolivia). Por tanto, el AIVA podría llegar a tener una capacidad práctica cercana a los 4.0 Mpax, gracias a las diferentes ampliaciones y reformas que deberían estar listas en el 2020. A partir del año 2023 aproximadamente, el AIVA comenzaría a estar totalmente saturado y por tanto la demanda del tráfico aéreo comenzaría a decaer notablemente, disminuyendo el nivel de servicio.

La solución a la demanda del tráfico aéreo, se daría con la construcción del aeropuerto de Chinchero. Se proyecta construir con una capacidad de 5.0 Mpax, lo que permitiría dar respuesta a la demanda de tráfico hasta el año 2025 según las proyecciones de demanda previstas por las consultoras.

En consecuencia, las actuales condiciones del AIVA le impiden cumplir con los niveles de servicio requeridos, de acuerdo a las normas y recomendaciones de la OACI. Por ello se viene proponiendo la ejecución del Proyecto aeroportuario en la Región del Cusco mediante el nuevo Aeropuerto en Chinchero – Cusco (ACC).

Debido a la envergadura del proyecto del ACC, en este trabajo se abordará superficialmente la parte del diseño geométrico y se centrará específicamente en el diseño estructural de la pista de aterrizaje, calles de rodaje, plataformas de estacionamiento y hangares de mantenimiento.

2. UBICACIÓN Y DIMENSIONES DEL PREDIO

El nuevo Aeropuerto Internacional de Chinchero – Cusco (AICC) estaría ubicado en el Distrito de Chinchero, que se encuentra situado en la Provincia de Urubamba, Departamento del Cusco, a 29 km al Noreste de la ciudad del cusco y a 30 km al extremo Este de la ciudad de Urubamba.

El centro poblado urbano de chinchero se encuentra a una altitud de 3.750 msnm., entre las coordenadas latitud 13°24'30" Sur y longitud 72°04'15" Oeste.

El distrito de chinchero es una zona agrícola, arqueológica, turística y textil, que tiene una población de 9673 habitantes y una superficie de 94,57 km². Dicho distrito forma parte del denominado valle sagrado de los incas (Pisac, Ollantaytambo, Maras, Moray y Chinchero) que es el mayor atractivo turístico de la región del Cusco.

El distrito de Chinchero limita por:

- Norte: Distrito de Huayllabamba
- Sur: Distrito de Cachimayo
- Este: distritos de Cusco, Coya y Calca
- Oeste: Distritos de Anta y Maras

El nuevo aeropuerto de chinchero cubrirá una superficie de 357 hectáreas, las cuales estará conformado por:

- Terminal de pasajeros
- Pista de vuelos
- Calles de rodaje
- Plataforma de estacionamiento de aeronaves
- Plataforma de aviación general
- Hangares de mantenimiento



Figura 1: Ubicación del Departamento de Cusco



Figura 2: Ubicación de la Provincia de Urubamba

Chinchero está ubicado entre la ciudad del Cusco y el valle sagrado de los Incas.



Figura 3: Circuito del Valle Sagrado de los Incas.



Figura 4: Distritos de la Provincia de Urubamba.

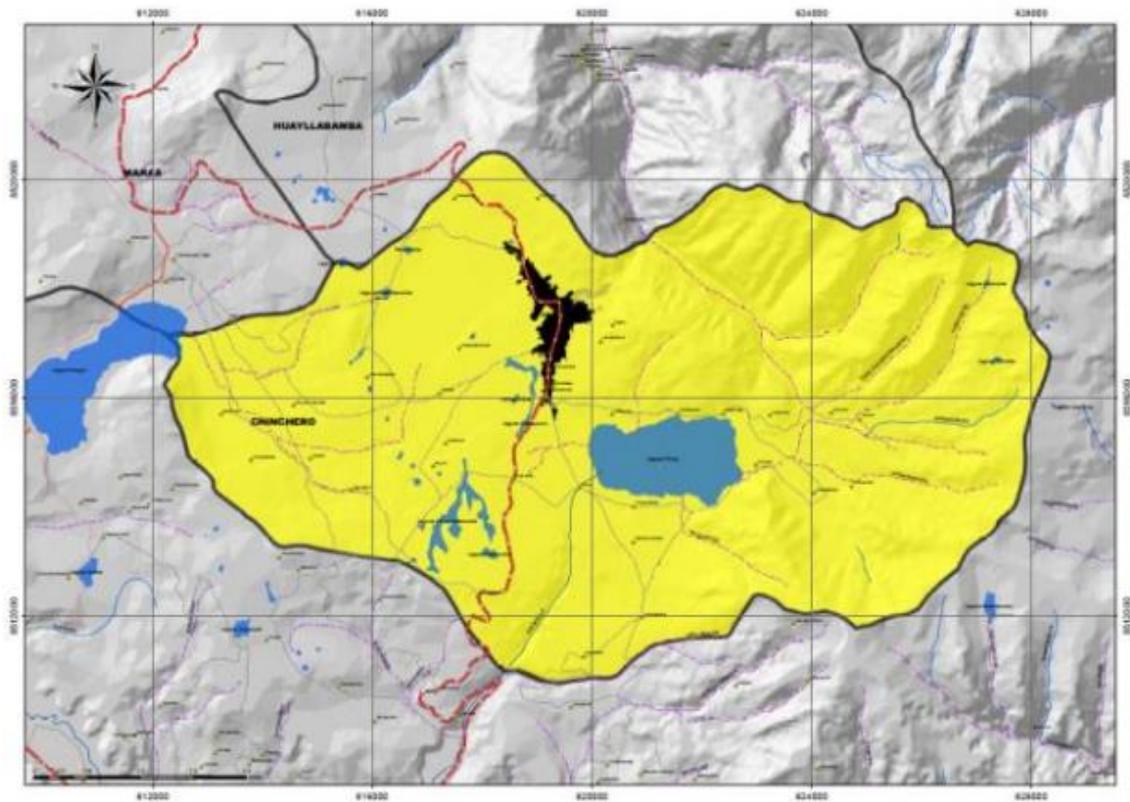


Figura 5: Distrito de Chinchero

Medios de transporte desde y hacia el nuevo aeropuerto:

- Buses : Empresa de transportes Urubamba, cubre la ruta Urubamba, Maras, chinchero, Cachimayo, poroy y Cusco.
- Taxis: Operan diversas empresas que cubren las rutas de Chinchero - Cusco y Chinchero - Urubamba

Telefonía:

- Teléfonos públicos : Si
- Cabinas en locutorios : Si
- Internet: Si

3. AERONAVES DE DISEÑO

Haremos un recorrido sobre la Historia de la Aviación Comercial Internacional.

Los aviones comerciales son aquellos aeroplanos de propiedad privada que ofrecen un servicio programado a los pasajeros y a los expedidores de cargamento. La mayoría de los aviones comerciales son más grandes que los aviones generales y están diseñados especialmente para llevar pasajeros y/o cargamento de un lugar a otro siguiendo un horario regular.

Hoy en día casi todos en el mundo han visto o han utilizado los servicios de aviones comerciales. El público utiliza estos aeroplanos para viajar rápidamente con una variedad de propósitos que van desde negocios hasta ir de vacaciones. Las compañías de negocios también utilizan los aeroplanos comerciales para enviar sus productos alrededor del mundo. Hay miles de aeropuertos alrededor del mundo y decenas de miles de aviones comerciales en servicio. De hecho, la industria comercial de aerolíneas ha crecido de una industria de unos cuantos aviones a una industria multimillonaria en menos de 90 años.

La aviación comercial data de 1910 y se ha desarrollado a través de los años empezando con las "primitivas" (simples) máquinas, hasta llegar a los modernos aviones supersónicos de hoy.

El primer servicio regular de una nave aérea de pasajeros comenzó el 22 de junio de 1910. En este día la compañía Delag manejó un servicio interurbano (de ciudad a ciudad) en Alemania. En 1914 la línea Airboat servía la ruta St. Petersburg-Tampa (Florida) en los Estados Unidos. En Rusia, el Il'ya Muromets voló de St. Petersburg (Rusia) a Kiev y de regreso para demostrar la eficacia (utilidad) de un aeroplano (multimotor) de transporte.

El transportar pasajeros pronto se convirtió en un acontecimiento cotidiano; el vuelo nocturno, el vuelo del hidroavión, el despegue y aterrizaje, el vuelo interurbano, el correo aéreo, el paracaidismo, y la creación (el comienzo) de las fuerzas aéreas nacionales todo comenzó entre 1910 - 1914. La capacidad de los aeroplanos para llevar cargamento fue la principal fuerza impulsora en el desarrollo de los aviones comerciales durante este periodo.

Para 1918, la oficina postal de Estados Unidos había establecido un servicio de correo aéreo entre Nueva York y Washington. Para 1920, este mismo servicio se extendió ¡de Nueva York a California! En 1919 el primer servicio diario, sostenido y programado de transporte aéreo de pasajeros comenzó en Alemania. La aerolínea Deutsche Luftreederei era la proveedora de este servicio en ciudades alemanas. Francia pronto

hizo lo propio comenzando el primer servicio aéreo internacional con una ruta que conectaba a París con Bruselas. El 25 de agosto de 1919, la compañía británica Aircraft Transport and Travel Ltd estableció nuevos estándares de puntualidad y de regularidad con el primer vuelo diario programado entre París y Londres.

En 1925 la Oficina de Correos comenzó a usar contratistas privados para su servicio de correo aéreo. Al principio, 12 líneas aéreas comenzaron a transportar el correo. Más adelante, estas 12 se combinaron para formar lo que se llamaba "The Big Four" (Las Cuatro Grandes): American, Eastern, United y Trans World Airlines (TWA). En los años 30 Pan American Airways comenzó servicio aéreo internacional usando los "barcos voladores" el Boeing 314 Clipper fue el más popular. Éstos eran aviones diseñados para despegar y acuatizar en superficies grandes de agua. Pan American pronto se convirtió en el líder en servicio aéreo internacional. Para 1939, Pan American volaba a través de los océanos Atlántico y Pacífico transportando correo y pasajeros.

Al principio, el transporte del correo era la fuerza impulsora del transporte aéreo comercial. Pero, el área de transporte de pasajeros pronto fue la principal causa del progreso y de desarrollo de la aviación comercial.

Algunos de los progresos importantes del avión de pasajeros:

1. 1945 - Douglas DC-7; Lockheed Super Constellation; Boeing 377 Stratocruiser
Cada uno podía transportar a 100 pasajeros de New York City a París, Francia a velocidades de 300 mph o más.
2. Años 50 - Ingenieros en gran Gran Bretaña fabrican el primer avión comercial grande de propulsión a chorro del mundo.
3. 1958 - El avión de propulsión a chorro Boeing 707 comienza servicio de transporte de pasajeros entre los EE.UU. y Europa.
4. Años 60 - Los aviones de propulsión a chorro McDonnell Douglas DC-8 y Convair 880 comienzan servicio de transporte de pasajeros. Aumenta el tráfico aéreo considerablemente.
5. 1970 - Aviones de propulsión a chorro "Jumbo" para pasajeros - Boeing 747 capaz de transportar a 400 pasajeros (modificados más adelante para llevar a menos gente y para llegar más lejos sin reabastecerse de combustible.) Otros aviones Jumbo fueron desarrollados alrededor de este mismo tiempo.

Conforme la aviación comercial se desarrollaba, las compañías ofrecían un servicio mejor, más seguro, y a un costo más bajo. El volar tenía que ser fácil, seguro y cómodo para los pasajeros. A bordo de los aviones de pasajeros, las azafatas

(aeromozas, sobrecargos) sirven comidas, bebidas y atienden a los pasajeros. Los aviones de pasajeros tienen cuartos de servicio (baños), cocinas, música, películas, y recientemente, teléfonos públicos.

Millones de personas dependen hoy de los aviones como medio de transporte rápido y fácil. Los negocios cuentan con servicio de correo aéreo rápido y el transporte seguro, rápido, y confiable de mercancías cada día.

Durante los años 30, ingenieros llevaron al cabo mejoras importantes en la aviación comercial. Diseñaron aviones más grandes, que volaban más rápida, más lejos y más alto; y capaces de llevar cargas más pesadas que nunca antes.

Como los aviones volaban más alto, se tuvieron que diseñar cabinas presurizadas para hacer la respiración a 35,000 pies tan fácil como a 6,000 pies. Se realizaron otras mejoras tales como propulsores con inclinación controlable, equipo de radio a bordo considerablemente mejorado, pilotos automáticos, y una navegación más exacta. La velocidad y el cupo de los aviones aumentaron durante los años 30.

Los motores de propulsión a chorro fueron desarrollados y mejorados durante los años 40. El avión Havilland Comet fue el primer avión grande de propulsión a chorro. Fue construido y puesto en vuelo en 1952. El Havilland Comet volaba a casi 500 mph con poca vibración o ruido. Pero fue desastroso cuando dos estallaron en vuelo. Esto ocasionó que se desarrollaran cuerpos de aviones más fuertes.

El tiempo de vuelo entre Londres y Tokio, usando propulsión a chorro disminuyó de 85 horas con los aviones propulsados por hélices a 36 horas. Los motores con turbopropulsor representaron otro avance. Éstos son motores de chorro que mueven hélices. Hoy, estos motores son utilizados por muchas líneas aéreas pequeñas. Son ideales para las distancias cortas y medias. Son menos ruidosos y más baratos para construir y operar. Un avión de chorro pequeño puede volar alto, rápido y suavemente, pero cuesta mucho operarlo. No obstante, muchos clientes están dispuestos a pagar el precio.

Mientras que se realizaron muchas mejoras de ingeniería, algunas cosas permanecieron igual. El cuerpo principal del aeroplano, o el fuselaje, tiene la misma forma ya conocida de tubo y contiene los cuartos de servicio, cocina, bahía de cargamento, asientos para los pasajeros y el equipo y los controles. Generalmente los asientos de primera clase están localizados al frente seguidos por los asientos de la clase económica que están más apretados. El equipaje de a bordo se guarda en compartimentos localizados sobre los asientos. Los artículos más grandes se registran

antes de abordar y son guardados en la parte de abajo. El piloto y el resto de la tripulación se sientan en la cubierta de vuelo al frente del avión. Las alas están situadas cerca del centro del fuselaje e inclinadas hacia atrás. Cada ala tiene un o dos motores.

Otras características del avión son una puerta de pasajeros, una puerta de carga, la rueda frontal, el tren de aterrizaje principal y el sistema hidráulico (opera las superficies de control de vuelo, las puertas de carga, el tren de aterrizaje y los frenos, hay generalmente sistemas hidráulicos de reserva en caso de un desperfecto).

La seguridad es la primera prioridad. Hay poco margen de error cuando un avión transporta a centenares de personas a través del cielo a más de 500 millas por hora.

Algunas de los dispositivos de seguridad son:

- Chalecos salvavidas - para los vuelos sobre el mar en caso de que el avión caiga en agua.
- El equipaje y las bandejas se aseguran firmemente para que no vuelen de un lado a otro en la cabina
- Las salidas de emergencia, señalamientos de salida iluminados, los cinturones de seguridad, sobrecargos que asisten.

Debemos mencionar a otro avión comercial: el avión supersónico. Supersónico significa más rápido que la velocidad del sonido. Entonces, los aviones que pueden ser más veloces que el sonido se llaman "supersónicos". Los soviéticos construyeron el primer supersónico para el transporte de carga, pero en 1976 Gran Bretaña construyó el Concorde.

El Concorde podía viajar a 1,450 millas por hora. ¡Cruzó el Atlántico en menos de 3 horas! ¡Un vuelo de 3,480 millas! Aunque el Concorde era rápido, también tenía un alto costo de operación y por lo tanto se perdió una gran cantidad de dinero en sus primeros 5 años de servicio. Las nuevas aerolíneas comerciales de hoy se concentran en la economía del combustible, la disminución del ruido y la automatización, en vez de la velocidad. Los patrones a seguir por los aviones comerciales del mañana incluyen una mayor seguridad, una confiabilidad creciente, menos ruido y contaminación, una mejor comodidad del pasajero, más asistencia navegacional y un menor margen de error del piloto. Como en cualquier negocio, se debe satisfacer al cliente.

Hay cerca de 200 líneas aéreas importantes por todo el mundo. Transportan a más de 800 millones de pasajeros cada año. Para dar una idea del volumen de tráfico que

esto representa piensa en el aeropuerto internacional de Chicago. Este aeropuerto tiene medio millón de despegues y aterrizajes cada año. ¡Esto representa un promedio de más de un despegue o aterrizaje cada minuto, 24 horas al día! Se puedes dar cuenta que las aerolíneas comerciales han progresado mucho desde los días de Orville y de Wilbur Wright. No hay duda de que la aviación comercial está aquí para quedarse.

Haremos un recorrido sobre la Historia de la Aviación Comercial Peruana.

Muchos en la actualidad pueden decir que Faucett y AeroPerú fueron las mejores representantes de la aviación peruana en sus mejores épocas y, quienes lograron vivir esa experiencia, pueden decir lo mismo de las Aerolíneas Peruanas S.A (APSA), quien fue en los años 50 y 60s la reina de la aviación peruana, y puede que tengan mayor razón ya que, a lo largo de su historia, ninguna otra aerolínea (salvo Faucett en algunos casos) hizo lo que APSA pudo en toda su historia.



Figura 6: APSA Aerolíneas Peruanas

Fundada en 1956 por el empresario americano Cornell Newton Shelton (1908-1965), junto con otros inversionistas peruanos, APSA realizo su primer vuelo el 17 de Junio de 1957 desde Lima hasta Santiago y al poco tiempo se asoció con las también desaparecidas TAN (Transportes Aéreos Nacionales) de Honduras y La compañía Ecuatoriana de Aviación, fortaleciendo su posición en Latinoamérica.

Uno de los mejores atributos de APSA fue. desde su introducción el 1 de Diciembre de 1963, su avión insignia, el Convair 990A FanJet, el avión civil más rápido de la época (990 km/h) Aunque también el que más combustible consumía, pero los pilotos que estuvieron al mando del Convair llegaron a llamarlo "El Cadillac de los aviones". Junto con los Douglas DC-6 y DC-8, también introducidos en los años 60, APSA logro a

cubrir rutas trasatlánticas desde Lima hasta Londres, París y Madrid, algo jamás hecho en la historia de la aviación Peruana. Junto a Faucett, fue la única aerolínea peruana cuya flota incluía aviones comprados directamente de fábrica, lo que aseguraban confianza y seguridad a la hora de volar, además de un hangar, y los mejores talleres de mantenimiento de la época. Todo eso valió frutos, APSA fue una de las pocas aerolíneas en el mundo sin historial de inconvenientes en su historia, lo cual le valió varios premios de seguridad en su historia.

APSA, tras comenzar una gran expansión, adopto de personaje símbolo a la figura del Antarqui, una división élite de los Chasqui quien, según leyendas incaicas, tenía la facultad de volar gracias a un rudimentario parapente fabricado con telas de algodón, lana y alpaca con los colores del Tawantinsuyo (es decir, el Imperio Inca en quechua). En algún momento los Convair mantuvieron en la parte delantera (o proa) pegado a la nariz de la aeronave la figura de este personaje, pero luego fueron retirados.

Los tripulantes de cabina tampoco eran ajenos a esta única imagen corporativa, los uniformes rojos con detalles blancos fueron inspirados en la vestimenta inca, cuyo mejor atributo fueron los sombreros incas que representaban al Perú en cada vuelo.



Figura 7: Tripulantes de cabina

APSA lo tenía todo, aviones, una planilla de casi 2000 empleados y una gran admiración por parte de la población peruana y de los pasajeros, pero lastimosamente las medidas tomadas por el gobierno del general Juan Velasco Alvarado en los años 70 llevo a la aerolínea a una gran crisis financiera que termino en cierre definitivo por bancarrota a finales de 1971, marcando el fin de APASA. Parte de su flota continuó volando con otras aerolíneas hasta sus retiros respectivos, el más conocido avión de

estos retiros es uno de los Convair, que, hasta la fecha reside en el cementerio de aviones del desierto de Mojave en California con su diseño de APSA. Algunos de ellos se encuentran tan bien conservados que parecen que recién han aterrizado, encontrándose con todos sus equipos y asientos en perfecto estado.

Pocas aerolíneas lograron hacer lo que APSA logro a hacer en sus 15 años de operación, y muy pocas lograron una gran admiración por parte de la población peruana, las Aerolíneas Peruanas S.A (APSA) fueron, sin duda, una aerolínea como ninguna.

El concepto de aeronave de diseño se emplea para denominar a la aeronave tipo que recoge las características más restrictivas para el dimensionado de la parte aeronáutica. Se distingue entre la aeronave de diseño geométrico del área de movimiento y la aeronave de diseño para el cálculo de pavimentos.

3.1. Aeronaves que operan actualmente en el AIVA

El análisis de las flotas usuarias se realiza atendiendo por un lado a las aeronaves que operan actualmente en el Aeropuerto Internacional Velasco Astete (AIVA), y por el otro a las aeronaves nuevas que podrían operar tras la apertura del Aeropuerto de Chinchero. Con ambos análisis se determinan la o las aeronaves de diseño.

3.2. Aeronaves comerciales que operan actualmente en el AIVA

Las aeronaves que contribuyen en mayor medida al tráfico aéreo de pasajeros en el Aeropuerto Internacional Alejandro Velasco Astete (AIVA) son:

- Airbus A319-100, que representa la mayor parte de la flota de LAN Perú y parte de la flota de TACA Perú.
- Boeing 737-200, que forma parte de la flota de Peruvian Airlines.
- BAE146-200, operado por STAR Perú como aeronave principal de la flota.
- Embraer ERJ190, que ha sido recientemente incorporado a la flota de TACA Perú pero que ya realiza más de 1,700 operaciones anuales en 2012.
- Airbus A320-200, perteneciente también a la flota de TACA Perú

Aeronave	MTO W (Tm)	MPL (Tm)	Envergadura (m)	Asientos (+2 clases)	Operador	Pax	Ops	Ops %
A319-100	75.5	18.8	34.1	124	LAN	1,237,380	12,870	55.2%
					TACA	76,883	1,243	
737-200	58.1	15.1	28.4	117	PERUVIAN	199,813	2,338	9.2%
ERJ-190	50.3	13.1	28.7	96	TACA	115,717	1,752	6.9%
BAE 146-200	42.2	11.2	26.3	85	STAR	101,628	2,092	8.2%
A320-200	78.0	19.8	34.1	150	TACA	86,104	844	3.3%
BAE 146-100	38.1	7.8	26.3	82	STAR	77,270	1,325	5.2%

Tabla 1: Modelos de aeronaves que operan en el AIVA

Las características de estos modelos se resumen en la tabla siguiente, junto con el número de operaciones realizadas en 2012 y los pasajeros transportados.

La aeronave que más opera en el AIVA es con diferencia el A319-100 de LAN Perú y de TACA, con más del 55% de operaciones durante 2012, y con previsión de crecimiento a corto plazo por la incorporación de nuevos ejemplares a la flota de LAN.

3.3. Aeronaves no civiles que operan en el AIVA

En el AIVA han operan en promedio el 65% de las aeronaves del conjunto de la flota de la FAP y de la Policía Nacional. Estas aeronaves se pueden dividir en las siguientes categorías por tipología de la aeronave:

- Jet (Pequeños aviones reactores): operan 2 de 3
- Turbohélice: operan 8 de 10
- Utility (aviones de escuela, autoridades, etc.): operan 7 de 13
- Ataque: operan 0 de 7
- Helicóptero: operan 10 de 17

Las aeronaves de la FAP y la PN que no operan en el AIVA contribuyen al 35% restante. Algunas de ellas no operan en el AIVA por la elevada altitud del aeropuerto, y otras por el simple hecho de que la tipología de la aeronave no es del todo apta para la operación en un aeropuerto civil.

3.4. Aeronaves comerciales que podrían operar en el Aeropuerto de Chinchero

Con la apertura del Aeropuerto, y con la infraestructura planteada, las compañías aéreas podrían abrir rutas internacionales directas desde y hacia Cusco con una amplia variedad de aeronaves.

La característica que diferenciará a este aeropuerto del AIVA será principalmente la operación de dichas rutas internacionales con alcances bastante superiores a los contemplados hasta el momento. Por ello, es probable que algunas compañías empiecen a operar con aeronaves de tipología distinta a la habitual en el AIVA, como por ejemplo aeronaves tanto de fuselaje ancho como estrecho, de tipo D y E.

Entre ellas se encuentran ejemplares de Airbus como el A330 y A340, además de los Boeing B757 y B787, en sus diferentes modelos y variantes.

Modelo	MTOW (Tm)	MPL (Tm)	Envergadura (m)	Asientos
A330-200	238.0	51.3	60.3	253
A340-300	276.5	55.8	60.3	295
A340-600	368.0	68.6	63.5	384
B737-700	70.1	17.6	35.8	128
B737-800W	79.0	21.3	35.8	160
B757-200	115.7	25.0	38.0	186
B787-8	227.9	43.3	60.2	242

Tabla 2: Características básicas de los modelos de aeronaves que podrían operar en AICC

Fuente: Boeing y Airbus

Tanto las aeronaves de Airbus como el B787-8 pertenecen a la categoría E (por letra de clave) y el B757 es de tipo D. El resto de aeronaves indicadas (serie 737 en diversos modelos) son de tipo C, y se han incluido para contemplar una posible sustitución de algunos modelos similares más antiguos que operan en el AIVA, los 737-200.

3.5. Aeronaves de diseño

La aeronave que se prevé más habitual en el Aeropuerto de Chinchero es del *segmento de narrow body* (fuselaje estrecho) es, con mucha diferencia, el Airbus A319. Se prevén en todo caso que operen aeronaves de toda la serie A319/320/321.

Aunque la mayoría de aeronaves que operarán en el ACC se clasifican con letra de clave C, similares al A319 (de menos de 80,000 kg de peso y 36 m de envergadura), también operarán aeronaves con letra de clave D y E (probablemente con más de 105,000 kg y hasta 65 m de envergadura).

El análisis de mercado determina que la aeronave del segmento *wide body* (fuselaje ancho) más habitual será el Boeing 787, puesto que tiene una mejor performance que aeronaves como el B757 o el B767 (este último no puede operar en las condiciones de Chinchero).

En el segmento *wide body* existen aeronaves de dimensiones mayores, como el Airbus A340- 600 (letra de clave E). Por ello, se considera esta aeronave de mayores dimensiones como la aeronave crítica de diseño geométrico.

Narrow Body (Tipo C) Airbus A319-100

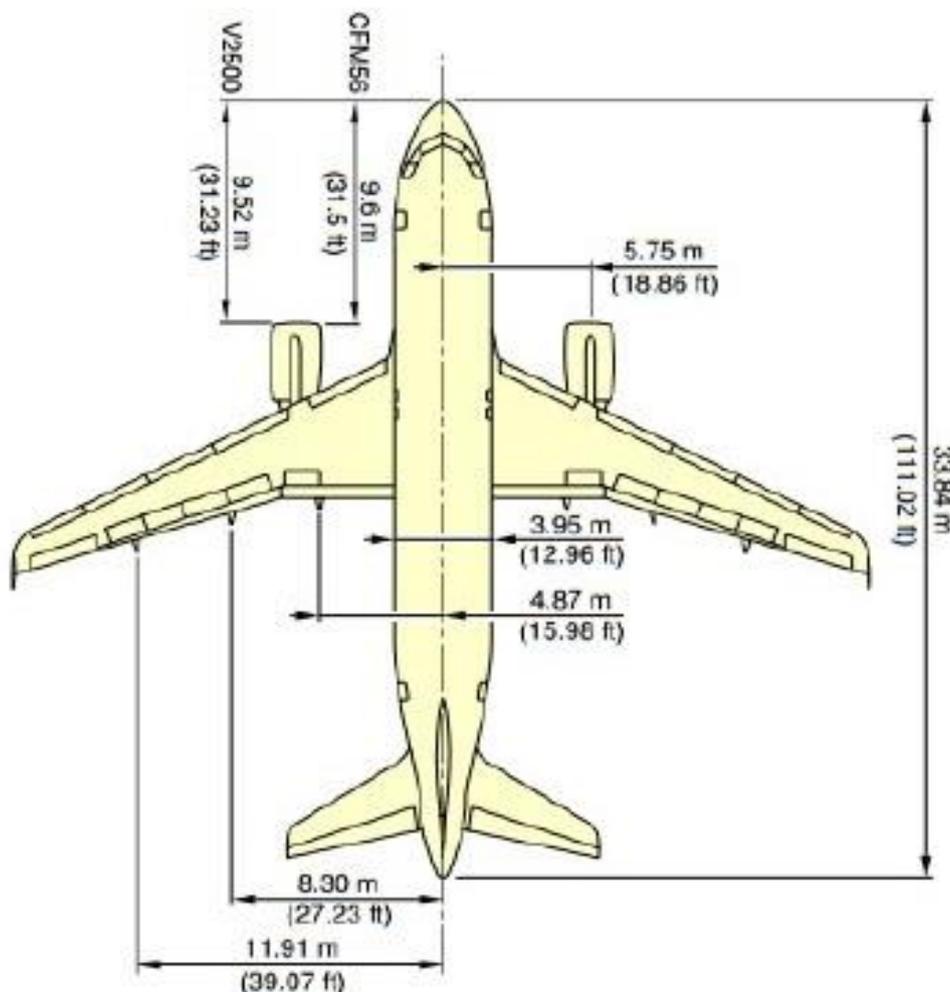


Figura 8. Características geométricas de las aeronaves de diseño geométrico

Fuente: Airbus. Aircraft characteristics for Airport Planning

Wide Body (Tipo E) Airbus A340-600

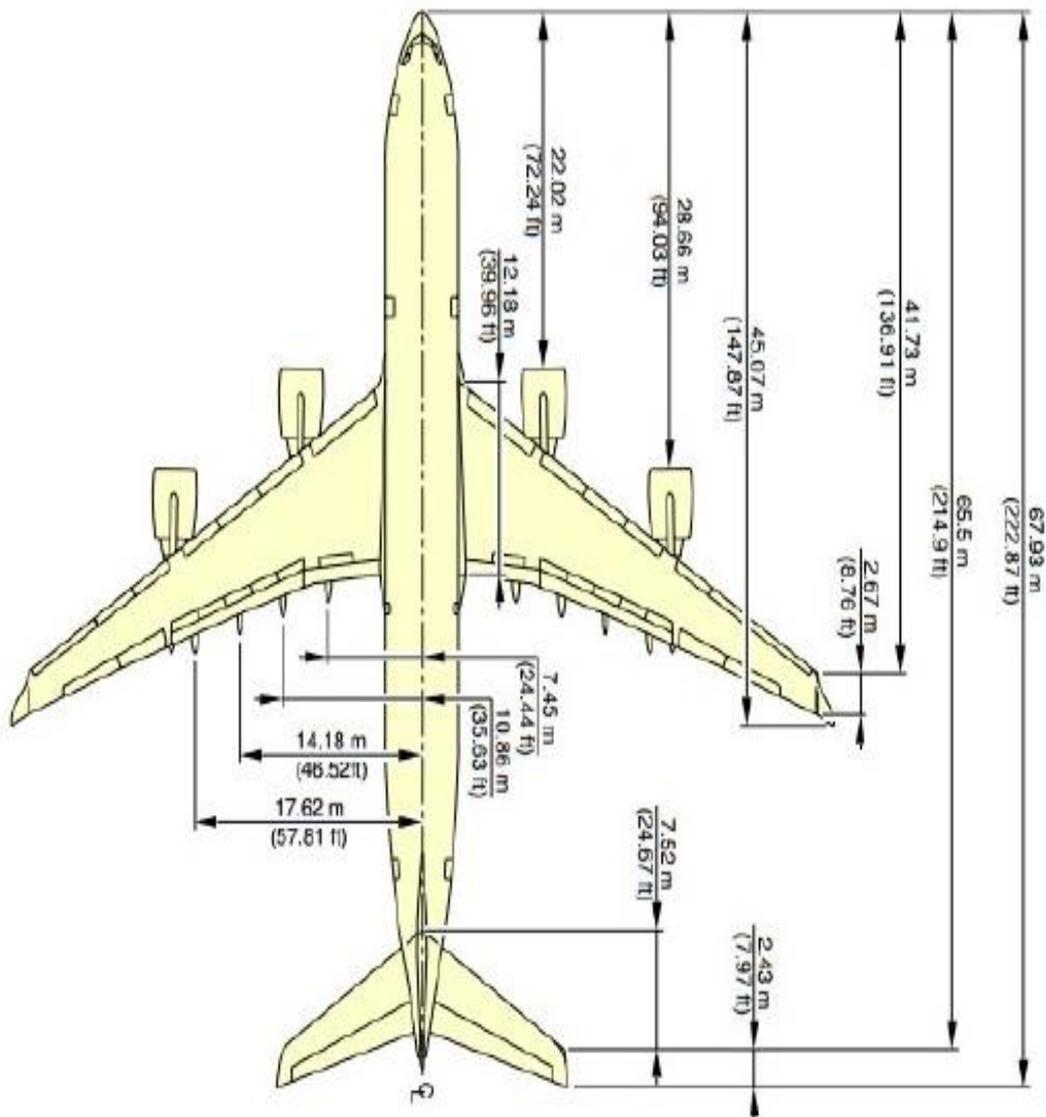


Figura 9. Características geométricas de las aeronaves de diseño geométrico

Fuente: Airbus. Aircraft characteristics for Airport Planning

3.6. Aeronave de diseño para el cálculo de pavimentos.

Como se mencionó anteriormente se prevé que las nuevas rutas internacionales con un volumen de tráfico considerable operarán en el ACC con aeronaves wide body como el Boeing B787.

Se llegó a determinar que el Boeing B787 es la aeronave crítica para el cálculo de pavimentos. Se trata de una aeronave con un tren de aterrizaje simple; esto hace que, junto con un peso elevado previsto al despegue, se convierta en la aeronave crítica para el diseño de pavimentos.

4. DATOS ESTADISTICOS DE CLIMATOLOGIA

4.1. Introducción

Los siguientes datos fueron extraídos de estudios realizados por consultoras sobre la meteorología aeronáutica en Chinchero, sobre el cual se asientan las bases de planificación aeroportuaria del ACC. Se han elaborado sobre un conjunto amplio de datos registrados en diferentes periodos y de dos estaciones meteorológicas:

- Datos registrados durante el periodo 1981-85, tomados cada hora durante las 24h del día, sumando un total de 41,952 registros, y que cumple con los requisitos de la OACI para planificación de aeropuertos.
- Datos recopilados en la estación meteorológica Davis, ubicada dentro del futuro recinto aeroportuario del ACC, disponibles del 5 de enero al 13 de septiembre de 2011, tomados cada hora, generando un total de 9,775 registros

En total, el estudio aeronáutico realizado dispone de 51,727 registros sobre un periodo total de más de 5 años y 7 meses de observaciones meteorológicas.

También se recopilaron información meteorológica de la estación Davis que fue instalada en Chinchero, así como también de una nueva estación marca Campbell, instalada en su proximidad. De este modo, se dispone también de:

- Una serie de datos registrados en la estación meteorológica Davis desde el 15 de mayo hasta el 30 de junio de 2013, tomados cada hora, sumando un total de 1,152 registros
- Una serie de datos registrados en la estación meteorológica Campbell desde el 18 de junio de 2013 hasta el 19 de agosto de 2013 (62 días), tomados cada hora, sumando un total de 1,507 nuevos registros.

4.2. Conclusiones sobre el estudio de la meteorología aeronáutica en Chinchero

Las principales conclusiones que se obtuvieron sobre cada una de las variables del estudio meteorológico, y teniendo en cuenta todas las series de datos históricas disponibles (periodo 1981-85 con la estación de Chinchero, período enero-septiembre de 2011 con la estación Davis, período mayo-junio de 2013 con la estación Davis y período junio-agosto con la estación Campbell de 2013) se describen a continuación.

- **Régimen de vientos dominantes y orientación de pista.** El régimen de vientos dominantes tiene una direccionalidad muy marcada de componentes N y NW. Las rosas de vientos analizadas de todos los periodos y estaciones concuerdan con esta direccionalidad. Se concluye que la rosa que ofrece una mayor confiabilidad es la del período 1981-85 obtenida en Chinchero (comprende la serie temporal más larga y consistente de registros con direcciones e intensidades de viento). La orientación adecuada de la pista para el ACC debe alinearse lo máximo posible con el régimen de vientos dominante.

La orientación óptima de pista, atendiendo únicamente al criterio de máxima absorción, es de 338.0° respecto al norte.

No obstante, los condicionantes orográficos fijan una orientación de 340.3° . Para esta orientación proyectada (pista 16-34), el coeficiente de utilización de la pista calculado es superior al 95% exigido por la OACI. Se prevé que todas las aeronaves realicen mayoritariamente aproximaciones y despegues hacia el NNW, es decir por la pista 34.

- **Ráfagas de viento.** Del análisis de ráfagas de viento se puede indicar que la mayoría de ráfagas observadas en junio-agosto provienen de las componentes N, NW y NNW, es decir alineadas con la pista proyectada 16-34. Comparando los resultados con el Informe de CORPAC de 1987, se observa que la mayoría de ráfagas de mayor intensidad se producen a primera hora de la tarde (13h), de manera muy recurrente:

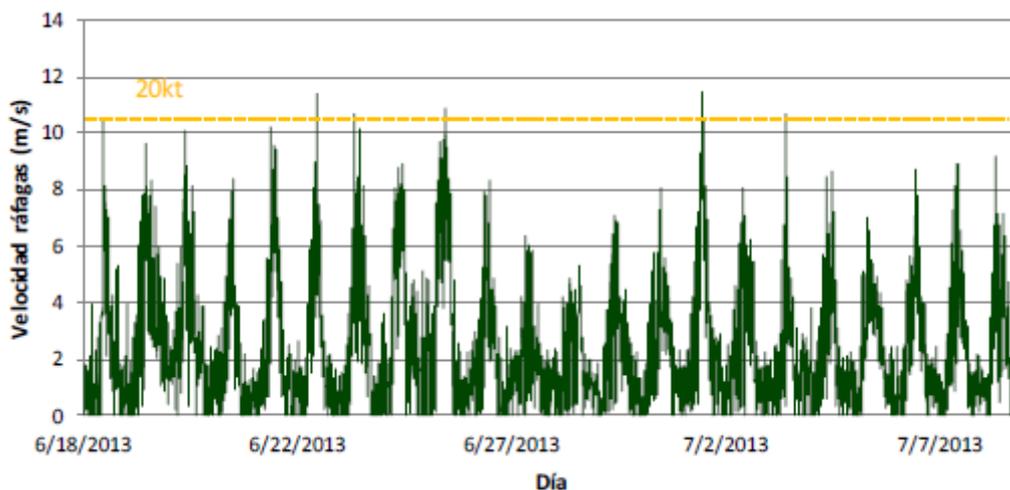


Figura 10. Ráfagas de viento (m/s). Campbell 2013

Del total de observaciones de ráfagas en este período, únicamente 11 observaciones (0.01% del total del período) presentaron una componente de viento transversal a la pista con valores que superaron los 20 kts, es decir desfavorable al sentido de operación 16-34.

Finalmente se concluye que los resultados de ráfagas registradas analíticamente son perfectamente compatibles con la operación en el ACC, no obstante, se requiere una serie de datos más extensa de cara a la fase de operación del aeropuerto.

- **Temperatura de referencia del aeródromo.** El período de observación que permite aplicar la metodología de la OACI para el cálculo de la temperatura de referencia, es el período 1981-85 de Chinchero. En base a este período de observación se considera como temperatura de referencia para la zona de Chinchero de 16.1°C .
- **Frecuencia de mala visibilidad y techo de nubes.** Para determinar la visibilidad y techo de nubes lo constituye el comprendido entre 1981-85 en

Chincheró. En base a este período de observación, los casos de visibilidad y techo de nubes por debajo las condiciones mínimas IFR (visibilidad menor de 1,2 km y techo de nubes inferior a 66 m) representan el 1.8% en H24 y 0.5% en horario comercial (7-24h); en el caso de condición VFR (visibilidad menor de 4.8 km y techo de nubes inferior a 1.2 km), representan el 56.8% en H24 y 60.6% en horario comercial (7-24h).

- **Combinación de viento, visibilidad y techo de nubes.** El único período válido disponible para arrojar conclusiones lo constituye el de 1981-85 en Chincheró.
- **Dirección de viento.** Del análisis de todas las series de datos se confirma que los vientos predominantes provienen del cuarto cuadrante, es decir con frecuencias mayoritarias entre las componentes N y NW. En el período reciente registrado por la estación Campbell se observa un lóbulo en la rosa de componentes entre ESE y SSE, que, si bien está alineada con la pista proyectada, no aparece en las rosas de series de datos más largas anteriores. Se trata de vientos que conllevarían viento en cola en aterrizajes por la pista 34 (representa un 16.9% del tiempo total). No obstante, ninguna de las observaciones de estas componentes supera los 10kts de intensidad (es decir, son compatibles con la operación habitual de aterrizajes por la pista principal 34).

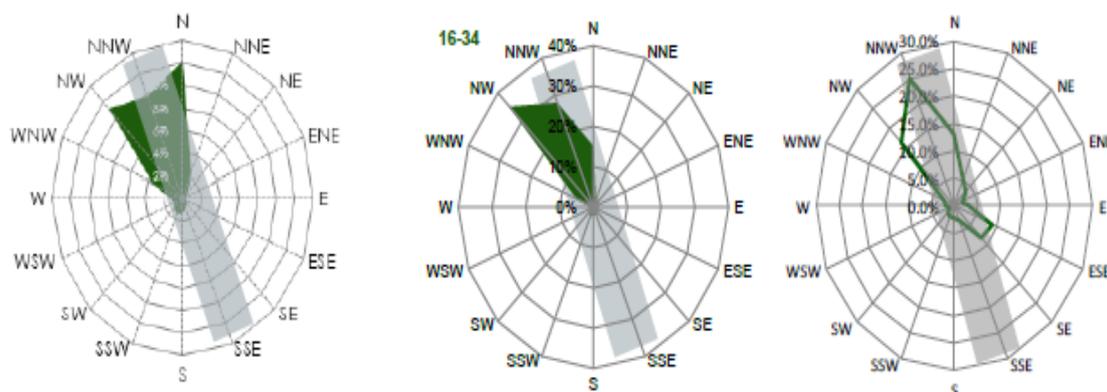


Figura 11. Rosas de vientos de Chincheró 1981-85

- **Velocidad del viento.** Los valores de intensidad de viento (rosa de viento en intensidades) adoptados para la planificación aeroportuaria son los del período 1981-85.
- **Visibilidad horizontal.** Los valores de visibilidad horizontal adoptados para la planificación aeroportuaria son los del período 1981-85. El porcentaje de tiempo en horario comercial en el cual la visibilidad horizontal en Chincheró es menor al mínimo exigido para aterrizajes IFR de precisión de CAT I (1.2 km) es de 0,53% y 0.68% para VFR (4.8 km).

- **Techo de nubes.** Los registros del período 1981-85 indican que el promedio del techo de nubes es de 1,614 m de altura.
- **Temperatura del aire.** En base a los resultados obtenidos, se prevé que el aeródromo tendrá una temperatura inferior a los 17°C prácticamente en la totalidad del tiempo de horario comercial (99.2% del tiempo), así que la performance de las aeronaves no debe calcularse a temperaturas superiores a esta. Por otro lado, la temperatura inferior a 13°C cubre el 95.5% del horario comercial, es decir dejando al margen las horas más calurosas del día (de 13h a 16h), y sirve como referencia para aquellas operaciones que se vayan a realizar por la mañana (de 7h a 13h) y por la tarde (de 16h a 24h), es decir para despacho de vuelos de medio y largo radio.
- **Temperatura mínima.** Se determinó que las temperaturas mínimas normalmente están por encima de 0°C. La temperatura mínima registrada absoluta fue de -3°C.
- **Temperatura máxima.** Se determinó que la temperatura máxima absoluta registrada fue de 21°C.
- **Humedad relativa.** La humedad relativa oscila alrededor de un valor promedio del 85% para el horario nocturno y alrededor del 65% para el horario diurno.
- **Presión atmosférica (QFE).** La presión tiene una variación entre un rango típico de entre 651 y 654 mbar.

5. DATOS ESTADISTICOS DE CLIMATOLOGÍA

Ancachuro está situada a 25 km de distancia del Aeropuerto de Chinchero, y es la estación preferida para compilar los datos de pluviometría:

Los datos de pluviometría de la estación de Ancachuro son mucho más consistentes y nos permitirán definir distintos escenarios de diseño (a horizontes de 10 y 20 años).

Los datos de precipitación máxima registrada en 24h se muestran a continuación:

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	Max. Año
1993	12.9	39.4	23.1	10.8	4.8	0	0	8.4	22.6	23.4	20.8	32.3	39.4
1994	35.6	39.8	41.4	5	10.6	n/d	0	0.3	15.3	15.8	29.1	35	41.4
1995	25.2	9.4	27.2	18.6	1.5	3.6	0.4	0	14.2	15.6	24.3	36	36
1996	67.4	41.6	20.6	8.8	4.8	0.6	0.2	5.1	7.6	7.2	24.6	30.2	67.4
1997	n/d	19.4	35.7	13.8	8.8	0	0	12.4	6.1	22.2	23.5	56.7	56.7
1998	31.1	20.2	25.4	n/d	0	3.4	0	0.3	7.3	13	19.2	11.2	25.4
1999	34.5	53.1	38.7	18.6	0.8	0	0.2	3.4	16.4	24.2	18.6	32.8	53.1
2000	22.8	30.5	27.2	15.5	1.6	7.4	0.6	4.8	6.1	28	18.8	21.8	30.5
2001	31.7	39.4	47.2	11	5.7	0	20.6	12.2	10.8	26.4	38.2	18.6	47.2
2002	28.9	29	29.6	18.4	16.8	8.8	20.9	9.2	13.6	27.3	21.9	20.2	29.6
2003	33.9	22.4	22.8	10.8	4.7	5.7	0	10.4	8.3	25.8	8.2	24.8	33.9
2004	20.2	28.2	14.3	16.1	1.3	10.6	13.4	5.2	13.2	17.8	23.2	17.6	28.2
2005	16.1	22.9	22.6	17.8	1.8	0	3.6	5.8	6.2	12.6	14.3	21.2	22.9
2006	36	27.4	30.3	16.5	0.3	13.6	0	1.6	3.3	21.5	20.4	19.9	36
2007	28.9	19.5	29.7	13.5	28.1	0	0.6	0	2.6	21.8	20.5	36.8	36.8
2008	21.9	20.5	30.1	5.9	7.4	1.1	0	6.1	11.7	24.4	29.8	14.2	30.1
2009	20.2	27.2	20.5	8.2	14.9	0	5.9	0	5.5	12.3	40.1	24.3	40.1
2010	49.6	19.8	20.4	10.5	0.7	5.2	2.2	1.4	10.1	17.4	21.5	23.4	49.6
2011	24.6	54.3	31.7	16.7	8.2	6.1	9.1	15.1	13.5	31	17.4	16.1	54.3
2012	19.4	28.2	18.6	11.4	1.8	2	2.4	0	26.7	7.5	28.4	41.6	41.6

Tabla 3: Precipitación máxima en 24 horas (mm).

Fuente: Estación de Ancachuro 1993-2012

Mes/Hora	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	Total
2008						1,5	0,0	8,5	14,6	122,8	135,6	139,8	
2009	166,2	171,9	97,5	11,0	14,9	0,0	19,3	0,0	17,5	34,8	286,4	132,5	952,0
2010	291,9	184,1	158,0	26,0	2,4	5,2	3,4	3,5	12,1	89,4	54,7	184,9	926,2
2011	138,3	259,3	221,2	83,7	13,6	4,5	16,8	16,6	52,2	85,2	77,0	139,2	1107,6
2012	149,6	174,7	113,7	47,5	1,8	2,8	4,4	0,0	45,1	26,8	125,7	207,3	899,4
2013	161,6	162,9	n/d	7,0	n/d	6,1							
Promedio	186,5	197,5	147,6	42,1	8,2	2,8	8,8	5,7	28,3	67,4	135,9	160,7	971,3

Tabla 4. Precipitación acumulada total por mes (mm).

- A la vista de estos datos se observa lo siguiente: Existe una gran consistencia en toda la serie histórica de datos, tanto en los meses de temporada seca (entre Abril y Agosto) como en los meses de la temporada de lluvias (entre Septiembre y Marzo)
- Se ha identificado que durante la época de lluvias (Octubre-Marzo) llueve abundantemente, pero no se producen fenómenos de lluvias torrenciales o lluvias explosivas.
- Únicamente hay 3 meses de los 19 años de la serie histórica en los cuales no hay datos reflejados (y esto sí está especificado en el registro)

En la región existen otras dos estaciones meteorológicas que registran lluvias (Písac y Calca, situadas a 43,8 km y 24,4km del AICC, respectivamente). Ancachuro está situada a 25 km de distancia del AICC, y es la estación preferida para compilar los datos de pluviometría:

- Está especialmente destinada al registro de pluviometría, mostrando una serie de datos completos en el período suficientemente largo
- La estación de Calca está a una distancia similar, no obstante presenta la particularidad de que la estación de Ancachuro está situada al pie de la misma Pampa de Anta, cuyas características geofísicas y orográficas guardan similitud con la Pampa de Chinchero, ya que se sitúa en una zona geográfica de características físicas similares (ambas pampas están geográficamente comunicadas sin obstáculos orográficos relevantes entre medio, y la altitud es similar); por el contrario, la estación de Calca se sitúa al Este del aeropuerto, al otro lado de una importante formación montañosa y en la profundidad de un valle (a una altitud mucho menor que Chinchero, es decir con unas características climatológicas (vientos, lluvias) distintas a las de la zona de la Pampa de Chinchero.
- La estación de Pisac está excesivamente más alejada, y también en la profundidad de un valle con unas características geoclimatológicas muy diferentes a las de la pampa de Chinchero.

6. DISEÑO GEOMÉTRICO DEL ÁREA DE MANIOBRAS

La siguiente sección sigue las recomendaciones de las Normas y Métodos Recomendados Internacionales sobre AERÓDROMOS Anexo 14 publicado por la OACI (Organización de Aviación Civil Internacional) – Volumen 1 – Diseño y Operación de Aeródromos. Del mencionado documento se harán las citas correspondientes, se recomienda su consulta para la mejor comprensión de los temas aquí tratados.

El diseño geométrico del área de maniobras responde a los requisitos establecidos por la flota de aeronaves esperada y las características de operación del aeropuerto, es decir, las condiciones de referencia, los tiempos característicos de las operaciones y otras singularidades referentes al emplazamiento y operadores esperados en el aeropuerto.

Tomando en consideración todos los parámetros, se dimensiona el área de movimiento y todas las instalaciones y edificios de la parte aeronáutica siguiendo las directrices de la legislación del Perú, poniendo en común las recomendaciones de la OACI y la RAP.

6.1. Clave de referencia de aeródromo

La OACI establece unas guías básicas de diseño de aeródromos que sirven de criterio homogeneizador a nivel mundial. Dentro de estas guías, se define la clave de referencia de aeródromo mediante un código que consiste en un número seguido de una letra.

El propósito de la clave de referencia es “proporcionar un método simple para relacionar entre sí las numerosas especificaciones concernientes a las características de los aeródromos, a fin de suministrar una serie de instalaciones aeroportuarias que convengan a los aviones destinados a operar en el aeródromo”.

En primer lugar, el número de Clave de referencia de aeródromo se establece en función de la longitud de campo de referencia según muestra la siguiente tabla

Número de clave	Longitud de campo de referencia
1	Menos de 800 m
2	Desde 800 m hasta 1,200 m
3	Desde 1,200 m hasta 1,800 m
4	Desde 1,800 m en adelante

Tabla 5: Número de clave del aeródromo en función de la longitud de campo de referencia
Fuente: Anexo 14 de la OACI

Para el caso del AICC, la longitud de campo de referencia de las aeronaves usuarias es superior a 1,800 metros por lo que la pista de AICC se clasifica como número de Clave 4.

Seguidamente, la letra de Clave de referencia de aeródromo se establece en función de la envergadura y anchura exterior del tren principal de aterrizaje de la aeronave máxima que puede operar en el aeropuerto, según muestra la siguiente tabla.

Letra de clave	Envergadura	Anchura exterior entre ruedas del tren de aterrizaje principal
A	Hasta 15 m	Hasta 4.5 m
B	Desde 15 m hasta 24 m	Desde 4.5 m hasta 6 m
C	Desde 24 m hasta 36 m	Desde 6 m hasta 9 m
D	Desde 36 m hasta 52 m	Desde 9 m hasta 14m
E	Desde 52 m hasta 65 m	Desde 9 m hasta 14 m
F	Desde 65 m hasta 80 m	Desde 14 m hasta 16 m

Tabla 6: Letra de clave de referencia del aeródromo
 Fuente: Anexo 14 de la OACI

Adicionalmente, se contempla el uso de la Letra de clave H para la designación de los helicópteros que operan en el AIVA y en el AICC.

Teniendo en cuenta que la aeronave de mayores dimensiones que se prevé que opere en el aeropuerto es el A340-600 (de 63.45 m de envergadura y 10.7 m de anchura exterior del tren de aterrizaje), se obtiene una letra de clave E para el AICC. Por tanto, el aeropuerto tiene clave de referencia 4E.

6.2. Pista de vuelos

6.2.1 Orientación de la pista de aterrizaje

La orientación de la pista está determinada principalmente por el régimen de vientos dominante en la región de Chinchero con el objetivo de facilitar las operaciones en el aeropuerto. Además, otros factores como la orografía, la vulneración de superficies limitadoras de obstáculos o los procedimientos de vuelo, pueden conllevar también alteraciones en la orientación de la pista.

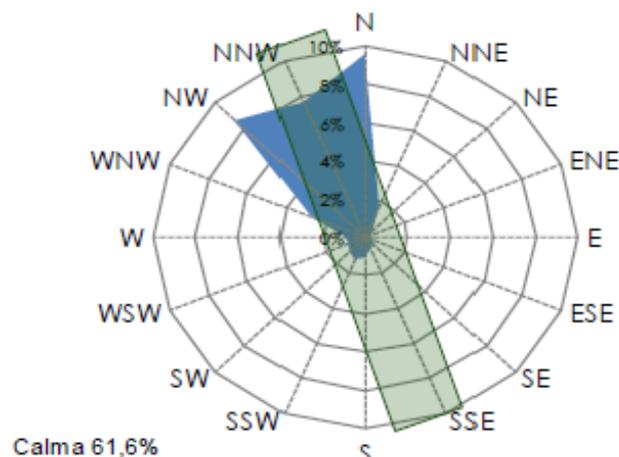


Figura 12: Rosas de vientos total

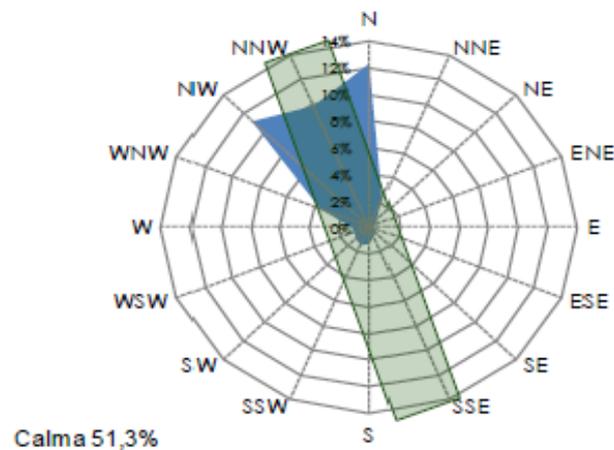


Figura 13: Rosas de vientos en horario comercial

El emplazamiento del Aeropuerto es una planicie ondulada al NW de Cusco, situada a 3,750 m de altitud y con un régimen de vientos de componente N-NW muy marcado. Este régimen de vientos junto con la compleja orografía de la zona determina la posición de la pista.

Atendiendo únicamente al régimen de vientos dominante, la orientación de pista óptima sería de $158^{\circ}/338^{\circ}$ y por lo tanto, su denominación sería 16/34. Sin embargo, debido a la presencia de un obstáculo orográfico se recomienda, girar la orientación de la pista aproximadamente 2.4° respecto a la orientación óptima para tener un cono de aproximación por la pista 34 libre de obstáculos. Con esta variación, la pista tendría una orientación definitiva de $160.4^{\circ}/340.4^{\circ}$ y mantendría la denominación originaria 16/34.

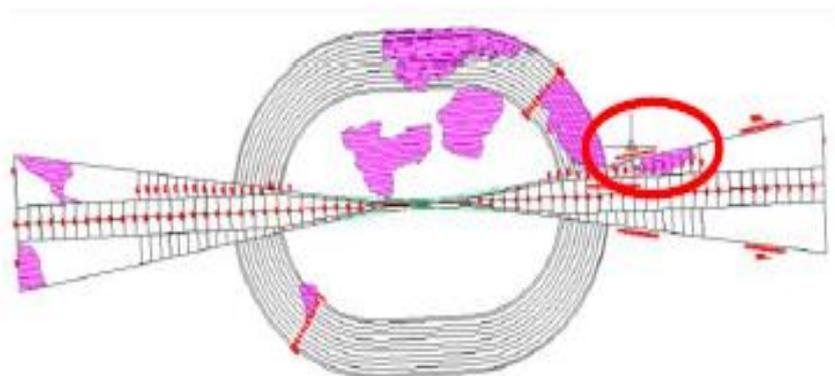


Figura 14: Orientación óptima según frecuencia de vientos

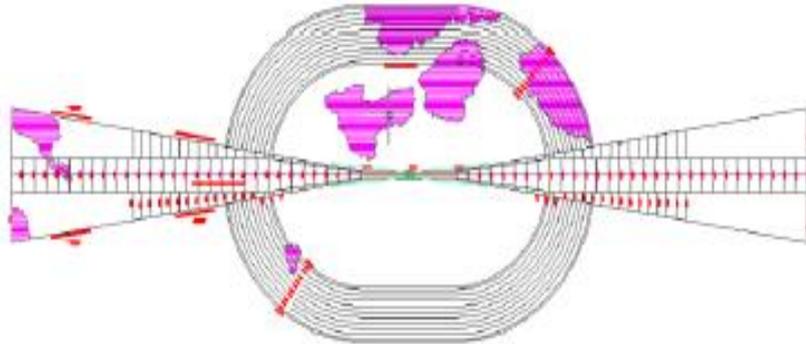


Figura 15: Orientación de pista recomendada

Con la orientación recomendada, los porcentajes de absorción de vientos cumplen totalmente con los coeficientes de utilización de pista fijados por la OACI en un 95%. El Aeropuerto dispondrá de una pista orientada 16-34, es decir según el régimen de vientos dominantes.

6.2.2 Longitud de pista

La pista (RWY) prevista en el Aeropuerto dispondrá de una longitud construida de 4,000 m, suficiente para la operación de todas las aeronaves que se prevén y para la mayoría de las aeronaves comerciales (clave de referencia de la OACI 4E).

El dimensionado de una pista para operaciones de despegue y aterrizaje, en términos de “longitud de pista – dimensión característica de la pista”, se realiza típicamente en base a parámetros técnicos operativos, meteorológicos, orográficos y de mercado del transporte aéreo. En concreto, y de acuerdo a la “Parte 1 – Pistas del Doc 9157 – Manual de diseño de aeródromos de la OACI”, los factores que influyen en el cálculo de la longitud de pista son los siguientes:

- a) factores relacionados con el emplazamiento del aeropuerto
- b) condiciones meteorológicas
- c) características de la pista
- d) características de performance y operación de los aviones a los que se prestará servicio.

De esta forma, la metodología convencional consiste en evaluar, en primera instancia, el emplazamiento desde el punto de vista de elevación (altitud respecto al nivel del mar, que incide en la presión barométrica), temperatura, vientos (componente longitudinal del viento de cara) y pendiente de pista.

El nuevo Aeropuerto de Chinchero se sitúa por encima de 3,700 msnm (12,140 ft), un valor excepcionalmente alto que obliga a aumentar al máximo la longitud de pista para dar servicio al mayor número de aeronaves posible

Lo mismo ocurre con la temperatura, ya que la zona de emplazamiento del aeropuerto tiene una temperatura de referencia alta (14,5°C, equivalente a ISA+24), y cuanto más

elevada sea la temperatura, mayor longitud habrá de tener la pista requerida porque las temperaturas elevadas se traducen en densidades menores del aire, factor que reduce el empuje producido y por consiguiente la sustentación. En definitiva, a mayor elevación y mayor temperatura (respecto a ISA), mayor longitud de pista requerida.

1. Determinar la máxima longitud recomendable por la orografía del terreno, es decir de pista que se puede ejecutar de manera compatible con la orografía del emplazamiento y con las lomas del terreno, teniendo en cuenta que el terreno es irregular en la zona proyectada y que incrementar mucho los movimientos de tierras puede inviabilizar el proyecto.

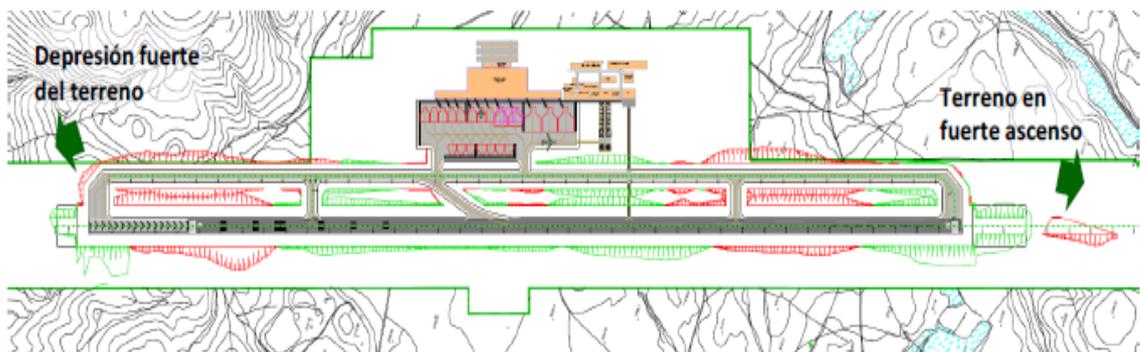


Figura 16: Limitaciones orográficas en la longitud de pista

2. Revisión de los factores técnicos que pueden ser limitantes del peso al despegue de las flotas usuarias, como pueden ser la energía de frenado, la máxima velocidad soportable por los neumáticos o la presencia de obstáculos que impriman un gradiente de ascenso mínimo a cumplir para franquear obstáculos, a partir de un estudio específico realizado por los principales fabricantes.

Máxima longitud recomendada según la orografía del terreno en Chinchero

La ubicación de la cabecera de pista 16 no tiene margen de variación puesto que hacia el Norte y Noroeste se ubica la localidad de Racchi y se produce una depresión muy abrupta del terreno (el terreno desciende muy rápidamente hacia el valle de Urubamba).

Por el contrario, hacia la cabecera 34 y en torno a la Progresiva 4000 (considerando la Progresiva 0 situado sobre el extremo de pista 16), nuevamente el terreno comienza a ser ascendente hasta el punto de que la superficie de ascenso al despegue obliga a realizar obras de corte sobre las lomas de terreno cercanas.

Influencia de los factores técnicos limitantes a la performance de aeronaves

En estudios anteriores realizados por consultoras, se remitieron las condiciones operativas de Chinchero (coordenadas de los umbrales, altitud, presión-elevación, pendiente media aproximada de la pista y procedimientos de aproximación y despegue) a los dos principales fabricantes mundiales de aeronaves (Jeppesen-Boeing y Airbus) con el objetivo de que los departamentos de Operaciones de cada

compañía emitiesen un dictamen al respecto de las limitaciones en el peso al despegue para sus aeronaves en dichas condiciones.

Los resultados de los estudios realizados por ambos fabricantes son concluyentes. Ninguna de las aeronaves comerciales *narrow body* del estudio muestra como principal limitación de peso al despegue la derivada de la longitud de despegue disponible de 4,000m, sino que los pesos están limitados fundamentalmente por la presencia de obstáculos en el entorno aeroportuario.

A continuación, se muestran los pesos al despegue máximos para condiciones de ISA+25 en el ACC que se podrían despachar con esas dos aeronaves de Boeing, para las longitudes de 4,000, 4,100 y 4,200m de pista.

ISA+25; n-1 motores	MTOW	Peso al despegue L4,000m (ACC)	Peso al despegue L4,100m	Peso al despegue L4,200m
B737-700W (150 pasajeros)	69,626 KG	54,085 KG*	54,157 KG*	54,229 KG*
B787-8 (242 pasajeros)	227,930 KG	147,248 KG*	147,461 KG*	147,673 KG*

Tabla 7: Pesos máximos al despegue del B737, B787 con n-1 motores para diferentes longitudes de pista. ISA+25

Fuente: Jeppesen-Boeing

Se observa que incrementando en 100m la longitud disponible para el despegue, el B737-700 podría despachar 72kg adicionales, y en el caso de incrementar la longitud en 200m, se podrían despachar hasta 144kg adicionales. En suma, apenas se conseguiría una mejora en peso que permitiría despachar a la aeronave con un pasajero más. En el caso del B787, se podrían despachar 2 y 4 pasajeros adicionales, respectivamente.

En base a lo anterior, se concluye que una longitud de pista de 4,000m es suficiente y no se justifica una mayor longitud de la distancia disponible para el despegue de aeronaves.

6.2.3 Distancias declaradas

De acuerdo con los criterios del emplazamiento, y de la optimización de los procedimientos operacionales, se determina necesario desplazar el umbral 16 (THR 16) en 925m respecto el extremo de pista 34. Este desplazamiento tiene como objetivo principal facilitar las operaciones (esporádicas) de aproximación que se puedan producir por la pista 16 (RWY16). De este modo, las distancias declaradas de pista serían las que en muestran en la siguiente tabla.

	TORA	ASDA	LDA	TODA
RWY 16	4,000	4,300	3,075	4,000
RWY 34	4,000	4,300	4,000	4,000

Tabla 8: Distancias declaradas de pista (metros)

Donde:

- TORA: Recorrido de despegue disponible
- ASDA: Distancia de aceleración – parada (incluye *Stopway* o zona de parada)
- LDA: Distancia de Aterrizaje disponible
- TODA: Distancia de despegue disponible. (incluye *Clearway* o zona libre de obstáculos).

6.2.4 Ubicación

La ubicación exacta del aeropuerto de Chinchero se ha determinado tomando en consideración los siguientes criterios:

- La ubicación prevista determina el mejor emplazamiento para evitar los mayores obstáculos y diseñar procedimientos lo más seguros y flexibles posibles.
- El movimiento de tierras resulta una de las acciones que determina en mayor grado el costo total del Proyecto, por eso se tiene muy en cuenta para determinar el emplazamiento y diseñar todo el Aeropuerto.
- Reducción del impacto sobre las comunidades existentes y favorecimiento de impactos positivos por la existencia de infraestructuras modernas que dinamizarán el entorno y aportarán instalaciones mejoradas.
- Compatibilización con los recursos hídricos de la zona. se procura ubicar el aeropuerto de modo que se interfiera lo mínimo posible en los recursos hídricos y la flora y fauna que éstos generan.

La ubicación de la pista está definida por las coordenadas de los umbrales, de los extremos de pista y del Punto de Referencia de Aeródromo (ARP). En la siguiente tabla se muestran dichas coordenadas, así como la elevación de estos puntos.

Coordenadas UTM			
	X (m)	Y (m)	Z (m)
Extremo de pista 16	816,738.13	8,519,680.38	3,722.59
THR16	817,049.63	8,518,809.41	3,716.15
Punto Medio RWY	817,411.64	8,517,797.19	3,713.34
THR34	818,085.04	8,515,913.97	3,732.81



Tabla 9. Coordenadas UTM de los extremos de pista, punto medio y ARP

6.2.5 Ancho de pista y áreas de seguridad

El Anexo 14 de la OACI y el Manual de diseño de aeródromos en su Parte 1 “Pistas” determinan que una pista de clave 4E habilitada para operaciones con reglas de vuelo instrumental de precisión debe poseer un ancho de pista mínimo y unas áreas de seguridad asociadas que deben respetar unas dimensiones estándares.

El ancho de pista mínimo requerido por la OACI es de 45 metros, con unos márgenes de pista que completen hasta un ancho de 60 metros y que no sean menores de 7.5 metros de ancho a cada lado de la pista.

La franja de la pista deberá prolongarse 60 m más allá de los extremos y zonas de parada de pista. En este caso no se prevén zonas de parada en extremo de pista (*Stopways*) por lo que la longitud de la franja deberá ser de 4,120m. Dicha franja deberá extenderse 150 metros a cada lado del eje de pista y deberá tener parte de su anchura nivelada. La franja de pista, así como su parte nivelada es la que se muestra en la siguiente figura.

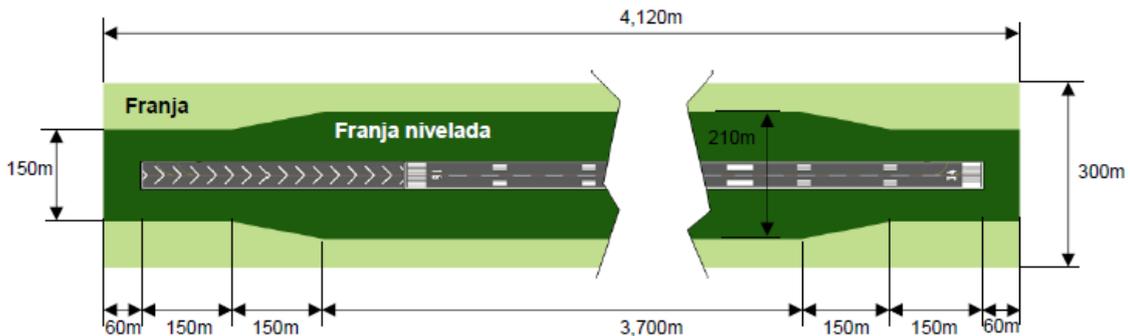


Figura 17: Dimensiones y características de la franja de pista del Aeropuerto

Las áreas de seguridad de extremo de pista (RESA) están destinadas a aumentar la seguridad (*safety*) de las operaciones en las fases de despegue y aproximación final. Estas áreas deben extenderse un mínimo de 90m desde el extremo de la franja y deben poseer una anchura del doble que la anchura de la pista dispuesta simétricamente respecto el eje de pista.

Además, la OACI recomienda que estas áreas de seguridad se extiendan durante un mínimo de 240m desde el extremo de la franja y que su anchura no sea menor que el doble del ancho de la pista, es decir, 90m en el caso de este Aeropuerto. Esta área se sitúa tal y como se muestra en la siguiente figura.

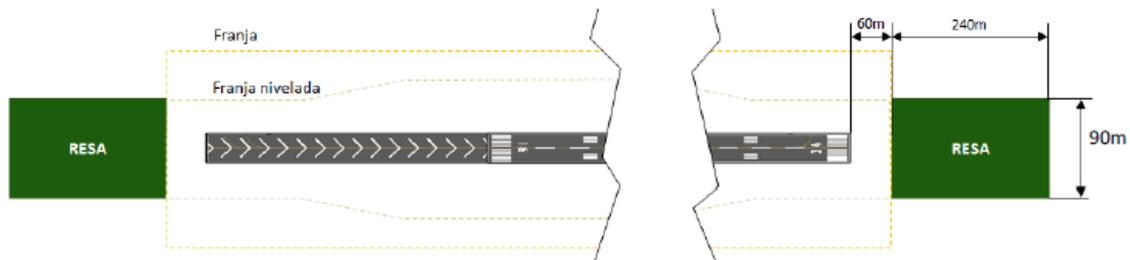


Figura 18: Disposición y dimensiones de las RESAs
Fuente: Elaborado por ALG

6.2.6 Perfiles de la pista y de las áreas de seguridad de la pista

Los perfiles de la pista y las áreas de seguridad asociadas, se diseñan acorde con los requerimientos y recomendaciones dispuestos en la RAP 314, el Anexo 14 de OACI y el Manual de diseño de aeródromos en su Parte 1 "Pistas".

Tomando en consideración los requerimientos de pendientes de OACI, se han diseñado los perfiles para adaptarlos, en el mayor grado posible, a la orografía del terreno.

❖ Perfiles longitudinales

Las especificaciones de la OACI en cuanto al perfil longitudinal de pista tienen como objetivo minimizar los gradientes de pendientes, así como hacer que los cambios de pendiente sean lo más suave posible.

- El perfil longitudinal de la pista no debe superar el 1%. Esta pendiente se mide como la diferencia entre la cota más elevada y la cota inferior de la pista, dividida entre la longitud de la misma.
- La pendiente longitudinal de la pista no puede superar en ningún tramo el 1.25% y, en los últimos cuartos de la longitud de la pista, no debería exceder del 0.8%.
- Cuando no se pueda evitar un cambio de pendiente entre dos pendientes consecutivas, éste no debería exceder del 1.5%.
- La transición de una pendiente a otra debería efectuarse por medio de una superficie curva con un grado de variación que no exceda del 0.1% por cada 30 m (radio mínimo de curvatura de 30 000 m).

A lo largo de una pista deberían evitarse ondulaciones o cambios de pendiente apreciables que estén muy próximos. La distancia entre los puntos de intersección de dos curvas sucesivas (D) no debería ser menor que la más restrictiva de las siguientes medidas:

- a) $D \geq 30000 * (|X-Y| + |Y-Z|)$
- b) $D = 45 \text{ m.}$

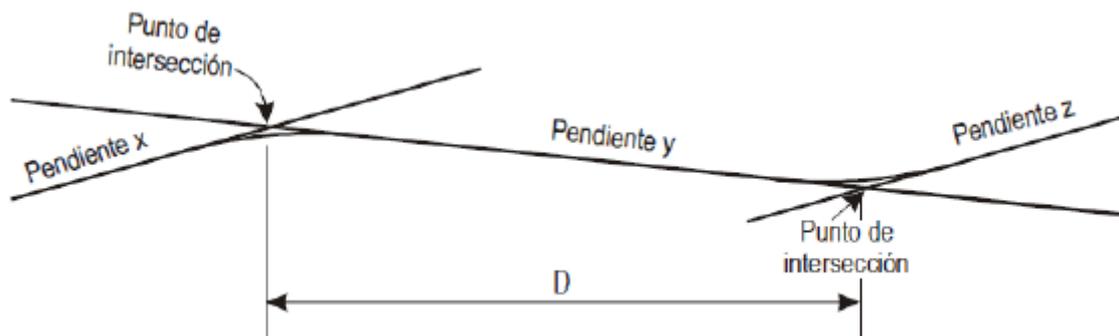


Figura 19: Representación de la distancia entre cambios de pendiente sucesivos
Fuente: Anexo 14 OACI

Para el diseño del perfil longitudinal de la franja, se toma en consideración que la pendiente de la franja no debe exceder el 1.5% y los cambios de pendiente, en caso de existir, deben ser lo más suaves posibles.

En el área de seguridad de extremo de pista (RESA), las pendientes longitudinales no deben sobrepasar un gradiente de descenso del 5% y los cambios de pendiente longitudinal deberían ser lo más graduales posible, debiendo evitar los cambios bruscos.

La superficie de aproximación correspondiente al Aeropuerto de Chinchero determina que el ángulo que no se puede sobrepasar es del 2%. La superficie de ascenso en el despegue también limita la presencia de objetos por encima de un gradiente de subida del 2% o un gradiente del 1.6%, en caso de que ningún objeto la vulnere.

❖ Perfiles transversales

El perfil transversal de la pista debe diseñarse con el propósito de minimizar las pendientes y debe facilitar la rápida evacuación del agua.

La superficie de la pista, en la medida de lo posible, debería ser convexa, excepto en los casos en que una pendiente transversal única sea favorable a la dirección del viento que acompaña a la lluvia con mayor frecuencia, para asegurar el rápido drenaje. En el diseño del perfil transversal de pista, OACI recomienda una pendiente del 1.5% para clave de pista E. salvo en las intersecciones de pistas o calles de rodaje en que se requieran pendientes más aplanadas.

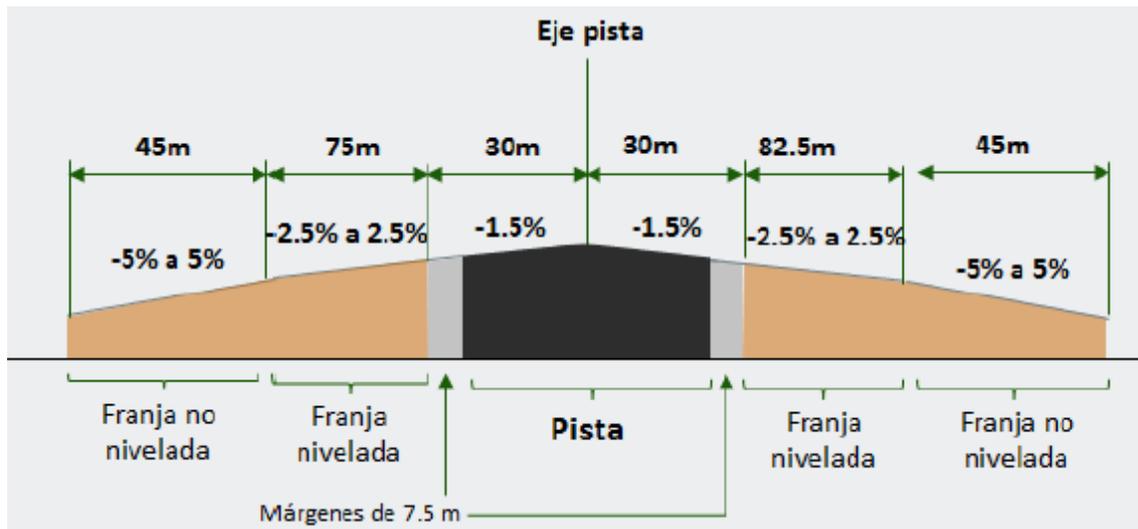


Figura 20: Pendientes transversales de la pista, márgenes y franjas

Los márgenes previstos para la pista del Aeropuerto tienen una anchura de 7.5m y se extienden simétricamente a ambos lados de la pista, conformando una anchura total entre pista y márgenes de 60m.

Estas dimensiones se corresponden con las recomendaciones de OACI. En dichas recomendaciones también se especifica que el pendiente descendente de los márgenes no debe superar un gradiente del 2.5% y no ser menor del 1%.

Las pendientes en la parte nivelada deberían ser adecuadas para impedir la acumulación de agua en la superficie, pero no deberían exceder del 2.5% en caso de letra de clave E.

El diseño del perfil transversal del conjunto de pista, márgenes, franja nivelada y franja no nivelada de pista tiene como objetivos ayudar a un correcto drenaje del agua para evitar acumulaciones en áreas destinadas a la circulación, respetar las recomendaciones de las autoridades aeronáuticas y permitir salvar las diferencias de cotas entre calle de rodaje paralela y pista.

6.3. Ubicación y utilización del sistema de calles de rodaje

A continuación, se resumen las calles de rodaje proyectadas para el Aeropuerto de Chinchero:

- Una calle de rodaje paralela para liberar la pista del rodaje de las aeronaves que se dirigen o proceden de una cabecera de pista.
- Dos calles de acceso a plataforma para poder separar la entrada y salida.
- Cinco calles de conexión entre la pista y la rodadura paralela que se estiman suficientes para acceder y desocupar la pista. Estas calles están ubicadas de forma que la pista se conecte a la calle de rodaje paralela por sus extremos (calles de acceso a las cabeceras) y con tres calles de conexión.

- Un apartadero de espera, que se diseña en función de los requerimientos operacionales del aeropuerto y los requerimientos del propio diseño de los apartaderos.

Todos los elementos descritos son acordes a las recomendaciones del Manual de planificación de aeropuertos (Doc. 9184) en su Parte 1 – Planificación general

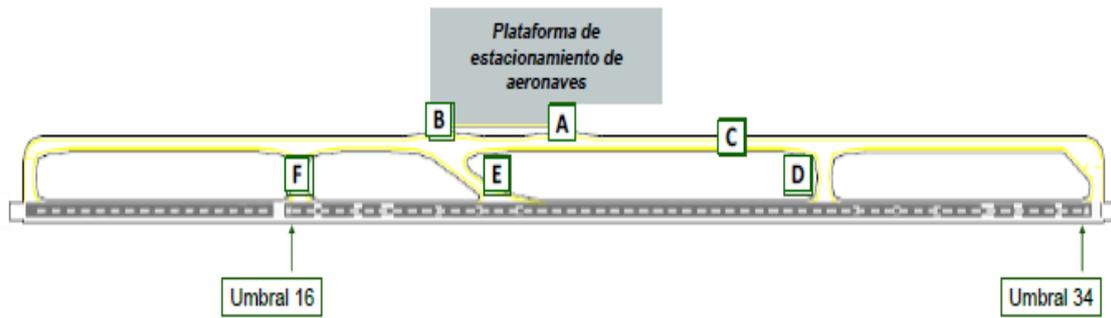


Figura 21: Diseño del área de maniobras del aeropuerto (pista y calles de rodaje y salidas)

6.3.1 Ubicación y utilización de las calles

Calle de rodaje paralela

La disposición de una calle de rodaje paralela permite gestionar el tráfico de aeronaves del aeropuerto de una manera más sencilla y eficiente, ayudando a reducir los tiempos de rodaje en pista liberándola de congestión.

Calle de salida rápida (calle E)

Para ubicar la calle de salida rápida, se ha efectuado un análisis de la utilización de la misma para maximizar la capacidad de la pista. Se prevé que las aeronaves usuarias del ACC sean principalmente de tipo C, siendo el A319 la aeronave más habitual en el aeropuerto.

Aviación comercial actual

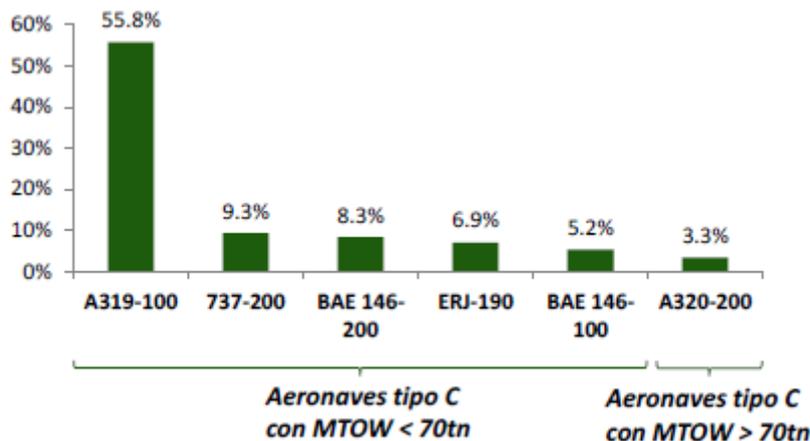


Figura 22: Modelos de aeronaves predominantes en el AIVA
 Fuente: Datos de CORPAC

De este modo, se determina que las aeronaves más representativas para el estudio de la ubicación de las calles de rodaje deben ser el Airbus A319 como aeronave representativa de la categoría de menos de 70 tn y el Airbus A320 como aeronave representativa de la categoría de hasta 105 tn.

La distancia a la que se proyecta la calle de salida rápida debe tener en consideración las aeronaves más frecuentes en el aeropuerto para que en la mayor parte de operaciones se pueda liberar la pista lo antes posible. Este análisis debe efectuarse con las condiciones de referencia del aeropuerto tomando un carácter conservador, tal y como se muestra en la tabla siguiente.

Condiciones de operación en el AICC	
Elevación del umbral	3,732.81 msnm*
Temperatura (de referencia)	ISA + 24°C
Pendiente longitudinal	-1.0%
Viento de cola	0 kts

Tabla 10: Condiciones de referencia para calcular las distancias de frenado de las aeronaves

Las condiciones estimadas son conservadoras dado que no se considera viento de cara (se estima que será habitual según los datos meteorológicos), favorable para reducir las distancias de frenado, que la elevación considerada es ligeramente superior a la máxima elevación existente en la pista y que la temperatura considerada es la temperatura de referencia, ampliamente superior a la media.

Calles de salida ortogonal o de conexión

Se sitúan dos calles de salida ortogonal, D y F, dispuestas casi de forma simétrica respecto la mitad de la pista.

En la siguiente tabla se muestran las distancias a las que se sitúan las dos calles de rodaje ortogonales respecto los umbrales.

Calle de rodaje	Distancia desde THR 34	Distancia desde THR 16
F	2,980 m	-
D	1,030 m	2,045 m

Tabla 11: Ubicación de las calles de rodajes respecto los umbrales

Tomando en consideración las tablas de distancias de frenado de los modelos de Airbus A318, A319, A320, A321, A330 y A340 para las calles de rodaje ortogonales

(tabla siguiente), se determina que las distancias a las que se han proyectado las calles de rodaje son óptimas para que los diferentes tipos de aeronaves que se prevén liberen la pista lo más rápido posible y así se incremente la capacidad de la pista.

A319 / A320		A330 / A340		Boeing 787-8	
Peso (tn)	Distancia (m)	Peso (tn)	Distancia (m)	Peso (lb)	Distancia (m)
46	1,965	140	2,100	310	2,128
50	2,006	150	2,180	330	2,178
54	2,047	160	2,261	350	2,227
58	2,088	170	2,341	370	2,277
62	2,129	180	2,451	390	2,338
66	2,170	190	2,502	410	2,399
70	2,290	200	2,622	430	2,461
74	2,410	210	2,742	450	2,522
78	2,530	220	2,863	470	2,583

Tabla 12: Distancias de frenado necesarias para una calle de salida ortogonal con pista seca
 Fuente: Datos de Airbus y Boeing

Las distancias calculadas para la ubicación de las calles de rodaje ortogonales se han calculado con las mismas hipótesis que para la calle de salida rápida exceptuando la velocidad a la que se libera la pista. Para el cálculo de las distancias a las que se libera la pista se ha supuesto una velocidad salida de pista de 13 kts.

Según estas distancias, prácticamente la totalidad de las aeronaves que operan en el aeropuerto podrían liberar la pista por las calles de salida ortogonales en condiciones de pista seca. En condiciones de pista mojada, las distancias de frenado necesarias son las que se muestran en la siguiente tabla.

A319 / A320		A330 / A340		Boeing 787-8	
Peso (tn)	Distancia (m)	Peso (tn)	Distancia (m)	Peso (lb)	Distancia (m)
46	2,175	140	2,558	310	2,156
50	2,256	150	2,628	330	2,205
54	2,337	160	2,699	350	2,255
58	2,418	170	2,770	370	2,304
62	2,499	180	2,841	390	2,365
66	2,579	190	2,912	410	2,427
70	2,779	200	3,082	430	2,488
74	2,978	210	3,251	450	2,549
78	3,178	220	3,422	470	2,611

Tabla 13: Distancias de frenado en condiciones de pista mojada
 Fuente: Datos de Airbus y Boeing

Estas distancias de frenado en pista mojada denotan que la calle de salida ortogonal F permite liberar la pista a la práctica totalidad de las aeronaves.

Calles de acceso a plataforma

Se propone un doble acceso a la plataforma de estacionamiento, con dos tramos de calle de rodadura, dimensionadas como el resto del campo de vuelos, para aeronaves de tipo E. La calle Norte, se sitúa justo en el mismo punto del eje de la rodadura paralela que la llegada de la salida rápida de pista (calle oblicua), la otra calle de acceso a plataforma se sitúa más al Sur, al otro extremo de los puestos de estacionamiento para aeronaves de tipo C.

En la siguiente figura se esquematizan las dos configuraciones posibles del campo de vuelos, la configuración Norte (configuración preferente) y la configuración Sur (configuración no preferente).

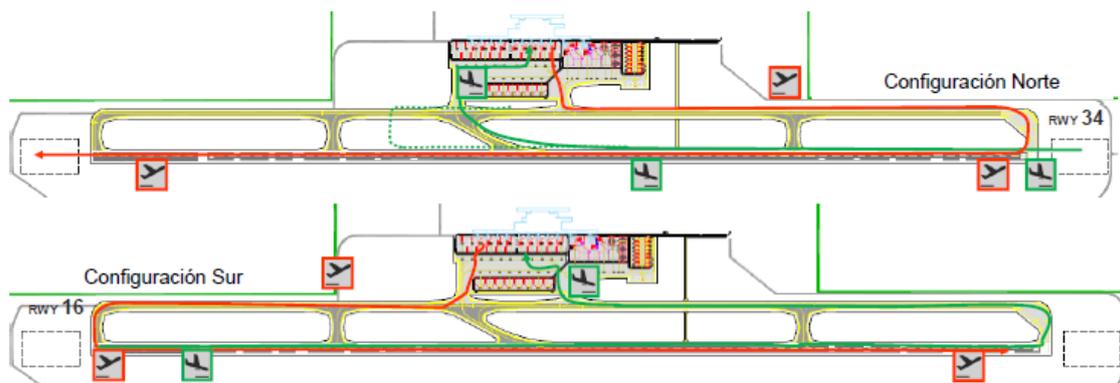


Figura 23. Esquema del campo de vuelos
Fuente: Elaborado por ALG

6.4. Diseño geométrico de las calles de rodaje

El Aeropuerto de Chinchero se diseña con el objetivo de que pueda dar servicio a aeronaves de tipo E, aunque la gran mayoría de aeronaves que se prevén serán de tipo C o menores.

6.4.1 Características generales

Las calles de rodaje tipo E, según los requerimientos de OACI (Anexo 14 y Manual de diseño de aeródromos en su Parte 2 – Calles de rodaje, plataformas y apartaderos de espera¹⁷) y de la RAP 314, deben disponer de un mínimo de 23m de ancho y unos márgenes que deben completar hasta los 44m.

La franja nivelada de la calle de rodaje debe extenderse hasta una anchura de 44m, como los márgenes, y la parte no nivelada de franja se extiende hasta los 47.5m a cada lado del eje de calle de rodaje, conformando una anchura total de 95m.

En la siguiente tabla se incluye un resumen de los requerimientos de las calles de rodaje.

Descripción	Dimensiones
Anchura mínima de calle de rodaje	23 m
Anchura mínima de los márgenes	10.5 m
Distancia libre mínima entre la rueda exterior del tren de aterrizaje principal y el borde de la calle de rodaje	4.5 m
Separación mínima entre el eje de la calle de rodaje y eje de una pista de vuelo por instrumentos de clave 4E	182.5 m
Distancia entre ejes de calle de rodaje	80 m
Distancia entre eje de calle de rodaje que no sea de acceso a puesto de estacionamiento (<i>outer</i>) y objeto	47.5 m
Distancia entre eje de calle de rodaje de acceso a puesto de estacionamiento (<i>inner</i>) y objeto	42.5 m

Tabla 14: Diseño del área de maniobras del aeropuerto (pista y calles de rodaje)

Fuente: OACI. Manual de diseño de aeródromos

El pavimento de las calles de rodaje debe ser de tipo flexible (asfáltico) para optimizar las condiciones de rodadura de las aeronaves que, por las distancias medias que podrán circular en ellas, sus velocidades serán considerables.

Todas las calles de rodaje se prevén con pavimento de tipo flexible a excepción de aquellas áreas en las que se prevé que las aeronaves puedan detenerse con frecuencia como en el caso de los apartaderos de espera para entrar en pista.

En los apartaderos, se prevé la conformación del pavimento mediante losas de hormigón para evitar el deterioro del asfalto por deposición de combustible proveniente de los motores, dado que se prevé que las aeronaves puedan permanecer periodos de tiempo prolongados en los puntos de espera con los motores encendidos.

Todas las calles de rodaje se han diseñado acorde con los estándares de OACI y la RAP. Las dos calles de rodaje que deben cumplir unas especificaciones más detalladas son la calle de rodaje paralela y la calle de salida rápida.

La calle de rodadura paralela, de acuerdo a lo especificado por OACI para aeronaves de clase E, está situada a 182,5 m de la pista (distancia entre ejes) y discurre de umbral a umbral. Tiene 4.000 m de longitud y 23 m de ancho, con márgenes a ambos lados de 10.5 m cada uno.

La distancia entre su eje y el punto más próximo de los viales de circulación de vehículos en plataforma es de 47.5 m, respetando las recomendaciones OACI como calle de rodadura exterior *outer* de tipo E (no de acceso a puesto de estacionamiento) al respecto.

La calle de salida rápida está destinada a servir las operaciones que se efectúen con la configuración preferente, es decir, por la pista 34. Su diseño debe cumplir las

especificaciones de OACI, que determina que las dimensiones características de este tipo de calles de rodaje para clave de pista 3 o 4 es la que se muestra en la siguiente figura.

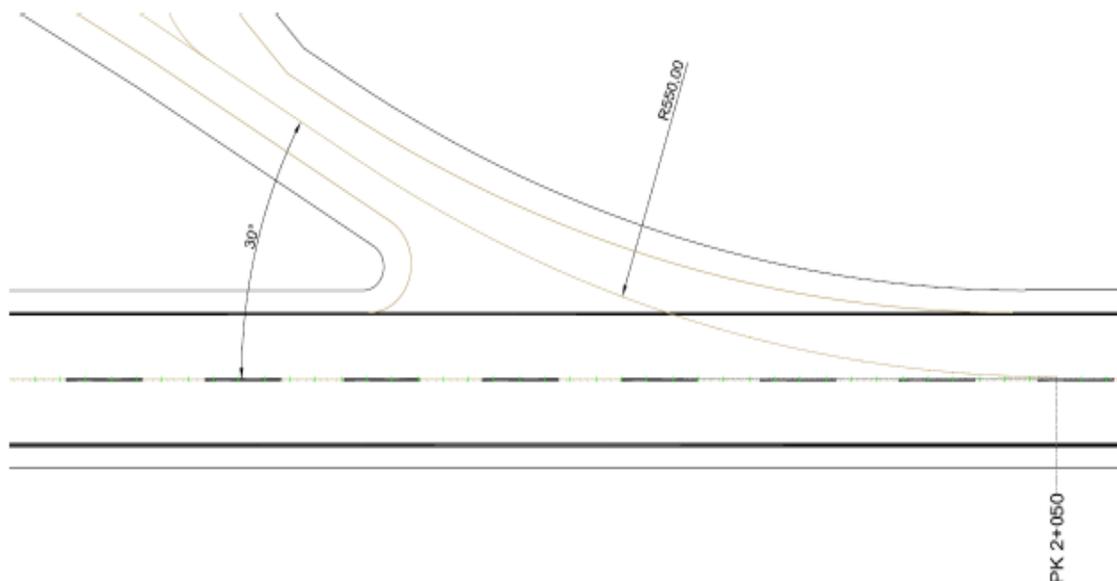


Figura 24: Configuración de la calle de salida rápida para número de clave 3 o 4

La calle de salida rápida se diseña a 2.050 m del umbral 34 y entronca en la calle de rodadura paralela por el Oeste justo en el mismo punto en el que se sitúa la entrada Norte a plataforma, por lo que el tránsito de las aeronaves es directo desde la pista hasta la entrada a plataforma.

6.4.2 Virajes en calles de rodaje

Radio de Viraje

Los virajes en las calles de rodaje deben respetar dos tipos de requerimientos para permitir la circulación de las aeronaves previstas, es decir, todas las aeronaves tipo A, B, C, D y la mayoría de aeronaves tipo E.

Las calles de rodaje se han dimensionado para permitir el rodaje de las aeronaves tipo E. En el Manual de diseño de aeródromos y el Anexo 14 de OACI se especifica que “los radios de las mismas deberían ser compatibles con la capacidad de maniobra y las velocidades de rodaje normales de las aeronaves a las que se destina dicha calle de rodaje”.

Además, “el diseño de la curva debería ser tal que cuando el puesto de pilotaje del avión permanezca sobre las señales de eje de calle de rodaje, la distancia libre entre las ruedas principales exteriores y el borde de la calle de rodaje no sea inferior a” 4.5 m para letra de clave E.

Con estos dos criterios, se dimensionan los virajes de las calles de rodaje con radios de 45 m, que según el Manual de diseño de aeródromos permiten una velocidad de rodaje de 27.5 km/h. Con este radio de curvatura en los virajes, la infraestructura está diseñada para dar servicio a cualquier aeronave tipo E.

Las aeronaves que se establecen como aeronaves más críticas para el diseño de las calles de rodaje son el Boeing 747-800 y el Airbus A-340-600. En sus manuales para

la planificación aeroportuaria (Airplane Characteristics for Airport Planning) se incluyen los radios de viraje que permiten una óptima maniobrabilidad de las aeronaves, tal y como se muestra en la siguiente figura.

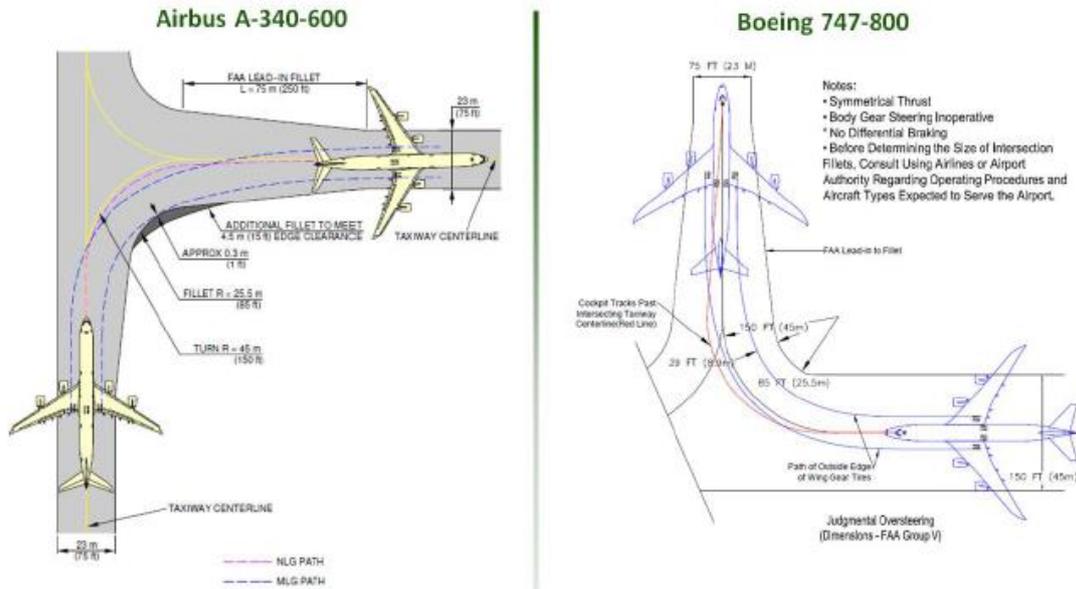


Figura 25: Virajes en ángulo recto con radio de 45m del Airbus A-340-600 y Boeing 747-800
 Fuente: ACAPs del Airbus A-340-500/600 y del Boeing 747-800

Además, los virajes con ángulo agudo (menor de 90°) también se han diseñado con un radio de 45 m, suficiente para permitir la correcta operación de todas las aeronaves que se prevén en el aeropuerto (tipo E).

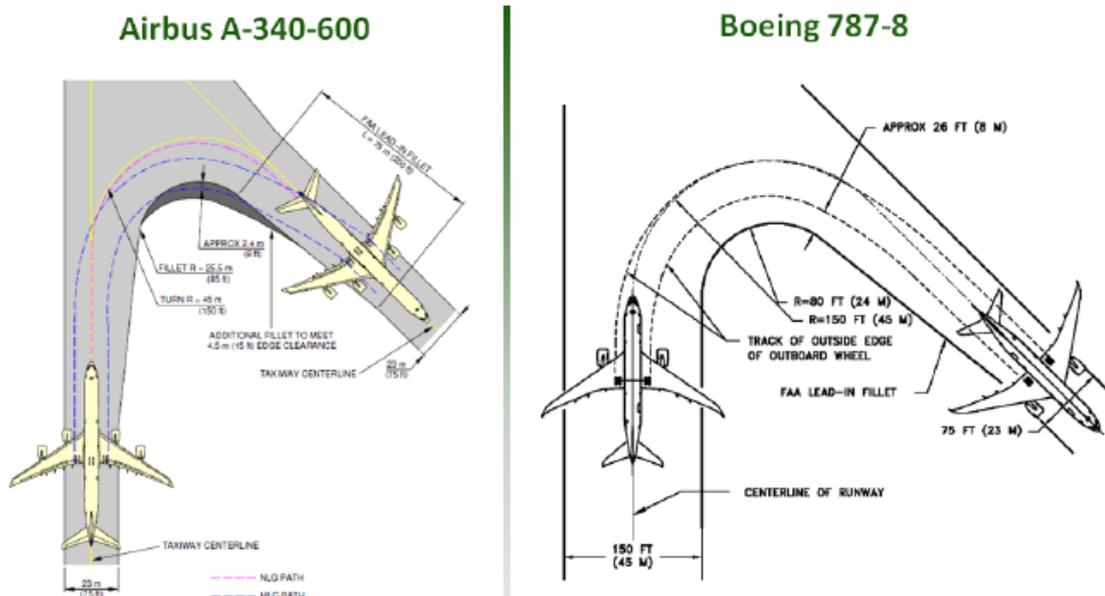


Figura 26: Virajes en ángulo agudo con radio de 45m del Airbus y Boeing
 Fuente: ACAPs del Airbus A-340-500/600 y del Boeing 747-800

6.4.3 Perfiles de las calles de rodaje

Los perfiles de las calles de rodaje deben tener en cuenta diversas consideraciones que afectan en gran medida a su diseño. Los factores limitantes son los que se enumeran a continuación:

1. Requisitos impuestos por el Anexo 14 de OACI y el Manual de diseño de aeródromos en su Parte 2 – Calles de rodaje, plataformas y apartaderos de espera:
 - a) Pendientes máximas y mínimas de la calle de rodaje
 - b) Cambios entre dos pendientes consecutivas
 - c) Visibilidad de la superficie de la calle de rodaje
2. Limitaciones impuestas por la elevación de la pista y su perfil longitudinal, derivadas de las pendientes máximas de los márgenes, de las franjas y de las pendientes máximas de las calles de rodaje de conexión con la pista.

Perfil transversal de las calles de rodaje

OACI determina que, las pendientes de las calles de rodaje deberían ser suficientes para favorecer una óptima evacuación del agua, pero no puede exceder del 1.5% cuando la clave de calle de rodaje es de tipo C, D, E o F.

Los márgenes de las calles de rodaje de 10.5 m a cada lado de la calle de rodaje debería estar nivelados con la superficie de la calle de rodaje. Esta misma anchura, que corresponde a la parte de la franja nivelada de la calle de rodaje, debe cumplir los pendientes transversales siguientes:

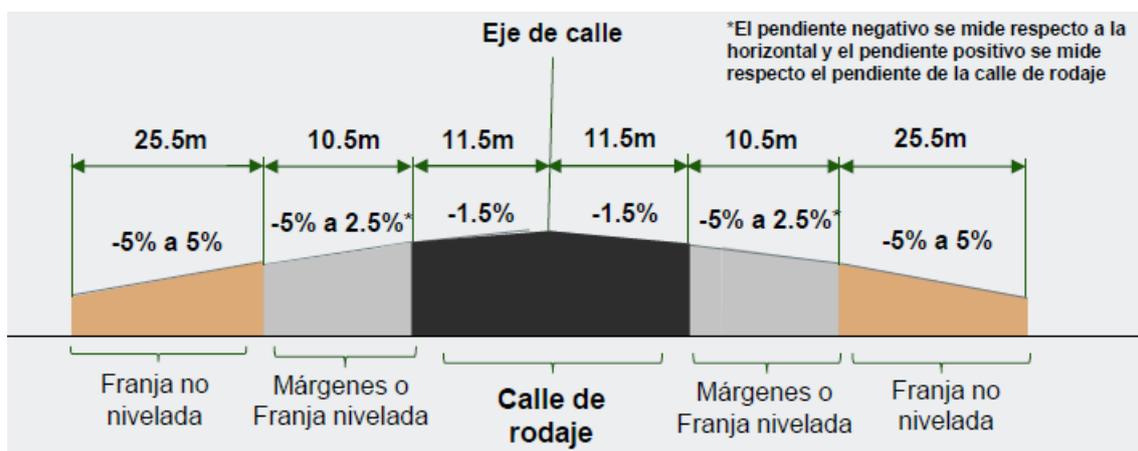


Figura 27: Pendientes de la calle de rodaje y las áreas de seguridad asociadas

Las pendientes admisibles en la franja dependen de si se encuentran en la parte nivelada o no. La parte nivelada de la franja corresponde al ancho proporcionado por la calle de rodaje y los márgenes. Las pendientes en estos tramos pueden oscilar entre el 5% descendente o el 2.5% ascendente. La parte no nivelada de la franja de

las calles de rodaje, puede admitir unos pendientes del 5% ascendente o descendente.

Perfil longitudinal de la calle de rodaje

El perfil longitudinal de las calles de rodaje debe adaptarse en el mayor grado posible a la orografía del terreno y debe cumplir con otros requerimientos y funciones esenciales para una buena planificación del campo de vuelos.

Los criterios más relevantes para determinar las pendientes longitudinales de las calles de rodaje se muestran a continuación:

- Adaptarse a la orografía del terreno en la mayor medida posible.
- Permitir disminuir la distancia de los puntos de espera en apartaderos hasta el eje de pista.
- No sobrepasar un pendiente longitudinal del 1.5% ascendente o descendente.
- Mantener una elevación en cada punto que permita enlazar con la pista manteniendo las pendientes requeridas en las calles de rodaje de conexión a pista, los márgenes y las franjas.
- Efectuar cambios de pendiente lo más suaves posible, con radios de curvatura no inferiores a 3,000m.
- Permitir que en cualquier punto de la pista pueda visionarse toda la superficie de la calle de rodaje en una distancia no inferior a:
 - a) 300 m desde un punto situado 3m sobre la calle de rodaje.
 - b) 200 m desde un punto situado 2m sobre la calle de rodaje.
 - c) 1.5 m desde un punto situado 150m sobre la calle de rodaje

Estos requerimientos de visibilidad, pueden provocar que sea necesario prever radios de curvatura mayores que los 3,000 m cuando se efectúe una transición entre una pendiente ascendente y uno descendente, por este orden.

Las pendientes de las calles de rodaje de conexión con pista quedan determinadas ya que se prevé que tengan un pendiente uniforme una vez fuera de los límites de la pista.

6.5. Apartaderos de espera

Los apartaderos de espera constituyen un elemento que permite mejorar la gestión de las operaciones y optimizar la capacidad del área de maniobras. Proporciona a las dependencias del servicio de tránsito aéreo una mayor flexibilidad para regular las

secuencias de despegue a fin de evitar retrasos indebidos. Además, los apartaderos de espera u otras calles de desviación permiten:

- Demorar la salida de determinadas aeronaves
- Realizar en las aeronaves verificaciones de altímetro antes del vuelo
- Efectuar pruebas de motores en las aeronaves de motor de émbolo.
- Utilizar los apartaderos de espera como punto de verificación del VOR en aeródromo.

Existen multitud de configuraciones para los apartaderos de espera y calles de desviación de entrada en pista, tal y como se muestra en la siguiente figura.

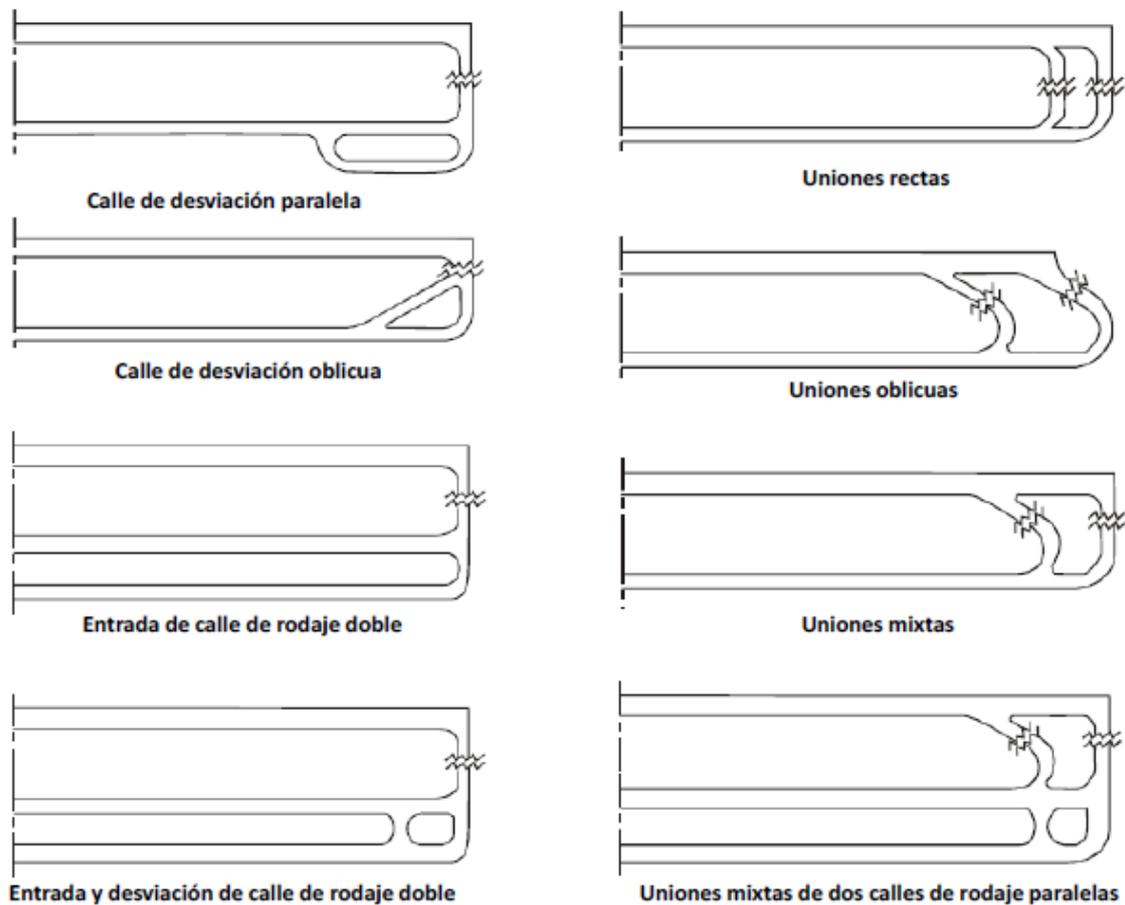


Figura 28: de espera y entradas dobles a pista
Fuente: Manual de diseño de aeródromos: Parte 2

En la tabla siguiente se presentan algunas de las dimensiones características del área de movimiento acorde con las normas y prácticas recomendadas por la OACI para el diseño de aeropuerto de clave 4E.

Dimensiones características	Clave 4E
Ancho de la pista	45 m
Ancho de los márgenes de pista	7.5 m
Ancho de franja de pista – Instrumental de precisión	300 m
Ancho de franja de pista bien nivelada de precisión	150-210 m
Longitud del área de seguridad de extremo de pista (RESA)	240 m
Anchura de RESA	90 m
Ancho de las calles de rodaje	23 m
Ancho de márgenes de calle de rodaje	10.5 m
Ancho de franja de calle de rodaje	95 m
Ancho de franja de calle de rodaje nivelada	44 m
Distancia entre el eje de pista y el eje de calle de rodaje paralela	182.5 m
Radios de curvatura de los virajes de las calles de rodaje	45 m
Distancia entre ejes de calle de rodaje y puntos de espera intermedios	47.5 m
Distancia entre eje de pista y apartaderos de espera cabecera 34	120 m
Distancia entre eje de pista y punto de espera en cabecera 16	145 m
Pendiente de la pista	0,8%-1,25%-0%

Tabla 15: Dimensiones características y normas recomendadas

Fuente: Elaborado con datos de la OACI

7. DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA PLATAFORMA DE ESTACIONAMIENTO

La plataforma de estacionamiento tiene unas dimensiones mínimas características:

- Longitud mínima de 710m de largo, determinada por las 11 aeronaves de tipo C en contacto, las 3 aeronaves tipo E en contacto, todas ellas solapadas la máxima distancia permitida de 4,5m para las aeronaves de tipo C y 7,5m para la de tipo E y 4 viales de servicio
- Anchura mínima de 205m. Si se suprimiese la segunda línea de posiciones en remoto (plataforma con una sola línea de estacionamiento), la anchura mínima sería de 155m

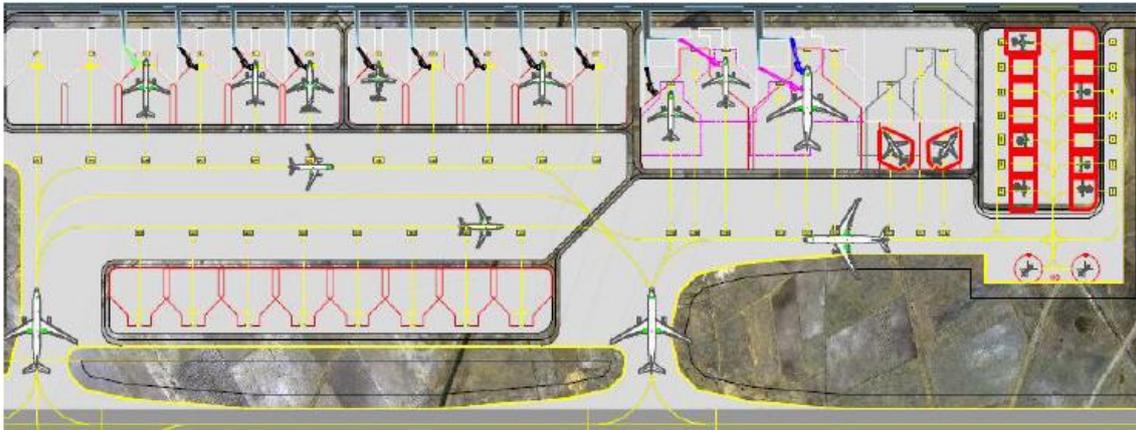


Figura 29. Plataforma de estacionamiento de aeronaves

Diseño geométrico de los puestos de estacionamiento

El diseño geométrico de los puestos de estacionamiento (conocido como “sobres”) debe cumplir con las regulaciones de la Organización de Aviación Civil Internacional y las regulaciones del Perú.

Los sobres pre-establecidos por la NTC del Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú, determinan que deben respetarse las distancias de seguridad mínimas que se muestran en la siguiente figura.

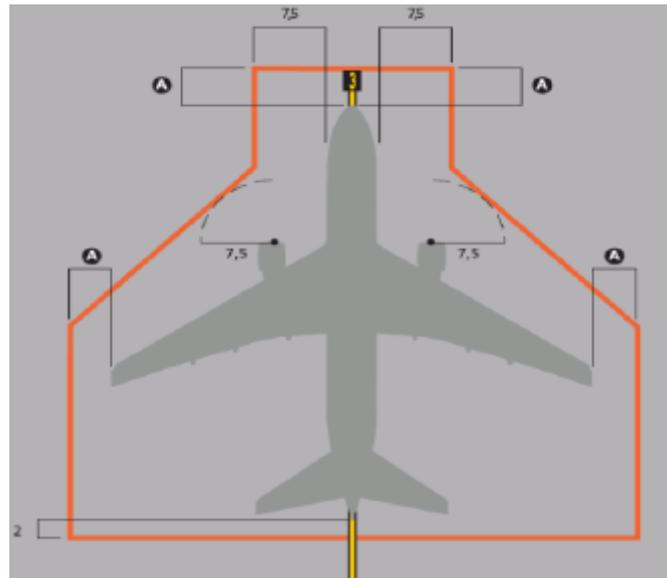


Figura 30: Distancias de seguridad de los puestos de estacionamiento
 Fuente: NTC 001-2012

Las dimensiones de los sobres preestablecidos por dicha Norma, son los que se muestran en la siguiente tabla.

TIPO	AERONAVES	LONGITUD (m)	ANCHO (m)
I II	B-747, A-340,	80.50	80.00
	B-777, A-340-600	85.00	80.00
	MD-11, DC-10, DC-8/63	71.50	67.00
III	B-767, B-707, L-1011 IL-62, A-300, A-310, DC-8/53	65.00	63.00
IV	B-757, TU-154	57.50	53.00
V	MD-81 a 83 y 88	54.50	44.00
VI	MD-87, A-320, TU-134 B-737/600 a 800	46.50	44.00
VII	DC-9, B-737/100 a 500, F-100 Bae 143, F-28, BA-111 Bae 146/200 y 300	44.50	40.00
VIII	ATR-72, ATR-42, CN-235, Bae-146/100	34.50	37.00

Tabla 16: Dimensiones de los puestos de estacionamiento
 Fuente: NTC 001-2012

El Anexo 14 de la OACI, determina que “Un puesto de estacionamiento de aeronaves debería proporcionar los siguientes márgenes mínimos de separación entre la aeronave que utilice el puesto y cualquier edificio, aeronave en otro puesto de estacionamiento u otros objetos adyacentes:”

Letra de Clave	Margen
A	3 m
B	3 m
C	4.5 m
D	7.5 m
E	7.5 m
F	7.5 m

Tabla 17: Distancias de seguridad mínimas en puestos de estacionamiento
Fuente: Anexo 14 de OACI20

De este modo, los puestos de estacionamiento asignados a cada aeronave en la NTC 001-2012 en algunos casos no respetan las distancias de seguridad establecidas en el Anexo 14 de OACI, ya que únicamente conservan 2m de distancia de seguridad en la popa de la aeronave.

Además, las dimensiones establecidas para los puestos de estacionamiento tipo VI de la NTC 001-2012, determinan un ancho menor que el requerido para conservar las distancias de seguridad de 4.5m para los nuevos modelos del Boeing 737. Las nuevas versiones del Boeing 737-600 a 90021 que poseen *winglets* requieren puestos de estacionamiento de más de 44 metros de ancho para cumplir la regulación internacional.

Tomando en consideración estos factores, para no sobredimensionar los puestos de estacionamiento con sobres tipo IV para aeronaves con letra de clave C, se han introducido ligeras modificaciones en los sobres de estacionamiento para optimizar el espacio en plataforma y respetar las distancias de seguridad que establece la NTC 001-2012 y las distancias de seguridad que se recogen en el Anexo 14 de OACI.

8. ESTUDIO DE SUELOS EN ZONA DE EMPLAZAMIENTO DEL AEROPUERTO

El estudio de suelos se realizó en el laboratorio de la Universidad Nacional San Antonio Abad Del Cusco (UNSAAC) con el objetivo de conocer las siguientes propiedades:

- Las características físicas
- La capacidad portante de suelos

Para este trabajo se tomaron solamente 3 muestras, en los extremos y parte central donde se ubicará el Aeropuerto y han sido analizadas en el laboratorio de suelos de la UNSAAC.

8.1. Ensayos estándar:

- Análisis Granulométrico por Tamizado
- Material que Pasa el Tamiz N° 200
- Límites de Consistencia
 - Límite Líquido
 - Límite Plástico e Índice de Plasticidad
- Contenido de Humedad
- Clasificación SUCS (ASTM D 2487)
- Clasificación para Vías de Transporte (AASHTO) (ASTM D 3282)

En resumen, en el área donde se implantará el Aeropuerto tenemos la siguiente distribución de materiales:

GRAVAS (%)				ARENAS (%)				FINOS (%)					ORGÁNICOS	
GW	GP	GM	GC	SW	SP	SM	SC	CL	ML	OL	CH	MH	OH	pt
0	0	0	0	0	0	0	0	75	10	0	5	10	0	0

Tabla 18. Resumen de Suelos Ubicados en el Área del Aeropuerto

Tal como se aprecia en la tabla, todos los materiales son finos, encontrándose aproximadamente 75% de arcillas de baja plasticidad (CL), 10% de limos de baja plasticidad (ML), 5% de arcillas de alta plasticidad (CH) y 10% de limos de alta plasticidad. El tamaño máximo promedio de los materiales se encuentra entre 0.150mm (malla N° 100) y 19.00mm (malla ¾”), mientras que pasa la malla N° 200 entre 63% y 98%.

Las humedades encontradas son altas, llegando inclusive a sobrepasar el límite plástico de los materiales.

En este sector se han encontrado materiales finos que clasifican en el sistema SUCS como “CL” y “ML”, mientras que en el sistema AASHTO es A-6 y A-7. Respecto al

tamaño de las partículas, se debe indicar que el tamaño máximo de las partículas varía entre 1.18 mm (malla N° 16) y 19.00mm (malla ¾”), mientras que pasa por la malla N° 200 entre 76% y 93%. Los Índices Plásticos de estos materiales se encuentran entre 11% y 19%, mientras que las humedades naturales al momento de los muestreos se encontraban entre 11.6% y 39.5%, en algunos casos se encontró muestras con humedades dentro del rango plástico. El color de los materiales es variable entre marrón y marrón anaranjado.

Muestra	M-1	M-2	M-3
Pasa Tamiz 200 (%)	93.0	76.0	76.0
L.L. (%)	32.0	36.0	49.0
L.P. (%)	19.0	19.0	34.0
I.P. (%)	13.0	17.0	15.0
Clasificación SUCS	CL	CL	CH
Clasificación AASHTO	A-6 (12)	A-6 (8)	A-7-6 (48)
Humedad (%)	39.5	20.7	20.1

Tabla 19. Clasificación en Laboratorio

8.2. Capacidad portante de los materiales

En el ensayo del valor soporte realizado en laboratorio sobre las muestras extraídas arrojaron los siguientes resultados de CBR:

Muestras	Profundidad (m)	Tipo de suelo (SUCS/ AASHTO)	CBR (95% de M.D.S.)
M-1	0.50	CL / A-6(12)	4
M-2	0.50	CL / A-4(8)	4
M-3	0.60	CH / A-7-6(48)	3

Tabla 20. CBRs Obtenidos en Laboratorio

Para el diseño del pavimento flexible, se deben emplear los resultados obtenidos en los ensayos CBR de laboratorio, al 95% de la Máxima Densidad Seca del suelo. Los valores antes indicados corresponden a los materiales naturales del lugar de emplazamiento del aeropuerto.

Así mismo se ha efectuado el ensayo de CBR a una muestra arcillosa (CL / A-6(12)) con 8% de cal hidratada. Esta muestra fue tomada en la ubicación de la Pista 16/34. Los resultados obtenidos son los siguientes:

Muestra	Tipo de Suelo (SUCS/AASHTO)	CBR (95% de M.D.S.)
Arcilla CL / A-6(12) + 8% de Cal Hidratada	CL / A-6(12)	15

Tabla 21. CBR de Arcilla Estabilizada con Cal

Para el diseño del paquete estructural se tomará el valor de CBR obtenido con la arcilla estabilizada con 8% de cal hidratada.

Para la Plataforma de Estacionamiento de Aeronaves se empleará un **pavimento rígido** por lo que para el diseño se debe emplear el Módulo de Reacción “k”. Para tal efecto se empleará la siguiente expresión para establecer la equivalencia entre CBR y k:

$$k = \left(\frac{1500 \cdot CBR}{26} \right)^{0.7788}$$

Donde “k” es expresado en pci.

En la siguiente tabla se señala la equivalencia entre ambos:

Estructura	CBR	k (pci)
Subrasante	15	193.9

Tabla 22. Módulo de Reacción k para Diseño de Pavimento Rígido

En lo que corresponde a los pavimentos, debido a las características medioambientales de la zona del proyecto, se recomienda lo siguiente:

- Empleo de materiales granulares limpios para mejorar la respuesta a los efectos de las gradientes térmicas que ocurren en la zona.
- Es recomendable también el empleo de asfaltos modificados en la conformación de la carpeta asfáltica, de tal forma la carpeta asfáltica tenga un mejor comportamiento elástico para contrarrestar los efectos de la alta gradiente térmica existente en la zona.
- Considerar en la programación de las obras las bajas temperaturas existentes, que pueden acortar el periodo de trabajo en un día, especialmente al fabricar y colocar la carpeta asfáltica.
- Debido a que los agregados para la fabricación de las mezclas asfálticas son triturados, es recomendable la consideración del uso de cal hidratada como relleno de vacíos, así como mejoradores de adherencia asfalto-agregados.

9. PAQUETE ESTRUCTURAL DE LA PISTA DE ATERRIZAJE

9.1. Cálculo de pavimentos

Para determinar el paquete estructural se solicitó bibliografía traducida al español, encontrando que hay escasa, sin poder determinar la fuente y el autor. Entonces decidimos buscar bibliografía en inglés.

El diseño de los diferentes pavimentos se realizará empleando la metodología de cálculo recomendada por la Federal Aviation Administration de los Estados Unidos (FAA) en su AC 150/5320-6E "Airport Pavement Design and Evaluation", mediante el programa de cálculo FAARFIELD versión 1.305.

Para usar el programa se solicitó la colaboración de los docentes de las materias Vías de comunicación 1 y 2 de la UTN. Se descargó el programa en modo prueba y se trabajó sobre ello.

9.2. Parámetros de diseño de los pavimentos

Los cálculos requieren de los siguientes parámetros:

- Valor del CBR o coeficiente de balasto (k) del terreno de fundación
- Mezcla de aeronaves que se prevé que operen en el Aeropuerto
- Salidas anuales previstas por aeronave en el año de apertura del Aeropuerto
- Crecimiento medio anual de los movimientos de cada aeronave durante los siguientes 20 años
- Peso máximo al despegue (MTOW) de cada aeronave.

El primer parámetro a determinar, por tanto, es la capacidad portante del terreno de fundación, denominado subrasante en la terminología de la FAA.

9.3. Tipos de pavimentos

Para el paquete estructural de la pista de aterrizaje tenemos dos opciones:

- Flexible
- Rígido

Cálculo 1. Pavimento flexible o asfáltico

- Pista de vuelo 16-34
- Calle de rodaje paralela
- Calles de rodaje D, E, F

Cálculo 2. Pavimento rígido 1

- Plataforma de estacionamiento de aeronaves
- Apartadero de espera de la cabecera 34

Cálculo 3, Pavimento rígido 2

- Plataforma de Aviación General
- Plataforma de Helicópteros

Adicionalmente, se dimensionan dos secciones de pavimento flexible adicionales. La primera corresponde a viales que requieran una capacidad portante considerable, ya sea por el paso de vehículos pesados como camiones cisterna y push-backs o por el paso de un número elevado de vehículos. La segunda sección se dimensiona para áreas polivalentes asfaltadas, con requerimientos poco relevantes respecto a la capacidad portante del pavimento.

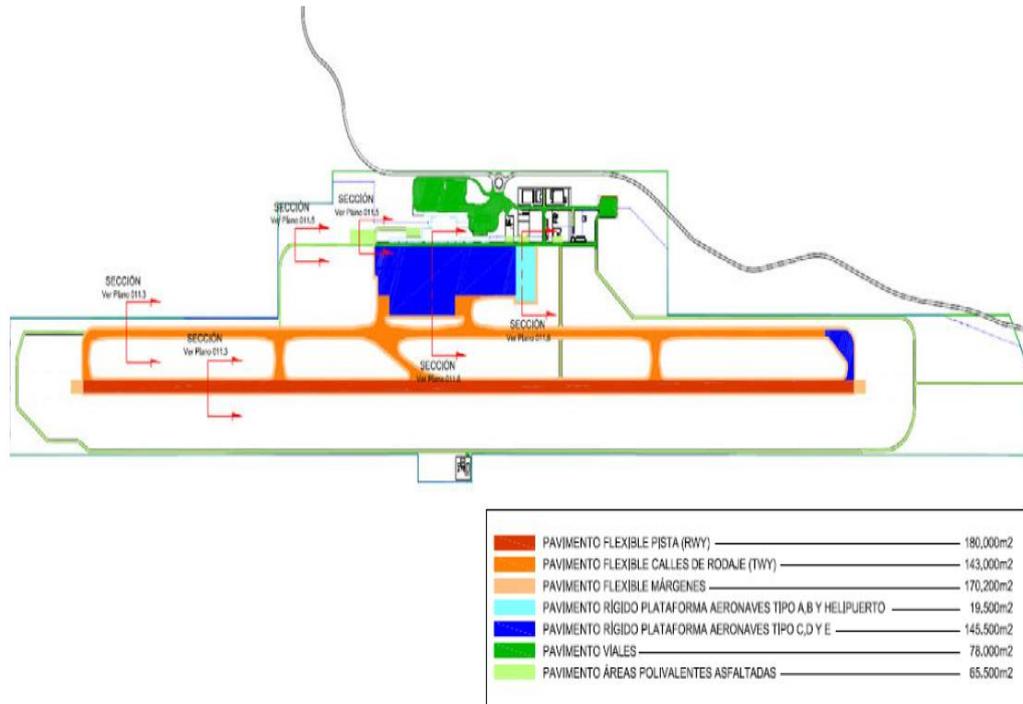


Figura 31. Vista en planta de las diferentes secciones de pavimentos propuestas

9.4. Obtención de los parámetros de diseño

Para el dimensionado de las capas del pavimento se requieren los siguientes parámetros:

- El índice California Bearing Ratio (CBR), que indica la capacidad portante del suelo de fundación.
- El módulo de reacción k del terreno de fundación, obtenido a partir del índice CBR.
- Movimientos previstos por aeronave:
 - Mezcla de aeronaves que se prevé que operen en el Aeropuerto.
 - Salidas anuales previstas por aeronave en el año de apertura del Aeropuerto.
 - Crecimiento medio anual de los movimientos de cada aeronave durante los siguientes 20 años.
- Especificaciones de las aeronaves que previsiblemente operen en el Aeropuerto.

9.4.1 CBR del terreno de fundación

De los resultados del estudio de laboratorio, se desprende que el CBR promedio de las 3 muestras del suelo de fundación para el diseño de pavimentos es de 3,7. Por tanto, en el cálculo de pavimentos aeronáuticos, todos los cálculos a realizar partirán de una capacidad portante de la subrasante de CBR igual a 3,7.

Se propone una alternativa de diseño de pavimentos que se basa en el tratamiento previo del terreno de fundación mediante su estabilización con cal. De esta forma, se obtiene un CBR de al menos 15 en la superficie de la subrasante tratada, tomando este valor como CBR de diseño para esta segunda opción de paquete de pavimentos.

9.4.2 Módulo de reacción k

El módulo de reacción k para el terreno de fundación se obtiene a partir del CBR del mismo mediante la expresión propuesta por la FAA en la circular AC 150/5320-6E mencionada con anterioridad y que se muestra a continuación:

$$k = \left(\frac{1500 \cdot CBR}{26} \right)^{0.7788}$$

Donde:

- k está expresado en libras por pulgada cúbica (pci). Para convertir este valor de k en pci a MN/m³ se debe multiplicar la expresión anterior por 0.2715.

Reemplazando en la expresión anterior con un CBR de 3.7 se obtiene que el módulo de reacción k del suelo de 66 pci, es decir, 17.8 MN/m³.

Para la segunda alternativa se obtiene un módulo de reacción de 194 pci, es decir, 53 MN/m³, correspondiente a un valor de CBR igual a 15.

9.5. Movimientos previstos por aeronave

Las aeronaves que se han considerado para el diseño de pavimentos se pueden dividir en tres bloques:

- Aviones de aviación comercial
- Aviones de aviación general
- Helicópteros

Los movimientos de las aeronaves de estos tres bloques se utilizarán para dimensionar el pavimento de distintas zonas del aeropuerto.

Aviones de aviación comercial

Las aeronaves que operan actualmente en el AIVA se han subdividido y clasificado en 5 grupos en función de su peso máximo al despegue (MTOW) con el fin de evaluar la mezcla de aeronaves.

Mezcla de aeronaves (Categoría)	2012	2015	2021	2025	2030	2040	2050	2060
1 - Menos de 10 Tm (CNR)	8.2%	7.3%	6.2%	6.1%	6.3%	6.7%	7.2%	7.6%
2 - Hasta 35 Tm (CNR)	2.4%	2.1%	1.8%	1.8%	1.8%	2.0%	2.1%	2.2%
3 - Hasta 70 Tm (CR)	85.9%	87.0%	88.0%	83.5%	75.3%	74.8%	74.4%	73.9%
4 - Hasta 105 Tm (CR)	3.5%	3.5%	3.2%	6.7%	14.6%	14.5%	14.4%	14.3%
5 - Más de 105 Tm (CR)	0.0%	0.0%	0.9%	1.8%	2.0%	1.9%	1.9%	1.9%

Tabla 23. Mezcla de aeronaves (porcentaje)

En la tabla siguiente se muestran los movimientos de los aviones (excluyendo helicópteros) que se prevé que presenten un mayor número de operaciones en el nuevo aeropuerto.

Cat.	Modelo	2012	2015	2021	2025	2030	2040	2050	2060
1	De Havilland Canada DHC-6-300	937	1,009	1,166	1,263	1,387	1,518	1,663	1,823
2	De Havilland Canada DHC-8-200	488	521	593	643	708	779	857	943
2	Bombardier CL-600 CRJ-200	121	129	147	160	176	193	213	234
3	Airbus A319-100	14,270	17,230	23,657	23,880	21,418	22,039	22,683	23,355
3	Boeing 737-200 series	2,366	2,857	3,923	4,262	4,501	4,634	4,769	4,911
3	British Aerospace BAe 146-200	2,113	2,551	3,503	3,805	4,019	4,138	4,258	4,384
3	Embraer ERJ-190 series	1,769	2,136	2,933	3,187	3,366	3,465	3,566	3,672
3	3 British Aerospace BAe 146-100	1,338	1,616	2,218	2,410	2,545	2,621	2,697	2,777
3	Boeing 737-300 series	103	124	171	186	196	202	208	214
4	Airbus A320-200	896	1,082	1,311	3,041	6,971	7,203	7,407	7,631
5	Boeing 787-8 series			362	826	955	955	989	1,014
	Total Anual	24,401	29,256	39,985	43,663	46,241	47,747	49,308	50,958

Tabla 24. Movimientos anuales según aeronave

La interfaz del programa para introducir los valores de los parámetros de diseño permite introducir el peso máximo al despegue, el número de salidas anuales y el crecimiento medio anual durante la vida útil del pavimento (20 años). Estos valores se muestran en la tabla a continuación.

Cat.	Modelo	Salidas 2021	Crec. anual 2021-2040
1	De Havilland Canada DHC-6-300	583	1.4%
2	De Havilland Canada DHC-8-200	297	1.4%
2	Bombardier CL-600 CRJ-200	74	1.4%
3	Airbus A319-100	11,829	-0.4%
3	Boeing 737-200 series	1,961	0.9%
3	British Aerospace BAe 146-200	1,751	0.9%
3	Embraer ERJ-190 series	1,467	0.9%
3	British Aerospace BAe 146-100	1,109	0.9%
3	Boeing 737-300 series	85	0.9%
4	Airbus A320-200	656	9.4%

Tabla 25. Salidas según aviación comercial en el ACC (2021) y CAGR a 20 años

Estos datos se introducen en la ventana de input de FAARFIELD, redondeándolos a la centena, al alza, de forma que el resultado del dimensionado sea conservador.

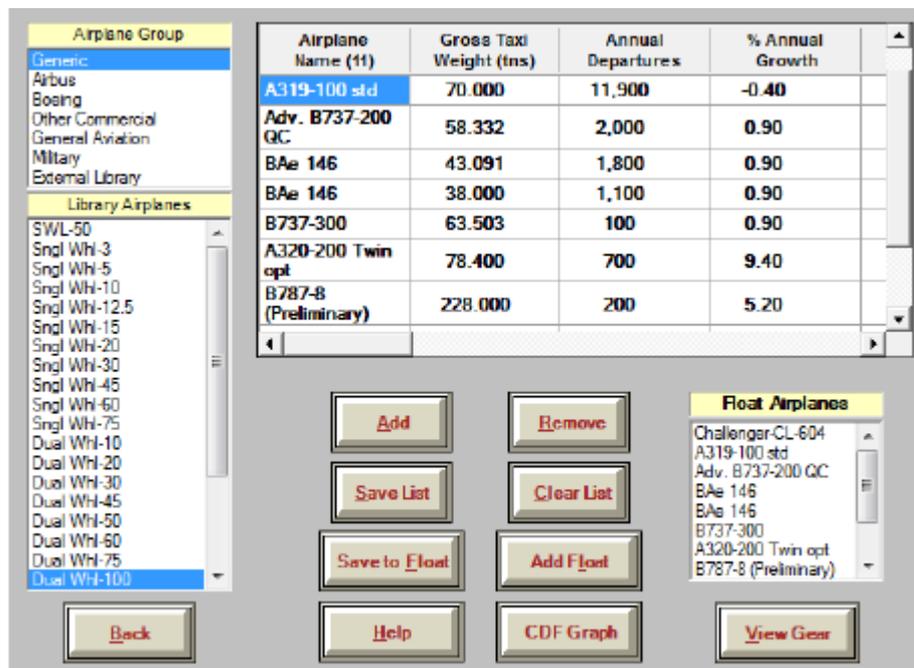


Figura 32. Ventana de input de la mezcla de aeronaves de aviación comercial (FAARFIELD)

Aviones de aviación general

La plataforma de aviación comercial se ha diseñado considerando la operación de las aeronaves mostradas en la tabla a continuación. En dicha tabla, también se detalla el peso de las aeronaves y las salidas previstas en 2021.

Modelo	Peso máximo MTOW (kg)	Salidas 2021	Crec. anual 2021-2040
Piper PA42 Cheyenne III series	5,125	51	1.45%
Piper PA31T Cheyenne II series	3,175	17	1.45%
Learjet 60s series	10,660	5	1.45%
Hawker Siddeley HS.125 700 series	11,340	3	1.45%
Cessna 560 Citation V series	7,450	3	1.45%
Cessna C206	1,630	3	1.45%
Learjet 45	9,300	3	1.45%
Cessna 525 Citation Jet series	4,860	3	1.45%
Fairchild Swearingen SA 227	7,260	2	1.45%
Socata TBM-700 series	7,400	2	1.45%
Embraer EMB-500 series	4,750	1	1.45%
Cessna 510 Citation Mustang	3,950	1	1.45%
Total Anual / Promedio	5,430	94	1.45%

Tabla 26. Salidas según aviación general en el ACC (2021) y CAGR a 20 años

Dado que todas las aeronaves están por debajo de los 13,610 kg de MTOW (30,000 lb) no es necesario utilizar el programa FAARFIELD para dimensionar la plataforma de aviación general.

Helicópteros

Los helicópteros con mayor número de operaciones en el AIVA se presentan en la tabla a continuación, en la que también se detalla el peso de cada helicóptero y el número de salidas previstas en 2021 para cada modelo.

Modelo	Peso máximo (toneladas)	Salidas 2021	Crec. anual 2021-2040
Bell 205	4.3	414	1.45%
Mil Mi-17	13.0	66	1.45%
Bell 204	4.3	62	1.45%
Eurocopter AS-350	2.3	59	1.45%
Bell 212	5.1	56	1.45%
Sikorsky S-58	6.4	35	1.45%
Total Anual / Promedio	5.1	691	1.45%

Tabla 27. Salidas según avión de aviación general en el AICC (2021) y CAGR a 20 años

También los helicópteros que operarán en el ACC tienen un peso máximo al despegue por debajo de 13,610 kg, por lo que no será necesario el cálculo del espesor de pavimento con el software FAARFIELD.

9.6. Especificaciones de las aeronaves

Para el diseño de pavimentos se requieren varias especificaciones de las aeronaves que se prevé que operen en el aeropuerto, las más importantes de las cuales son:

- Peso máximo al despegue
- Configuración del tren de aterrizaje
- Presión de los neumáticos
- Superficie de contacto de los neumáticos

El software FAARFIELD incluye una base de datos interna en la que se recogen los 4 parámetros anteriores para un gran número de aeronaves.

Para aquellas aeronaves que no estén incluidas en la base de datos, el programa incluye varios modelos estándar de aeronaves, en función de la configuración del tren de aterrizaje, a las que únicamente se les debe introducir el peso máximo al despegue.

9.7. Pavimento flexible

El pavimento flexible o asfáltico se utilizará para los siguientes elementos del campo de vuelo:

- Pista
- Calle de rodaje paralela C
- Calles de rodaje A, B, D, E y F

i. Configuración del pavimento flexible

El pavimento flexible consiste en una capa de asfalto de mezcla en caliente situada sobre una estructura base (granular o estabilizada). En algunos casos, y debido a una capacidad portante del terreno insuficiente (CBR inferior a 20), se añade una capa inferior llamada subbase, con el fin de proteger la subrasante. En el caso del Aeropuerto de Chinchero, esta subbase sí será necesaria, debido a que el CBR del terreno será de 3.7.

Así, el pavimento flexible propuesto estará formado por las tres capas:

- Carpeta asfáltica
- Base estabilizada
- Subbase

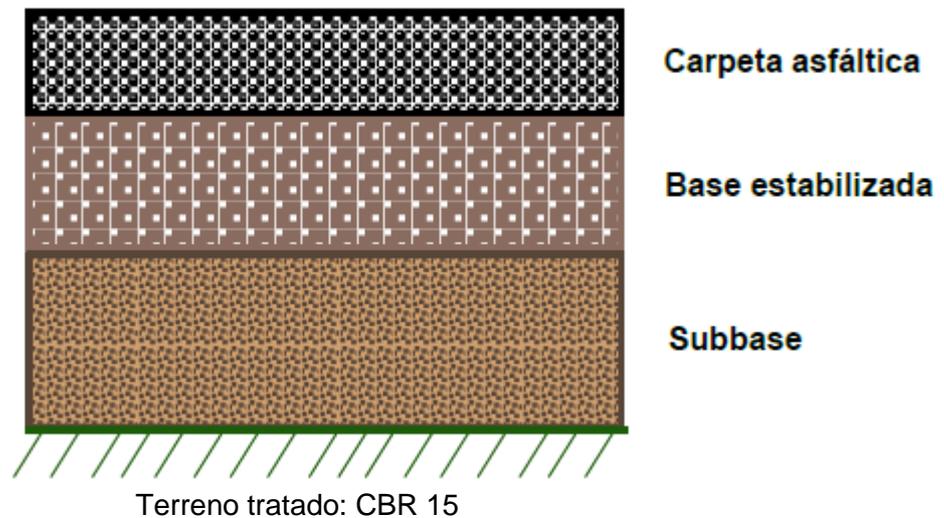


Figura 33. Esquema de la configuración propuesta para el pavimento flexible

La capa asfáltica es el elemento superior del pavimento, que debe cumplir con los siguientes requisitos:

- prevenir la penetración de agua hacia la base
- proporcionar una superficie lisa, compacta y libre de partículas sueltas
- resistir los esfuerzos cortantes producidos por las aeronaves
- proporcionar una superficie antideslizante sin generar un desgaste elevado de los neumáticos. Por ello, el espesor mínimo de esta capa es de 4 pulgadas, 10.2 cm.

Por otro lado, la base tiene como función distribuir la carga vertical impuesta por las aeronaves hacia las capas inferiores de terreno y evitar que el terreno falle ante dicha carga. La AC 150/5320-6E de la FAA recomienda utilizar bases estabilizadas para pavimentos con tráfico de aeronaves de más de 45,000 kg, a no ser que la base granular proporcione un CBR de 100 en su superficie. El espesor mínimo de esta capa es de 5 pulgadas, 12.7 cm.

La función de la subbase es similar a la de la base, aunque al estar más alejada de la superficie y al estar sujeta a cargas menores, presenta unos requerimientos de material menores a los de la base. Por consideraciones estructurales, el espesor mínimo de la subbase es de 4 pulgadas, 10.2 cm.

ii. Diseño del pavimento flexible

El procedimiento de cálculo del espesor del pavimento flexible se ha realizado de acuerdo con el párrafo 315, sección 2, de la circular de la FAA AC 150/5320-6E.

De acuerdo a lo indicado en la FAA, para aeronaves cuyo peso supera los 45,400 kg, debe utilizarse una base estabilizada o una base granular con CBR de 100 en la superficie. En este caso, se ha decidido utilizar la base estabilizada tipo P-401 / P-403 flexible, la recomendada por el software.

El espesor de la carpeta asfáltica es un input necesario para que el programa calcule el espesor del resto de capas que componen el pavimento flexible. La circular anterior fija como mínimo un espesor de 10.2 cm de esta carpeta asfáltica. En este caso, se ha supuesto un espesor de 15 cm para la carpeta asfáltica. Esta capa asfáltica a su vez se dividirá en dos capas más: carpeta asfáltica y capa de rodadura.

El cálculo del espesor de la base se lleva a cabo de forma separada, suponiendo que el CBR en la superficie de la subbase es igual a 20. Para ello, se calcula el espesor de la base necesario para proteger capas inferiores (subbase y subrasante) con un CBR de 20 y una vida útil de 20 años. El resultado de la simulación de FAARFIELD da como resultado una base de 18.5 cm de espesor, tal como se muestra en la siguiente figura.

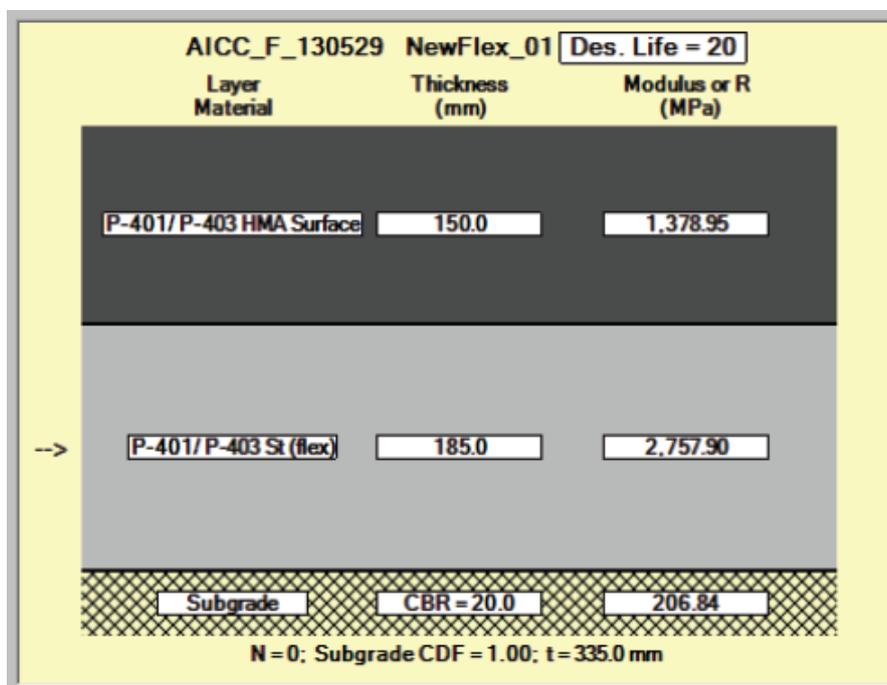


Figura 34. Espesor requerido para la base del pavimento flexible

Introduciendo este espesor de la base en el programa, así como el espesor de la carpeta asfáltica, se obtiene el siguiente diseño de pavimento flexible.

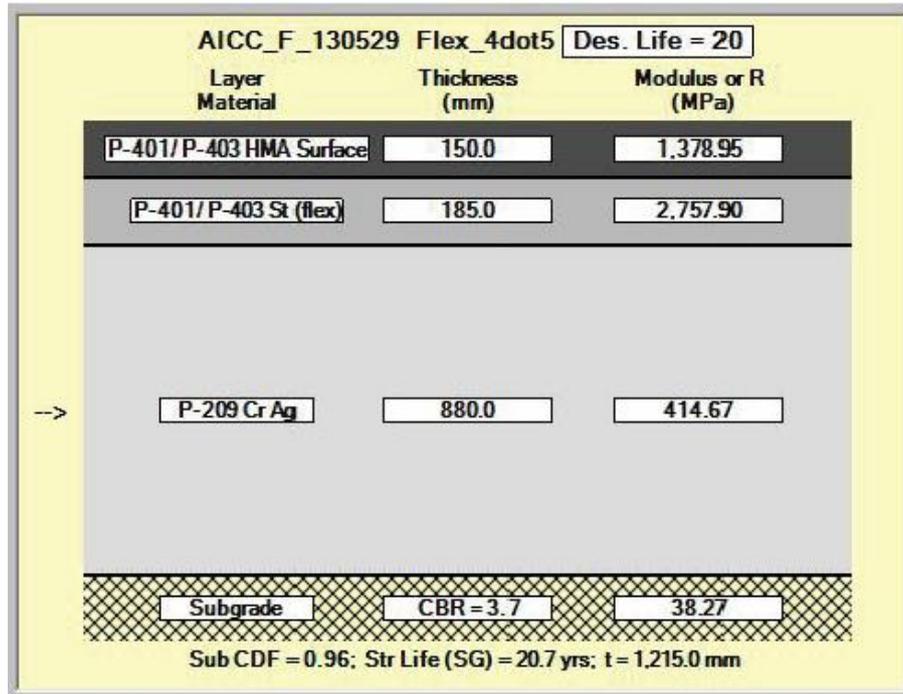


Figura 35. Espesor de las capas del pavimento flexible (mínima base estabilizada)

Al estar el pavimento sobre un terreno de fundación con una capacidad portante muy reducida y sin aplicar ningún tipo de estabilización química, el espesor de la subbase granular es muy elevado. Por ello, FAARFIELD recomienda aumentar ligeramente el espesor de la carpeta asfáltica, reduciendo el de la subbase granular. De esta forma se obtiene el siguiente diseño.

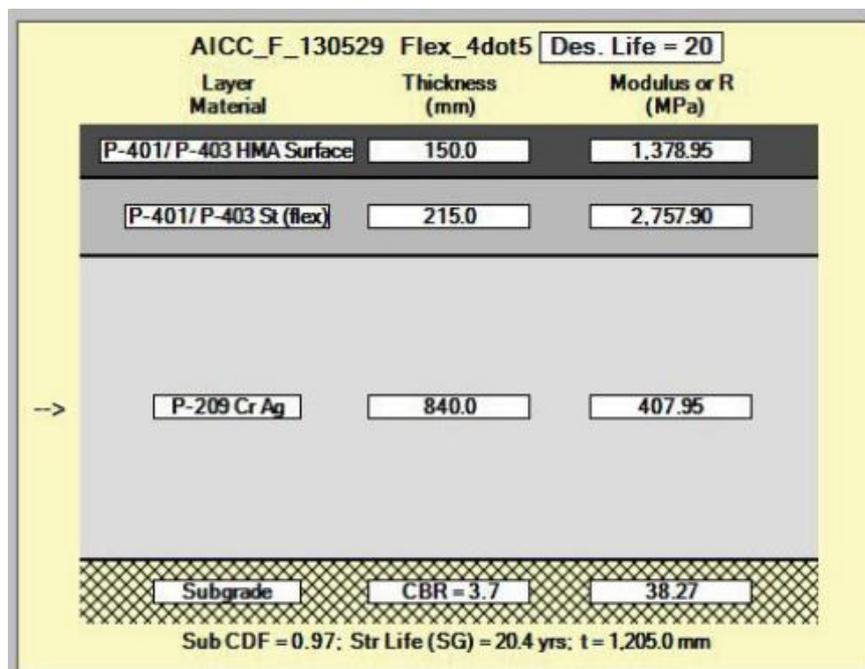


Figura 36. Espesor de las capas del pavimento flexible

Con el diseño mostrado en la figura anterior se obtiene una vida útil del pavimento de 20.4 años, ligeramente por encima de los 20 años que son requisito mínimo de diseño.

El programa FAARFIELD proporciona un resumen de resultados, que se muestra a continuación.

FAARFIELD - Airport Pavement Design (V 1.305, 9/28/10 64-bit)						
Pavement Structure Information by Layer, Top First						
No.	Type	Thickness mm	Modulus MPa	Poisson's Ratio	Strength R,MPa	
1	P-401/ P-403 HMA Surface	150.0	1,378.95	0.35	0.00	
2	P-401/ P-403 St (flex)	215.0	2,757.90	0.35	0.00	
3	P-209 Cr Ag	840.0	414.67	0.35	0.00	
4	Subgrade	0.0	38.27	0.35	0.00	
Total thickness to the top of the subgrade = 1,205.0 mm						

Tabla 28. Resumen de resultados de la simulación de FAARFIELD para pavimento flexible

Así, el pavimento flexible para la pista y las calles de rodaje A, B, C, D, E y F presentará un espesor total de 120.5 cm y estará formado por las siguientes capas:

- Capa de rodadura, bituminosa de alta densidad..... 5.0 cm
- Carpeta asfáltica de tipo P-401..... 10.0 cm
- Base estabilizada de tipo P-401..... 21.5 cm
- Subbase granular de tipo P-209..... 84.0 cm

Entre la base estabilizada y la carpeta asfáltica deberá instalarse una imprimación bituminosa a fin de garantizar la estabilidad de los materiales que conforman la base y la sub base. A su vez, entre la carpeta asfáltica y la superficie de rodadura deberá instalarse un riego de liga.

La carpeta asfáltica suele extenderse por capas que oscilan entre los 3.0 y 7.6 cm de espesor. En este caso se propone extender la carpeta asfáltica en dos tongadas de 5.0 cm de espesor, extendiendo un riego de liga entre las dos capas de asfalto. Adicionalmente, se extenderá la base de alto módulo en 4 tongadas, 3 de ellas de 5 cm y la última de 6.5 cm.

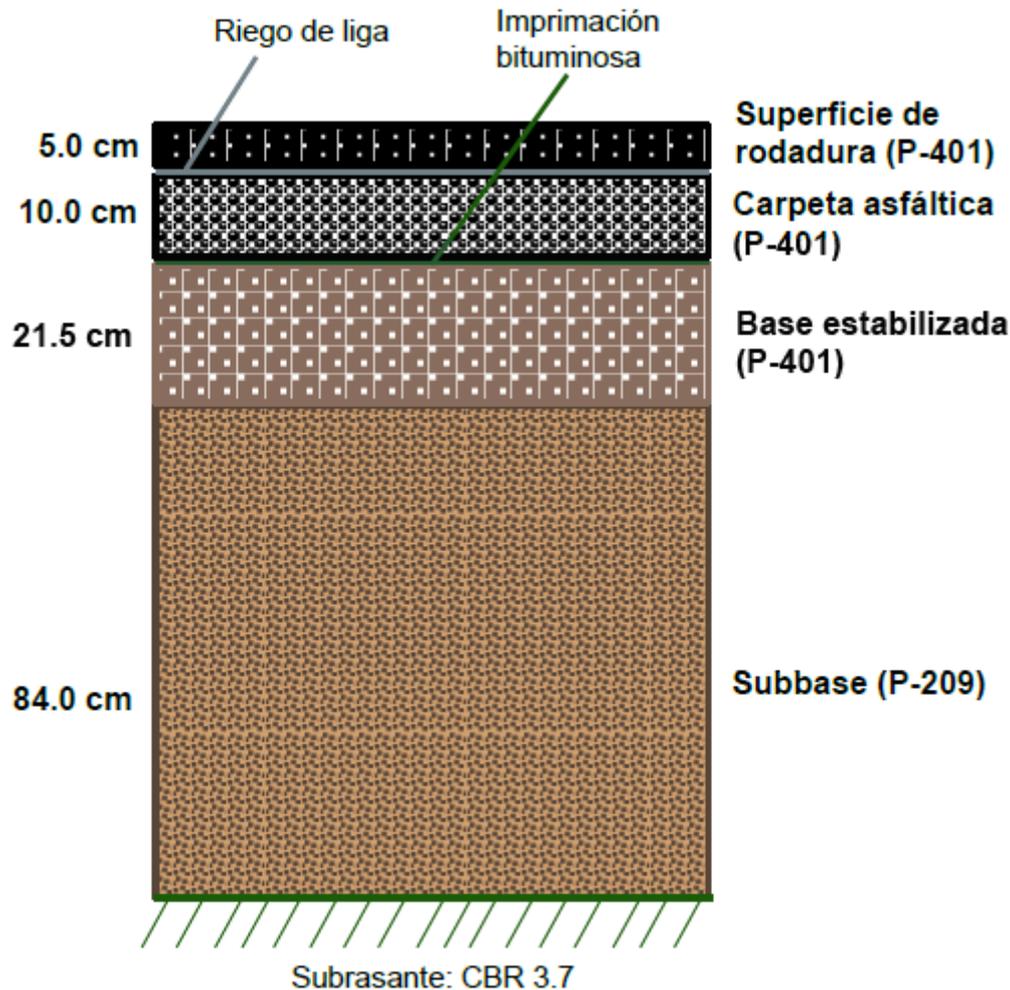


Figura 37. Propuesta de dimensionado del pavimento flexible

iii. Diseño alternativo del pavimento flexible con estabilización con cal en subrasante

Una solución alternativa para el diseño del pavimento flexible se basa en la estabilización con cal de la subrasante hasta una profundidad de 50 cm. En dicho caso, se parte de una subrasante mejorada, con una capacidad portante de CBR igual a 15.

Para aeronaves cuyo peso supera los 45,400 kg, debe utilizarse una base estabilizada o una base granular con CBR de 100 en la superficie, y por ello se mantiene la base estabilizada tipo P-401 /P-403 flexible.

Partiendo de los espesores de capa asfáltica y base estabilizada (espesor mínimo) para la solución del pavimento flexible propuesta en el epígrafe anterior (15 cm carpeta asfáltica y 18.5 cm de base estabilizada), se calcula el espesor de subbase granular requerido para obtener una vida útil del pavimento de al menos 20 años.

Introduciendo estos espesores en el programa FAARFIELD se obtiene el dimensionado de la subbase y el consiguiente diseño de pavimento flexible.

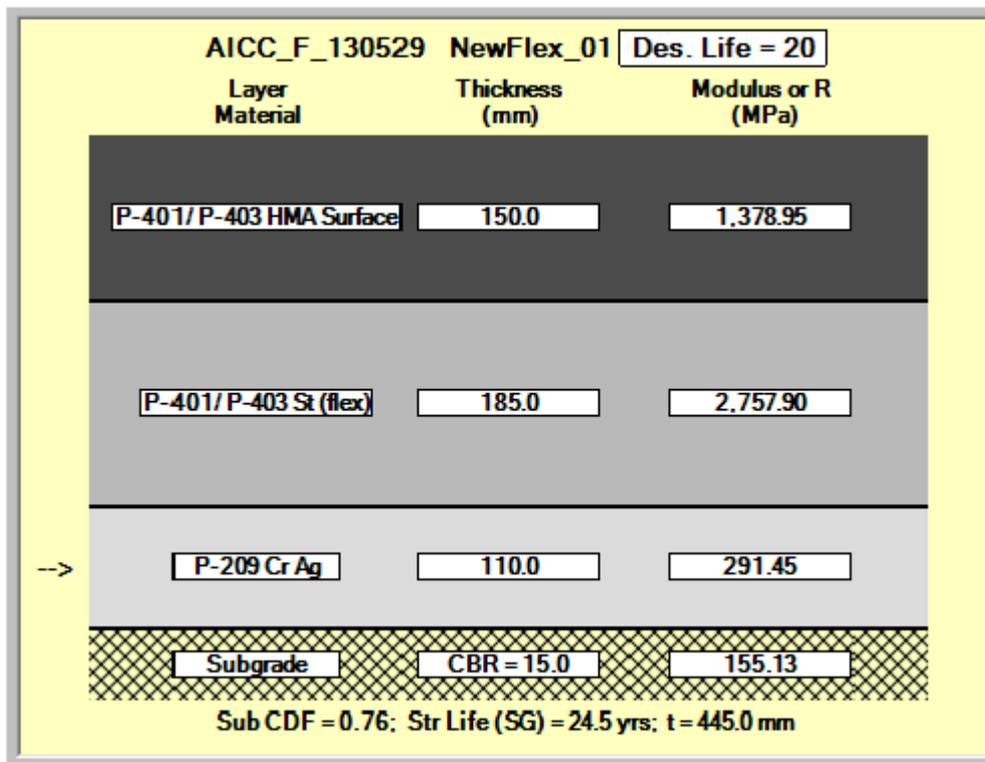


Figura 38. Espesor de las capas del pavimento flexible

Con el diseño mostrado en la figura anterior se obtiene una vida útil del pavimento de 24.5 años, por encima de los 20 años que son requisito mínimo para diseño.

FAARFIELD - Airport Pavement Design (V 1.305, 9/28/10 64-bit)

Pavement Structure Information by Layer, Top First

No.	Type	Thickness mm	Modulus MPa	Poisson's Ratio	Strength R, MPa
1	P-401/ P-403 HMA Surface	150.0	1,378.95	0.35	0.00
2	P-401/ P-403 St (flex)	285.0	2,757.90	0.35	0.00
3	P-209 Cr Ag	110.0	291.45	0.35	0.00
4	Subgrade	0.0	155.13	0.35	0.00

Total thickness to the top of the subgrade = 445.0 mm

Tabla 29. Resumen de resultados de la simulación de FAARFIELD para pavimento flexible

La carpeta asfáltica suele extenderse por capas que oscilan entre los 3.0 y 7.6 cm de espesor. En este caso se propone extender la carpeta asfáltica en dos tongadas de 5.0 cm de espesor, extendiendo un riego de liga entre las dos capas de asfalto.

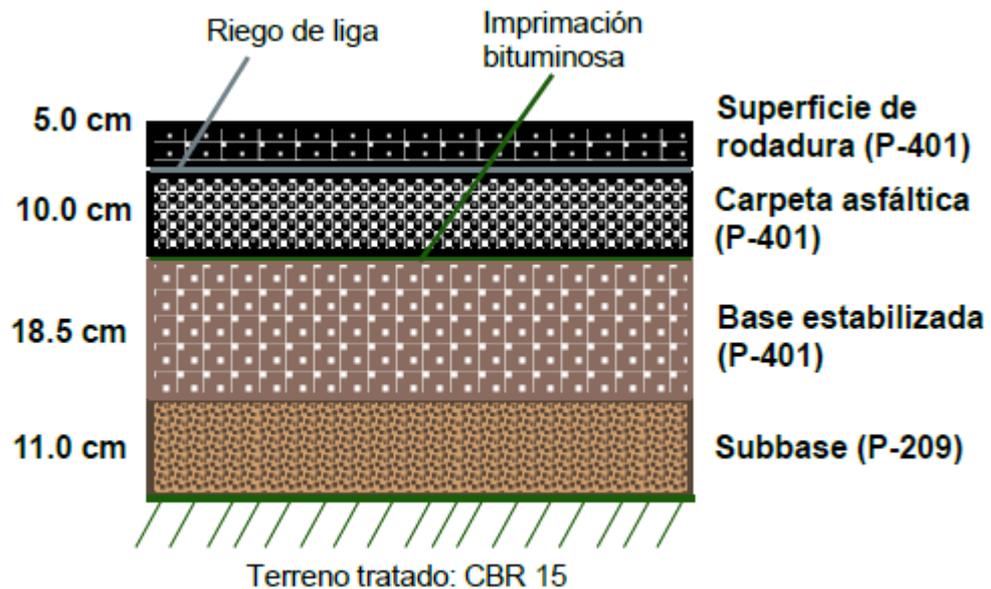


Figura 39. Solución alternativa de dimensionado del pavimento flexible

Así, la solución alternativa para el pavimento flexible para la pista y las calles de rodaje A, B, C, D, E y F presentará un espesor total de 44.5 cm y estará formado por las siguientes capas:

- Capa de rodadura, bituminosa de alta densidad..... 5.0 cm
- Carpeta asfáltica de tipo P-401..... 10.0 cm
- Base estabilizada de tipo P-401..... 18.5 cm
- Subbase granular de tipo P-209..... 11.0 cm

9.8. Diseño de la mezcla asfáltica

Los pavimentos asfálticos se diseñan para garantizar las capacidades portantes, de rozamiento y de durabilidad necesarias en un aeropuerto donde operarán aeronaves de más de 100,000 libras (45,300 Kg), sin olvidar las condiciones climatológicas en que será extendida dicha mezcla asfáltica.

Para los pavimentos del aeropuerto de Chinchero se planteó una mezcla de las siguientes características:

Mezcla asfáltica

Tamiz	AC 32 base 85/100 T-1		AC 22 bin 85/100 T-5		AC 13 surf 85/100 T-6	
45	100	100				
32	90	100	100	100		
22			90	100	100	100
16	63	88	72	91	90	100
8	45	66	51	71	63	82
4	31	51	36	56	45	65
2	20	40	23	43	30	50
0.500	7	22	11	26	14	26
0.063	2	5	4	7	5	8

Figura 40. Husos granulométricos del aglomerante asfáltico

TIPO DE CAPA	TIPO DE MEZCLA	DOTACIÓN MÍNIMA (%)
RODADURA	DENSA Y SEMIDENSA	4.50
INTERMEDIA	DENSA Y SEMIDENSA	4.00
	ALTO MÓDULO	4.50
BASE	DENSA Y SEMIDENSA	3.65
	ALTO MÓDULO	4.75

Figura 41. Características del ligante para la mezcla asfáltica

El tipo de asfalto a utilizar será el adecuado al clima frío de Chinchero, por lo que, siguiendo las recomendaciones técnicas proporcionadas por Petroperú, todas las mezclas asfálticas a usar en las diferentes obras del aeropuerto de Chinchero, utilizarán asfalto con penetración 85/100, sin aditivos ni modificantes de ningún tipo.

Pavimentación	CLIMA				
	Muy cálido	Cálido	Moderado	Frio	Frígido
AEROPUERTOS					
Pistas de despegue	40-50	40-50	60-70	85-100	120-150
Caminos auxiliares	40-50	40-50	60-70	85-100	120-150
Aparcamientos	60-70	60-70	60-70	85-100	85-100
CARRETERAS					
Tráfico pesado y muy pesado	40-50	40-50	60-70	85-100	120-150
Tráfico medio ligero	40-50	60-70	60-70	85-100	120-150
CALLES					
Tráfico pesado y muy pesado	40-50	40-50	60-70	85-100	120-150
Tráfico medio ligero	40-50	60-70	85-100	85-100	120-150
CAMINOS PARTICULARES					
Industriales	40-50	40-50	60-70	85-100	120-150
Comerciales Estac. Serv.	40-50	60-70	60-70	85-100	85-100
Residenciales	60-70	60-70	85-100	85-100	85-100
APARCAMIENTOS					
Industriales	40-50	40-50	60-70	85-100	120-150
Comerciales	40-50	60-70	60-70	85-100	85-100
ZONA DE RECREO					
Pista de Tenis	60-70	60-70	85-100	85-100	85-100
Terrenos de juego	60-70	60-70	85-100	85-100	85-100
BORDILLOS	40-50	40-50	60-70	85-100	85-100

Figura 42. Uso de cementos asfálticos graduados por penetración en función del clima

Fuente: Tesis “Aplicaciones de las Emulsiones Asfálticas y los Asfaltos Diluidos en mezclas Asfálticas en frío utilizando agregados del Río Aguaytía-Ucayali”. UNI. Medina Ramírez Víctor.

9.9. Pavimento rígido 1

El pavimento rígido se calcula por fatiga (o Stress) y no por capacidad portante. Dado que la forma de deterioro, es la cantidad de fatiga que consumen los ejes equivalentes que superan el 50% de la resistencia a flexión del hormigón utilizado.

En contrapartida al cálculo que se efectúa para determinar el espesor en las carreteras, donde se determina el espesor mediante ejes equivalentes que superan el 50% de la resistencia a flexión, en pistas de aeropuertos tenemos el agravante del impacto concentrado de 80 toneladas, con lo cual no podemos calcularla por ejes equivalentes, dado que este eje será el que determine el consumo de fatiga directamente.

El diseño de los diferentes pavimentos se realizará empleando la metodología de cálculo recomendada por la Federal Aviation Administration de los Estados Unidos (FAA) en su AC 150/5320-6E "Airport Pavement Design and Evaluation", mediante el programa de cálculo FAARFIELD versión 1.305.

El pavimento rígido se utilizará para los siguientes elementos del campo de vuelo:

- Plataforma de estacionamiento de aeronaves comerciales
- Apartadero de espera

La plataforma de aviación general y de helicópteros se analizará por separado debido a que no comparte la misma mezcla de aeronaves que el resto de elementos.

i. Pavimento rígido 1

El pavimento rígido consiste en una losa de Hormigón situada sobre una estructura granular o estabilizada que actúa como subbase, soportada a su vez por una subrasante compactada. El pavimento propuesto estará formado por las dos capas recomendadas por la FAA:

- **Losa de hormigón (concreto):** su función es dotar al pavimento de la capacidad resistente necesaria para soportar el peso de las aeronaves y absorber las tensiones derivadas del movimiento de las mismas.
- **Subbase:** su función es aumentar la capacidad portante del terreno hasta alcanzar valores del módulo de reacción iguales o superiores a 300.

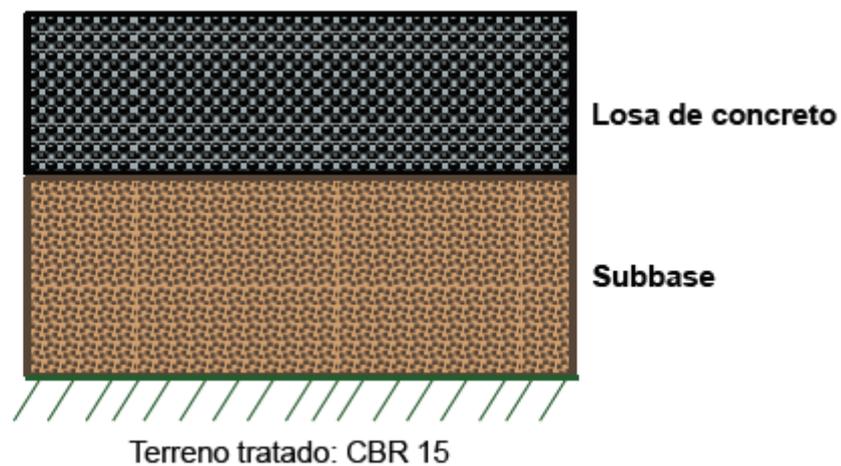


Figura 43. Esquema de la configuración propuesta para el pavimento rígido

La losa de hormigón es el elemento superior del pavimento, que debe cumplir con los siguientes requisitos: prevenir la penetración de agua hacia la base; proporcionar una superficie lisa, compacta y libre de partículas sueltas; y resistir los esfuerzos producidos por las aeronaves. Por ello, el espesor mínimo de esta capa es de 6 pulgadas, 15.2 cm.

La función de la subbase es proporcionar un soporte estable para las losas de hormigón. Por ello, el espesor mínimo de la subbase es de 4 pulgadas, 10.2 cm. La AC 150/5320-6E de la FAA recomienda utilizar subbases estabilizadas para pavimentos con tráfico de aeronaves de más de 45,000 kg. Entre los materiales recomendados para subbases estabilizadas se encuentra el P-304, P-306 y P-401/P-403.

ii. Diseño del pavimento rígido 1

El procedimiento de cálculo del espesor del pavimento rígido se ha realizado de acuerdo con el párrafo 328, sección 3, de la circular de la FAA AC 150/5320-6E.

De acuerdo a lo indicado en la circular de la FAA anterior, para aeronaves cuyo peso supera los 45,400 kg, debe utilizarse una subbase estabilizada. En este caso, se ha decidido utilizar la subbase estabilizada tipo P-306 Econocreto.

Por debajo de esta subbase estabilizada se extiende otra subbase estabilizada con cemento (P-304 CTB), de menor capacidad portante, cuya misión es proteger la subrasante con un CBR de 3.7. El espesor de esta subbase P-304 se establece en 23.5 cm, que es el espesor necesario para elevar el CBR de 3.7 a 15, un valor más aceptable para la fundación de pavimento.

El espesor de la subbase de econocreto también es un input necesario para que el programa calcule el espesor de la losa de concreto, el elemento crítico del pavimento rígido. Según la circular mencionada, el espesor debe ser superior a 10.2 cm como norma general, y en particular, superior a 15 cm para asegurar un valor de k igual a 300 pci en la superficie de la subbase. En este caso se ha escogido un valor de 20 cm como espesor de la subbase P-306.

Introduciendo los valores anteriores en el programa FAARFIELD se dimensiona la losa de hormigón necesaria para soportar el tráfico previsto durante 20 años.

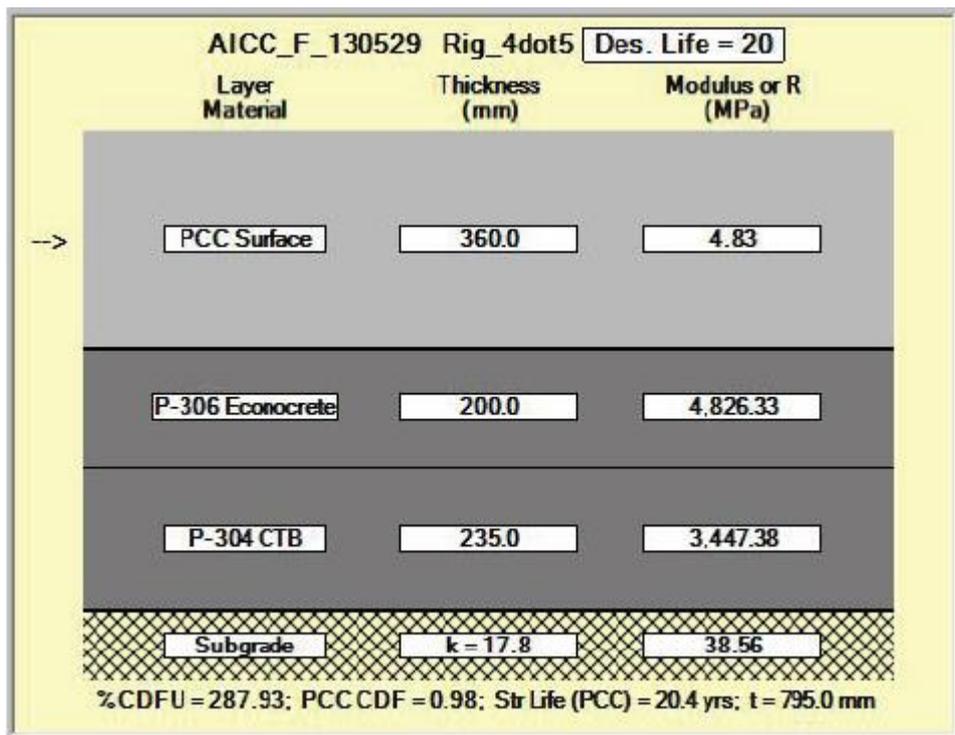


Figura 44. Espesor del diseño de pavimento rígido

FAARFIELD - Airport Pavement Design (V 1.305, 9/28/10 64-bit)						
Pavement Structure Information by Layer, Top First						
No.	Type	Thickness mm	Modulus MPa	Poisson's Ratio	Strength R,MPa	
1	P-401/ P-403 HMA Surface	360.0	27,579.03	0.15	4.83	
2	P-306 Econocrete	200.0	4,826.33	0.20	0.00	
3	P-304 CTB	235.0	3,447.38	0.20	0.00	
4	Subgrade	0.0	38.27	0.40	0.00	
Total thickness to the top of the subgrade = 795.0 mm						

Tabla 30. Resumen de resultados de FAARFIELD para pavimento rígido 1

Así, el pavimento rígido para la plataforma de estacionamiento de aeronaves presentará un espesor total de 79.5 cm y estará formado por las siguientes capas:

- Losa de hormigón (concreto) (P-501)..... 36.0 cm
- Subbase estabilizada de tipo P-306 Econocrete..... 20.0 cm
- Subbase estabilizada con cemento tipo P-304 CTB..... 23.5 cm

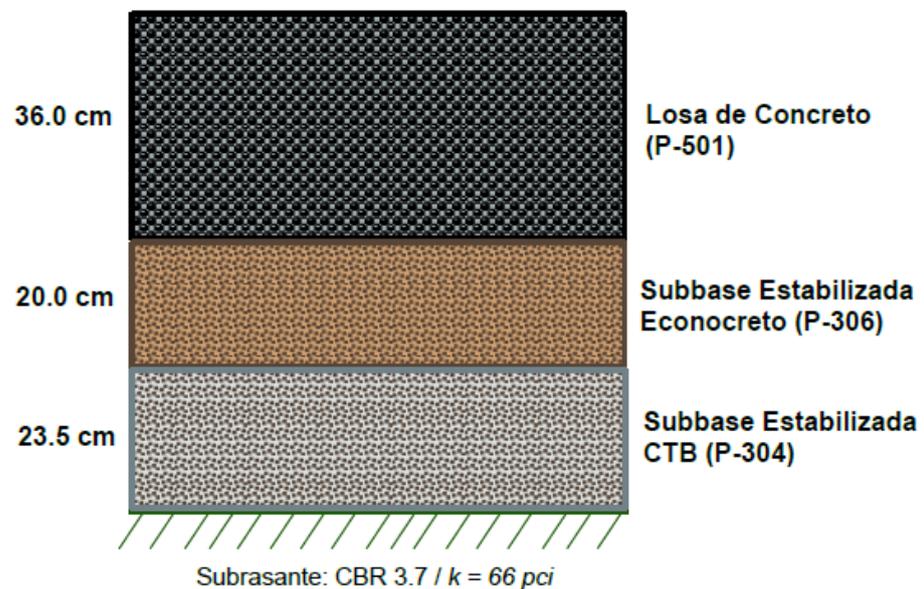


Figura 45. Solución alternativa de dimensionado del pavimento rígido 1

Dimensionamiento de las losas de hormigón (concreto)

Las distancias máximas entre las juntas de las losas de hormigón se establecen según la recomendación de la Tabla 3-16 de la AC 150/5320-6E. Estas distancias varían en función del espesor de la losa y el tipo de subbase utilizada.

Pavimento rígido con subbase estabilizada			
Grosor de la losa de hormigón		Espacio entre juntas	
Pulgadas	Milímetros	Pies	Metros
8 – 10	203 - 254	12.5	3.8
10.5 - 13	267 - 330	15	4.6
13.5 - 16	343 - 406	17.5	5.3
>16	>406	20	6.1

Tabla 31. Espaciado de las juntas para pavimento rígido con subbase estabilizada

Para la plataforma de aviación comercial el espesor de la losa de hormigón es de 360 mm. De acuerdo a la tabla anterior, la distancia entre juntas no debe superar los 5.3 metros. Teniendo en cuenta lo anterior, la dimensión de las losas propuesta es de 5.0 m x 5.0m.

Juntas y pasadores de transferencia de carga

Todas las juntas (de contracción, expansión y construcción) incorporarán pasadores de transferencia de carga. Estos pasadores de acero proporcionan la transferencia de carga en las juntas y previenen desplazamiento vertical relativo de losas adyacentes. Adicionalmente, los pasadores permiten el movimiento longitudinal de losas contiguas.

Espesor de losa	Diámetro	Longitud	Espaciado
6-7 in (152-178 mm)	$\frac{3}{4}$ in1 (20 mm)	18 in (460 mm)	12 in (305 mm)
7.5-12 in (191-305 mm)	1 in1 (25 mm)	19 in (480 mm)	12 in (305 mm)
12.5-16 in (318-406 mm)	1 $\frac{1}{4}$ in1 (30 mm)	20 in (510 mm)	15 in (380 mm)
16.5-20 in (419-58 mm)	1 $\frac{1}{2}$ in1 (40 mm)	20 in (510 mm)	18 in (460 m)
20.5-24 in (521-610 mm)	2 in1 (50 mm)	24 in (610 mm)	18 in (460 mm)

Tabla 32. Propiedades de los pasadores para pavimento rígido

Para un espesor de 36.0 cm, se recomienda que los pasadores tengan las siguientes características:

- Diámetro: 30 mm

- Longitud: 510 mm
- Espaciado: 380 mm

Con el fin de sellar las juntas entre losas, éstas se rellenan con un material elastomérico resistente al combustible, que actúa como sellante y que evita que el agua penetre por debajo del pavimento.

Adicionalmente, en las juntas de contracción y construcción se coloca un cordón de respaldo. Las paredes de la junta se impregnan con imprimante y se sellan con un material elastomérico resistente al combustible para evitar la entrada de agua o material en las juntas. Por otro lado, las juntas de expansión se rellenan con un material compresible (tecnopor), se coloca el material de respaldo y se sella con un sello elastomérico resistente al combustible.

iii. Diseño alternativo del pavimento rígido 1 con estabilización con cal en subrasante

La solución alternativa para el pavimento rígido de la plataforma comercial y el apartadero de espera consiste en sustituir la capa de subbase estabilizada con cemento, por una capa del propio terreno de fundación estabilizada con cal de 50 cm. De nuevo, al añadir la estabilización con cal de la subrasante, se debe suponer una capacidad portante del terreno de fundación de CBR igual a 15.

Introduciendo en el software FAARFIELD los valores de los parámetros de diseño definidos en los párrafos anteriores, se obtiene el espesor de las capas del pavimento rígido para una vida útil de como mínimo 20 años.

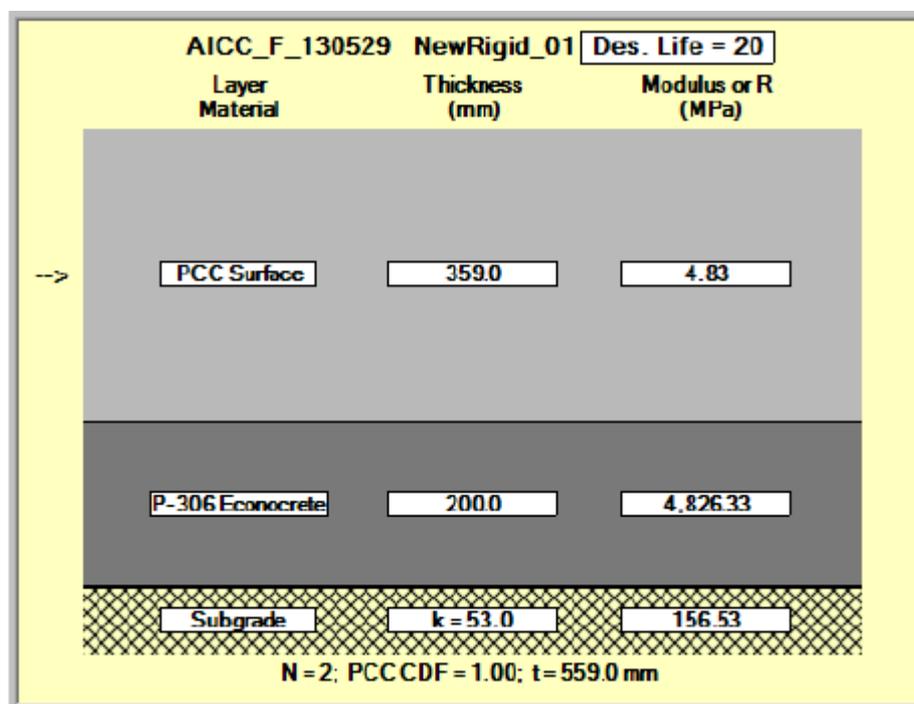


Figura 46. Espesor inicial del pavimento rígido para plataforma de aviación comercial

Para aumentar la facilidad de ejecución de las obras, se redondea el espesor de la losa de hormigón a 36.0 cm. Reemplazando el espesor obtenido por el espesor redondeado al alza se recalcula la vida útil del pavimento rígido. Para 36.0 cm de losa de concreto, la vida útil aumenta a 20.8 años, por encima de los 20 años que son requisito mínimo para el diseño.

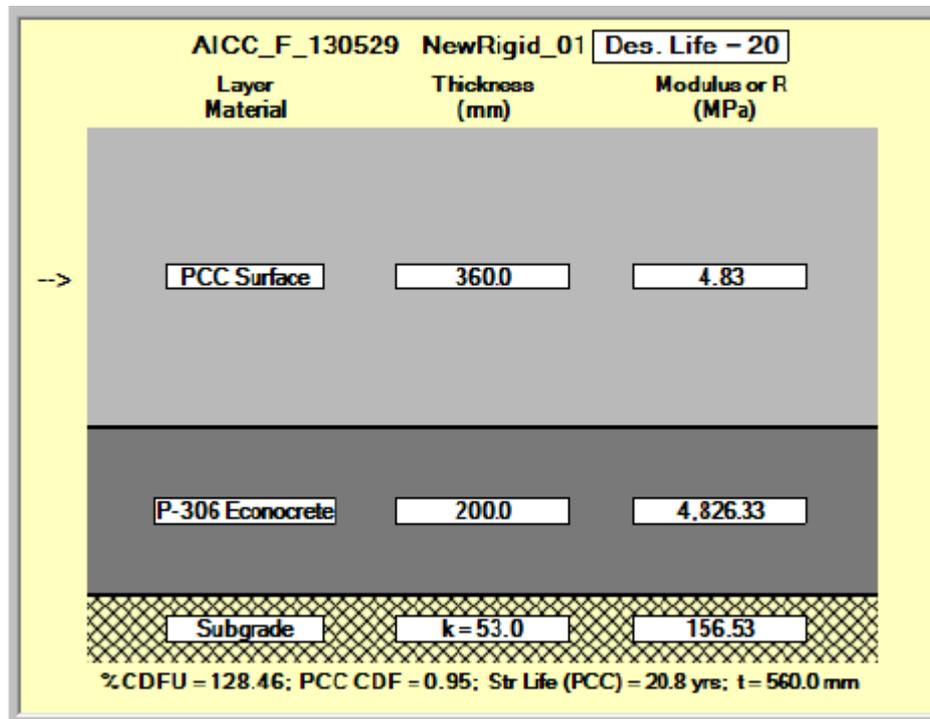


Figura 47. Espesor del pavimento rígido para plataforma de aviación comercial

El programa FAARFIELD proporciona un resumen de resultados, que se muestra a continuación.

FAARFIELD - Airport Pavement Design (V 1.305, 9/28/10 64-bit)

Pavement Structure Information by Layer, Top First

No.	Type	Thickness mm	Modulus MPa	Poisson's Ratio	Strength R, MPa
1	PCC Surface	360.0	27,579.03	0.15	4.83
2	P-306 Econocrete	200.0	4,826.33	0.20	0.00
3	Subgrade	0.0	156.53	0.40	0.00

Total thickness to the top of the subgrade = 560.0 mm

Tabla 32. Resumen de resultados de FAARFIELD para pavimento rígido (plataforma)

Así, el pavimento rígido para la plataforma de estacionamiento de aeronaves presentará un espesor total de 56.0 cm y estará formado por las siguientes capas:

- Losa de hormigón (concreto) (P-501)..... 36.0 cm
- Subbase estabilizada de tipo P-306 Econocreto..... 20.0 cm

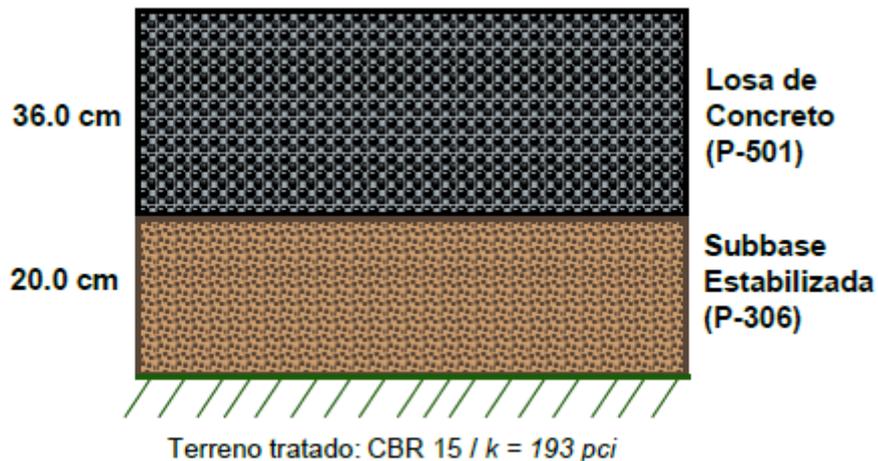


Figura 48. Propuesta de dimensionado del pavimento rígido (plataforma)

9.10. Pavimento rígido 2

El pavimento rígido calculado en este apartado se utilizará para los siguientes elementos del campo de vuelo:

- Plataforma de estacionamiento de aviación general
- Plataforma de helicópteros

Considerando la demanda actual de aeronaves de aviación general y helicópteros, es conveniente pavimentar los elementos anteriores con un espesor menor al obtenido para el pavimento rígido 1.

i. Configuración del pavimento rígido 2

La configuración del pavimento rígido para la plataforma de aviación general y helicópteros es idéntica a la propuesta para el diseño del pavimento rígido anterior, y consiste en:

- **Losa de hormigón (concreto):** su función es dotar al pavimento de la capacidad resistente necesaria para soportar el peso de las aeronaves y absorber las tensiones derivadas del movimiento de las mismas.
- **Subbase:** su función es aumentar la capacidad portante del terreno hasta alcanzar valores del módulo de reacción iguales o superiores a 300.

ii. Diseño del pavimento rígido 2

El procedimiento de cálculo del espesor del pavimento rígido se ha realizado de acuerdo con el párrafo 506, sección 5, de la circular de la FAA AC 150/5320-6E sobre el diseño de pavimentos para aeronaves de menos de 13,600 kg.

Como se ha comentado anteriormente, la demanda de movimientos de aeronaves de aviación general no presenta salidas de aeronaves de más de 13,600 kg, por lo que no es necesario utilizar el programa FAARFIELD para el dimensionamiento del pavimento.

En primer lugar, para elevar el CBR del terreno de 4.5 a 15 se utiliza la misma capa de subbase estabilizada con cemento (P-304) utilizada en la sección de pavimento rígido 1.

Mediante ábacos de cálculo de pavimentos del Manual de Diseño de Aeródromos de la OACI, parte 3, y conservando el diseño inicial de losa de concreto y de subbase granular, se calcula el espesor necesario de subbase para elevar el CBR de 3.7 a 15, de forma que se mantenga el diseño inicial.

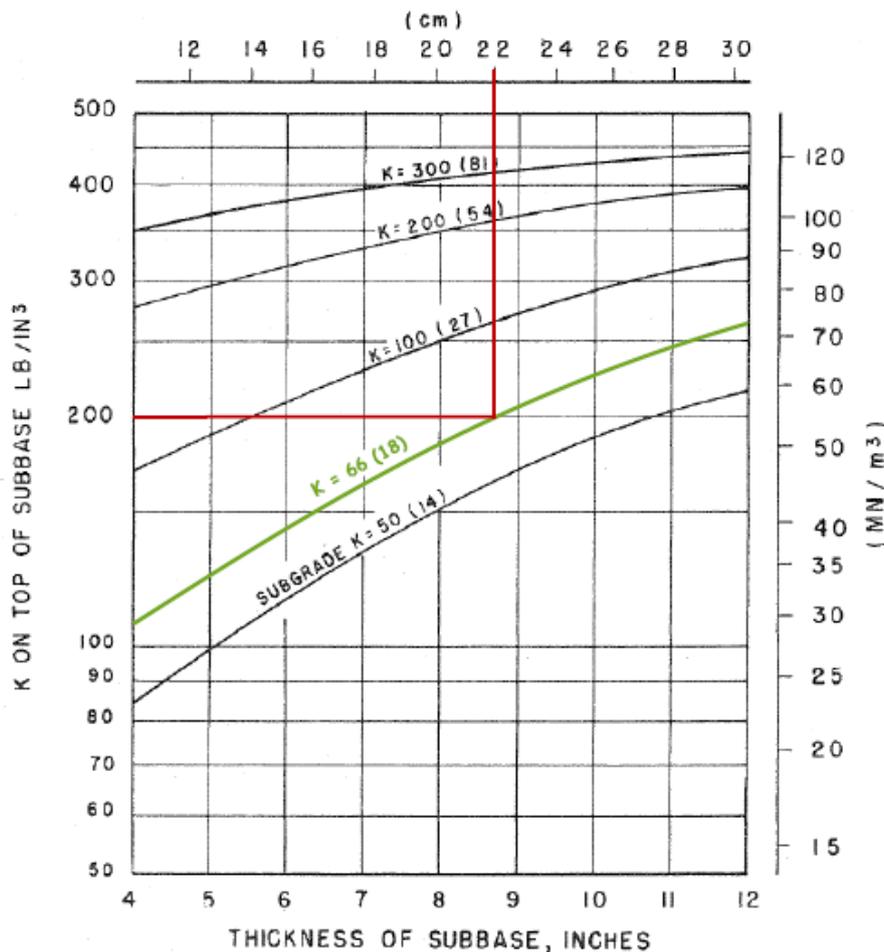


Figura 49. Ábacos de cálculo del espesor de subbase estabilizada

La figura anterior es aplicable a subbases estabilizadas con concreto, cemento o asfalto, por lo que se puede afirmar que se requiere una subbase estabilizada de un espesor de cerca de 22 cm.

Para guardar coherencia con el diseño alternativo del pavimento rígido 1 obtenido mediante el programa FAARFIELD, se propone utilizar una subbase estabilizada con cemento tipo P-304 de 23.5 cm de espesor.

En segundo lugar, para aeronaves con un MTOW entre 5,600 kg y 13,600 kg, se requiere el uso de una subbase (no estabilizada) de un espesor mínimo de 4 pulgadas, 10.2 cm. Dado que se requieren 15 cm de subbase (no estabilizada) para obtener un módulo de reacción de 300 pci, se establece este valor como el espesor necesario de subbase.

Por último, se recomienda que para el diseño de pavimento rígido con aeronaves ligeras el espesor de la losa de concreto hidráulico sea de 6 pulgadas, 15.2 cm.

El pavimento rígido para la plataforma de estacionamiento de aeronaves de aviación general y helicópteros presentará un espesor total de 54.5 cm y estará formado por las siguientes capas:

- Losa de hormigón (concreto) (P-501)..... 16.0 cm
- Subbase estabilizada con cemento tipo P-304 CTB..... 23.5.0 cm
- Subbase granular tipo P-154..... 15.0 cm

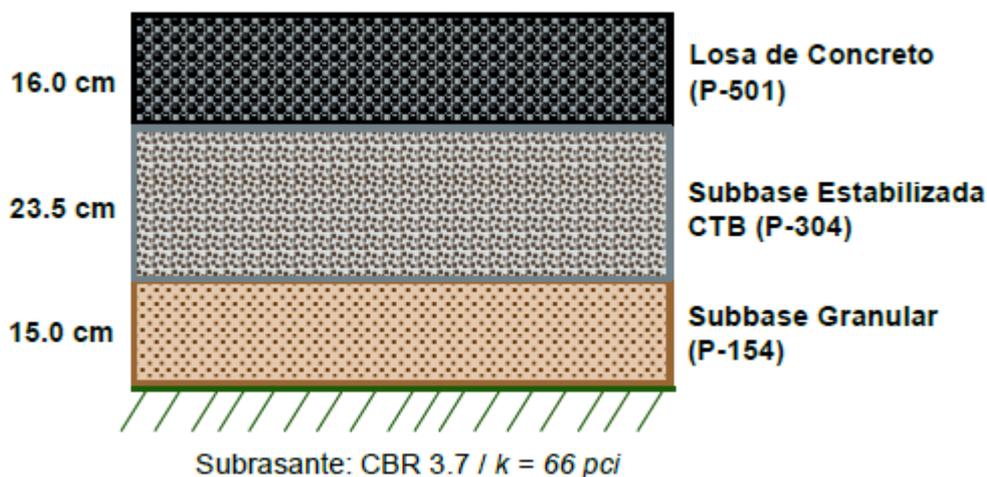


Figura 50. Solución alternativa de dimensionado del pavimento rígido 2

Dimensionamiento de las losas de concreto

Para la plataforma de aviación general, el espesor de la losa de concreto es de 16.0 cm. Según el párrafo 506 de la circular de la FAA, la dimensión de las losas propuesta para esta zona es de 3.5 m x 3.5 m.

Juntas y pasadores de transferencia de carga

Todas las juntas (de contracción, expansión y construcción) incorporarán pasadores de transferencia de carga. Para un espesor de 16.0 cm, se recomienda que los pasadores tengan las siguientes características:

- Diámetro: 20 mm
- Longitud: 460 mm
- Espaciado: 305 mm

En las juntas de contracción y construcción se coloca un cordón de respaldo. Las paredes de la junta se impregnan con imprimante y se sellan con un material elastomérico resistente al combustible para evitar la entrada de agua o material en las juntas

Por otro lado, las juntas de expansión se rellenan con un material compresible (tecnopor), se coloca el material de respaldo y se sella con un sello elastomérico resistente al combustible.

Pavimento rígido para la plataforma de estacionamiento de helicópteros

Dado que el peso máximo al despegue de los helicópteros que se prevé que operen en el AICC es inferior a 13,600 kg, se pavimentará la plataforma para helicópteros con el mismo espesor que la plataforma de aviación general.

9.11. Método constructivo para pavimentos rígidos

El presente documento se ha llevado a cabo bajo los lineamientos del Informe IPRF-01-G-002-1, Mejores prácticas para la construcción de pavimentos de concreto de cemento Pórtland (Pavimento Rígido para aeropuertos) de la Fundación de Investigaciones de Pavimentos Innovadores, Programa de Tecnología de Pavimentos de Concreto para Aeropuertos.

Introducción

Los factores que afectan el desempeño prolongado de un pavimento para aeropuertos pueden dividirse en las siguientes categorías generales:

- Diseño adecuado de la estructura del pavimento
- Uso de materiales de Calidad
- Uso de procedimientos constructivos apropiados
- Mantenimiento y reparaciones oportunos

A la hora de la construcción de una pista de aeropuertos se deben tener en cuenta las siguientes etapas, las cuales deben ser respetadas y coordinadas de tal manera de lograr la eficiencia de tiempos y costos, que redundarán en la economía global de la obra.

Etapas en el proceso de construcción:

- a) Planificación de la logística de la construcción
- b) Caracterización de materiales aptos para el uso en obra
- c) Construcción de fajas de prueba

- d) Preparación de la rasante
- e) Estabilización de la subrasante
- f) Construcción de bases y subbases
- g) Tareas de preparación para el hormigonado
- h) Dosificación y control de producción del hormigón
- i) Colocación del hormigón
- j) Instalación de barras de unión y pasadores
- k) Terminación del hormigón
- l) Texturizado del hormigón
- m) Curado del hormigón
- n) Aserrado y sellado de juntas
- o) Control de calidad de la obra

A continuación, se hará una breve reseña de cada una de las etapas antes mencionadas, para su estudio completo se recomienda ampliar la información con la lectura del texto al cual se hizo referencia.

a) Planificación de la logística de la construcción

Un proyecto de construcción exitoso requiere que toda la logística esté planificada y que se presten atención al más mínimo detalle. Los puntos clave a tomar en cuenta incluyen:

- Asegurar el estado de preparación de todas las operaciones, incluido el control de la rasante
- Montaje de la planta de hormigón
- Determinación de la capacidad de la planta
- Requisitos de seguridad
- Disponibilidad de equipos, materiales y mano de obra
- Manejo del tránsito de construcción
- Velocidad de hormigonado
- Adquisición y colocación de productos embutidos
- Requisitos de inspección y de ensayo
- Definición de fases del proyecto
- Laboratorio de ensayos en obra

“La construcción del aeropuerto es un trabajo en conjunto”

b) Caracterización de materiales aptos para el uso en obra

La caracterización de materiales aptos para ser empleados en la obra es fundamental, ya que de ella depende la calidad final de la obra.

La siguiente es la lista de ensayos requeridos para evaluar los materiales.

- Evaluación de agregados: Tamaño máximo, durabilidad, presencia de materiales nocivos, reacción álcalis sílice, etc.

- Evaluación de materiales cementíceos: A parte de la batería de ensayos característicos un factor fundamental a evaluar será el calor de hidratación producido, dado que los espesores son de valor considerable.

c) Construcción de fajas de prueba

La faja de prueba es utilizada para evaluar los procesos de elaboración, transporte, colocación, terminación y curado del hormigón.

d) Preparación de la rasante

La preparación de la rasante es fundamental ya que fija las bases para todo el sistema de pavimento. El objetivo buscado es lograr la uniformidad y estabilidad de la rasante.

e) Estabilización de la subrasante

Los suelos naturales de la región tienen características de elevada plasticidad, para controlar la variación volumétrica de ellos con los cambios de humedad en general se procede a la estabilización del suelo con cal.

f) Construcción de bases y subbases

La base debe ser estabilizada para lograr un adecuado Módulo de reacción k que permita un diseño estructural económico. Se debe buscar una homogeneización de la calidad de la base, mediante la estabilización. En pavimentos rígidos debe asegurarse que no se produzca el fenómeno de bombeo por el cual las partículas finas de las capas inferiores son expulsadas hacia la superficie en una mezcla con agua, por acción de las cargas. La estabilización apropiada para tal fin es el suelo cemento.

g) Tareas de preparación para el hormigonado

Varios son los puntos que deben tenerse en cuenta previo a las tareas de pavimentación, entre ellos se encuentran:

- Control y aprobación de la rasante
- Inspección de la operatividad de la planta de hormigón
- Inspección del equipo de pavimentación

h) Dosificación y control de producción del hormigón

El hormigón es, básicamente, una mezcla de dos componentes, agregados y pasta. La calidad del mismo depende por lo tanto de la calidad de cada uno de ellos y de la adherencia entre ambos. La cantidad de agua usada afecta en gran medida la calidad de la pasta.

La dosificación es en general, particular para cada obra, pero como lineamientos generales, pueden seguirse las siguientes recomendaciones:

- resistencia a flexión mínima a los 28 días de 4 MPa (600 psi) o una resistencia a la compresión a los 28 días de 30 MPa (4.400 psi)
- Contenido mínimo de cemento de 300 kilos/m³
- Relación agua-cemento máxima de 0.50 (en áreas con intenso ciclo de congelación y deshielo no debe superar una relación de 0.45, en áreas severamente expuestas a los sulfatos, debería limitarse a 0.40)
- Asentamiento para hormigonado con moldes fijos laterales 25 a 50 mm. y para moldes deslizantes 13 a 38 mm.
- Contenido de aire en función de las condiciones de exposición y tamaño máximo del agregado.
- Módulo de finura entre 2.5 y 3.4

El control en obra se relaciona con los parámetros de diseño del hormigón obtenido en laboratorio, entre los que pueden mencionarse:

- La trabajabilidad en estado fresco
- Resistencia en estado endurecido

Se realizará un pastón de prueba cada vez que se efectúe variación en el origen o partida de los materiales empleados.

i) Colocación del hormigón

La pavimentación con hormigón puede llevarse a cabo con medios mecánicos o manuales. La pavimentación mecánica se usa para el pavimento principal, las pistas de rodaje de conexión y las curvas de enlace amplias.

Las áreas hechas a mano son aquellas demasiado pequeñas para usar la maquinaria. Para pavimentación con máquina se utilizan dos tipos de pavimentadoras: pesadas y livianas. Las máquinas pesadas son las pavimentadoras con moldes deslizantes. Las máquinas más livianas incluyen las pavimentadoras de tablero de puente, generalmente con moldes laterales fijos y sinfín vibratorio o rodillos de cilindro.

j) Instalación de barras de unión y pasadores

Al instalar los pasadores deben tenerse en cuenta los siguientes puntos:

- Los pasadores en juntas transversales de contracción se posicionan con antelación utilizando armazones con fijadores insertados a la base, o se insertan durante la pavimentación utilizando un insertador de pasadores.
- Los pasadores para juntas longitudinales de contracción aserradas se pueden posicionar con antelación usando conjunto de armazones o inyectar usando un clavador de pasadores.
- Por lo general no se permite el uso de insertadores de pasadores en juntas de construcción longitudinales. La mayoría de los organismos detectaron

problemas de mala alineación y bolsones de aire indeseados debajo de los pasadores insertados.

- Los pasadores en juntas de construcción longitudinales y cabeceras transversales se instalan utilizando un taladro y técnica con epoxi. Se perforan agujeros en los cantos verticales.

k) Terminación del hormigón

La terminación del hormigón es un paso crucial del proceso de pavimentación. Es la terminación manual que se aplica normalmente para obtener una superficie lisa, necesaria para corregir cualquier irregularidad detrás de la pavimentadora. Los esfuerzos de terminación del hormigón se deben mantener en un nivel mínimo.

Idealmente la mezcla de hormigón correcta dará como resultado una terminación superficial aceptable detrás de la pavimentadora.

La superficie del hormigón no necesita estar muy perfecta ni tampoco es necesario corregir todas las pequeñas imperfecciones.

l) Texturizado del hormigón

Los pavimentos de hormigón deben tener una textura superficial que proporcionará el nivel deseado de resistencia al deslizamiento. Las funciones principales de la textura superficial consisten en proporcionar:

- Vías de escape para el agua debajo de los neumáticos de las aeronaves
- Un grado de aspereza a la superficie, necesaria para que los neumáticos rompan la película residual luego de que escurra el agua masiva.

m) Curado del hormigón

El curado es el mantenimiento de la humedad adecuada y los regímenes de temperatura del hormigón recién colocado por un período de tiempo inmediatamente posterior a su terminación.

Algunos temas importantes relacionados con el curado son:

- Los tiempos de aplicación del curado son cruciales, especialmente durante tiempo caluroso. Es necesario aplicar el curado tan pronto como desaparezca el agua sobre la superficie luego de la terminación y texturizado.
- Cuando se emplean compuestos aplicados por pulverizado, la cantidad y uniformidad de la cobertura son factores cruciales.
- Si se ha de usar curado por vía húmeda, debe mantenerse mojada la totalidad de la superficie durante todo el período de curado (generalmente 7 días) o durante la aplicación del compuesto de curado.

n) Aserrado y sellado de juntas

El aserrado y sellado de juntas es más un arte que una ciencia. Requieren de una cuadrilla experimentada para llevar a cabo correctamente las tareas asociadas.

Aunque se dispone de pautas mejoradas para estimar el momento en que se debe comenzar con el aserrado, la velocidad del aserrado, el estado de la hoja de cierra y el cuidado por parte de operador se combinan para influir sobre el producto final.

Los temas cruciales referidos al sellado de las juntas de pavimento incluyen los tiempos para el ensanche del reservorio, el biselado, la limpieza de juntas, la profundidad del sellador y los tiempos de sellado.

o) Control de calidad de la obra

La implementación de los programas de Plan de Gestión de Calidad y Control de Calidad por parte de la contratista, son requisitos fundamentales para lograr un estándar de calidad elevado durante el proceso constructivo y por extensión de la obra.

10. SEÑALIZACIÓN DE LA PISTA DE ATERRIZAJE Y CALLES DE RODAJE

En este capítulo se describen las características básicas y generales de las ayudas visuales a la navegación del Aeropuerto. Las características de todos los sistemas de balizamiento y luces, así como también las características de toda la señalización, tanto vertical como horizontal, del área de movimiento del Aeropuerto de Chinchero.

10.1. Balizamiento del área de movimiento

El sistema de alumbrado aeronáutico de superficie consistirá en un conjunto de luces cuya configuración, color, candelas, cobertura, etc. atenderán a lo prescrito y recomendado en los correspondientes apartados de la cuarta edición del Anexo 14 de la OACI.

El sistema de balizamiento y ayudas visuales del área de maniobras del Aeropuerto se compone de:

- Sistemas de luces de aproximación para ambas cabeceras
- Sistemas visuales indicadores de pendiente de aproximación PAPI en ambas cabeceras (doble sistema por cabecera)
- Luces de borde en la pista
- Luces de eje de pista
- Luces de extremo de pista, umbral y de identificación de umbral en ambas cabeceras
- Luces de eje de calle de rodaje
- Luces de salida rápida (RETIL)
- Luces de barra de parada
- Balizas de borde de calle de rodaje
- Luces de punto de espera intermedio

A continuación, se describe las características básicas de estas luces y balizas:

- El sistema de luces de aproximación indica al piloto la proximidad de la pista de vuelo, y se disponen antes del umbral 34 de la misma. El sistema de balizas previsto corresponde con el especificado por el Anexo 14 para Cat. I, es decir que dispone de una longitud total 900m. También se prevé un sistema de Luces Indicadoras de Umbral (SLIU).



Figura 51: Luces de aproximación Categoría I del umbral 34

- El indicador de Pendiente de Aproximación (PAPI) señala de forma visual la senda de planeo a seguir en la aproximación, con una indicación de coloración diferente. En ambas cabeceras se instalarán sendos PAPIs, situados convenientemente a 172 m del umbral 16 y a 367 m del umbral 34 a la izquierda de cada cabecera. El PAPI alertará al piloto de su trayectoria en caso de no seguir la estimada (3°).
- Las luces de la pista 34 se componen en luces de umbral (color verde), luces de borde (color blanco o color amarillo), luces de extremo (color rojo), luces de zona de parada (color rojo) y luces de eje (color blanco o color rojo).
- Las luces de la pista 16 se componen en luces de umbral (color verde), luces de borde (color blanco o color amarillo), luces de extremo (color rojo), luces de zona de parada (color rojo) y luces de eje (color blanco o color rojo). Las luces de la carrera de despegue antes del umbral 16 son de color blanco.
- Las luces de las calles de rodaje se sitúan en el eje y son de color verde, a excepción de los tramos de las calles de acceso a pista en las cuales desde 150m desde el eje de pista son de color amarillo/verde alterno según el eje de guiado, hasta completar el tramo de 60m que se solapan con la pista. Las luces de borde de calles se prevén elevadas reflectantes de color azul.
- Las luces de borde de plataforma se sitúan en los extremos de la plataforma proyectada y se prevén elevadas reflectantes de color azul.

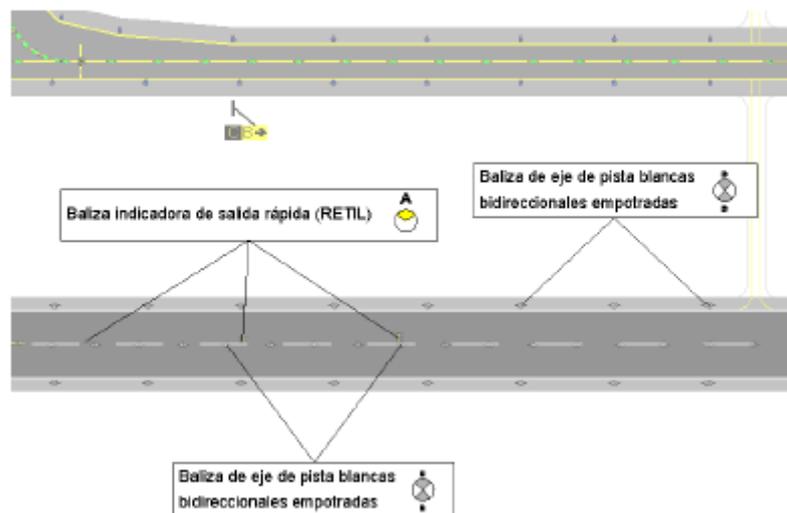


Figura 52: Balizamiento de pista antes de la salida rápida

10.2. Torres de iluminación de plataforma

La iluminación de plataforma se realiza según las normas y métodos recomendados por:

- Anexo 14. Aeródromos (OACI)
- Manual de diseño de Aeródromos. Parte IV. Ayudas visuales
- Directriz sobre iluminación de plataforma con proyectores (Aena)

Se instalarán diez torres de iluminación de 45 m de altura, con fuste de hormigón centrifugado con armaduras activa (pretensado en toda su longitud) y pasiva. Se emplazarán en el borde de la plataforma, justo por delante del vial de circulación que separa dicha plataforma y el terminal de pasajeros.

10.3. Señalización horizontal del área de movimiento

El AICC debe disponer de un sistema de señalización y ayudas visuales para guiar al piloto en sus operaciones. La señalización, tanto horizontal como vertical ayudará e informará al piloto en sus rodajes durante sus operaciones.

De acuerdo a la recomendación 5.2.1.7 del Anexo 14, en aeródromos donde se efectúen operaciones nocturnas las señales de la superficie de los pavimentos serán de material reflectante, de modo que se incremente la visibilidad de las mismas.

La Normativa considerada en la redacción del presente apartado es la siguiente:

- Anexo 14: Aeródromos. OACI.
- Manual de Diseño de Aeródromos. Parte 4. OACI.

La señalización horizontal del área de movimiento consta de los siguientes elementos:

- Señal de umbral para la pista 34 y señal de umbral desplazado para la pista 16
- Señal designadora de pista
- Señal de faja lateral de pista
- Señal de eje de pista
- Señal de punto de visada
- Señal de zona de toma de contacto
- Señal de eje de calle de rodadura
- Señal de borde de calle de rodadura
- Señal de margen lateral pavimentado de calle de rodadura
- Señal de manga de viento
- Señal de punto de espera de pista
- Señal de punto de espera intermedio
- Señal de punto de espera en vía de vehículos
- Señal de máxima envergadura



Figura 53: Cabecera y umbral 16

La señalización horizontal prevista en la plataforma consta de los siguientes elementos:

- Señal de eje de calle de rodaje en plataforma (TCL)
- Señal de área de espera de equipos (ESL)
- Señal de área de prohibición de aparcamiento (NPL)
- Señales de puesto de estacionamiento de aeronaves

La señalización horizontal de las vías de servicio de plataforma consta de los siguientes elementos:

- Señal de margen y eje de vía de servicio
- Señal de ceda el paso
- Señal de velocidad máxima
- Banda de parada
- Señal de dirección en vías de servicio
- Señal de STOP paso de aviones y señal de preaviso
- Señal de peligro por chorro de motores

10.4. Señalización vertical del área de movimiento

La señalización vertical está compuesta por señales o letreros mediante los cuales se proporcionan instrucciones e información al piloto dentro del sistema de pistas y calles de rodajes, aumentando así la seguridad y rapidez de las operaciones.

Las instrucciones que se proveen mediante la señalización vertical de un aeropuerto, se facilitan a través de las siguientes señales:

- Obligatorias: inscripción en blanco sobre fondo rojo
- De emplazamiento: inscripción en amarillo sobre fondo negro
- De dirección o destino: inscripción en negro sobre fondo amarillo
- De especial interés para las operaciones: inscripción en negro sobre fondo amarillo
- De distancia remanente en pista, calle de rodaje, : inscripción en blanco sobre fondo negro

Los SARP's del Anexo 14 de la OACI contemplan que en un mismo letrero puede suministrarse más de un mensaje de los anteriores. Estos letreros deben ser frangibles. Además, los que estén situados cerca de una pista o de una calle de rodaje deben ser lo suficientemente bajos como para conservar la distancia de guarda respecto a las hélices y las barquillas de los reactores.

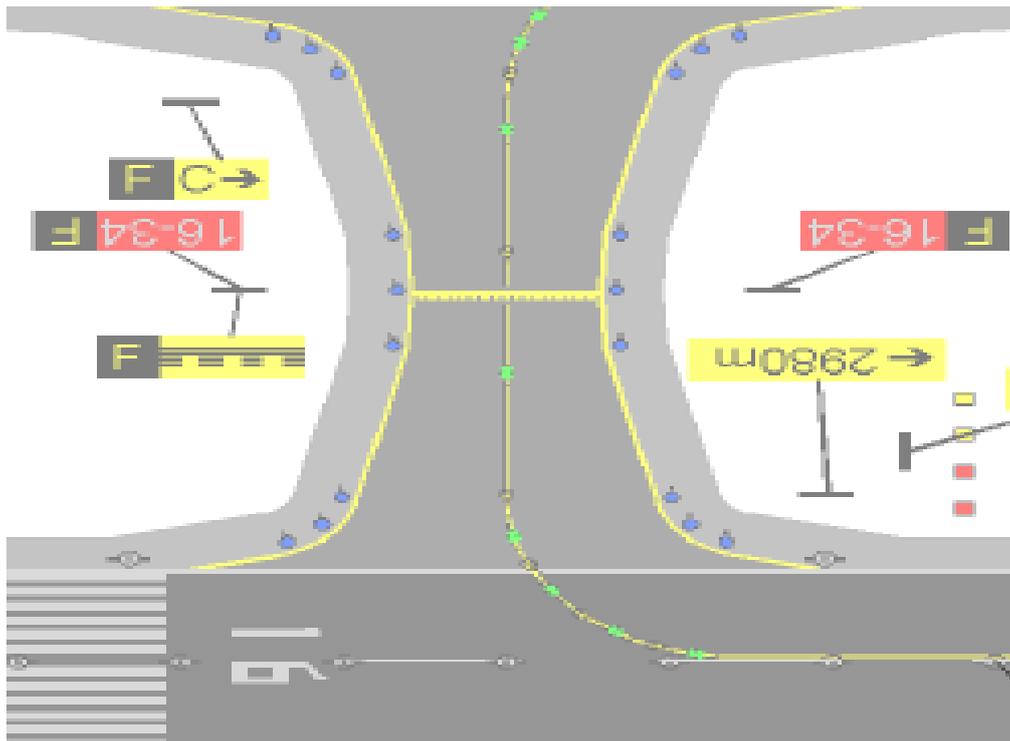


Figura 54: Señalización vertical en la calle F y señalización horizontal del umbral 16

11. MOVIMIENTO DE SUELOS

DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL AEROPUERTO DE CHINCHERO - CUSCO MOVIMIENTO DE SUELOS - OBRA BÁSICA							
Progresiva	Cota Roja (m)	Terraplen (m ²)	Desmorte (m ²)	Coefficiente de compactación	Sección compensada (m ²)	Distancia (m)	Volúmen (m ³)
-300	16,00	1596,00	17,00	1,30	1609,08	0,00	0,00
-200	-0,20	275,20	178,80	1,30	412,74	100,00	101090,77
-100	1,80	244,00	129,20	1,30	343,38	100,00	37806,15
0	0,40	276,20	1134,60	1,30	1148,97	100,00	74617,69
100	-4,60	572,80	2357,20	1,30	2386,03	100,00	176750,00
200	0,70	40,60	3573,40	1,30	2789,37	100,00	258770,00
300	-12,40	0,00	6045,00	1,30	4650,00	100,00	371968,46
400	-17,70	0,00	7333,20	1,30	5640,92	100,00	514546,15
500	-19,60	0,00	8739,20	1,30	6722,46	100,00	618169,23
600	-16,70	0,00	7665,00	1,30	5896,15	100,00	630930,77
700	-15,10	0,00	5639,40	1,30	4338,00	100,00	511707,69
800	-0,50	0,00	2189,80	1,30	1684,46	100,00	301123,08
900	4,20	613,20	466,00	1,30	971,66	100,00	132806,15
1000	6,00	1104,60	377,20	1,30	1394,75	100,00	118320,77
1100	8,70	2740,60	0,00	1,30	2740,60	100,00	206767,69
1200	8,90	2867,00	0,00	1,30	2867,00	100,00	280380,00
1300	8,30	2576,00	0,00	1,30	2576,00	100,00	272150,00
1400	8,30	2454,60	0,00	1,30	2454,60	100,00	251530,00
1500	8,20	2487,40	0,00	1,30	2487,40	100,00	247100,00
1600	8,60	2582,20	0	1,30	2582,20	100,00	253480,00
1700	8,60	2699,60	0,00	1,30	2699,60	100,00	264090,00
1800	8,80	2594,60	0,00	1,30	2594,60	100,00	264710,00
1900	8,20	2227,20	0,00	1,30	2227,20	100,00	241090,00
2000	4,90	1535,60	0,00	1,30	1535,60	100,00	188140,00
2100	4,60	1611,60	0,00	1,30	1611,60	100,00	157360,00
2200	10,00	2285,00	0,00	1,30	2285,00	100,00	194830,00
2300	10,80	3647,20	0,00	1,30	3647,20	100,00	296610,00
2400	12,30	4131,00	0,00	1,30	4131,00	100,00	388910,00
2500	13,50	3884,20	0,00	1,30	3884,20	100,00	400760,00
2600	10,70	2924,40	0,00	1,30	2924,40	100,00	340430,00
2700	7,30	1659,60	625,20	1,30	2140,52	100,00	253246,15
2800	0,40	568,40	484,60	1,30	941,17	100,00	154084,62
2900	-4,20	0,00	1968,00	1,30	1513,85	100,00	122750,77
3000	-4,60	0,00	3024,60	1,30	2326,62	100,00	192023,08
3100	-7,10	0,00	4535,40	1,30	3488,77	100,00	290769,23
3200	-9,50	0,00	5077,60	1,30	3905,85	100,00	369730,77
3300	-11,60	0,00	5074,00	1,30	3903,08	100,00	390446,15
3400	-8,60	0,00	3698,60	1,30	2845,08	100,00	337407,69
3500	-3,20	0,00	1106,20	1,30	850,92	100,00	184800,00
3600	4,80	816,00	179,20	1,30	953,85	100,00	90238,46
3700	9,50	2444,60	0,00	1,30	2444,60	100,00	169922,31
3800	14,60	3977,60	0,00	1,30	3977,60	100,00	321110,00
3900	15,00	3761,60	0,00	1,30	3761,60	100,00	386960,00
4000	11,80	3217,20	0,00	1,30	3217,20	100,00	348940,00
4100	15,00	2485,60	0,00	1,30	2485,60	100,00	285140,00
4200	20,40	2988,20	0,00	1,30	2988,20	100,00	273690,00
4300	9,80	1257,60	0,00	1,30	1257,60	100,00	212290,00
							12480493,85

DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL AEROPUERTO DE CHINCHERO - CUSCO									
MOVIMIENTO DE SUELOS - OBRA BÁSICA									
CALCULO DE VOLÚMENES SIN COMPENSAR									
PROG	CR	Secc	A _{TERR}	A _{DESM}	Prom T	Prom D	dist	V _{TERR} x2	V _{DESM} x2
-300	16,00	T	1596,00	17,00					0,0
-200	-0,20	T	275,20	178,80	935,60	97,90	100	93.560,0	9.790,0
-100	1,80	T	244,00	129,20	259,60	154,00	100	25.960,0	15.400,0
0	0,40	T	276,20	1134,60	260,10	631,90	100	26.010,0	63.190,0
100	-4,60	D	572,80	2357,20	424,50	1745,90	100	42.450,0	174.590,0
200	0,70	T	40,60	3573,40	306,70	2965,30	100	30.670,0	296.530,0
300	-12,40	D	0,00	6045,00	20,30	4809,20	100	2.030,0	480.920,0
400	-17,70	D	0,00	7333,20	0,00	6689,10	100	0,0	668.910,0
500	-19,60	D	0,00	8739,20	0,00	8036,20	100	0,0	803.620,0
600	-16,70	D	0,00	7665,00	0,00	8202,10	100	0,0	820.210,0
700	-15,10	D	0,00	5639,40	0,00	6652,20	100	0,0	665.220,0
800	-0,50	D	0,00	2189,80	0,00	3914,60	100	0,0	391.460,0
900	4,20	T	613,20	466,00	306,60	1327,90	100	30.660,0	132.790,0
1000	6,00	T	1104,60	377,20	858,90	421,60	100	85.890,0	42.160,0
1100	8,70	T	2740,60	0,00	1922,60	188,60	100	192.260,0	18.860,0
1200	8,90	T	2867,00	0,00	2803,80	0,00	100	280.380,0	0,0
1300	8,30	T	2576,00	0,00	2721,50	0,00	100	272.150,0	0,0
1400	8,30	T	2454,60	0,00	2515,30	0,00	100	251.530,0	0,0
1500	8,20	T	2487,40	0,00	2471,00	0,00	100	247.100,0	0,0
1600	8,60	T	2582,20	0	2534,80	0,00	100	253.480,0	0,0
1700	8,60	T	2699,60	0,00	2640,90	0,00	100	264.090,0	0,0
1800	8,80	T	2594,60	0,00	2647,10	0,00	100	264.710,0	0,0
1900	8,20	T	2227,20	0,00	2410,90	0,00	100	241.090,0	0,0
2000	4,90	T	1535,60	0,00	1881,40	0,00	100	188.140,0	0,0
2100	4,60	D	1611,60	0,00	1573,60	0,00	100	157.360,0	0,0
2200	10,00	D	2285,00	0,00	1948,30	0,00	100	194.830,0	0,0
2300	10,80	D	3647,20	0,00	2966,10	0,00	100	296.610,0	0,0
2400	12,30	D	4131,00	0,00	3889,10	0,00	100	388.910,0	0,0
2500	13,50	T	3884,20	0,00	4007,60	0,00	100	400.760,0	0,0
2600	10,70	T	2924,40	0,00	3404,30	0,00	100	340.430,0	0,0
2700	7,30	T	1659,60	625,20	2292,00	312,60	100	229.200,0	31.260,0
2800	0,40	T	568,40	484,60	1114,00	554,90	100	111.400,0	55.490,0
2900	-4,20	D	0,00	1968,00	284,20	1226,30	100	28.420,0	122.630,0
3000	-4,60	D	0,00	3024,60	0,00	2496,30	100	0,0	249.630,0
3100	-7,10	D	0,00	4535,40	0,00	3780,00	100	0,0	378.000,0
3200	-9,50	D	0,00	5077,60	0,00	4806,50	100	0,0	480.650,0
3300	-11,60	D	0,00	5074,00	0,00	5075,80	100	0,0	507.580,0
3400	-8,60	D	0,00	3698,60	0,00	4386,30	100	0,0	438.630,0
3500	-3,20	D	0,00	1106,20	0,00	2402,40	100	0,0	240.240,0
3600	4,80	T	816,00	179,20	408,00	642,70	100	40.800,0	64.270,0
3700	9,50	T	2444,60	0,00	1630,30	89,60	100	163.030,0	8.960,0
3800	14,60	T	3977,60	0,00	3211,10	0,00	100	321.110,0	0,0
3900	15,00	T	3761,60	0,00	3869,60	0,00	100	386.960,0	0,0
4000	11,80	T	3217,20	0,00	3489,40	0,00	100	348.940,0	0,0
4100	15,00	T	2485,60	0,00	2851,40	0,00	100	285.140,0	0,0
4200	20,40	T	2988,20	0,00	2736,90	0,00	100	273.690,0	0,0
4300	9,80	T	1257,60	0,00	2122,90	0,00	100	212.290,0	0,0
					Σ Volumen x 2			6.972.040,0	7.160.990,0
					Volumenes			3.486.020,0	3.580.495,0

DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL								
AEROPUERTO DE CHINCHERO - CUSCO								
MOVIMIENTO DE SUELOS - OBRA BÁSICA								
CALCULO DE VOLÚMENES COMPENSADOS								
Progresiva	Cota Roja (m)	Cota Negra (m)	Terraplen (m²)	Desmorte (m²)	Coefficient e de compactación	Sección compensada (m²)	Distancia (m)	Volúmen (m³)
-300	16,00	16,00	1596,00	17,00	1,30	1609,08	0,00	0,00
-200	-0,20	-0,20	275,20	178,80	1,30	412,74	100,00	101090,77
-100	1,80	1,80	244,00	129,20	1,30	343,38	100,00	37806,15
0	0,40	0,40	276,20	1134,60	1,30	1148,97	100,00	74617,69
100	-4,60	-4,60	572,80	2357,20	1,30	2386,03	100,00	176750,00
200	0,70	0,70	40,60	3573,40	1,30	2789,37	100,00	258770,00
300	-12,40	-12,40	0,00	6045,00	1,30	4650,00	100,00	371968,46
400	-17,70	-17,70	0,00	7333,20	1,30	5640,92	100,00	514546,15
500	-19,60	-19,60	0,00	8739,20	1,30	6722,46	100,00	618169,23
600	-16,70	-16,70	0,00	7665,00	1,30	5896,15	100,00	630930,77
700	-15,10	-15,10	0,00	5639,40	1,30	4338,00	100,00	511707,69
800	-0,50	-0,50	0,00	2189,80	1,30	1684,46	100,00	301123,08
900	4,20	4,20	613,20	466,00	1,30	971,66	100,00	132806,15
1000	6,00	6,00	1104,60	377,20	1,30	1394,75	100,00	118320,77
1100	8,70	8,70	2740,60	0,00	1,30	2740,60	100,00	206767,69
1200	8,90	8,90	2867,00	0,00	1,30	2867,00	100,00	280380,00
1300	8,30	8,30	2576,00	0,00	1,30	2576,00	100,00	272150,00
1400	8,30	8,30	2454,60	0,00	1,30	2454,60	100,00	251530,00
1500	8,20	8,20	2487,40	0,00	1,30	2487,40	100,00	247100,00
1600	8,60	8,60	2582,20	0	1,30	2582,20	100,00	253480,00
1700	8,60	8,60	2699,60	0,00	1,30	2699,60	100,00	264090,00
1800	8,80	8,80	2594,60	0,00	1,30	2594,60	100,00	264710,00
1900	8,20	8,20	2227,20	0,00	1,30	2227,20	100,00	241090,00
2000	4,90	4,90	1535,60	0,00	1,30	1535,60	100,00	188140,00
2100	4,60	4,60	1611,60	0,00	1,30	1611,60	100,00	157360,00
2200	10,00	10,00	2285,00	0,00	1,30	2285,00	100,00	194830,00
2300	10,80	10,80	3647,20	0,00	1,30	3647,20	100,00	296610,00
2400	12,30	12,30	4131,00	0,00	1,30	4131,00	100,00	388910,00
2500	13,50	13,50	3884,20	0,00	1,30	3884,20	100,00	400760,00
2600	10,70	10,70	2924,40	0,00	1,30	2924,40	100,00	340430,00
2700	7,30	7,30	1659,60	625,20	1,30	2140,52	100,00	253246,15
2800	0,40	0,40	568,40	484,60	1,30	941,17	100,00	154084,62
2900	-4,20	-4,20	0,00	1968,00	1,30	1513,85	100,00	122750,77
3000	-4,60	-4,60	0,00	3024,60	1,30	2326,62	100,00	192023,08
3100	-7,10	-7,10	0,00	4535,40	1,30	3488,77	100,00	290769,23
3200	-9,50	-9,50	0,00	5077,60	1,30	3905,85	100,00	369730,77
3300	-11,60	-11,60	0,00	5074,00	1,30	3903,08	100,00	390446,15
3400	-8,60	-8,60	0,00	3698,60	1,30	2845,08	100,00	337407,69
3500	-3,20	-3,20	0,00	1106,20	1,30	850,92	100,00	184800,00
3600	4,80	4,80	816,00	179,20	1,30	953,85	100,00	90238,46
3700	9,50	9,50	2444,60	0,00	1,30	2444,60	100,00	169922,31
3800	14,60	14,60	3977,60	0,00	1,30	3977,60	100,00	321110,00
3900	15,00	15,00	3761,60	0,00	1,30	3761,60	100,00	386960,00
4000	11,80	11,80	3217,20	0,00	1,30	3217,20	100,00	348940,00
4100	15,00	15,00	2485,60	0,00	1,30	2485,60	100,00	285140,00
4200	20,40	20,40	2988,20	0,00	1,30	2988,20	100,00	273690,00
4300	9,80	9,80	1257,60	0,00	1,30	1257,60	100,00	212290,00
								12480493,85

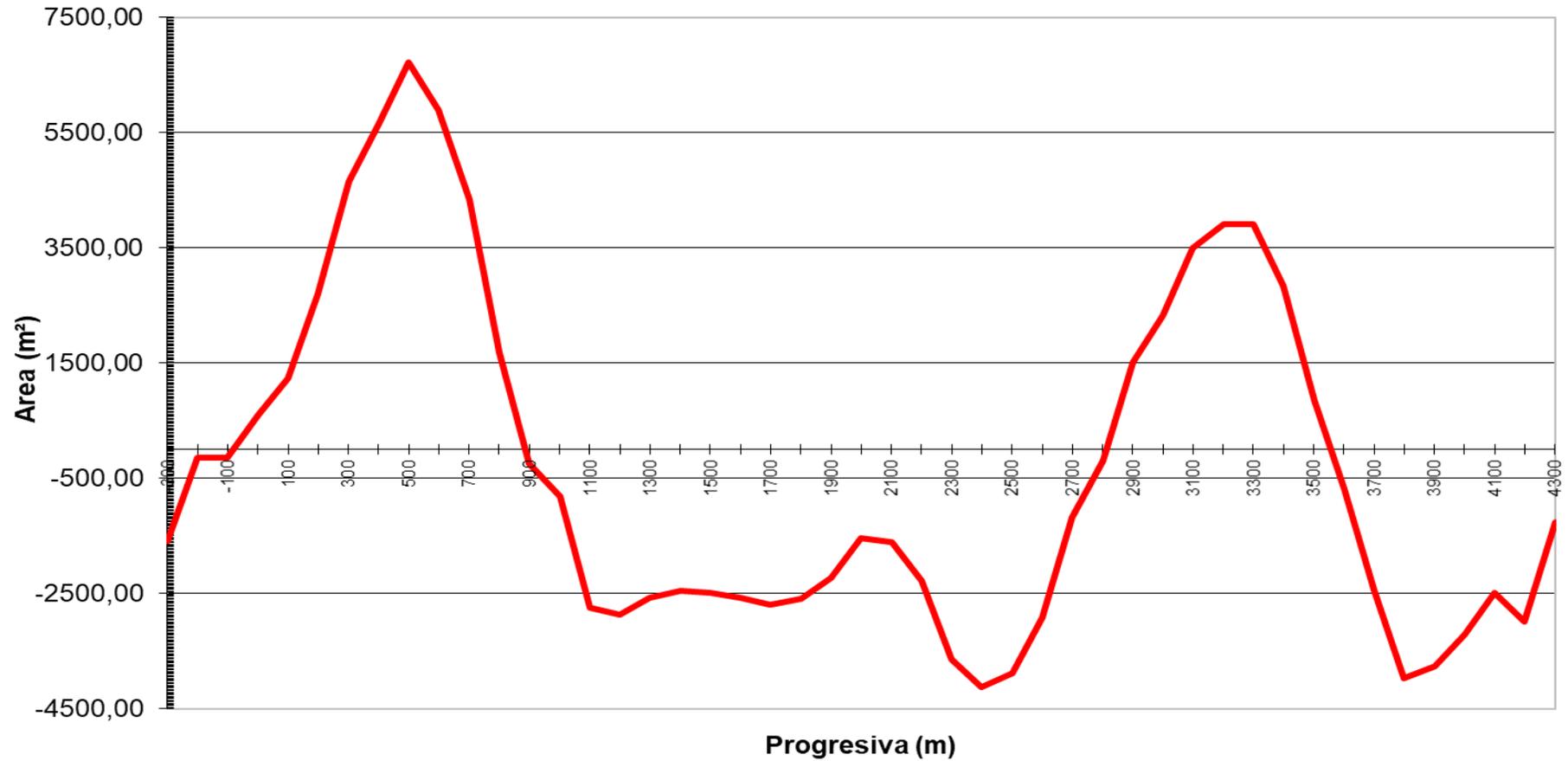
DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL AEROPUERTO DE CHINCHERO - CUSCO								
MOVIMIENTO DE SUELOS - OBRA BÁSICA								
CALCULO DE VOLÚMENES COMPENSADOS								
PROG	A _{TERR}	A _{DESM}	A _{SOB} /1,3	A _{RESULT}	dist	A _{MEDIA}	V _{RESULT}	V _{ACUM}
-300	-1596,00	17,00	13,08	-1582,92			0,0	0,0
-200	-275,20	178,80	137,54	-137,66	100	-860,29	-86.029,2	-86.029,2
-100	-244,00	129,20	99,38	-144,62	100	-141,14	-14.113,8	-100.143,1
0	-276,20	1134,60	872,77	596,57	100	225,98	22.597,7	-77.545,4
100	-572,80	2357,20	1813,23	1240,43	100	918,50	91.850,0	14.304,6
200	-40,60	3573,40	2748,77	2708,17	88,5	1974,30	174.725,6	189.030,2
300	0,00	6045,00	4650,00	4650,00	11,5	970,92	11.165,5	200.195,7
400	0,00	7333,20	5640,92	5640,92	100	5145,46	514.546,2	714.741,8
500	0,00	8739,20	6722,46	6722,46	100	6181,69	618.169,2	1.332.911,1
600	0,00	7665,00	5896,15	5896,15	100	6309,31	630.930,8	1.963.841,8
700	0,00	5639,40	4338,00	4338,00	100	5117,08	511.707,7	2.475.549,5
800	0,00	2189,80	1684,46	1684,46	100	3011,23	301.123,1	2.776.672,6
900	-613,20	466,00	358,46	-254,74	18,3	969,60	17.743,7	2.794.416,3
1000	-1104,60	377,20	290,15	-814,45	81,7	-534,59	-43.676,2	2.750.740,1
1100	-2740,60	0,00	0,00	-2740,60	100	-1777,52	-177.752,3	2.572.987,8
1200	-2867,00	0,00	0,00	-2867,00	100	-2803,80	-280.380,0	2.292.607,8
1300	-2576,00	0,00	0,00	-2576,00	100	-2721,50	-272.150,0	2.020.457,8
1400	-2454,60	0,00	0,00	-2454,60	100	-2515,30	-251.530,0	1.768.927,8
1500	-2487,40	0,00	0,00	-2487,40	58,1	-2471,00	-143.565,1	1.625.362,7
1600	-2582,20	0	0,00	-2582,20	41,9	-47,40	-1.986,1	1.623.376,6
1700	-2699,60	0,00	0,00	-2699,60	100	-2640,90	-264.090,0	1.359.286,6
1800	-2594,60	0,00	0,00	-2594,60	100	-2647,10	-264.710,0	1.094.576,6
1900	-2227,20	0,00	0,00	-2227,20	100	-2410,90	-241.090,0	853.486,6
2000	-1535,60	0,00	0,00	-1535,60	0	-1881,40	0,0	853.486,6
2100	-1611,60	0,00	0,00	-1611,60	100	-1573,60	-157.360,0	696.126,6
2200	-2285,00	0,00	0,00	-2285,00	100	-1948,30	-194.830,0	501.296,6
2300	-3647,20	0,00	0,00	-3647,20	100	-2966,10	-296.610,0	204.686,6
2400	-4131,00	0,00	0,00	-4131,00	0	-3208,00	0,0	501.296,6
2500	-3884,20	0,00	0,00	-3884,20	100	-4007,60	-400.760,0	100.536,6
2600	-2924,40	0,00	0,00	-2924,40	100	-3404,30	-340.430,0	-239.893,4
2700	-1659,60	625,20	480,92	-1178,68	100	-2051,54	-205.153,8	-445.047,2
2800	-568,40	484,60	372,77	-195,63	100	-687,15	-68.715,4	-513.762,6
2900	0,00	1968,00	1513,85	1513,85	35	-854,74	-29.915,8	-543.678,4
3000	0,00	3024,60	2326,62	2326,62	65	1920,23	124.815,0	-418.863,4
3100	0,00	4535,40	3488,77	3488,77	100	2907,69	290.769,2	-128.094,2
3200	0,00	5077,60	3905,85	3905,85	100	3697,31	369.730,8	241.636,6
3300	0,00	5074,00	3903,08	3903,08	100	3904,46	390.446,2	632.082,7
3400	0,00	3698,60	2845,08	2845,08	100	3374,08	337.407,7	969.490,4
3500	0,00	1106,20	850,92	850,92	100	1848,00	184.800,0	1.154.290,4
3600	-816,00	179,20	137,85	-678,15	100	86,38	8.638,5	1.162.928,9
3700	-2444,60	0,00	0,00	-2444,60	100	-1561,38	-156.137,7	1.006.791,2
3800	-3977,60	0,00	0,00	-3977,60	72	-3211,10	-231.199,2	775.592,0
3900	-3761,60	0,00	0,00	-3761,60	28	108,00	3.024,0	778.616,0
4000	-3217,20	0,00	0,00	-3217,20	100	-3489,40	-348.940,0	429.676,0
4100	-2485,60	0,00	0,00	-2485,60	100	-2851,40	-285.140,0	144.536,0
4200	-2988,20	0,00	0,00	-2988,20	48,3	-2736,90	-132.192,3	12.343,7
4300	-1257,60	0,00	0,00	-1257,60	51,7	-2122,90	-109.753,9	-97.410,2

DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL AEROPUERTO DE CHINCHERO - CUSCO				
MOVIMIENTO DE SUELOS - OBRA BÁSICA				
CALCULO DEL DIAGRAMA DE AREAS				
PROG	A TERR	A DESM	A SOB /1,3	A RESULT
-300	-1596,00	17,00	13,08	-1582,92
-200	-275,20	178,80	137,54	-137,66
-100	-244,00	129,20	99,38	-144,62
0	-276,20	1134,60	872,77	596,57
100	-572,80	2357,20	1813,23	1240,43
200	-40,60	3573,40	2748,77	2708,17
300	0,00	6045,00	4650,00	4650,00
400	0,00	7333,20	5640,92	5640,92
500	0,00	8739,20	6722,46	6722,46
600	0,00	7665,00	5896,15	5896,15
700	0,00	5639,40	4338,00	4338,00
800	0,00	2189,80	1684,46	1684,46
900	-613,20	466,00	358,46	-254,74
1000	-1104,60	377,20	290,15	-814,45
1100	-2740,60	0,00	0,00	-2740,60
1200	-2867,00	0,00	0,00	-2867,00
1300	-2576,00	0,00	0,00	-2576,00
1400	-2454,60	0,00	0,00	-2454,60
1500	-2487,40	0,00	0,00	-2487,40
1600	-2582,20	0	0,00	-2582,20
1700	-2699,60	0,00	0,00	-2699,60
1800	-2594,60	0,00	0,00	-2594,60
1900	-2227,20	0,00	0,00	-2227,20
2000	-1535,60	0,00	0,00	-1535,60
2100	-1611,60	0,00	0,00	-1611,60
2200	-2285,00	0,00	0,00	-2285,00
2300	-3647,20	0,00	0,00	-3647,20
2400	-4131,00	0,00	0,00	-4131,00
2500	-3884,20	0,00	0,00	-3884,20
2600	-2924,40	0,00	0,00	-2924,40
2700	-1659,60	625,20	480,92	-1178,68
2800	-568,40	484,60	372,77	-195,63
2900	0,00	1968,00	1513,85	1513,85
3000	0,00	3024,60	2326,62	2326,62
3100	0,00	4535,40	3488,77	3488,77
3200	0,00	5077,60	3905,85	3905,85
3300	0,00	5074,00	3903,08	3903,08
3400	0,00	3698,60	2845,08	2845,08
3500	0,00	1106,20	850,92	850,92
3600	-816,00	179,20	137,85	-678,15
3700	-2444,60	0,00	0,00	-2444,60
3800	-3977,60	0,00	0,00	-3977,60
3900	-3761,60	0,00	0,00	-3761,60
4000	-3217,20	0,00	0,00	-3217,20
4100	-2485,60	0,00	0,00	-2485,60
4200	-2988,20	0,00	0,00	-2988,20
4300	-1257,60	0,00	0,00	-1257,60

DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL									
AEROPUERTO DE CHINCHERO - CUSCO									
MOVIMIENTO DE SUELOS - OBRA BÁSICA									
CALCULO DE MOMENTO DE TRANSPORTE CON CURVA DE BRUCKNER									
Vol Faltante		Volumen m3	Vol Sobrante		Volumen m3	Dist Real Hm	Dist. Aplic Hm	Momento de transporte (Hm x m3)	Costo de Transporte (\$ x Hm)
de prog	a prog		de prog	a prog					
-300	100	100143							
			100	2530	2794416	187	200	558883200	\$ 2.570.862.720,00
2530	3140	543678							
			3140	4200	1162929	187	200	232585800	\$ 1.069.894.680,00
4200	4300	97410							
									\$ 3.640.757.400,00

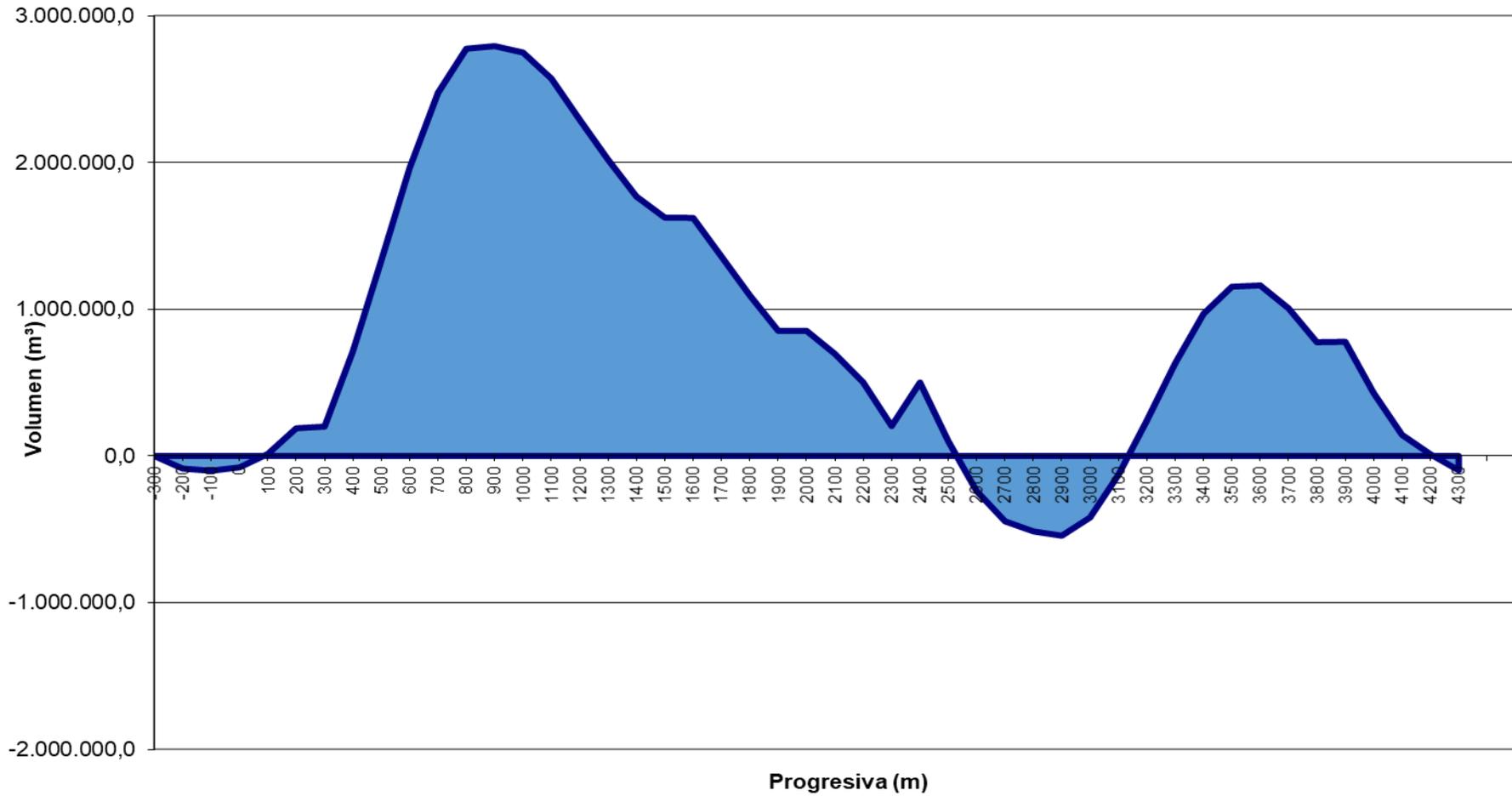
12. DIAGRAMA DE ÁREAS

Diagrama de las Areas



13. DIAGRAMA DE BRUCKNER

CURVA DE BRUCKNER



14. CONTACTOS

NOMBRE	E-mail / web	DIRECCION	TELEFONO	OBSERVACIONES
Ing. Mag. Gerardo Botasso	gbotasso@frlp.utn.edu.ar	UTN – Facultad Regional La Plata	489-0413	Asistencia técnica y laboratorio. Bibliografía
Ing. Luis Ricci	iricci@frlp.utn.edu.ar	UTN – Facultad Regional La Plata	-	Bibliografía sobre Aeropuertos y diseño de Pavimentos.
Corpac S.A.	http://www.corpac.gob.pe/Main.asp?T=3763	-	+51 4141000	Información del tránsito aéreo y todo lo relacionado a la navegación aérea y aeroportuaria.
ALG – Europraxis, Transportation, infrastructures & logistics	-	-	-	Consultor integral Global de Proyectos integrales
Ing. Gualberto Sallo	gsallo@hotmail.com	Cusco	+51 984930739	Interviniente con el consultor ALG y sociedad Kuntur wasi.
Galia García Hjarles V.	galia.garcia@kunturwasi.com.pe	Av. Pardo y Aliaga 675 San Isidro, Lima, Perú.	+51 1 640- 7270	Jefe de Relaciones Comunitarias Sociedad Aeroportuaria Kuntur Wasi
Administración Federal de Aviación	www1.faa.gov/arp/engineering/	-	-	Bibliografía sobre diseño de aeropuertos
U.S. Cuerpo de Ingenieros del Ejército de E.E.U.U.	www.pcase.com	-	-	Bibliografía sobre cálculo estructural

15. BIBLIOGRAFÍA

- “MANUAL DE PROYECTO DE AERÓDROMOS”. Organización de Aviación Civil Internacional (OACI). Segunda edición 1984.
- “ADMINISTRACIÓN FEDERAL DE AVIACIÓN” Bibliografía sobre diseño de aeropuertos
- “AERÓDROMOS, ANEXO 14 AL CONVENIO SOBRE AVIACIÓN CIVIL INTERNACIONAL”. Volumen I, Diseño y operaciones de aeródromos. Organización de Aviación Civil Internacional (OACI). Primera edición Julio de 1990.
- “LOS AEROPUERTOS EN EL SISTEMA DE TRANSPORTE”. Curso de formación continua. Adaméz Manuel A, Pérez de Salcedo Ramón B, Díaz Carlos C, Fernández Martínez Ramiro, García Cruzado Marcos, García Galludo Mario, González García José A, Carmona Aníbal I, Ozcariz Arraiza Ignacio, Sanjurjo Navarro Rafael. Universidad Politécnica de Madrid (España) 1997.
- “Engineering and desing, Arifield Rigid Pavement, mobilization construction”.Departament of the army corps of engineers. Office of the chief of engineers. April 1984.
- “PLANIFICACIÓN Y DISEÑO DE AEROPUERTOS”. Robert Horonjeff. McGraw-Hill, Librería Técnica Bellisco. Primera edición española, 1976.
- “MEJORES PRÁCTICAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS DE CONCRETO DE CEMENTO PÓRTLAND”. Kohn Starr D, Tayabji Shiraz. Oficina de gestión de Programas. Abril 2003. Fundación de investigaciones de pavimentos innovadores.
- “FAARFIELD” Federal Aviation Administration Rigid and Flexible Iterative Elastic Layered Design. FAARFIELD Versión 1.305.
- ALG Transportation Infrastructure & Logistics
- ProInversión, Agencia de Promoción de la Inversión Privada - Perú
- CORPAC S.A. Información del tránsito aéreo y todo lo relacionado a la navegación aérea y aeroportuaria.
- Manual de vuelo De Havilland DHC-6 Series 400.
- Airbus. Aircraft characteristics for Airport Planning.

DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL AEROPUERTO DE CHINCHERO – CUSCO

Índice de planos

1. Localización Geográfica
2. Ubicación
3. Planta general
4. Planta Plataforma y Área Terminal
5. Curvas de Nivel
6. Perfiles longitudinales de pista
7. Perfiles longitudinales calles de rodadura
8. Perfiles longitudinales calles de salida
9. Perfil longitudinal de plataforma.
10. Perfiles transversales RWY + TWY.
11. Perfiles transversales TWY D – TWY E.
12. Plataforma de estacionamiento de aeronaves.
13. Pavimento rígido: Distribución de juntas en losas.
14. Pavimento flexible: Detalles y secciones.
15. Transiciones y juntas entre pavimentos: Detalles y secciones

MAPA POLÍTICO DEL PERÚ



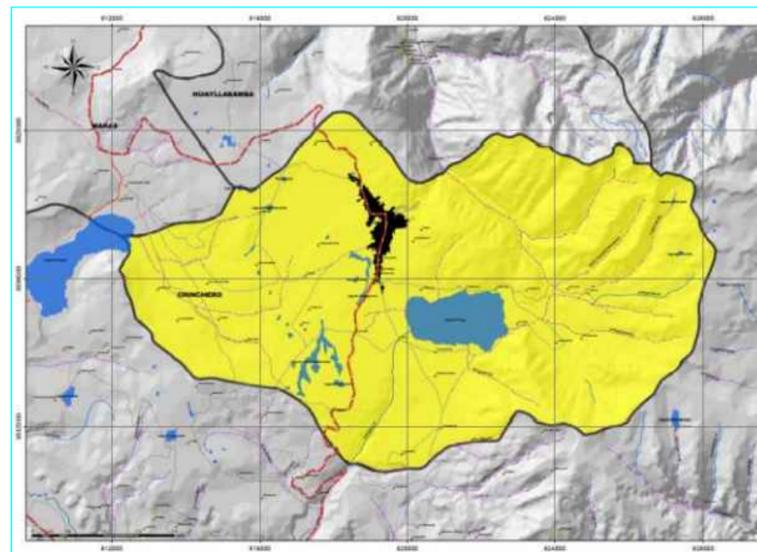
MAPA DE LA CIUDAD DEL CUSCO



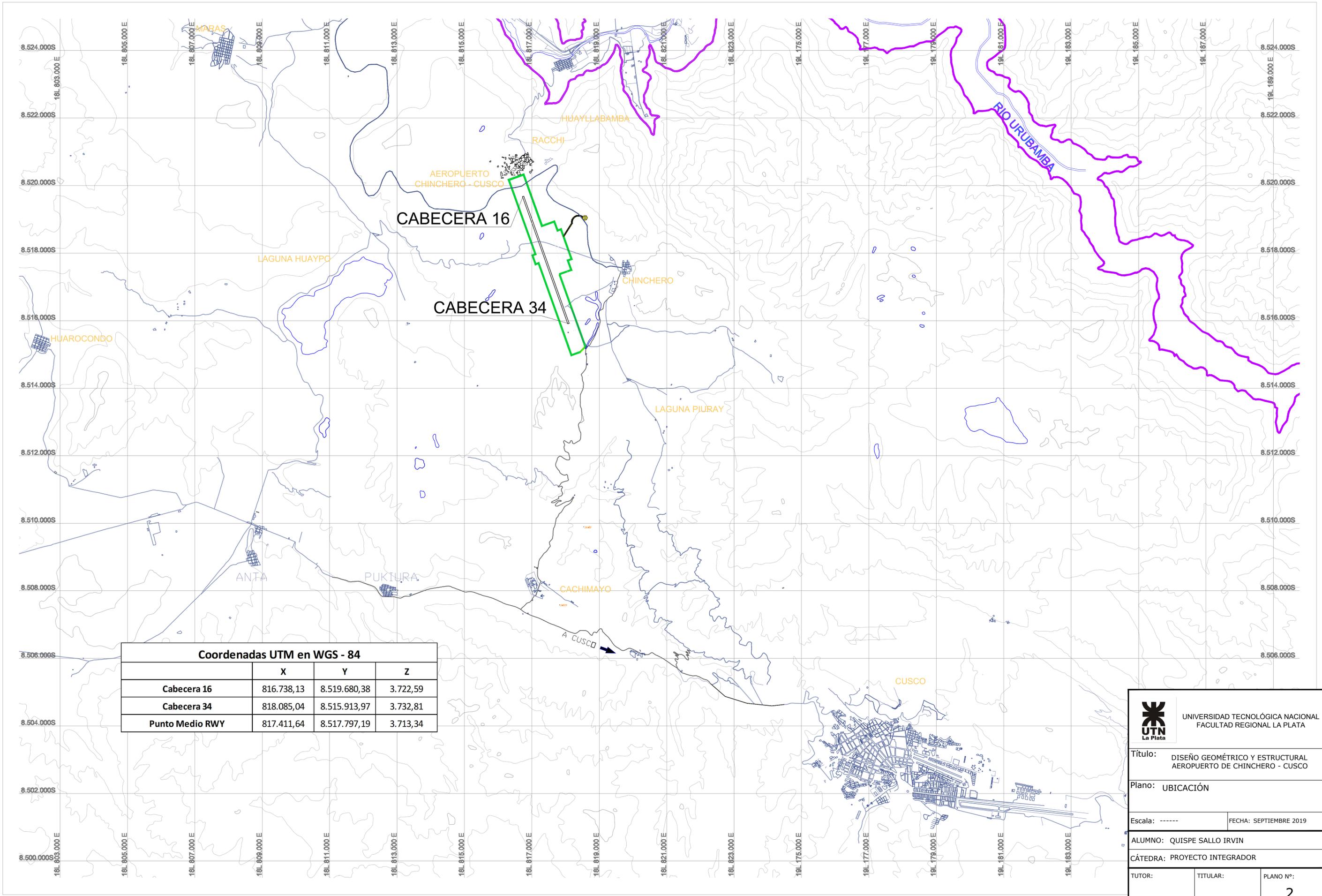
LOCALIZACIÓN A NIVEL PROVINCIAL DEL DISTRITO DE CHINCHERO



UBICACIÓN DEL DISTRITO DE CHINCHERO



 UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL FACULTAD REGIONAL LA PLATA		
Título: DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL AEROPUERTO DE CHINCHERO - CUSCO		
Plano: LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA		
Escala: -----	FECHA: SEPTIEMBRE 2019	
ALUMNO: QUISPE SALLO IRVIN		
CÁTEDRA: PROYECTO INTEGRADOR		
TUTOR:	TITULAR:	PLANO N°:
		1



Coordenadas UTM en WGS - 84			
	X	Y	Z
Cabecera 16	816.738,13	8.519.680,38	3.722,59
Cabecera 34	818.085,04	8.515.913,97	3.732,81
Punto Medio RWY	817.411,64	8.517.797,19	3.713,34



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL LA PLATA

Título: DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL
AEROPUERTO DE CHINCHERO - CUSCO

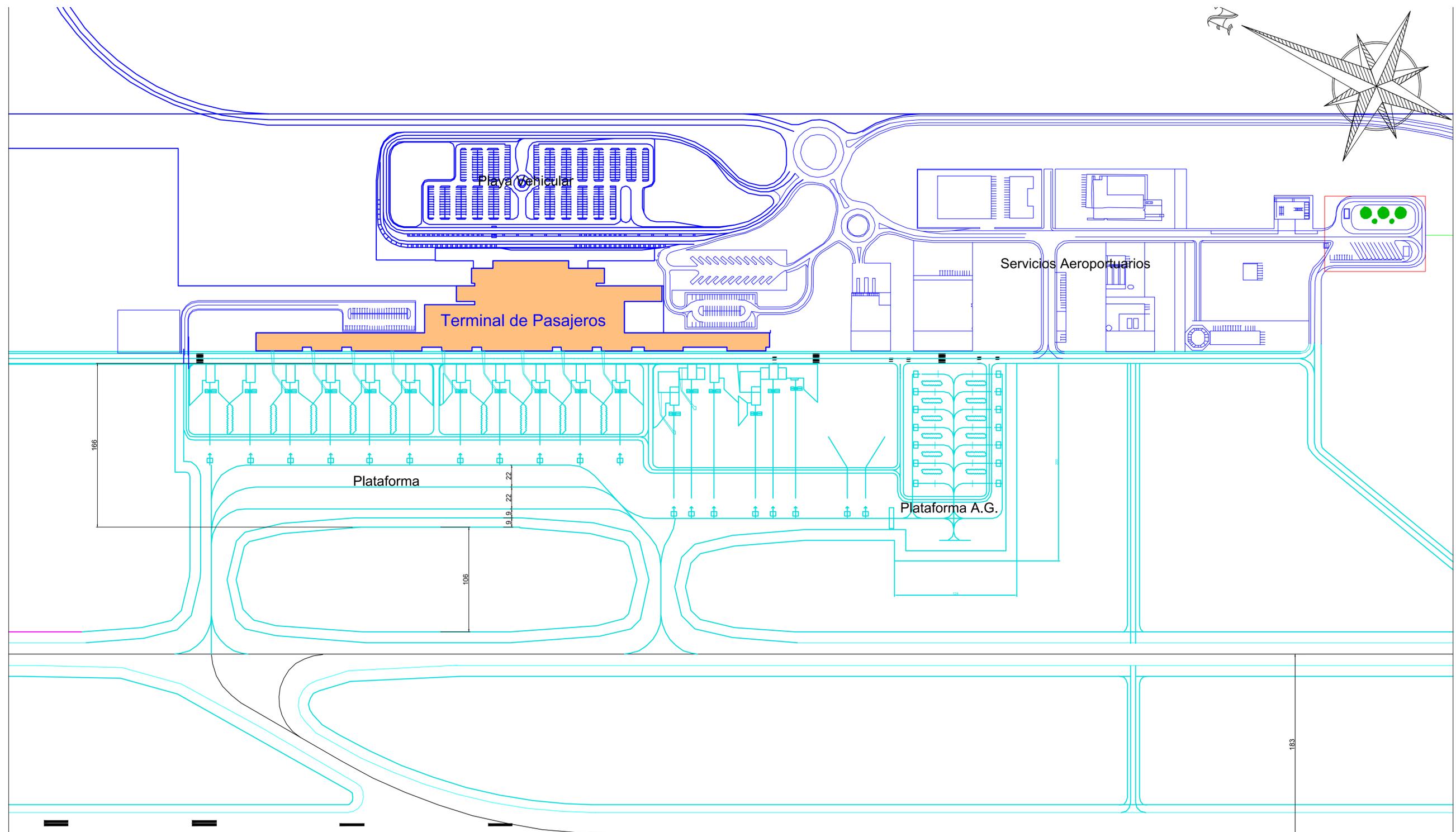
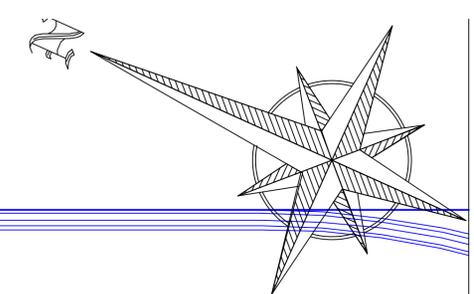
Plano: UBICACIÓN

Escala: ----- FECHA: SEPTIEMBRE 2019

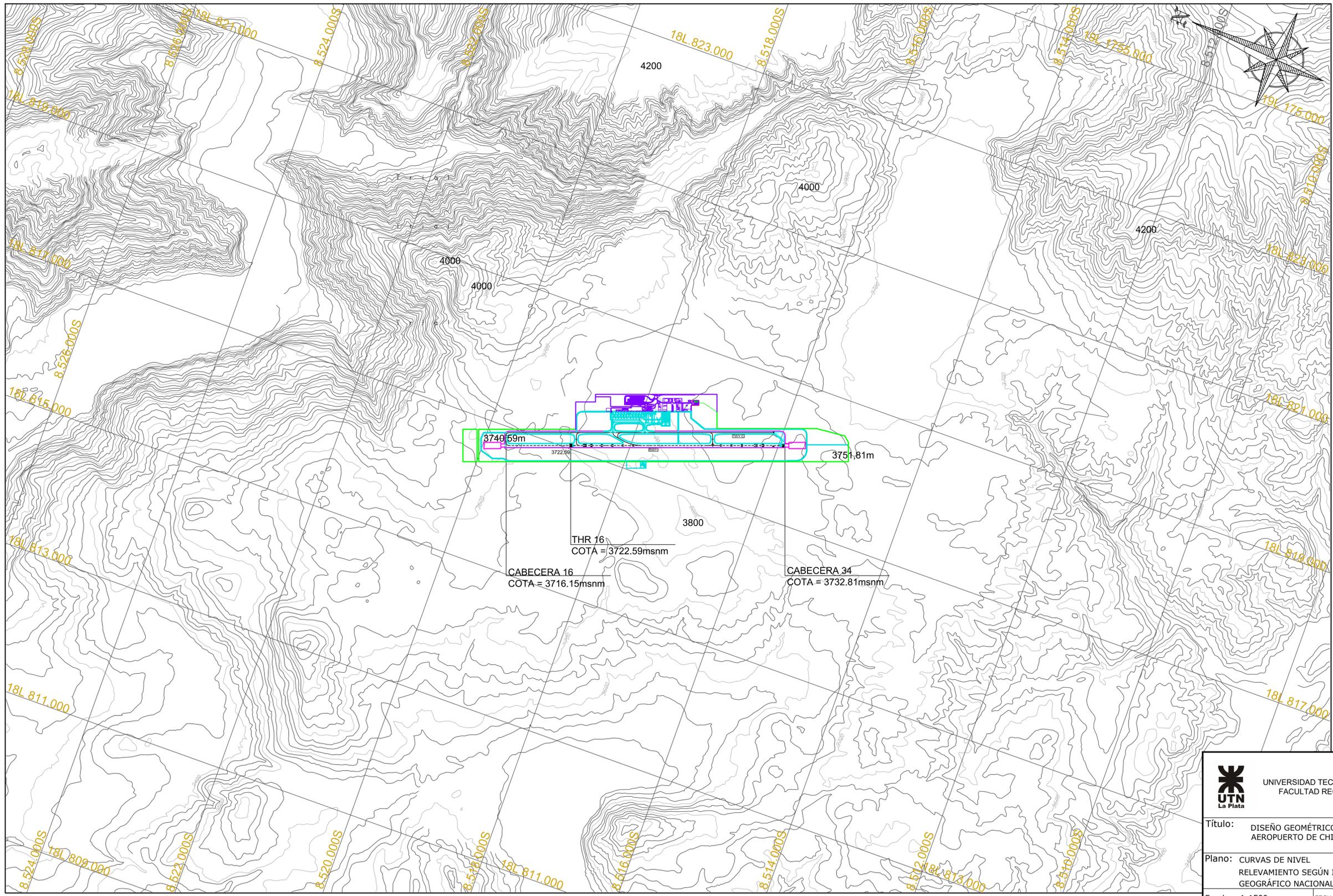
ALUMNO: QUISPE SALLO IRVIN

CÁTEDRA: PROYECTO INTEGRADOR

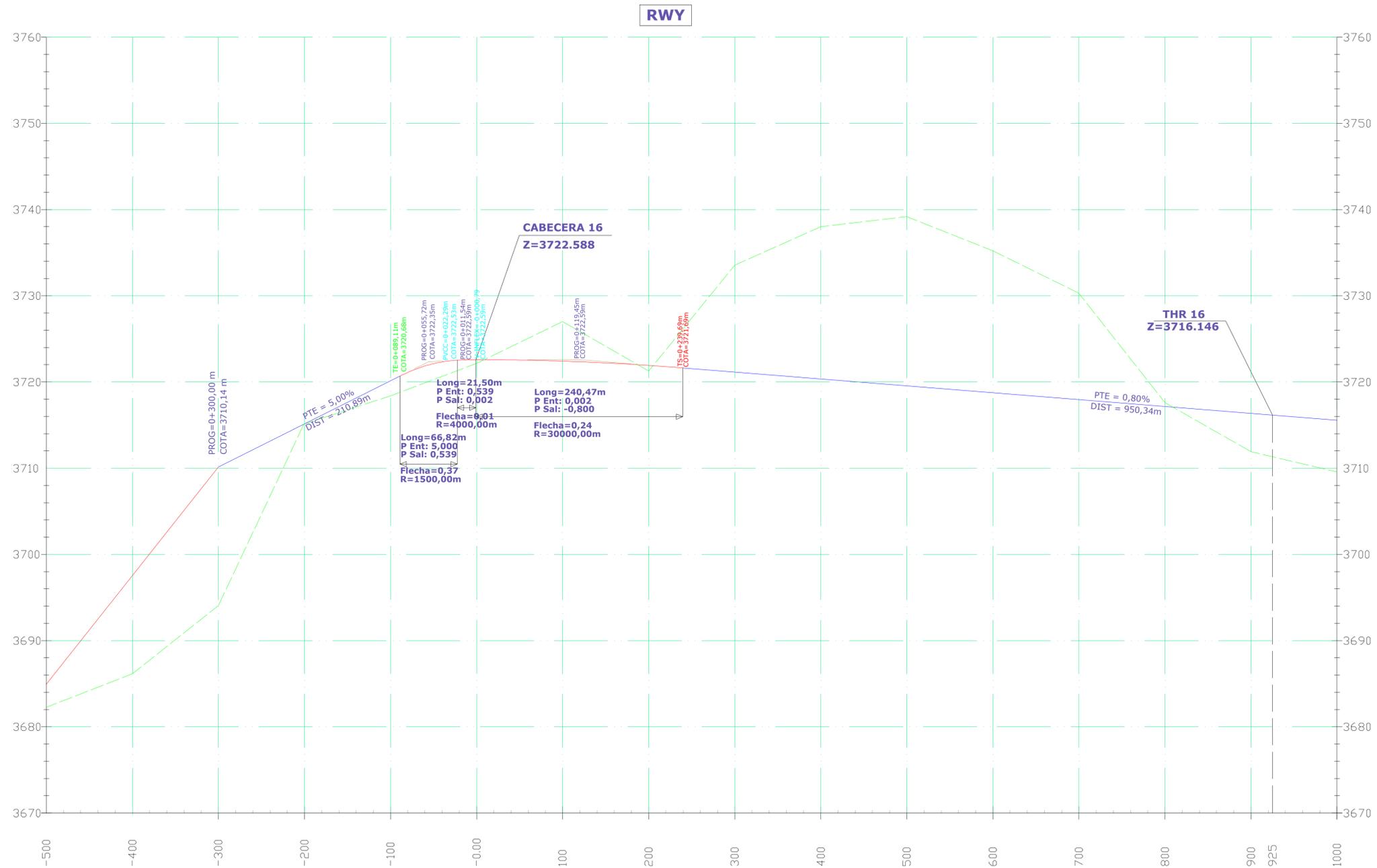
TUTOR:	TITULAR:	PLANO Nº: 2
--------	----------	-----------------------



 UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL FACULTAD REGIONAL LA PLATA		
Título: DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL AEROPUERTO DE CHINCHERO - CUSCO		
Plano: PLANIMETRÍA PLATAFORMA Y ÁREA TERMINAL		
Escala: 1:4000	FECHA: SEPTIEMBRE 2019	
ALUMNO: QUISPE SALLO IRVIN		
CÁTEDRA: PROYECTO INTEGRADOR		
TUTOR:	TITULAR:	PLANO N°:
		4



 UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL FACULTAD REGIONAL LA PLATA		
Título: DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL AEROPUERTO DE CHINCHERO - CUSCO		
Plano: CURVAS DE NIVEL RELEVAMIENTO SEGÚN INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL PERUANO		
Escala: 1:1500	FECHA: SEPTIEMBRE 2019	
ALUMNO: QUISPE SALLO IRVIN		
CÁTEDRA: PROYECTO INTEGRADOR		
TUTOR:	TITULAR:	PLANO N°:
		5



PROG	-500	-400	-300	-200	-100	-000	100	200	300	400	500	600	700	800	900	925	1000
TERRENO	3682,2	3686,1	3694,1	3715,3	3718,3	3722,1	3727,0	3721,2	3733,5	3738,0	3739,1	3735,4	3733,0	3717,6	3711,9		3709,5
RASANTE	3684,9	3697,5	3710,1	3715,1	3720,1	3722,5	3722,4	3721,9	3721,1	3720,3	3719,5	3718,7	3717,9	3717,1	3716,1		3715,5

UTN
La Plata

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL LA PLATA

Título: DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL
AEROPUERTO DE CHINCHERO - CUSCO

Plano: NIVELACIÓN Y MOVIMIENTO DE SUELOS
PERFIL LONGITUDINAL DE PISTA DE PROG
-500 A PROG 1000

Escala: H: 1:5000
V: 1:500

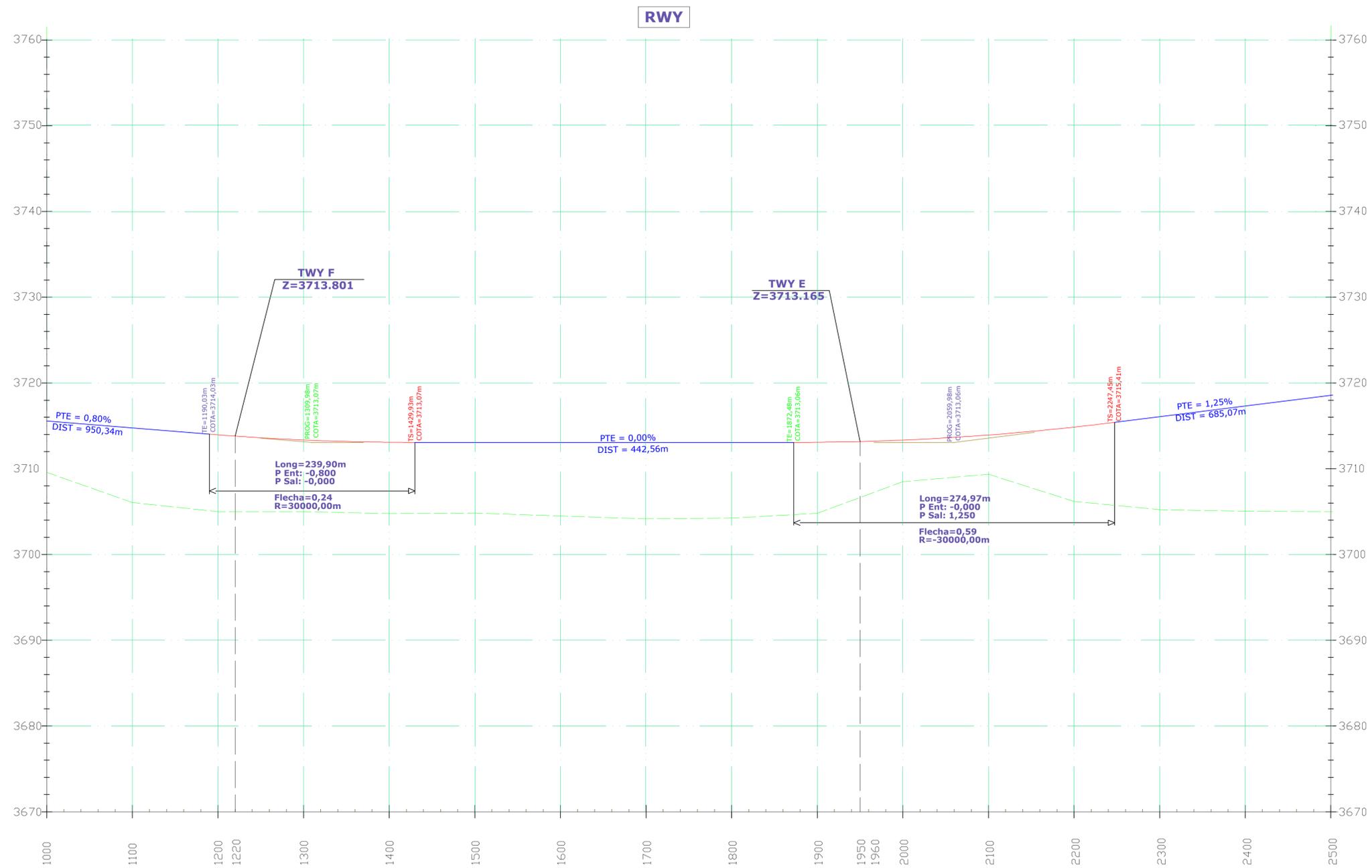
FECHA: SEPTIEMBRE 2019

ALUMNO: QUISPE SALLO IRVIN

CÁTEDRA: PROYECTO INTEGRADOR

TUTOR: TITULAR: PLANO N°:

6 - 1/4



PROG	1000	1100	1200	1220	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	1950	1960	2000	2100	2200	2300	2400	2500																			
TERRENO	3715,3	3709,5	3714,7	3706,06	3713,9	3705,0	3713,8	3705,0	3713,3	3705,0	3713,08	3704,7	3713,08	3704,8	3713,06	3704,4	3713,06	3704,4	3713,06	3704,2	3713,07	3704,8	3713,1	3705,0	3713,1	3705,7	3713,3	3708,4	3713,9	3709,3	3716,1	3706,1	3716,06	3705,2	3717,3	3705,03	3718,5	3705,00
RASANTE	3715,3	3709,5	3714,7	3706,06	3713,9	3705,0	3713,8	3705,0	3713,3	3705,0	3713,08	3704,7	3713,08	3704,8	3713,06	3704,4	3713,06	3704,4	3713,06	3704,2	3713,07	3704,8	3713,1	3705,0	3713,1	3705,7	3713,3	3708,4	3713,9	3709,3	3716,1	3706,1	3716,06	3705,2	3717,3	3705,03	3718,5	3705,00


UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL LA PLATA

Título: DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL
 AEROPUERTO DE CHINCHERO - CUSCO

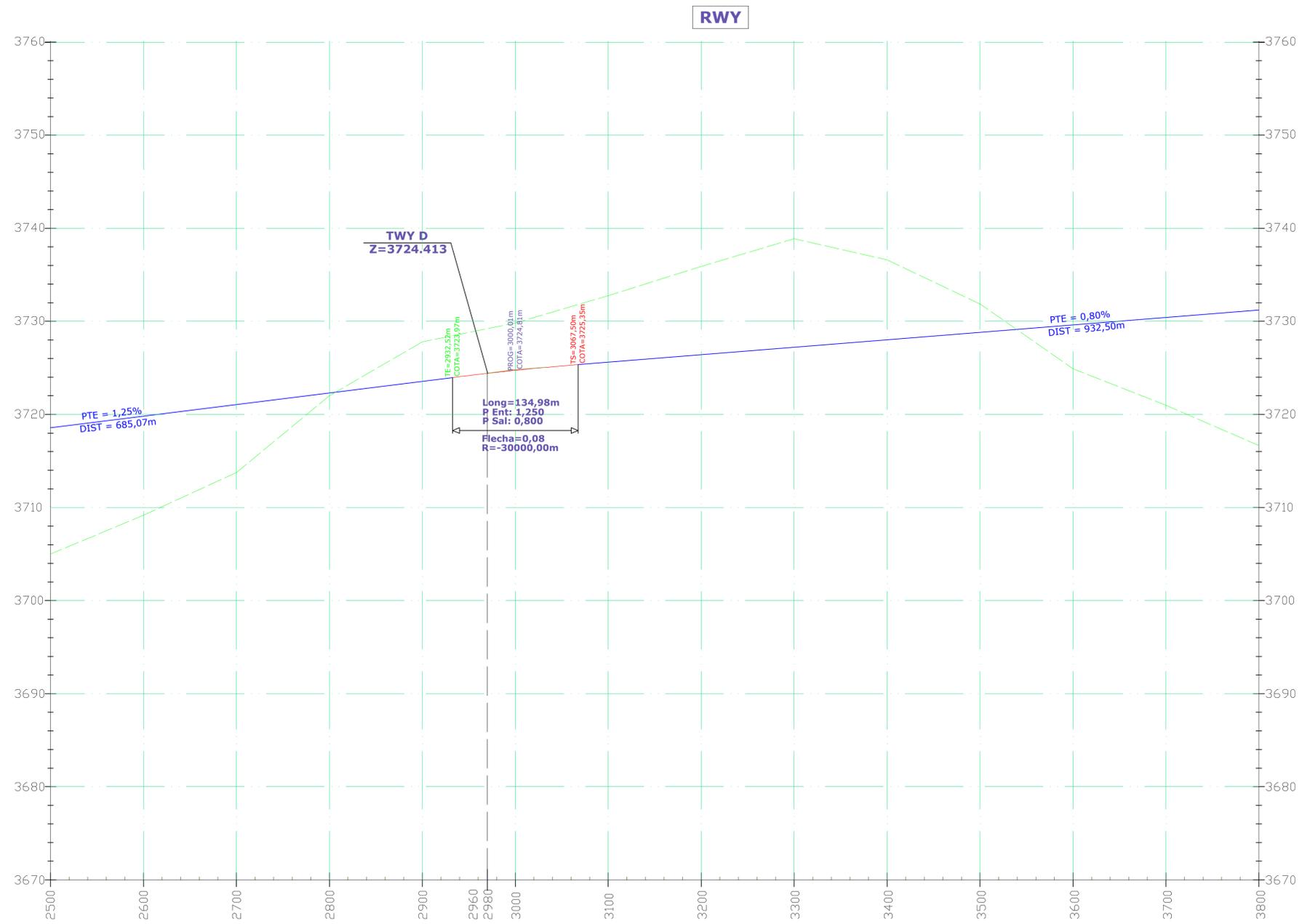
Plano: NIVELACIÓN Y MOVIMIENTO DE SUELOS
 PERFIL LONGITUDINAL DE PISTA DE PROG
 1000 A PROG 2500

Escala: H: 1:5000 V: 1:500 **FECHA:** SEPTIEMBRE 2019

ALUMNO: QUISPE SALLO IRVIN

CÁTEDRA: PROYECTO INTEGRADOR

TUTOR:	TITULAR:	PLANO N°:
		6 - 2/4



PROG	2500	2600	2700	2800	2900	2960	2980	3000	3020	3100	3200	3300	3400	3500	3600	3700	3800
TERRENO	3705.06	3709.1	3713.7	3719	3727.7	3728.8	3729.3	3729.8	3730.4	3732.7	3735.9	3738.8	3736.6	3732.0	3724.8	3720.9	3716.6
RASANTE	3718.5	3719.8	3721.06	3722.3	3723.5	3724.2	3724.5	3724.7	3724.9	3725.6	3726.4	3727.2	3728.01	3728.8	3729.6	3730.4	3731.2


UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL LA PLATA

Título: DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL
 AEROPUERTO DE CHINCHERO - CUSCO

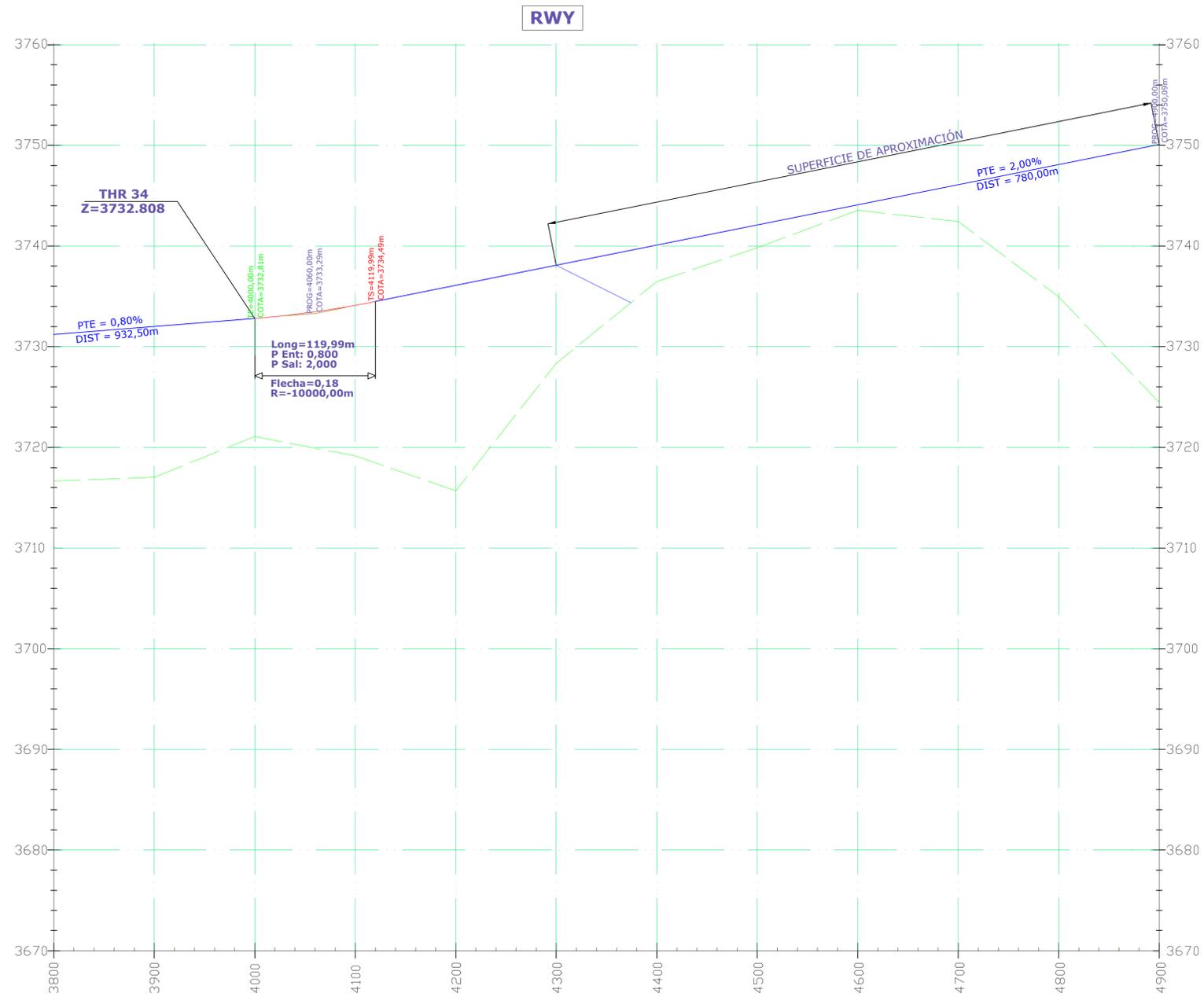
Plano: NIVELACIÓN Y MOVIMIENTO DE SUELOS
 PERFIL LONGITUDINAL DE PISTA DE PROG
 2500 A PROG 3800

Escala: H: 1:5000 V: 1:500 **FECHA:** SEPTIEMBRE 2019

ALUMNO: QUISPE SALLO IRVIN

CÁTEDRA: PROYECTO INTEGRADOR

TUTOR:	TITULAR:	PLANO N°:
		6 - 3/4



PROG	3800	3900	4000	4100	4200	4300	4400	4500	4600	4700	4800	4900
TERRENO	3716,6	3717,0	3721,0	3719,1	3736,083715,6	3738,093728,3	3736,4	3739,8	3743,5	3742,4	3735,1	3724,4
RASANTE	3731,2	3732,0	3732,8	3734,1	3736,083715,6	3738,093728,3	3740,8	3742,083739,8	3744,083743,5	3746,083742,4	3748,083735,1	3750,093724,4



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL LA PLATA

Título: DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL
AEROPUERTO DE CHINCHERO - CUSCO

Plano: NIVELACIÓN Y MOVIMIENTO DE SUELOS
PERFIL LONGITUDINAL DE PISTA DE PROG
3800 A PROG 4900

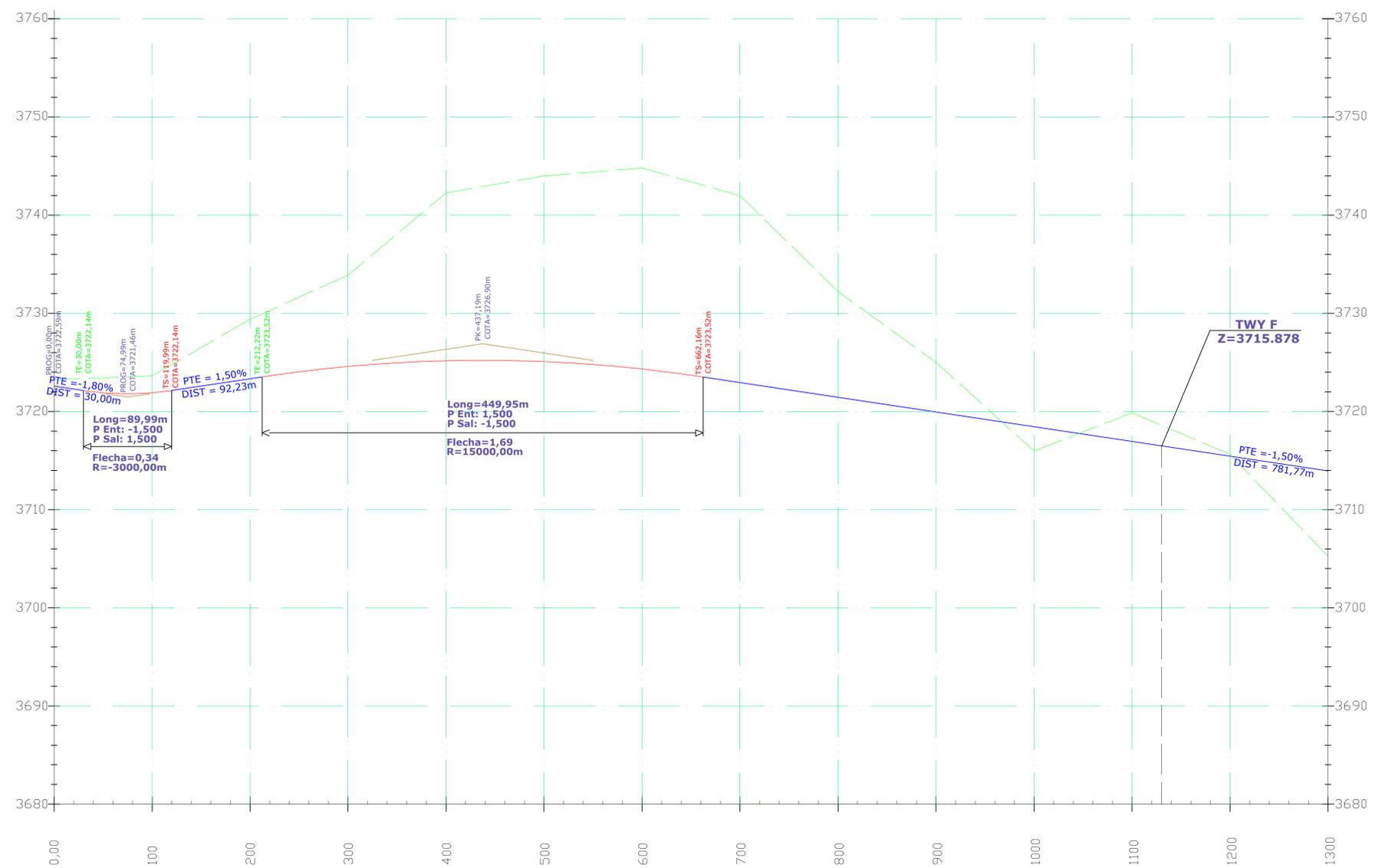
Escala: H: 1:5000 V: 1:500 FECHA: SEPTIEMBRE 2019

ALUMNO: QUISPE SALLO IRVIN

CÁTEDRA: PROYECTO INTEGRADOR

TUTOR: TITULAR: PLANO N°:

6 - 4/4



PROG	0,00	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300
TERRENO	3723,2	3723,5	3729,3	3733,8	3718,3	3742,1	3727,0	3721,2	3733,5	3738,0	3739,1	3735,4	3733,0	3717,6
RASANTE	3684,9	3697,5	3710,1	3715,1	3720,1	3722,5	3722,4	3721,9	3721,1	3720,3	3719,5	3718,7	3717,9	3717,1



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL LA PLATA

Título: DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL
AEROPUERTO DE CHINCHERO - CUSCO

Plano: NIVELACIÓN Y MOVIMIENTO DE SUELOS
PERFIL LONGITUDINAL CALLE DE RODADURA
DE PROG 00 A PROG 1300

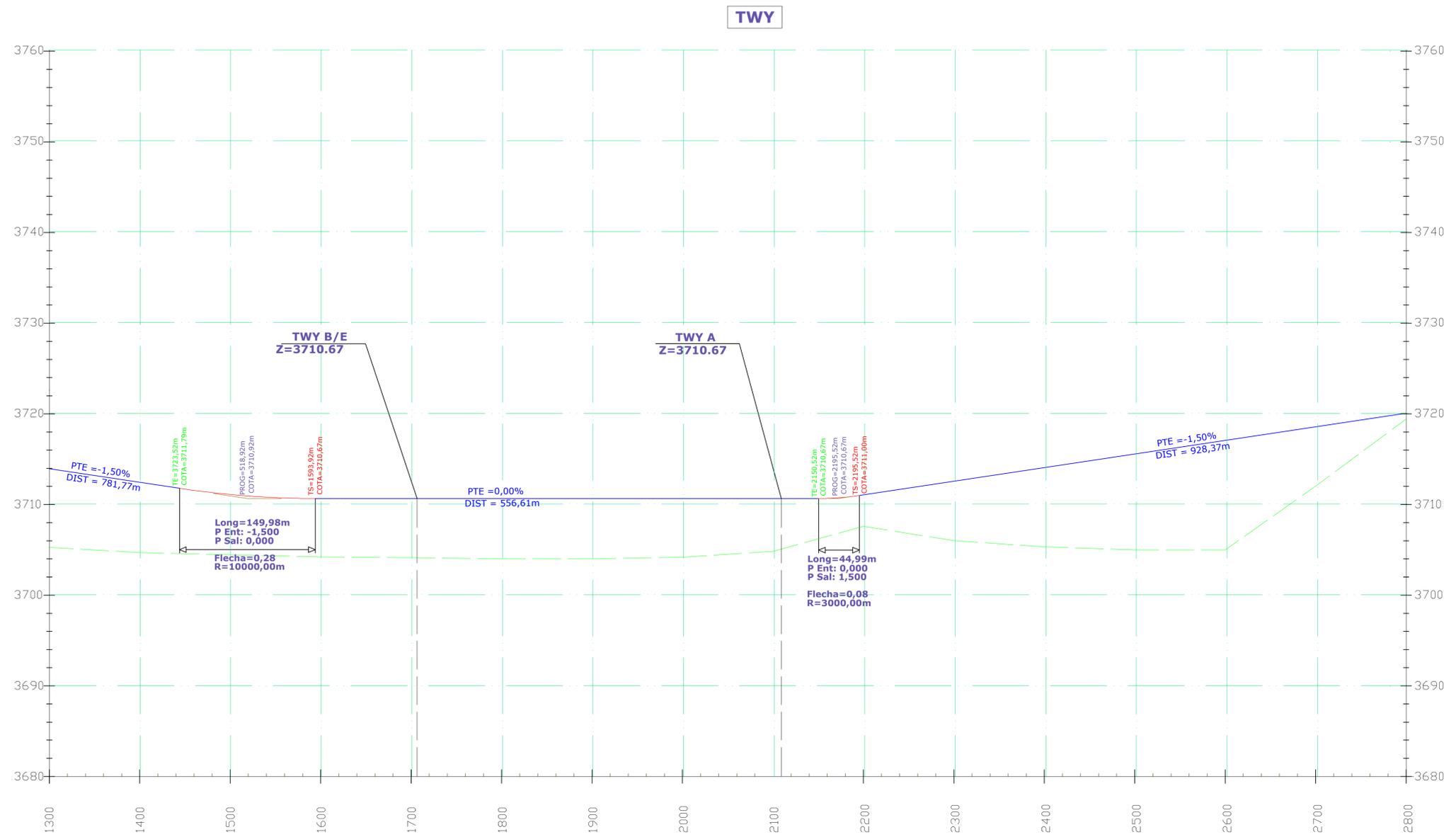
Escala: H: 1:5000 V: 1:500
FECHA: SEPTIEMBRE 2019

ALUMNO: QUISPE SALLO IRVIN

CÁTEDRA: PROYECTO INTEGRADOR

TUTOR: TITULAR: PLANO N°:

7 - 1/3



PROG	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2200	2300	2400	2500	2600	2700	2800
TERRENO	3717,6	3711,9	3604,7	3704,8	3704,4	3704,4	3704,2	3704,8	3708,4	3709,3	3706,1	3705,2	3705,0	3705,0	3709,1	3713,7
RASANTE	3717,1	3716,3	3713,0	3713,0	3713,0	3713,0	3713,0	3713,0	3713,3	3713,9	3716,1	3716,0	3717,3	3718,5	3719,8	3721,0

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL LA PLATA

Título: DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL
AEROPUERTO DE CHINCHERO - CUSCO

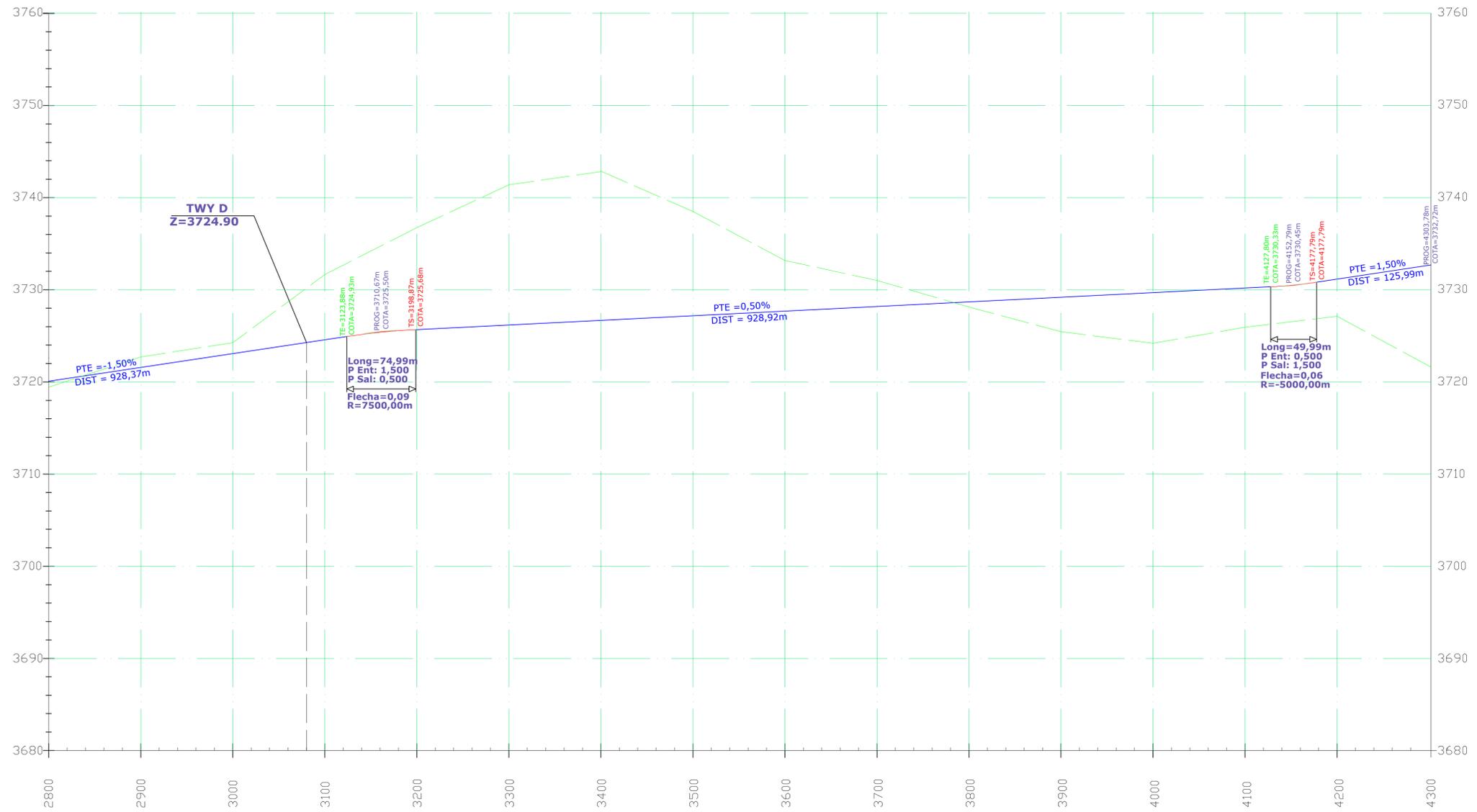
Plano: NIVELACIÓN Y MOVIMIENTO DE SUELOS
PERFIL LONGITUDINAL CALLE DE RODADURA
DE PROG 1300 A PROG 2800

Escala: H: 1:5000 V: 1:500 **FECHA:** SEPTIEMBRE 2019

ALUMNO: QUISPE SALLO IRVIN

CÁTEDRA: PROYECTO INTEGRADOR

TUTOR:	TITULAR:	PLANO N°:
		7 - 2/3



PROG	2800	2900	3000	3100	3200	3300	3400	3500	3600	3700	3800	3900	4000	4100	4200	4300
TERRENO	3713,7	3721,9	3727,7	3729,8	3732,7	3732,7	3736,6	3732,0	3724,8	3720,9	3716,6	3717,0	3721,0	3719,1	3715,6	3715,6
RASANTE	3721,0	3722,3	3723,5	3724,7	3725,6	3725,6	3728,0	3728,8	3729,6	3730,4	3731,2	3732,0	3732,8	3734,1	3736,0	3736,0

UTN
La Plata

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL LA PLATA

Título: DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL
AEROPUERTO DE CHINCHERO - CUSCO

Plano: NIVELACIÓN Y MOVIMIENTO DE SUELOS
PERFIL LONGITUDINAL CALLE DE RODADURA
DE PROG 2800 A PROG 4300

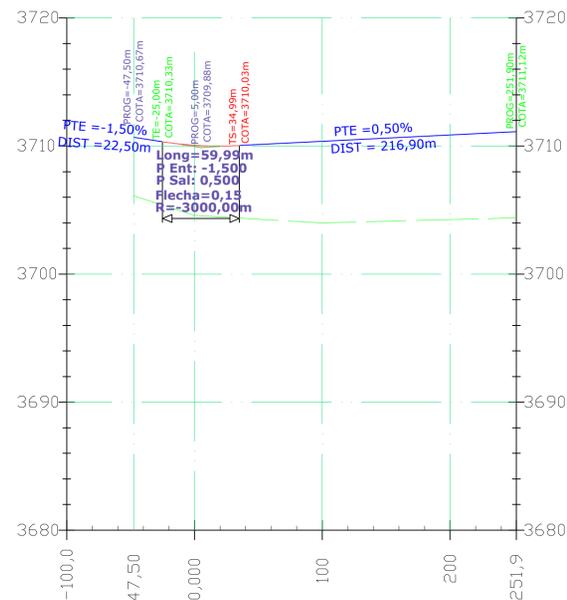
Escala: H: 1:5000 V: 1:500 FECHA: SEPTIEMBRE 2019

ALUMNO: QUISPE SALLO IRVIN

CÁTEDRA: PROYECTO INTEGRADOR

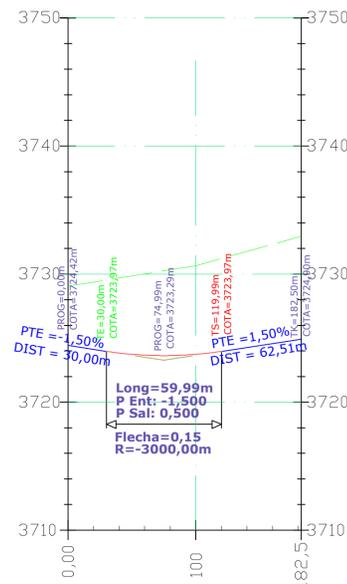
TUTOR:	TITULAR:	PLANO N°: 7 - 3/3
--------	----------	----------------------

PERFIL TWY A



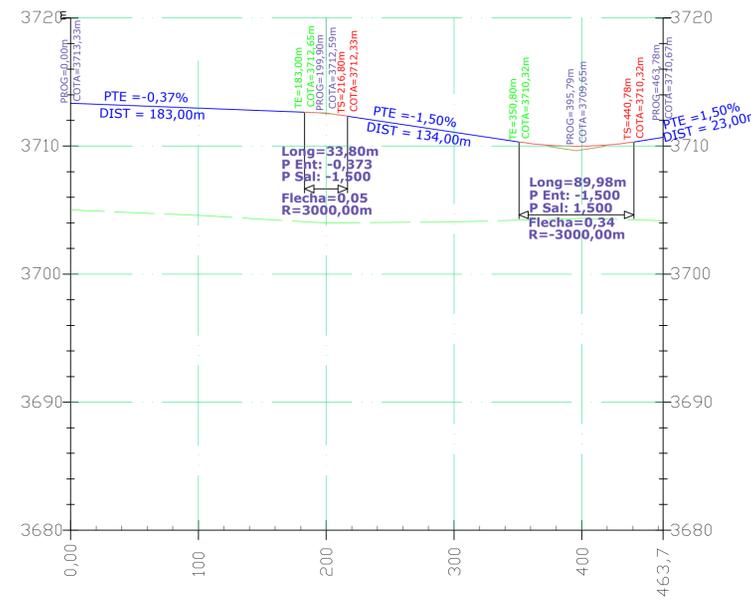
PROG	-47,50	0,00	100	200	251,9
TERRENO	3710,6	3710,3	3704,0	3704,2	3711,1
RASANTE	3710,6	3710,1	3710,3	3710,8	3711,1

PERFIL TWY D



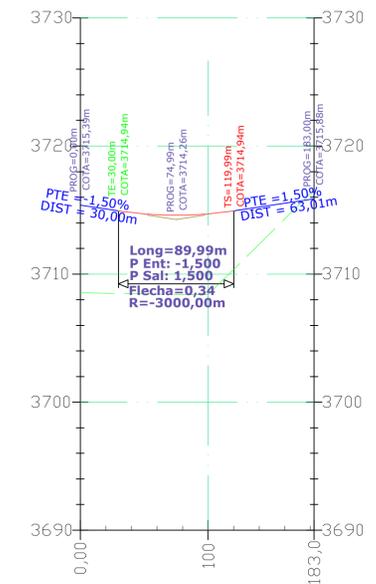
PROG	0,00	100	182,5
TERRENO	3724,4	3723,7	3732,9
RASANTE	3724,4	3723,7	3724,8

PERFIL TWY E



PROG	0,00	100	200	300	400	463,7
TERRENO	3713,3	3712,9	3712,5	3711,1	3709,9	3710,6
RASANTE	3713,3	3712,9	3712,5	3711,1	3709,9	3710,6

PERFIL TWY F



PROG	0,00	100	183,0
TERRENO	3715,4	3714,7	3716,5
RASANTE	3715,4	3714,7	3715,8

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL LA PLATA

Título: DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL
AEROPUERTO DE CHINCHERO -CUSCO

Plano: NIVELACIÓN Y MOVIMIENTO DE SUELOS
PERFIL LONGITUDINAL CALLES DE SALIDA

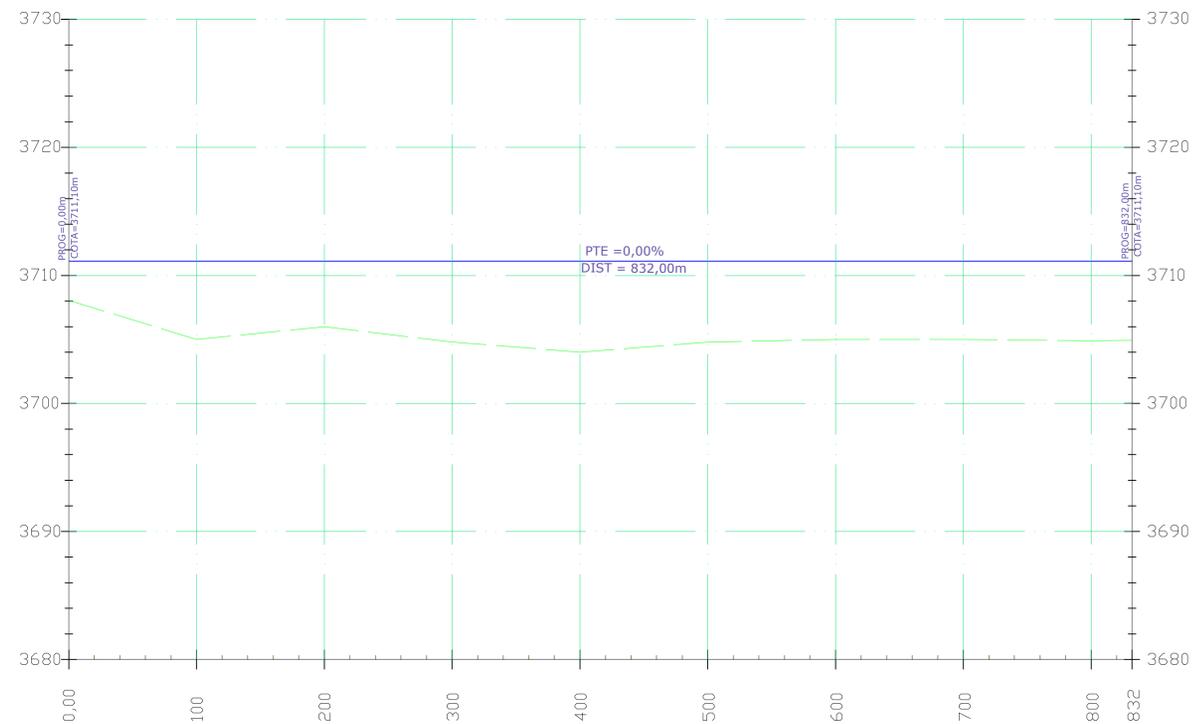
Escala: H: 1:5000 V: 1:500 FECHA: SEPTIEMBRE 2019

ALUMNO: QUISPE SALLO IRVIN

CÁTEDRA: PROYECTO INTEGRADOR

TUTOR:	TITULAR:	PLANO N°:
		8

PLATAFORMA



PROG	0,00	100	200	300	400	500	600	700	800	832
TERRENO	3708,0	3705,0	3706,0	3704,8	3704,0	3704,7	3705,0	3704,9	3704,9	3704,9
RASANTE	3711,1	3711,1	3711,1	3711,1	3711,1	3711,1	3711,1	3711,1	3711,1	3711,1



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL LA PLATA

Título: DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL
AEROPUERTO DE CHINCHERO - CUSCO

Plano: NIVELACIÓN Y MOVIMIENTO DE SUELOS
PERFIL LONGITUDINAL PLATAFORMA

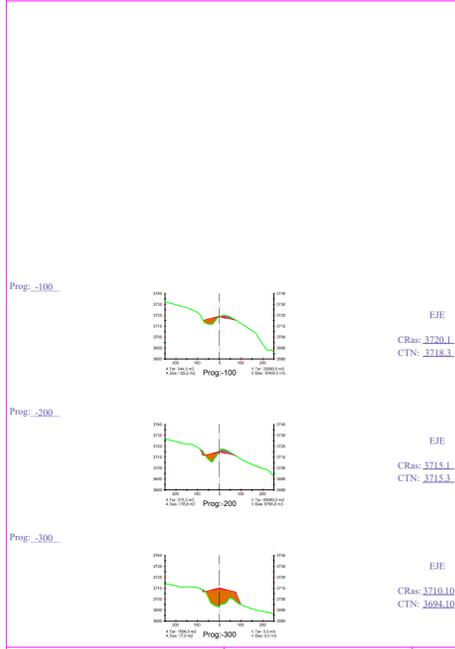
Escala: H: 1:5000 V: 1:500 FECHA: SEPTIEMBRE 2019

ALUMNO: QUISPE SALLO IRVIN

CÁTEDRA: PROYECTO INTEGRADOR

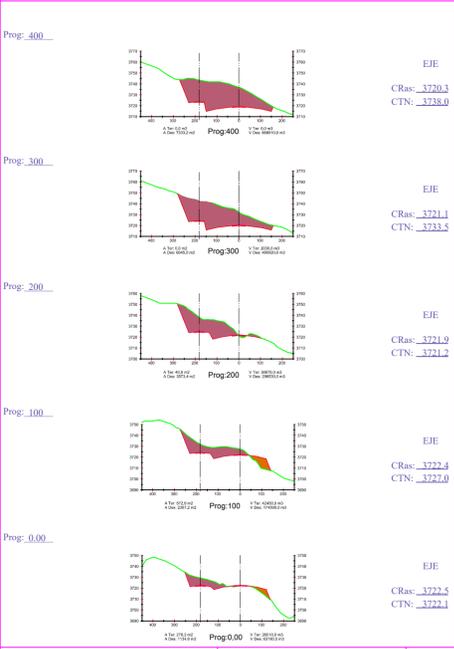
TUTOR: TITULAR: PLANO N°:

PERFILES TRANSVERSALES RWY-TWY hoja_1_de_10



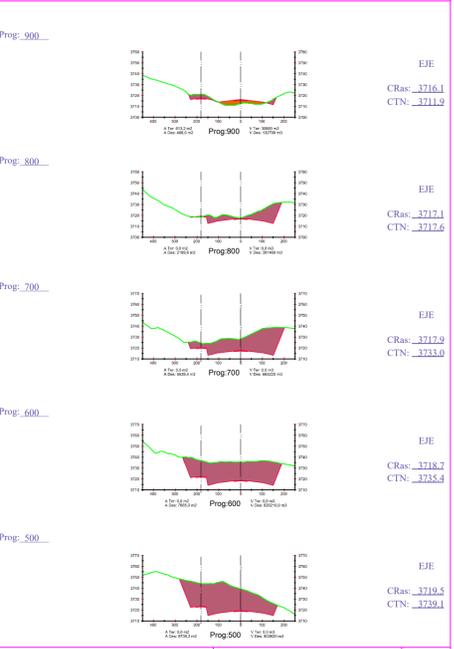
UTN - Facultad Regional La Plata	PROYECTO INTEGRADOR	2019
Quispe Sallo, Irvin 05-23387-3	ESC HORIZ: 1:10000 ESC VERT: 1:2000 V'B'	

PERFILES TRANSVERSALES RWY-TWY hoja_2_de_10



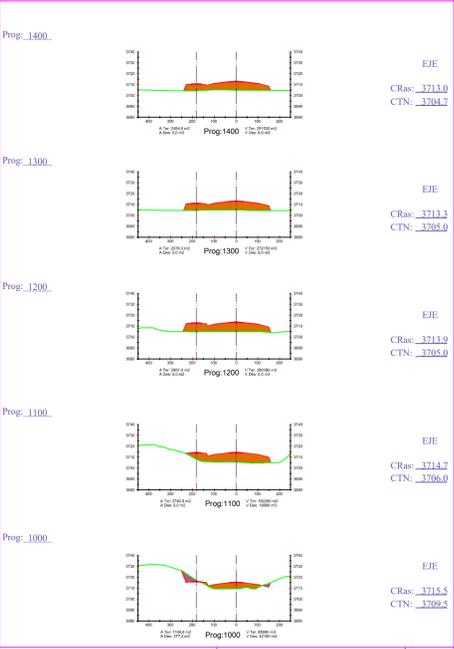
UTN - Facultad Regional La Plata	PROYECTO INTEGRADOR	2019
Quispe Sallo, Irvin 05-23387-3	ESC HORIZ: 1:10000 ESC VERT: 1:2000 V'B'	

PERFILES TRANSVERSALES RWY-TWY hoja_3_de_10



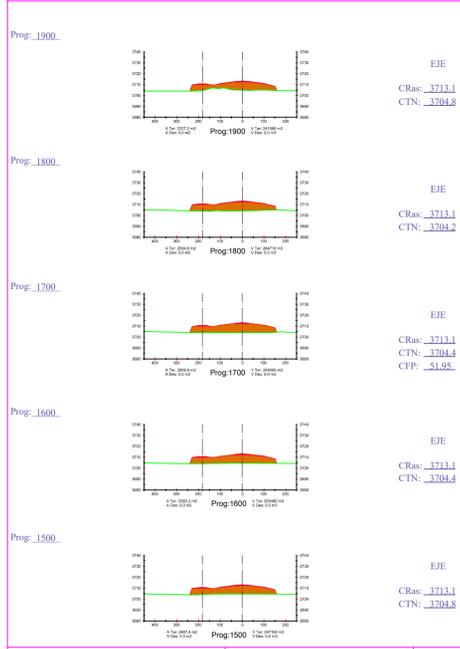
UTN - Facultad Regional La Plata	PROYECTO INTEGRADOR	2019
Quispe Sallo, Irvin 05-23387-3	ESC HORIZ: 1:10000 ESC VERT: 1:2000 V'B'	

PERFILES TRANSVERSALES RWY-TWY hoja_4_de_10



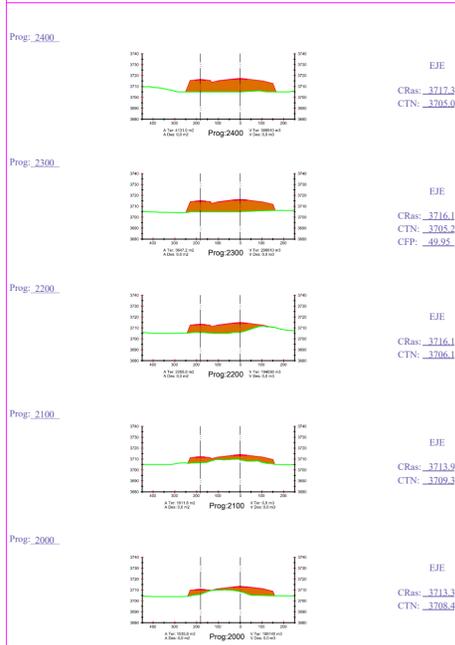
UTN - Facultad Regional La Plata	PROYECTO INTEGRADOR	2019
Quispe Sallo, Irvin 05-23387-3	ESC HORIZ: 1:10000 ESC VERT: 1:2000 V'B'	

PERFILES TRANSVERSALES RWY-TWY hoja_5_de_10



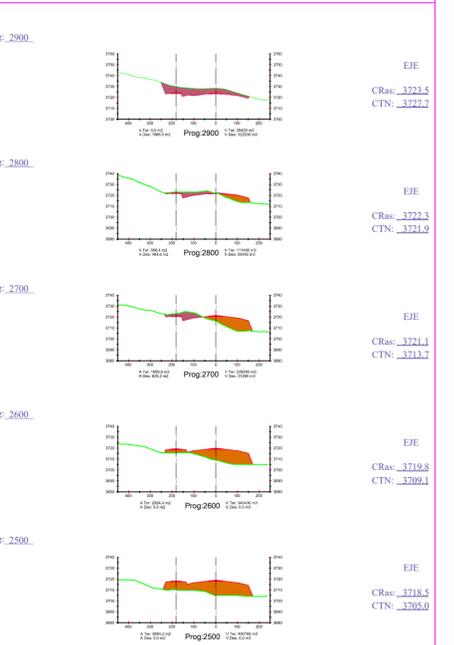
UTN - Facultad Regional La Plata	PROYECTO INTEGRADOR	2019
Quispe Sallo, Irvin 05-23387-3	ESC HORIZ: 1:10000 ESC VERT: 1:2000 V'B'	

PERFILES TRANSVERSALES RWY-TWY hoja_6_de_10



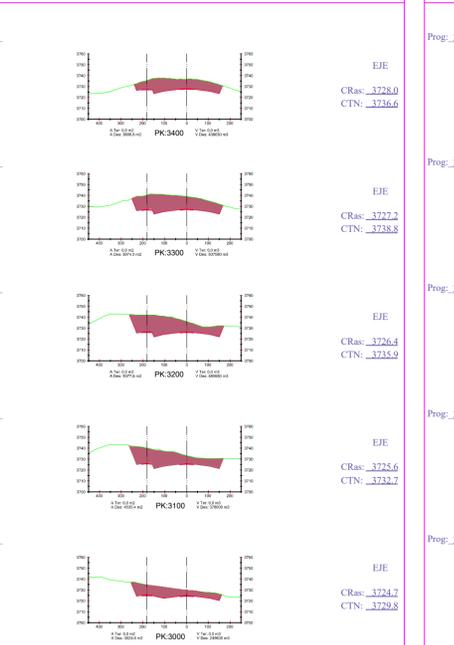
UTN - Facultad Regional La Plata	PROYECTO INTEGRADOR	2019
Quispe Sallo, Irvin 05-23387-3	ESC HORIZ: 1:10000 ESC VERT: 1:2000 V'B'	

PERFILES TRANSVERSALES RWY-TWY hoja_7_de_10



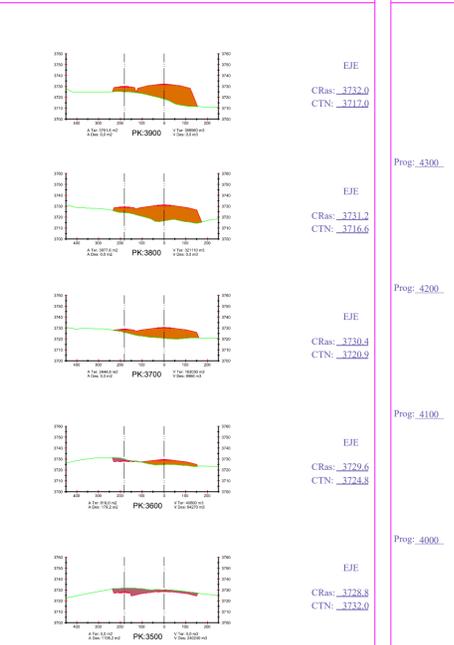
UTN - Facultad Regional La Plata	PROYECTO INTEGRADOR	2019
Quispe Sallo, Irvin 05-23387-3	ESC HORIZ: 1:10000 ESC VERT: 1:2000 V'B'	

PERFILES TRANSVERSALES RWY-TWY hoja_8_de_10



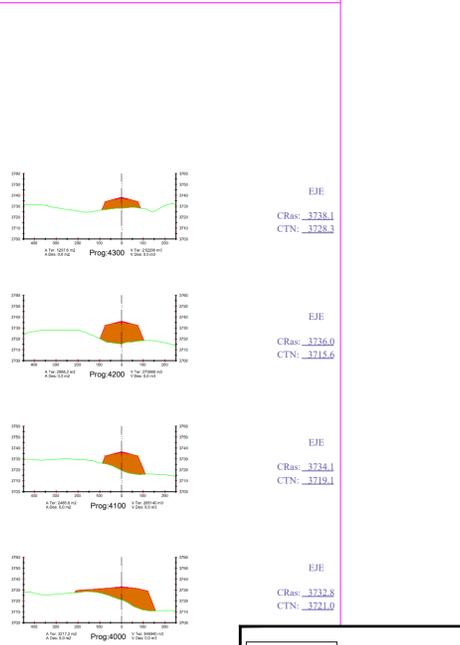
UTN - Facultad Regional La Plata	PROYECTO INTEGRADOR	2019
Quispe Sallo, Irvin 05-23387-3	ESC HORIZ: 1:10000 ESC VERT: 1:2000 V'B'	

PERFILES TRANSVERSALES RWY-TWY hoja_9_de_10



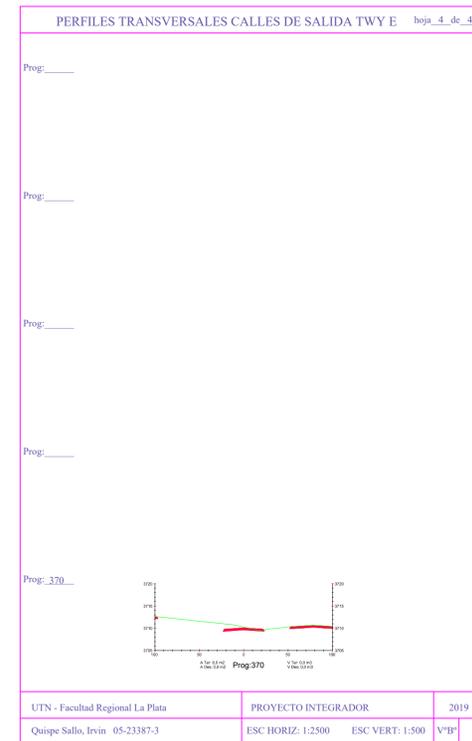
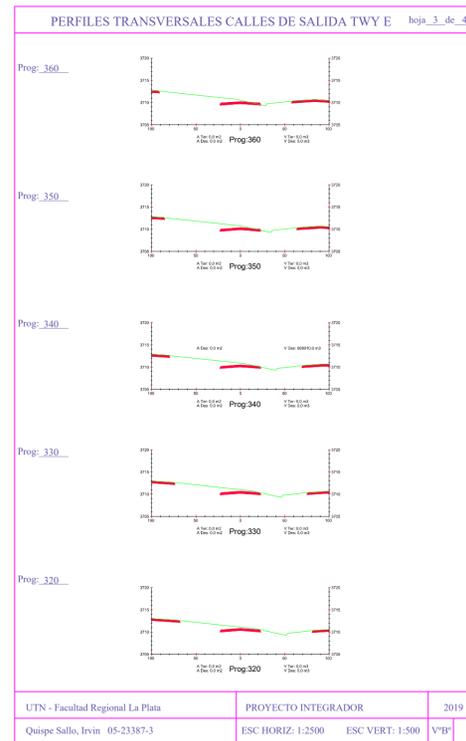
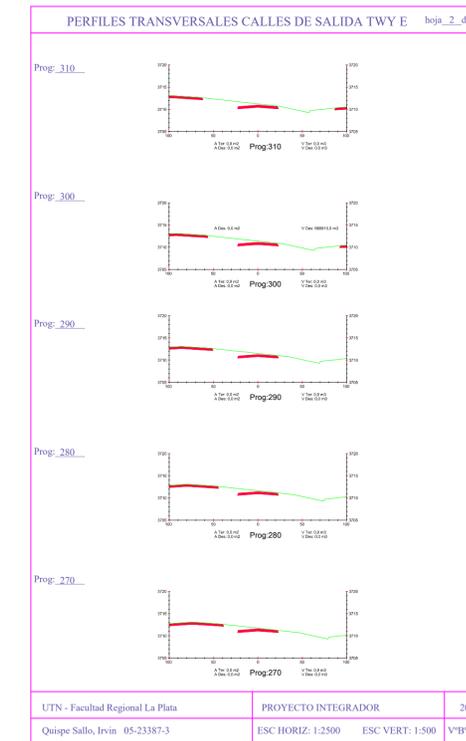
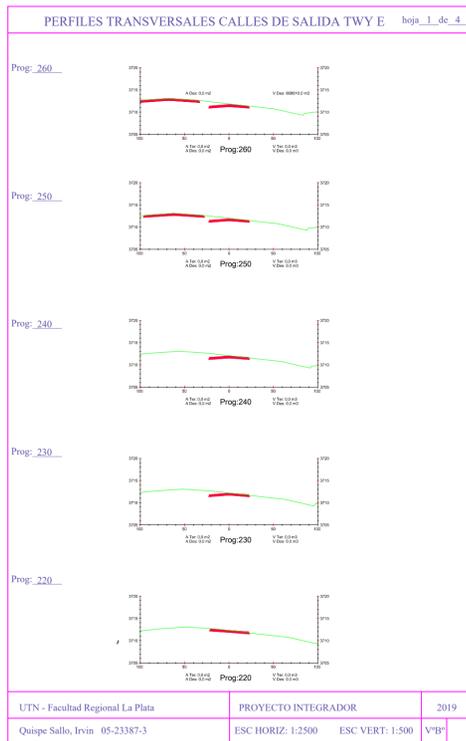
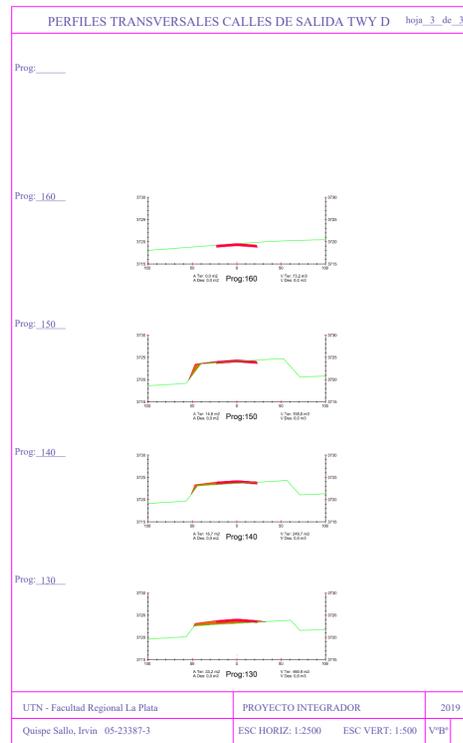
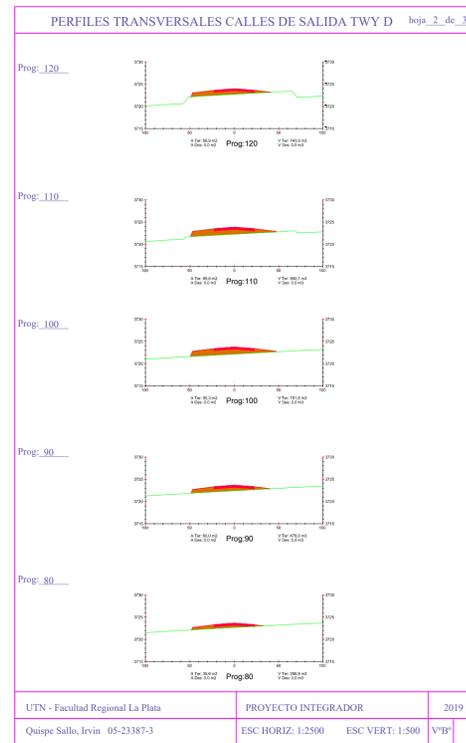
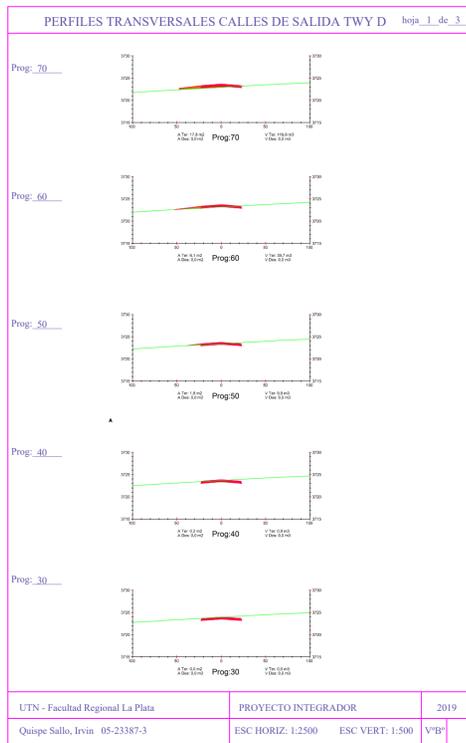
UTN - Facultad Regional La Plata	PROYECTO INTEGRADOR	2019
Quispe Sallo, Irvin 05-23387-3	ESC HORIZ: 1:10000 ESC VERT: 1:2000 V'B'	

PERFILES TRANSVERSALES RWY-TWY hoja_10_de_10

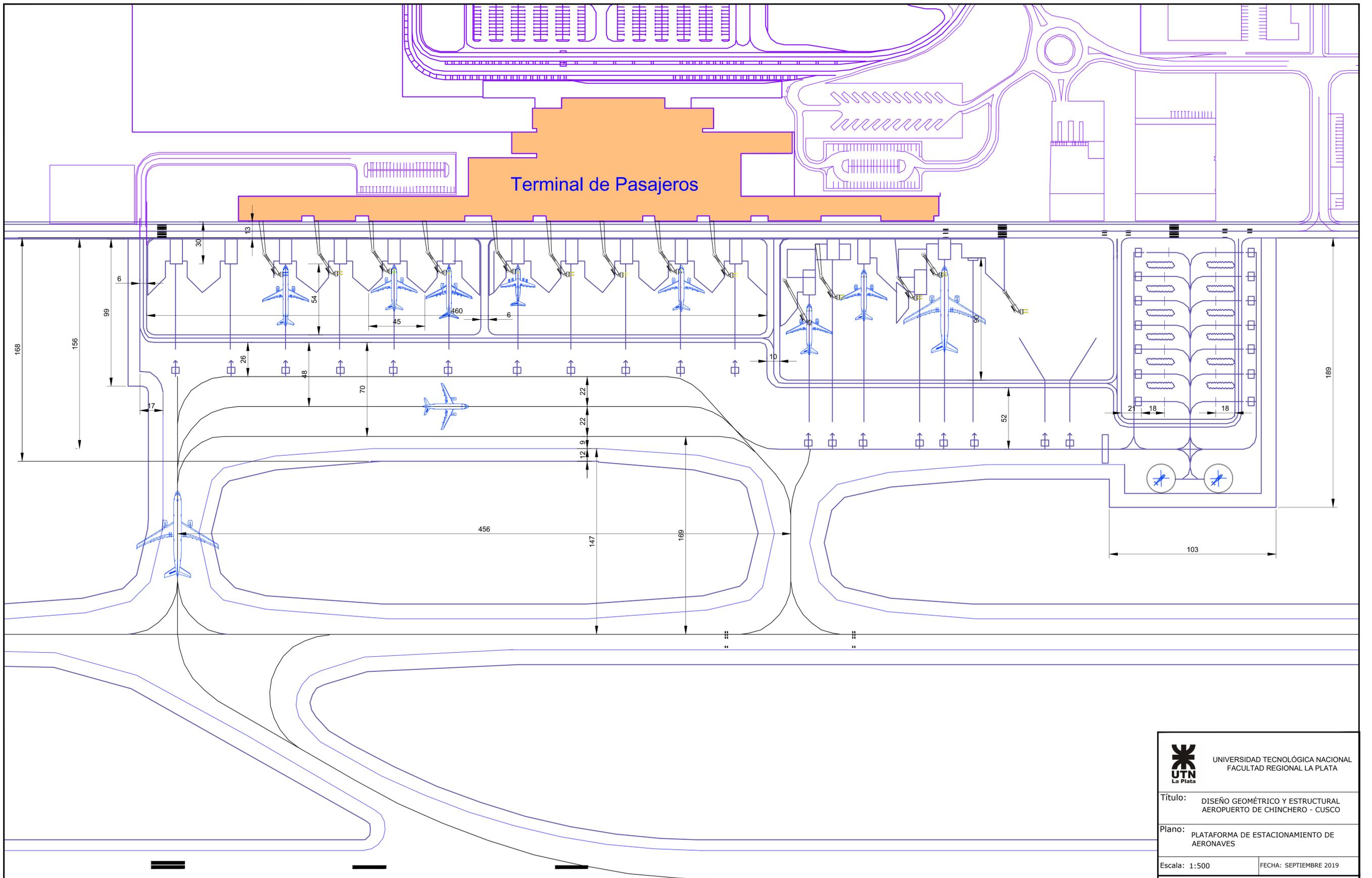


UTN - Facultad Regional La Plata	PROYECTO INTEGRADOR	2019
Quispe Sallo, Irvin 05-23387-3	ESC HORIZ: 1:10000 ESC VERT: 1:2000 V'B'	

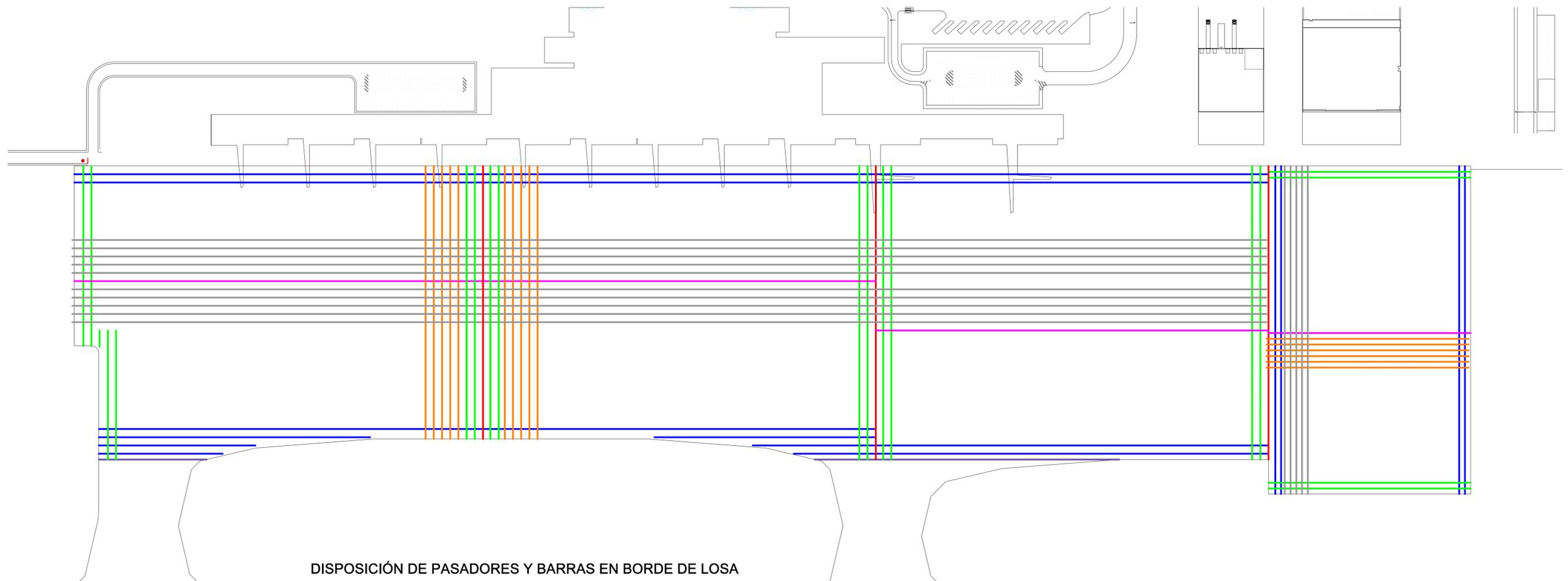
 UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL FACULTAD REGIONAL LA PLATA		
Título: DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL AEROPUERTO DE CHINCHERO - CUSCO		
Plano: PERFILES TRANSVERSALES RWY - TWY		
Escala:	H: 1:10000 V: 1:2000	FECHA: SEPTIEMBRE 2019
ALUMNO: QUISPE SALLO IRVIN		
CÁTEDRA: PROYECTO INTEGRADOR		
TUTOR:	TITULAR:	PLANO N°: 10



 UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL FACULTAD REGIONAL LA PLATA		
Título: DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL AEROPUERTO DE CHINCHERO - CUSCO		
Plano: PERFILES TRANSVERSALES CALLES DE SALIDA TWY D - TWY E		
Escala:	H: 1:2500 V: 1:500	FECHA: SEPTIEMBRE 2019
ALUMNO: QUISPE SALLO IRVIN		
CÁTEDRA: PROYECTO INTEGRADOR		
TUTOR:	TITULAR:	PLANO N°: 11

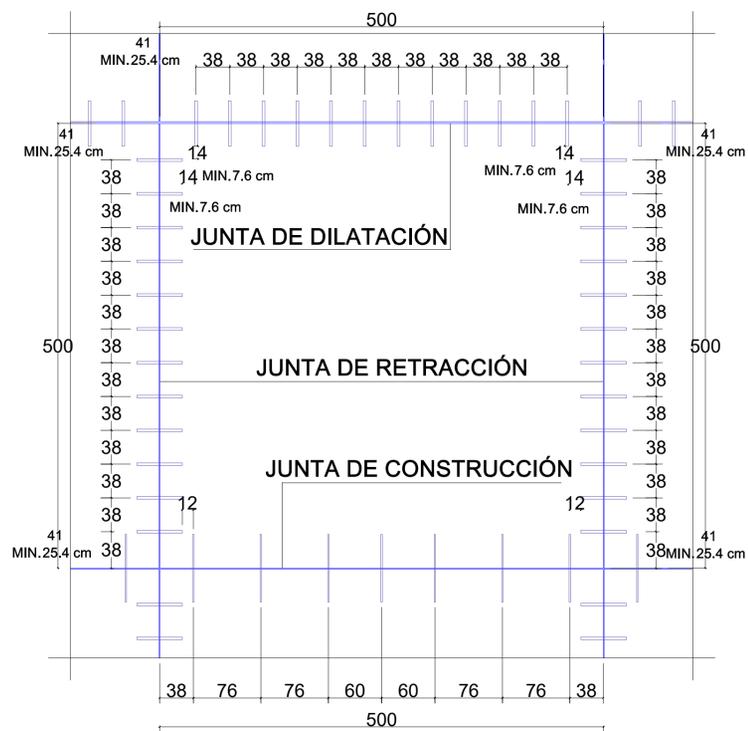


 UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL FACULTAD REGIONAL LA PLATA		
Título: DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL AEROPUERTO DE CHINCHERO - CUSCO		
Plano: PLATAFORMA DE ESTACIONAMIENTO DE AERONAVES		
Escala: 1:500	FECHA: SEPTIEMBRE 2019	
ALUMNO: QUISPE SALLO IRVIN		
CÁTEDRA: PROYECTO INTEGRADOR		
TUTOR:	TITULAR:	PLANO N°: 13



DISPOSICIÓN DE PASADORES Y BARRAS EN BORDE DE LOSA

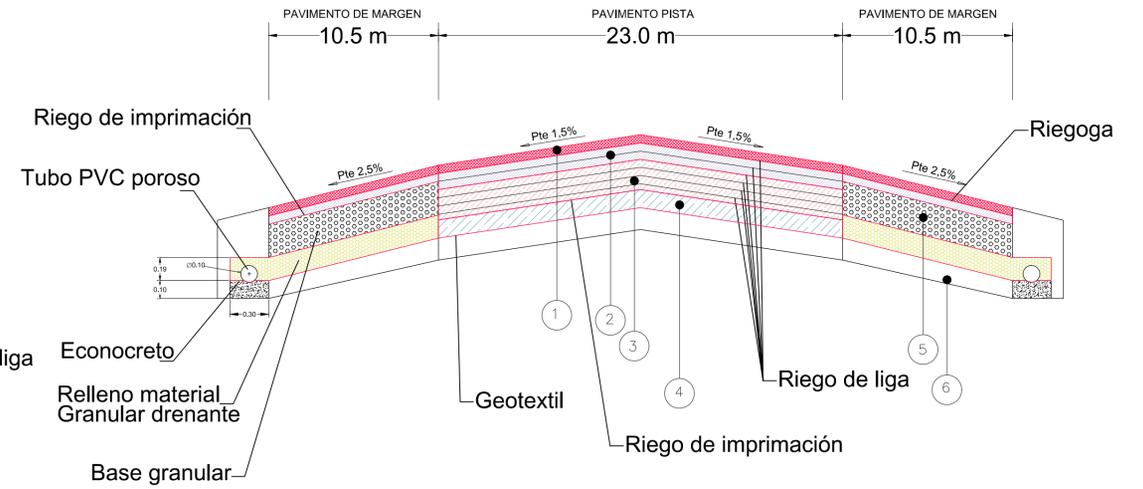
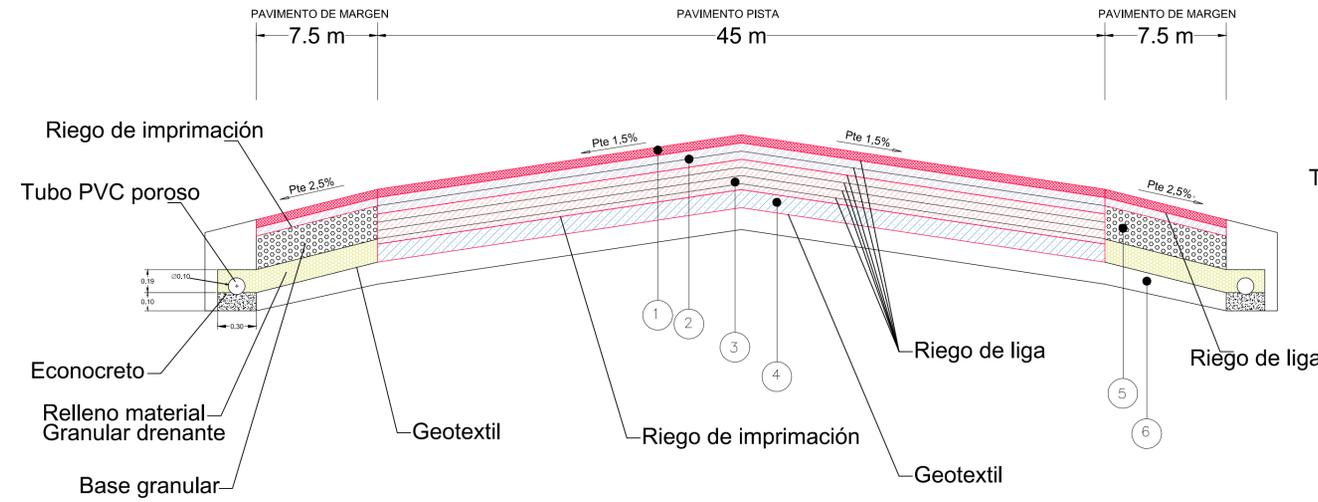
ESCALA 1/75
MEDIDAS EN cm



- JUNTA LONGITUDINAL DE CONSTRUCCIÓN
- JUNTA LONGITUDINAL DE CONSTRUCCIÓN CON BARRAS DE ANCLAJE
- JUNTA TRANSVERSAL DE RETRACCIÓN
- JUNTA TRANSVERSAL DE RETRACCIÓN CON PASADORES
- JUNTA DE TRANSICIÓN PAVIMENTO RÍGIDO A FLEXIBLE
- JUNTA DE DILATACIÓN CON PASADORES
- JUNTA DE DILATACIÓN LOSA/CANALETA

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL FACULTAD REGIONAL LA PLATA		
Título: DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL AEROPUERTO DE CHINCHERO - CUSCO		
Plano: PAVIMENTO RÍGIDO DISTRIBUCIÓN DE JUNTAS EN LOSAS DE PLATAFORMA		
Escala: 1:500	FECHA: SEPTIEMBRE 2019	
ALUMNO: QUISPE SALLO IRVIN		
CÁTEDRA: PROYECTO INTEGRADOR		
TUTOR:	TITULAR:	PLANO N°: 14

**SUELO ESTABILIZADO
SECCIÓN TIPO DE PAVIMENTO FLEXIBLE**



HUSOS GRANULOMETRICOS
TAMISADO ACUMULADO (% EN MASA)

Tamiz	AGLOMERADOS ASFÁLTICOS					
	AC 32 base 85/100 T-1	AC 22 bin 85/100 T-5	AC 13 surf 85/100 T-6			
45	100	100				
32	90	100	100			
22			90	100	100	100
16	63	88	72	91	90	100
8	45	66	51	71	63	82
4	31	51	36	56	45	65
2	20	40	23	43	30	50
0.500	7	22	11	26	14	28
0.063	2	5	4	7	5	8

DOTACIÓN MÍNIMA DE LIGANTE HIDROCARBONADO
(% en masa sobre el total de la m.b. incluido el filler)

TIPO DE CAPA	TIPO DE MEZCLA	DOTACIÓN MÍNIMA (%)
RODADURA	DENSA Y SEMIDENSA	4.50
	DENSA SEMIDENSA	4.00
INTERMEDIA	ALTO MÓDULO	4.50
	DENSA SEMIDENSA	3.65
BASE	DENSA SEMIDENSA	3.65
	ALTO MÓDULO	4.75

- 1: CAPA DE RODADURA: CAPA DE 5 cm COMPUESTA POR UNA MEZCLA CONTINUA (P-401/HUSO T6)
- 2: CAPA INTERMEDIA: CAPA DE 10 cm FORMADO POR AGLOMERADO ASFÁLTICO HMA, EXTENDIDO EN DOS TONGADAS (P-401/HUSO T5)
- 3: BASE ESTABILIZADA: CAPA BASE DE 18,5 cm FORMADO POR AGLOMERADO ASFÁLTICO EXTENDIDO EN CUATRO CAPAS (P-401/HUSO T1)
- 4: BASE GRANULAR: CAPA DE 11 cm SUBBASE GRANULAR DE AGLOMERADO TRITURADO (P-209)
- 5: SUBBASE GR<ANUL<AR: CAPA DE 20 cm SUBBASE GRANULAR DE AGLOMERADO TRITURADO (P-209)
- 6: SUELO EST<ABILIZ<ADO IN SITU CON C<AL (P-155)



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL LA PLATA

Título: DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL
AEROPUERTO DE CHINCHERO - CUSCO

Plano: PAVIMENTO FLEXIBLE
DETALLES Y SECCIONES

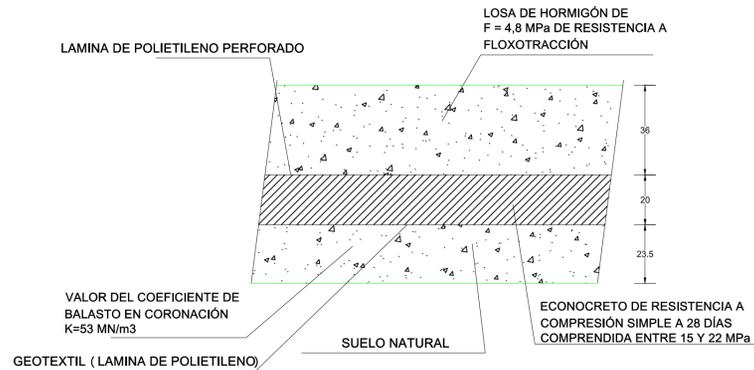
Escala: H 1:400 V 1:40 FECHA: SEPTIEMBRE 2019

ALUMNO: QUISPE SALLO IRVIN

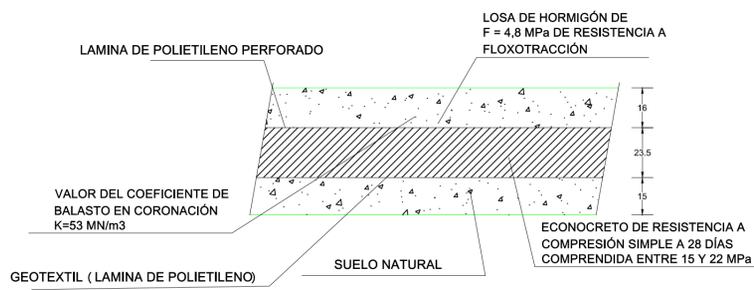
CÁTEDRA: PROYECTO INTEGRADOR

TUTOR: TITULAR: PLANO Nº:

OPCIÓN 1: SUELO NO ESTABILIZADO. RÍGIDO 1
PLATAFORMA AERONAVES TIPO C, D Y E



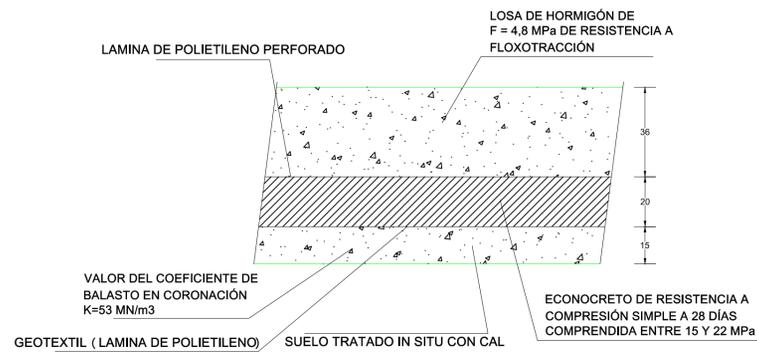
OPCIÓN 1: SUELO NO ESTABILIZADO. RÍGIDO 2
PLATAFORMA AERONAVES TIPO A, B Y HELIPUERTO



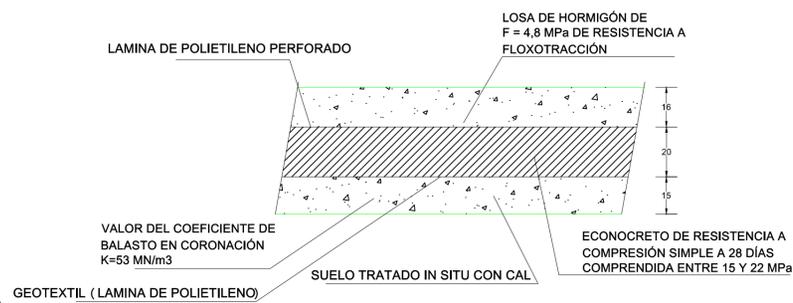
JUNTA LONGITUDINAL DE CONSTRUCCIÓN
CON BARRAS DE ANCLAJE



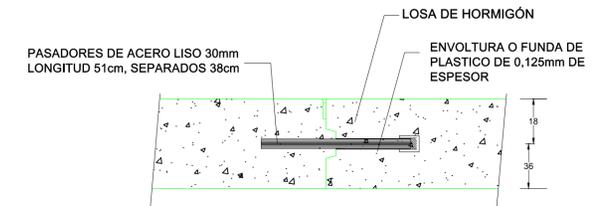
OPCIÓN 2: SUELO ESTABILIZADO. RÍGIDO 1
PLATAFORMA AERONAVES TIPO C, D Y E



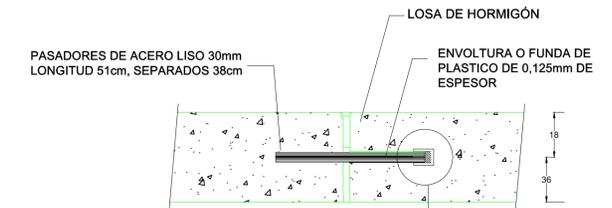
OPCIÓN 2: SUELO ESTABILIZADO. RÍGIDO 2
PLATAFORMA AERONAVES TIPO A, B Y HELIPUERTO



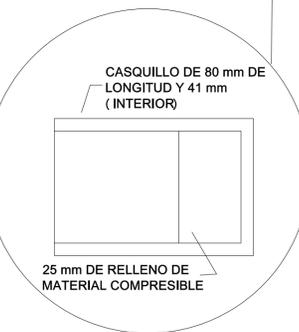
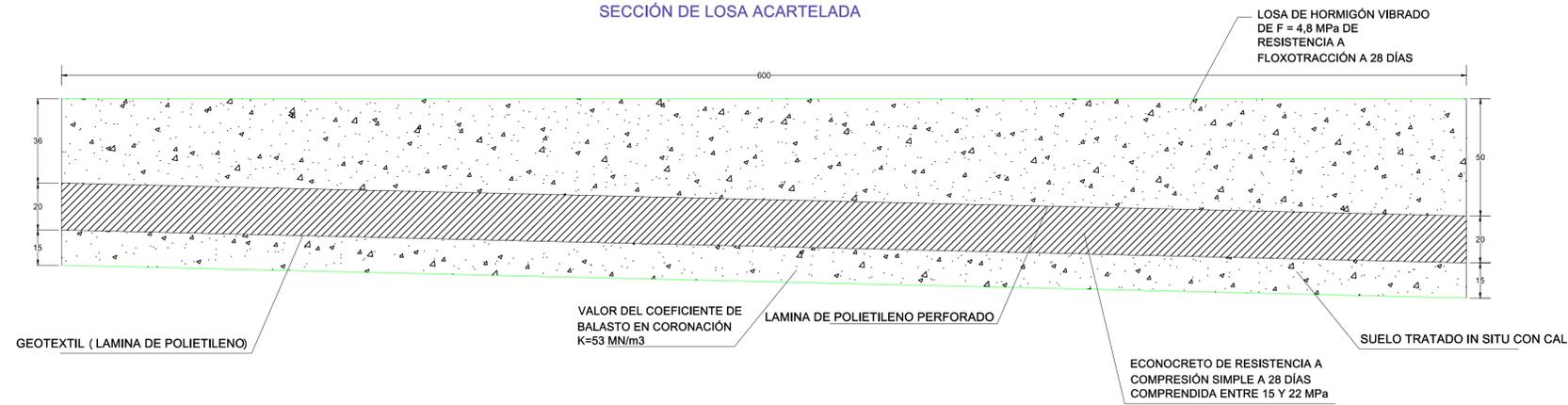
JUNTA LONGITUDINAL DE CONSTRUCCIÓN
CON PASADORES



JUNTA DE DILATACIÓN CON PASADORES

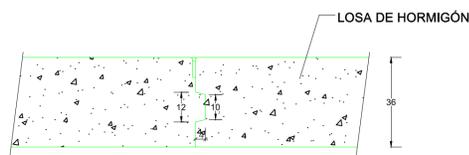


SECCIÓN DE LOSA ACARTELADA

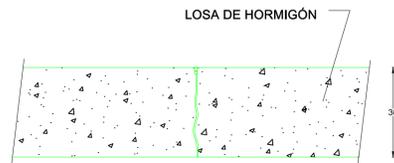


DETALLE CASQUILLO CON RELLENO

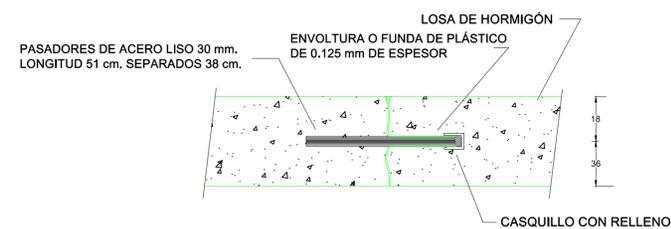
JUNTA LONGITUDINAL DE CONSTRUCCIÓN



JUNTA DE RETRACCIÓN SIN ARMAR



JUNTA DE RETRACCIÓN CON PASADORES



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
 FACULTAD REGIONAL LA PLATA

Título: DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL
 AEROPUERTO DE CHINCHERO - CUSCO

Plano: PAVIMENTO RÍGIDO
 DETALLES Y SECCIONES

Escala: FECHA: SEPTIEMBRE 2019

ALUMNO: QUISPE SALLO IRVIN

CÁTEDRA: PROYECTO INTEGRADOR

TUTOR: TITULAR: PLANO N°: