

UNIVERSIDAD AMAZONICA DE PANDO
AREA DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL



TRABAJO DIRIGIDO

**RESIDENTE DE SUPERVISIÓN EN EL AREA DE GEOTECNIA
DEL MEJORAMIENTO Y AMPLIACIÓN DE LA PISTA
DEL AEROPUERTO “CAPITÁN ANÍBAL ARAB FADUL”**

PANDO

DICIEMBRE DE 2018

BOLIVIA

UNIVERSIDAD AMAZONICA DE PANDO
AREA DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL



TRABAJO DIRIGIDO

**RESIDENTE DE SUPERVISIÓN EN EL AREA DE GEOTECNIA
DEL MEJORAMIENTO Y AMPLIACIÓN DE LA PISTA
DEL AEROPUERTO “CAPITÁN ANÍBAL ARAB FADUL”**

**PARA OPTAR POR LA TITULARIZACIÓN EN:
INGENIERÍA CIVIL**

POSTULANTE: Elizabeth Mamani Ramos
ASESOR: Ing. Giovanni Ramiro Muñoz Beltrán
SUPERVISOR: Ing. Juan Balcázar Orozco
TUTOR COLECTIVO: Ing. Richard Manrique

PANDO

DICIEMBRE DE 2018

BOLIVIA

Dedicatoria:

Al dueño y dador de la vida quien nos da la sabiduría
y la verdad, creador, redentor y
Señor de señores, Jesucristo.

A mi familia quienes merecen el mayor
reconocimiento en la obtención de mis logros.

A mis docentes y amigos que ayudaron
a perfeccionar el presente documento.

Agradecimiento:

Agradezco de corazón a mis padres Domingo Mamani (+)
y Seferina Ramos por el apoyo constante que siempre me han dado,
para ellos mi más sincero agradecimiento.

A Rubén que más que un esposo fue un amigo incondicional.

Agradezco a todos los docentes y en especial a mis lectores quienes me brindaron su
paciencia, sabiduría y me motivaron a desarrollarme como persona
y futura profesional de la Universidad Amazónica de Pando.

Al Ing. Giovanni Muños Beltrán tutor y principal colaborador durante el proceso de
elaboración de este documento, quien con su dirección, conocimiento
y enseñanza permitió el desarrollo del presente trabajo.

A mi supervisor Ing. Juan Balcázar Orosco por haber aceptado guiarme
en todo el proceso constructora de la obra.

Finalmente a la empresa Supervisora Euroestudios-Gentisa Payma-Belmonte
y a todo el equipo de profesionales y técnicos que forman parte de la empresa,
por compartir conocimientos y experiencias, por darme la oportunidad
de haber desarrollado el presente trabajo y por haber
permitido forjarme como futura profesional .

Ing. Ludwing Arcienega Babtista
RECTOR UNIVERSIDAD AMAZÓNICA DE PANDO

Lic. Jise Luis Segovia Saucedo
VICE-RECTOR UNIVERSIDAD AMAZÓNICA DE PANDO

Ing. Franz Navia Miranda
DIRECTOR DEL ÁREA CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

Ing. Erick Ronal Arrazola Iriarte
COORDINADOR DEL PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL

Contenido

PARTE I:	1
1. ANTECEDENTES	1
CAPITULO PRIMERO:	2
ASPECTOS INTRODUCTORIOS	2
1.1. ANTECEDENTES HISTORICOS	2
1.2. ANTECEDENTES TECNICOS.....	5
1.2.1. UBICACIÓN Y ELEVACIÓN DEL AEROPUERTO.....	7
1.2.2. SÍNTESIS DEL PROYECTO	9
1.2.3. ANÁLISIS DE LA LONGITUD DE PISTA	10
1.2.4. RADIO DE ACCIÓN	11
1.2.5. FRANJA DE PISTA.....	12
1.2.6. ÁREA DE SEGURIDAD DE EXTREMO DE PISTA (RESA)	13
1.2.7. PUNTOS DE ESPERA.....	13
1.2.8. PLATAFORMAS DE VIRAJE	14
1.2.9. DESCRIPCIÓN DE LA AMPLIACIÓN DEL ÁREA DE MOVIMIENTO.....	15
1.2.10.SERVICIO DE SUPERVISIÓN.	17
1.2.11.PLAZO CONTRACTUAL.....	18
1.2.12.OBJETO PRINCIPAL DEL SERVICIO DE LA SUPERVISIÓN	18
1.2.13.EJECUCION DE CONTRATO DE OBRAS.	19
1.3. ESTUDIOS DIAGNOSTICOS	20
1.3.1. POBLACIÓN Y FLUJO DE PASAJEROS.	20
1.3.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.	22
a. Identificación del problema.	22

b. Formulación del problema.....	22
1.3.3. OBJETIVOS.....	23
a. Objetivo general.....	23
b. Objetivos específicos.....	23
1.3.4. JUSTIFICACION.....	24
a) Justificación Social.....	24
b) Justificación Económica.....	24
c) Justificación Técnica.....	25
1.3.5. METODOLOGIA DEL TRABAJO DIRIGIDO.....	26
1.3.6. ALCANCES.....	27
1.3.7. APORTES.....	27
PARTE II:.....	28
2. ANÁLISIS SITUACIONAL DEL PROYECTO.....	28
CAPITULO SEGUNDO:.....	29
2.1. SITUACIÓN SIN PROYECTO.....	29
2.1.1. ESTADO ACTUAL DEL PAVIMENTO.....	29
2.1.1.1. Evaluación Superficial del Pavimento Asfaltico de la Pista.....	29
2.1.1.2. Deterioro del Pavimento.....	30
2.1.2. ENSAYOS PREVIOS PARA VERIFICAR EL ESTADO DE LA PISTA EXISTENTE.....	31
2.1.2.1. GeoRadar.....	31
2.1.2.2. Verificacion Deflectometría con Viga Benkelman.....	32
2.1.2.3. Resultados de la Evaluación Efectuada.....	34
2.1.3.MANTENIMIENTO PREVIO DE LAS ÁREAS AFECTADAS POR EL DETERIORO.....	35
2.1.3.1. Áreas Afectadas De La Pista.....	35
2.1.4. ESPESOR DE LAS CAPAS DEL PAVIMENTO PARA AREAS CRÍTICAS Y NO CRÍTICAS.....	38
2.1.5. DISEÑO DE LA SOBRECARPETA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE.....	40
2.1.6. ESTUDIO DE SUELOS EN LA PISTA ANTIGUA Y AMPLIACION PISTA.....	40
2.1.7. CARACTERÍSTICAS DE LAS CAPAS DEL PAVIMENTO ANTIGUO.....	42

2.2. SITUACIÓN CON PROYECTO.....	42
2.2.1. GENERALIDADES DEL PROYECTO	42
2.2.2. LIMPIEZA Y DESBROCE DE LA AMPLIACION PISTA.	43
2.2.3. INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA DE LA AMPLIACION PISTA.....	44
2.2.3.1. Subsector Pista y Ampliación de Pista de Aterrizaje	44
2.2.4. ESTUDIO GEOTECNICO DE LAS AREAS DE MOVIMIENTO DE AERONAVES	44
2.2.5. BACHEOS	45
2.2.5.1. Sellado de Fisuras.....	45
2.2.5.2. Bacheo Superficial.	47
2.2.5.3. Bacheo Profundo.....	48
2.2.6. CLAVE DE REFERENCIA DE AERÓDROMO.....	49
2.2.7. TRÁFICO AÉREO.....	50
2.2.7.1. Reparto De Trafico Sobre La Pista	50
2.2.8. VOLUMEN DE TRÁFICO.	53
2.2.9. INFRAESTRUCTURA LADO AÉREO CAMPO DE VUELO.....	54
2.2.9.1. Ampliación de pista.	54
2.2.9.2. Calle de Rodaje.	55
2.2.10. TRÁFICO DE DISEÑO Y SU PROYECCIÓN.....	55
2.2.11. AERONAVE CRÍTICA DE DISEÑO PARA EL PRESENTE PROYECTO.	56
2.2.11.1. Peso de Operación.....	56
2.2.12. MEJORAMIENTO CARPETA O PAQUETE ESTRUCTURAL.	57
2.2.13. DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LAS AREAS DE MOVIMIENTO DEL AEROPUERTO DE COBIJA.....	58
2.2.14. PERIODO DE DISEÑO	59
2.2.15. ÍNDICE DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE	59
2.2.15.1. CAPA SUB-BASE.....	62
2.2.15.1. Materiales.....	63

2.2.15.2. Materiales Aceptables En Las Condiciones Existentes	64
2.2.15.3. Mezclado En Obra	64
2.2.15.4. Métodos Generales de Ejecución	65
2.2.15.5. Acabado y Compactado.....	66
2.2.15.6. Control de la Superficie	68
2.2.16.CAPA BASE.....	69
2.2.16.1. Descripción	69
2.2.16.2. Materiales.....	69
2.2.16.3. Equipo.....	71
2.2.16.4. Ejecución.....	71
2.2.16.5. Control Tecnológico.....	75
2.2.16.6. Control de Densidades AASHTO T-191.....	76
2.2.16.7. Control Geométrico.....	77
2.2.17.USO DE GEOMALLA PARA EL CONTROL DE REFLEXIÓN DE FISURAS	78
2.2.17.1. Áreas de aplicación de la Geomalla.....	79
2.2.17.2. Datos para el Cálculo del Espesor de la Sobre Carpeta.....	79
2.2.18.UNIÓN PAVIMENTO FLEXIBLE ANTIGUO CON PAVIMENTO FLEXIBLE NUEVO	81
PARTE III: MARCO TEORICO	83
3. CAPITULO TERCERO:	84
3.1. ESTUDIO GEOMETRICO.....	84
3.1.1. TOPOGRAFÍA.....	84
3.1.1.1. Equipo De Campo.....	84
3.2. ESTUDIO GEOTECNICO.....	85
3.2.1. ENSAYOS EN LABORATORIO	85
3.3. CLASIFICACIÓN DE AGREGADOS.	86
3.4. ESTUDIO DE SUELOS EN SISTEMA DE PISTAS.....	87
3.4.1. ESTUDIOS BÁSICOS PARA EL PROYECTO.	87
a) Muestreo.....	88
b) Ensayos de campo y laboratorio.	89
3.5. CLASIFICACIÓN DE LOS PAVIMENTOS.....	91

a) Pavimento Flexible o pavimento de concreto asfaltico.....	91
b) Pavimento Rígido.....	91
3.6. PAVIMENTOS DE CONCRETO ASFALTICO.....	92
3.7. BACHEOS.....	93
3.8. DEFINICIÓN DE AERONAVE DE DISEÑO.....	94
3.9. AERONAVE DE DISEÑO BOEING 737-300.....	95
3.9.1. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA AERONAVE BOEING 737-300.....	95
3.9.2. IMPACTO DE LA AERONAVE SOBRE LA PISTA.....	98
3.10. AERONAVES QUE OPERAN EN BOLIVIA.....	99
3.10.1. BOEING.....	99
3.10.2. AIRBUS.....	100
3.10.3. BOMBARDIER.....	100
3.10.4. BRITISH AEROSPACE BAE146.....	101
3.11. PISTA DE UN AEROPUERTO.....	102
3.12. PROGRAMA FAARFIELD – DISEÑO PAVIMENTO DE AEROPUERTOS.....	103
3.12.1. CONSIDERACIONES GENERALES.....	103
3.12.2. CARACTERISTICAS DE LA SUB – RASANTE.....	105
3.12.3. CARACTERISTICAS DE LA CAPA SUB-BASE.....	106
3.12.4. CARACTERISTICAS DE LA CAPA BASE - PISTA.....	106
3.12.5. UTILIZACIÓN DEL PROGRAMA PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES.....	107
3.13. CARACTERÍSTICAS DEL SUELO CENTO.....	111
3.13.1. DOSIFICACIÓN.....	111
3.13.1.1. Cemento.....	112
3.13.2. Diseño de mezcla.....	113
PARTE IV:.....	114
4. RESULTADOS.....	114
CAPITULO CUARTO:.....	115
RESULTADOS.....	115
4.1.ACTIVIDADES REALIZADAS EN LA SUPERVISION DEL AEROPUERTO CAP. ANIBAL ARAB FADUL.	115

4.2.EVALUACION DEL PROYECTO A DISEÑO FINAL EN COMPARACION CON EL PRESENTE TRABAJO	135
4.2.1.DISEÑO INICIAL DE PROYECTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AMPLIACION PISTA (PGK 2+000 A 2+600)	135
4.2.2.CALCULO DE LA CARPETA ESTRUCTURAL CON UN SUELO MEJORADO EN LA CAPA BASE DE LA PISTA	139
4.2.3. CALCULO DEL PAQUETE ESTRUCTURAL CON LOS CBRs EJECUTADOS EN OBRA...	143
4.3. ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS DIFERENTES CÁLCULOS DEL PRESENTE PROYECTO UTILIZANDO EL PROGRAMA FARFIELD	147
PARTE V:	148
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	148
5.1. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	149
BIBLIOGRAFIA	151
CAPITULO VI:	152
6. ANEXOS	152

INDICE DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1. UBICACION GEOGRAFICA.....	2
ILUSTRACIÓN 2. CAP. ANÍBAL ARAB FADÚL	3
ILUSTRACIÓN 3. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL AEROPUERTO.....	7
. ILUSTRACIÓN 4. “UBICACIÓN DEL AEROPUERTO “CAP. ANIBAL ARAB FADUL”	7
ILUSTRACIÓN 5. ÁREA DE PROYECTO	8
ILUSTRACIÓN 6. UBICACIÓN DEL AEROPUERTO “CAP. ANIBAL ARAB FADUL”	8
ILUSTRACIÓN 7. FRANJA DE NIVEL DE SEGURIDAD	12
ILUSTRACIÓN 8. DISEÑO DE PLATAFORMA DE VIRAJE	14
ILUSTRACIÓN 9. AMPLIACION DE LA PISTA POR EL LADO NORTE	17
ILUSTRACIÓN 10. EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO ASFALTICO DE LA PISTA.	30
ILUSTRACIÓN 11. ENSAYO DE DEFLECTOMETRIA CON VIGA BENKELMAN EN LA ACTUAL PISTA DEL AEROPUERTO	34
ILUSTRACIÓN 12. SECCIÓN TÍPICA DE PAVIMENTO DE PISTA	39
ILUSTRACIÓN 13. PAQUETE ESTRUCTURAL PISTA ANTIGUAPISTA ANTIGUA.....	41
ILUSTRACIÓN 14. SELLADO DE FISURAS Y BACHEO SUPERFICIAL Y EXTENDIDO DE MATERIAL DE SECADO (ARENA) SOBRE LA SUPERFICIE ASFÁLTICA	47
ILUSTRACIÓN 15. BACHEO PROFUNDO. FUENTE: PROPIA.....	48
ILUSTRACIÓN 16. CAPA SUPERIOR DE RODADURA PISTA NUEVA.....	58
ILUSTRACIÓN 17. PREPARACIÓN DE LA CAPA SUB-RASANTE.....	60
ILUSTRACIÓN 18. BRIGADA TOPOGRÁFICA DE LA SUPERVISIÓN EN LABOR DE REPLANTEO Y CONTROL GEOMÉTRICO DE CAPAS DE TERRAPLÉN, AMPLIACIÓN DE PISTA 2+000 A 2+500.	60
ILUSTRACIÓN 19. CONFORMACIÓN DE LA AMPLIACIÓN DE LA PISTA A NIVEL SUB-RASANTE.....	61
ILUSTRACIÓN 20. EQUIPO TOPOGRAFICO	61
ILUSTRACIÓN 21. AMPLIACION PISTA, CONTROL TECNOLOGICO PK 2+000 A 2+600.....	62
ILUSTRACIÓN 22. PRODUCCIÓN Y ACOPIO DE MATERIAL SUB BASE, MEZCLA 40% BRITAS Y 60% SUELO LOCAL. 65	
ILUSTRACIÓN 23. FASE DE CONFORMACION DE LA CAPA SUB BASE A TRAVES DEL PROSESAMIENTO Y HOMOGENIZADO DEL MATERIAL	66
ILUSTRACIÓN 24. ACABADO Y COMPACTADO	67
ILUSTRACIÓN 25. PERSONAL DE SUPERVISIÓN EN LABOR DE CONTROL GEOMÉTRICO EN SUB BASE, AMPLIACIÓN DE PISTA.....	68
ILUSTRACIÓN 26. PRODUCCIÓN Y ACOPIO DE MATERIAL PARA CAPA BASE	72
ILUSTRACIÓN 27. FASE DE DESCARGA O ACAMELLONADO DE MATERIAL PARA LA CA BASE EN PLATAFORMA... 73	
ILUSTRACIÓN 28. FASE DE CONFORMACION DE LA CAPA BASE A TRAVES DEL PROSESAMIENTO Y HOMOGENIZADO DEL MATERIAL	74
ILUSTRACIÓN 29. FASE FINAL DE LA CONFORMACION DE LA CAPA BASE A TRAVES DE LA COMPACTACION.....	75
ILUSTRACIÓN 30. CONTROL DE DENSIDADES	77
ILUSTRACIÓN 31. CONTROL GEOMÉTRICO DE LA CAPA BASE, AMPLIACIÓN DE PISTA	78
ILUSTRACIÓN 32. PISTA Y AMPLIACIÓN DE PISTA	90
ILUSTRACIÓN 33. SECCIÓN ESTRUCTURAL TÍPICA DE UN PAVIMENTO ASFÁLTICO	93
ILUSTRACIÓN 34. BOEING-737 300 FOTO	95
ILUSTRACIÓN 35. CARACTERISTICAS TECNICAS B737-300	96
ILUSTRACIÓN 36. DIMENCIONES DE LA AERONAVE DE DISEÑO B737-300.....	97
ILUSTRACIÓN 37. AERONAVE DE DISEÑO.....	97
ILUSTRACIÓN 38. AERONAVE DE DISEÑO BOEING 737-300.....	98

ILUSTRACIÓN 40. PANTALLAS DE INICIO DEL PROGRAMA FAARFIELD 1.41.....	107
ILUSTRACIÓN 41. CEMENTO QUE SE UTILIZÓ PARA LOS ENSAYOS DE PRUEBA Y QUE CUMPLE CON LA NORMA ASTM C-595	112
ILUSTRACIÓN 42. MEZCLA DE ÁRIDOS, CEMENTO PORTLAND Y AGUA	112
ILUSTRACIÓN 43. DISEÑO DE MEZCLA	113
ILUSTRACIÓN 44. ILUSTRACION DE RUEDA	143
ILUSTRACIÓN 45. PRIMEROS AVIONES QUE LLEGARON A LA CIUDAD DE COBIJA	154
ILUSTRACIÓN 46. ATERRIZAJES EL PRIMER AEROPUERTO, EN LO QUE HOY ES LLAMADO PARQUE PIÑATA	154
ILUSTRACIÓN 47. ESTADO A INICIOS DE LA INTERVENCIÓN AEROPUER.....	155

INDICE DE TABLAS

TABLA 1. CARACTERÍSTICAS PARA DISEÑO	12
TABLA 2. SUPERVISIÓN TÉCNICA DE LA CONSTRUCCIÓN DEL AEROPUERTO.....	18
TABLA 3. MEJORAMIENTO Y AMPLIACIÓN DEL AEROPUERTO CAP. ANÍBAL ARAB FADUL DE LA CIUDAD DE COBIJA.....	19
TABLA 4. FLUJO DE PASAJEROS.....	20
TABLA 5. ACTIVIDADES PARA REALIZAR EL TRABAJO DIRIGIDO	26
TABLA 6. ESPESORES DE CAPAS DETERMINADOS MEDIANTE GEORADAR. PISTA.....	32
TABLA 7. CANTIDAD DE ENSAYOS DE DEFLECTOMETRÍA POR SECTOR.....	33
TABLA 8. ÁREAS AFECTADAS EN LA FAJA CENTRAL DE PISTA.....	36
TABLA 9. ÁREAS AFECTADAS EN LA FAJA DEL LADO IZQUIERDO DE PISTA	36
TABLA 10. ÁREAS AFECTADAS EN LA FAJA DEL LADO DERECHO DE PISTA.....	37
TABLA 11. ÁREAS AFECTADAS EN LAS OREJAS DE VIRAJE	37
TABLA 12. RESULTADOS DEL ESTUDIO DE SUELOS DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO ANTIGUO	41
TABLA 13. MODULOS ELASTICOS PARA EL DISEÑO DE LA SOBRE CARPETA	42
TABLA 14. CBRS DE DISEÑO PARA EL PAVIMENTO FLEXIBLE	45
TABLA 15. CLAVE DE REFERENCIA DE AERÓDROMO.....	49
TABLA 16. DESGLOSE ANUALIZADO DE LOS MOVIMIENTOS DE AERONAVES.....	51
TABLA 17. DISTRIBUCIÓN DE OPERACIONES POR TIPO DE AERONAVE	52
TABLA 18. PRONOSTICO DE SALIDAS ANUALES	53
TABLA 19. SALIDAS ANUALES PARA EL AÑO BASE (DATOS DEL TESA)	53
TABLA 20. PROYECCIÓN DE SALIDAS ANUALES PARA AERONAVES DE DISEÑO	54
TABLA 21. CARACTERÍSTICAS DE AERONAVES CONSIDERADAS EN EL DISEÑO DE PAVIMENTOS	55
TABLA 22. SALIDAS ANUALES PARA EL AÑO BASE (DATOS DEL TESA)	56
TABLA 23. REQUISITOS DE GRANULOMETRÍA.....	63
TABLA 24. GRANULOMETRIA PARA CAPA BASE DE MATERIAL GRANULAR	70
TABLA 25. INFORMACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO POR CAPA.....	80
TABLA 26. INFORMACION DEL AVION.....	80
TABLA 27. SUBGRADE CDF	80
TABLA 28. RESUMEN DE ACTIVIDADES TRABAJO DIRIGIDO SEPTIEMBRE 2017.....	116
TABLA 29. RESUMEN DE ACTIVIDADES TRABAJO DIRIGIDO OCTUBRE 2017.....	117
TABLA 30. RESUMEN DE ACTIVIDADES TRABAJO DIRIGIDO NOVIEMBRE 2017	118
TABLA 31. RESUMEN DE ACTIVIDADES TRABAJO DIRIGIDO DICIEMBRE 2017	120
TABLA 32. RESUMEN DE ACTIVIDADES TRABAJO DIRIGIDO ENERO 2018.....	121

TABLA 33. RESUMEN DE ACTIVIDADES TRABAJO DIRIGIDO FEBRERO 2018	122
TABLA 34. RESUMEN DE ACTIVIDADES TRABAJO DIRIGIDO MARZO 2018.....	123
TABLA 35. RESUMEN DE ACTIVIDADES TRABAJO DIRIGIDO ABRIL 2018.....	124
TABLA 36. RESUMEN DE ACTIVIDADES TRABAJO DIRIGIDO MAYO 2018.....	125
TABLA 37. RESUMEN DE ACTIVIDADES TRABAJO DIRIGIDO JUNIO 2018.....	126
TABLA 38. RESUMEN DE ACTIVIDADES TRABAJO DIRIGIDO JULIO 2018	128
TABLA 39. RESUMEN DE ACTIVIDADES TRABAJO DIRIGIDO AGOSTO 2018	130
TABLA 40. RESUMEN DE ACTIVIDADES TRABAJO DIRIGIDO SEPTIEMBRE 2018.....	132
TABLA 41. RESUMEN DE ACTIVIDADES TRABAJO DIRIGIDO OCTUBRE 2018.....	134
TABLA 42. PRONOSTICO DE SALIDAS ANUALES	135
TABLA 43. INFORMACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO POR CAPA.....	136
TABLA 44. INFORMACIÓN DEL AVIÓN.....	136
TABLA 45. SUBRASANTE CDF	137
TABLA 46. HMA CDF.....	137
TABLA 47. P-401/P-403 ST (FLEX) CDF.....	137
TABLA 48. PRONOSTICO DE SALIDAS ANUALES	139
TABLA 49. PAVEMENT STRUCTURE INFORMATION BY LAYER, TOP FIRST	140
TABLA 50. AIRPLANE INFORMATION.....	140
TABLA 51. SUBGRADE CDF	141
TABLA 52. HMA CDF	141
TABLA 53. P-401/P-403 ST (FLEX) CDF.....	141
TABLA 54. PRONOSTICO DE SALIDAS ANUALES	143
TABLA 55. PAVEMENT STRUCTURE INFORMATION BY LAYER, TOP FIRST	144
TABLA 56. AIRPLANE INFORMATION.....	144
TABLA 57. SUBGRADE CDF	145
TABLA 58. HMA CDF	145
TABLA 59. P-401/P-403 ST (FLEX) CDF.....	145
TABLA 60. RESUMEN DE LOS CALCULOS REALIZADOS	147
TABLA 61. RESUMEN DE RESULTADOS DEL ESTUDIO DE SUELOS DE PISTA.....	153

INDICE DE GRAFICOS

GRAFICO 1. TRAFICO DE PASAJEFROS	21
GRAFICO 2. CAPA SUPERIOR DE RODADURA PISTA	58
GRAFICO 3. CÁLCULO DEL ESPESOR DE LA SOBRECARPETA.....	79
GRAFICO 4. VERIFICACIÓN DEL FACTOR DE DAÑO ACUMULADO.....	80
GRAFICO 5. VERIFICACIÓN DE VIDA ÚTIL	81
GRAFICO 6. TRANSMISION DE CARGAS EN CAPAS INFERIORES	105
GRAFICO 7. CÁLCULO DE LOS ESPESORES DEL PAVIMENTO	136
GRAFICO 8. VERIFICACIÓN DEL FACTOR DE DAÑO ACUMULADO.....	137
GRAFICO 9. VERIFICACIÓN DE LA VIDA ÚTIL	138
GRAFICO 10. PROYECTO DE DISEÑO DE LA CARPETA ESTRUCTURAL.....	138
GRAFICO 11. CALCULO DE ESPESORES DEL PAVIMENTO	140
GRAFICO 12. VERIFICACIÓN DEL FACTOR DE DAÑO ACUMULADO.....	142
GRAFICO 13. GRAFICO DE FACTOR DE DAÑO ACUMULADO.....	142
GRAFICO 14. VERIFICACIÓN DE LA VIDA ÚTIL	142
GRAFICO 15. CALCULO DE ESPESORES DEL PAVIMENTO	144
GRAFICO 16. GRAFICO DE FACTOR DE DAÑO ACUMULADO.....	145
GRAFICO 17. VERIFICACIÓN DEL FACTOR DE DAÑO ACUMULADO.....	146

RESUMEN

El presente trabajo dirigido se ha ejecutado mediante el apoyo a la supervisión, en el Mejoramiento y Ampliación del Aeropuerto Cap. Anibal Arab Fadul, en el control y seguimiento de la ejecución de la obra, principalmente en el control de calidad de geotecnia, una de las áreas muy importantes para la estabilidad del paquete estructural.

En este sentido el presente trabajo también se evalúa la carpeta estructural, con el programa FAARFIELD, donde se ha considerado conveniente utilizar una capa mejorada con un suelo cemento en la capa base de la ampliación de la pista, utilizando todos los parámetros de diseño requerido para el cálculo de espesores, como ser: periodo de diseño, salidas anuales, Carpeta de concreto asfáltico, CBR de sub rasante, CBR de sub-base y agregado para base estabilizada.

Finalmente se evaluó el diseño final del paquete estructural, utilizando datos obtenidos en campo y ensayos de laboratorio, de esta manera se verifica el cumplimiento de los espesores del pavimento, factor de daño acumulado y vida útil planteados en el proyecto a diseño final.

INTRODUCCION

La ampliación del Aeropuerto Capitán Aníbal Arab Fadul es una obra de suma importancia para el departamento de Pando, esta obra contribuirá a su crecimiento a nivel social y económico, su diseño cuenta con diversas áreas de construcción civil, cuenta con una inversión de Bs. 186.384.833.97.

El proyecto contempla las siguientes áreas de construcción.

- Área de Movimiento de Aeronaves.
- Sistemas de drenajes, sanitario y pluvial.
- Cerco perimetral (delimitación del área aeroportuaria).
- Equipamiento y ayudas a la navegación aérea.
- Torre de control y bloque técnico
- Bloque SSEI área de bomberos servicio de rescate.
- Obras de mitigación de impacto ambiental durante la construcción del aeropuerto.
- Diseño de servicios básicos (sistemas de energía eléctrica, agua potable y alcantarillado, sistemas de comunicación, teléfonos, etc.).
- Caminos de acceso público vehicular y peatonal.
- Vías de circulación interna de servicios y de emergencia.

El presente trabajo dirigido, permite contemplar todo el aprendizaje dentro del área de trabajo, en el acompañamiento y ejecución de las labores de residente de supervisión, a la vez se verifica y evalúa el programa utilizado por el proyecto, para el paquete estructural de la pista de aeronaves usando el software FAARFIELD de la circular AC 150/5320-6e, de la FAA.

Paralelamente se realiza un segundo cálculo de la carpeta estructural, para la ampliación de la pista en la capa base con un suelo mejorado con la inclusión de aeronaves de mayor envergadura

PARTE I:

1. ANTECEDENTES

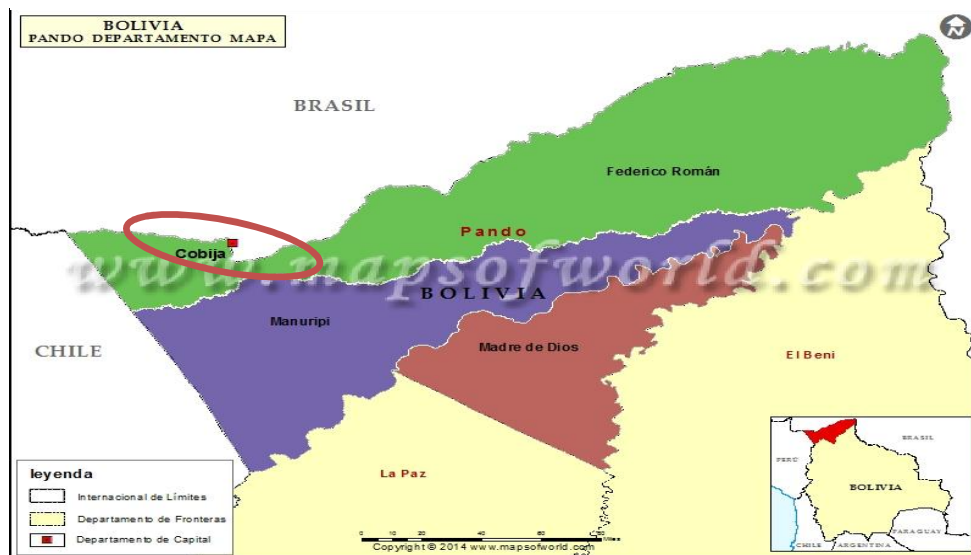
CAPITULO PRIMERO: ASPECTOS INTRODUCTORIOS

1.1. ANTECEDENTES HISTORICOS

El aeropuerto Cap. Aníbal Arab Fadul de la ciudad de Cobija consta de una pista de aproximadamente 2000 m de largo y 30 m de ancho, así como una calles de rodaje de 200 metros de longitud y 18 metros de ancho, y una plataforma de estacionamiento de 1800 m², además de una Calle de Viraje ubicada en el umbral 02. Tanto la pista como las dos calles existentes constan de estructuras de pavimento flexible para soportar las cargas del tráfico aéreo, mientras que la plataforma de estacionamiento está conformada por una estructura de pavimento rígido.

El actual aeropuerto que sirve al departamento de Pando es el Aeropuerto Cap. Aníbal Arab Fadul, que se encuentra administrado por AASANA, y situado en las proximidades de la ciudad Cobija a una elevación de 235 metros sobre el nivel del mar, emplazado en las siguientes coordenadas: 11°02'29,15'', W68°46'52,07''.

ILUSTRACIÓN 1. UBICACION GEOGRAFICA



FUENTE: Plan Maestro ALG

Está ubicado en el área urbana del municipio de Cobija, ubicada a su vez en la provincia Nicolás Suárez al Noroeste del Departamento de Pando.

Desde 1988 el aeropuerto de Cobija lleva el nombre de cap. aníbal arab fadul, quien fue el primer piloto y pionero de la aviación civil y comercial en la amazonia boliviana.

ILUSTRACIÓN 2. CAP. ANÍBAL ARAB FADÚL



FUENTE: FOTOMONTAJE SOL DE PANDO

El aeropuerto de Cobija lleva su nombre desde 1988, año en que este meritorio hijo de la tierra pandina había dejado de pilotear los aviones del Lloyd Aéreo Boliviano (LAB), jubilándose después de 42 años al servicio de la aviación nacional como el primer piloto boliviano nacido en Pando.

Hoy, el pequeño aeropuerto que rememora sus hazañas como pionero de la aviación pandina, está a pocos días de convertirse en una de las cuatro terminales aéreas más importantes de Bolivia junto a los aeropuertos internacionales de La Paz, Santa Cruz y Cochabamba.

Para el Capitán Aníbal Arab existen fundamentales razones técnicas para ampliar y modernizar una terminal aérea que quedó obsoleta ante un flujo de más de 123.000 pasajeros

nacionales y extranjeros que utilizan este aeropuerto anualmente. Dijo el veterano aviador Cap. Anibal Arab (2016) “Es muy importante garantizar no sólo la comodidad en el pre-embarque sino también la seguridad en los despegues y aterrizajes, que las aeronaves puedan cargar más combustible, llevar más peso, y desplazarse sobre la pista con la máxima eficiencia” (soldepando.com la luz de la amazonia).

Este aeropuerto situado en los márgenes de la ciudad de Cobija fue construido en 1984 durante el gobierno de Hernán Siles Suazo. Anteriormente ocupaba los terrenos de la actual Plazuela Ecológica, conocida también como “Parque Piñata”, en pleno centro de la ciudad. La obra de los años ochenta no fue diseñada para su uso como aeropuerto internacional ni previó el inusitado crecimiento poblacional de la capital amazónica.

La nueva terminal aérea de Cobija, abarca una superficie de 5.211 metros cuadrados y una moderna torre de control y equipamientos que incluyen su respectiva sala VIP. Además de extenderse la pista de aterrizaje de 2.000 a 2.600 metros de longitud incluyendo una plataforma de viraje, se amplía el playón para aeronaves y se edifican áreas de seguridad en un extremo de la pista, adecuación de los márgenes de pista y calles de rodaje, junto a un moderno sistema de señales para el movimiento de naves. Tendrá una capacidad para albergar a 235.000 pasajeros por año, tomando en cuenta las proyecciones para los siguientes dos décadas, lo cual incluye la circulación de 600 pasajeros en horas pico con 11 unidades de abordaje. Podrán funcionar hasta seis aerolíneas en forma simultánea.

Es necesario destacar que el “Programa de Infraestructura Aeroportuaria (PIA)”, encarado por la Unidad Técnica Aeroportuaria (UTA), cuyo fin es que los aeropuertos priorizados cumplan con las normas y reglamentaciones tanto nacionales como internacionales, en términos de seguridad, con infraestructura adecuada y que permitan atender los requerimientos para equipamiento moderno y competitivo, alcanzando estándares internacionales en aquellos que dan esa prestación, consolidando así la industria aérea nacional y apoyando a la producción y a la industria turística. (AERO COCIJA CEMOSA Y TECNO AER SRL, Febrero 2016)

“Esto significa que nuestro aeropuerto podrá recibir aerolíneas que seguramente vienen de otros países, no solamente de manera interna, será un verdadero aeropuerto

internacional, todo se ampliara de acuerdo a un estándar internacional”. Manifestó: Luis Adolfo Flores Gobernador de Pando, según Abya-yala digital.

1.2. ANTECEDENTES TECNICOS

El objetivo general de la ampliación y mejoramiento del aeropuerto Cap. Aníbal Arab Fadul de la ciudad de Cobija es la de efectuar obras civiles para que una vez estas sean concluidas la infraestructura existente satisfaga todos los estándares internacionales en cuanto a seguridad, calidad de servicios y protección del Medio Ambiente, contribuyendo decididamente a convertir a Cobija en un centro integrador en Bolivia. Con lo que se proporciona una matriz de desarrollo que permitirá proyectar el crecimiento del aeropuerto evitando restricciones prematuras que en la actualidad presenta dicha terminal aeroportuaria.

Los objetivos específicos que se han perseguido con el presente proyecto aeroportuario son:

Diseño efectivo del área de movimiento de aeronaves (pista, calles de rodaje y plataforma de aviación), áreas y edificaciones de servicio, terminal de pasajeros, zonas públicas y otras, de manera global e integral, de acuerdo a la Reglamentación Aeronáutica Boliviana, normas y recomendaciones de la Organización de Aviación Civil Internacional, y toda otra norma internacional o nacional aprobada y autorizada para su utilización en el presente diseño, por la Dirección General de Aeronáutica Civil-DGAC.

Con estos lineamientos, las obras diseñadas han sido:

- Área de Movimiento de Aeronaves.
- Sistemas de drenajes, sanitario y pluvial.
- Cerco perimetral (delimitación del área aeroportuaria).
- Equipamiento y ayudas a la navegación aérea.
- Terminal de pasajeros.
- Torre de control y bloque técnico
- Otros edificios de apoyo (de acuerdo a requerimiento).
- Obras de mitigación de impacto ambiental durante la construcción del aeropuerto.

- Diseño de servicios básicos (sistemas de energía eléctrica, agua potable y alcantarillado, sistemas de comunicación, teléfonos, etc.).
- Caminos de acceso público vehicular y peatonal.
- Vías de circulación interna de servicios y de emergencia.
- Otras edificaciones aeroportuarias

En resumen las metas propuestas y establecidas dentro del Estudio de Identificación y estudio TESA Cap. Aníbal Arab Fadul son los siguientes:

- Desarrollar una infraestructura aeroportuaria sujeto a normas nacionales e internacionales
- Crear una infraestructura aeroportuaria que brinde seguridad a la aviación civil.
- Satisfacer la demanda insatisfecha para el transporte aéreo
- Permita operar a las aeronaves con la mayor capacidad disponible
- Crear una cultura de transporte aéreo en toda la región
- Desarrollar una fuente de oportunidad para el crecimiento de la región
- Establecer un polo de desarrollo en la región, que induce a dinamizar el turismo

El pavimento de las áreas de movimiento del aeropuerto Aníbal Arab Fadul, tiene una vida de servicio mayor a los 20 años, por lo cual presenta un estado de deterioro de diferentes niveles, de acuerdo al comportamiento de su estructura, la calidad del suelo de fundación y las obras de mantenimiento que se han efectuado a lo largo de este periodo.

Por otra parte, en el estudio de demanda realizado en el Plan Maestro se ha determinado la ampliación del ancho y la longitud de pista, la construcción de una nueva calle de rodaje y la ampliación de la plataforma de aeronaves.

1.2.1. UBICACIÓN Y ELEVACIÓN DEL AEROPUERTO.

El Aeropuerto Capitán Aníbal Arab Fadul es un aeropuerto público ubicado en la ciudad de Cobija, Pando, Bolivia.

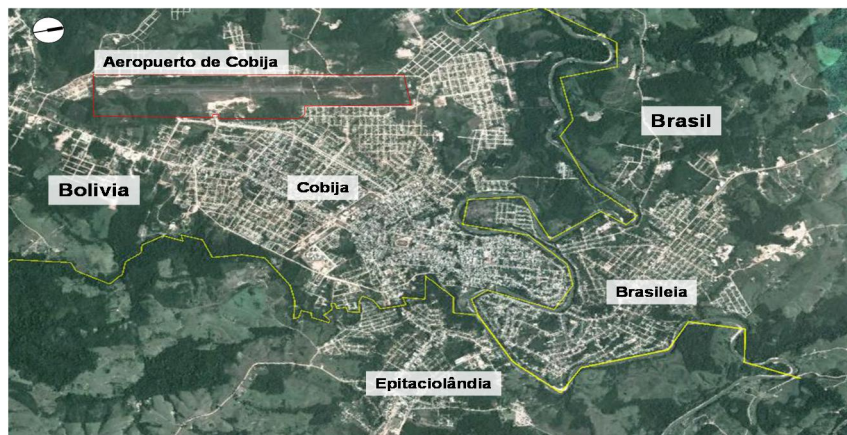
- País: Bolivia
- Departamento: Pando
- Provincia: Nicolás Suárez
- Municipio: Cobija

Ilustración 3. Ubicación geográfica del aeropuerto



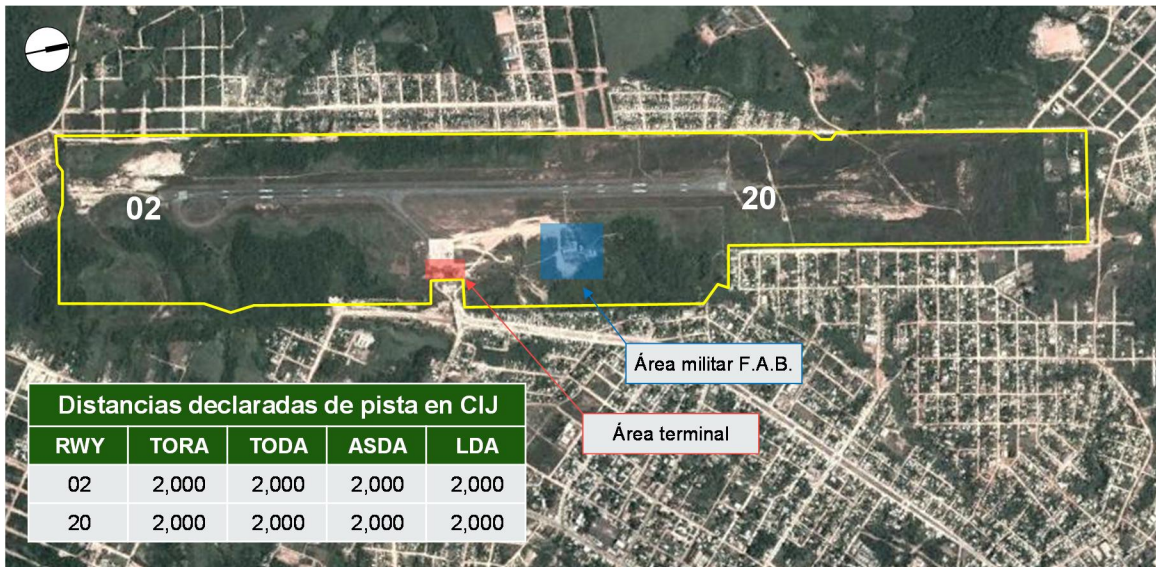
Fuente: Plan Maestro ALG

. ILUSTRACIÓN 4. "UBICACIÓN DEL AEROPUERTO "CAP. ANIBAL ARAB FADUL"



Fuente: Plan Maestro ALG

ILUSTRACIÓN 5. ÁREA DE PROYECTO



FUENTE: PLAN MAESTRO 2014

El Aeropuerto se encuentra situado al sur de Cobija, como puede apreciarse en la siguiente imagen.

Ilustración 6. UBICACIÓN DEL AEROPUERTO “CAP. ANIBAL ARAB FADUL”



Fuente: Plan Maestro ALG

1.2.2. SÍNTESIS DEL PROYECTO

Se realizará la ampliación de la longitud de la pista de vuelo actual en 600 m, al tiempo que se amplía el ancho de los 30 m actuales a 45 m. adicionalmente se realizará el recarpetado de la pista, lo que permitirá adecuar las pendientes actuales a los requisitos normativos.

Por otro lado, se construirá una nueva calle de rodaje de acceso a pista y una ampliación de plataforma que permitirá albergar hasta cuatro posiciones de estacionamiento destinadas a aeronaves de letra de clave C. Se realizará el recarpetado de calle de rodaje y plataforma existentes, de manea que se recupere la capacidad portante de los pavimentos existentes al tiempo que se corrigen los incumplimientos de pendiente que se han detectado en calle de rodaje y plataforma.

De acuerdo a las condiciones particulares en las que se encuentra actualmente el pavimento en cada sector y de las nuevas exigencias de una mayor oferta de infraestructura, el área de movimiento de aeronaves se ha dividido en los sectores siguientes:

- a. Pista tramo 0 + 000 a 2 + 000 Sobrecarpeta pavimento antiguo (ancho de 30 metros)
- b. Pista tramo 0 + 000 a 2 + 000 Carpeta nueva (7.50 metros a cada lado de la pista)
- c. Pista tramo 2 + 000 a 2 + 600 Carpeta nueva ampliación de longitud (ancho 45 m)
- d. Calle rodaje (pavimento flexible) Sobrecarpeta sobre pavimento antiguo
- e. Calle de rodaje nueva Carpeta nueva (ancho 18 metros)
- f. Ampliación de plataforma Construcción pavimento rígido nuevo

Las características de la pista ampliada, aplicando el sistema WGS-84 son las siguientes:

- Coordenadas UTM del ARP: 11°02.34' latitud Sur; 68°47.00' longitud Oeste
- Altitud del ARP: 245 m sobre el nivel del mar

- Clasificación del aeropuerto en su etapa de inicio, tras las actuaciones propuestas son:
 - Tipo: aeropuerto civil
 - Clase: internacional
 - Categoría OACI: 4C

PISTA		DIMENSIONES (m)				
RWY	Orientación	Pista	RESA	FRANJA	SWY	CWY
02	10.36° GEO	2.600x45	240X150	2.720x300	No	60x150
20	190.36° GEO	2.600x45	240X150	2.720x300	No	60x150

1.2.3. ANÁLISIS DE LA LONGITUD DE PISTA

En la etapa de inicio definida en el Plan Maestro del aeropuerto y que se recoge en el presente diseño final, se contempla una ampliación de la pista de vuelo actual hasta los 2.600 m de longitud. La justificación de la solución adoptada, a grandes rasgos, viene dada por el propio Plan Maestro, el cual a su vez, viene soportado por los distintos estudios y análisis que se han llevado a cabo como pasos previos e indispensables para la redacción del mismo.

A continuación se recoge el análisis de la longitud de pista que queda recogido en el Plan Maestro, para la etapa inicial, que es la que se está desarrollando en el presente Diseño Final.

La referencia a la normativa RAB 137 queda referida a continuación:

RAB 137.200 (g)

Longitud verdadera de las pistas

(g) Pista principal

La longitud verdadera de toda pista principal debe ser adecuada para satisfacer los requisitos operacionales de los aviones para los que se proyecte la pista y no debe ser menor que la longitud más larga determinada por la aplicación a las operaciones de las correcciones correspondientes a las condiciones locales y a las características de performance de los aviones que tengan que utilizarla.

Nota 1.- Esta especificación no significa necesariamente que se tengan en cuenta las operaciones del avión crítico con masa máxima.

Nota 2.- Al determinar la longitud de pista que ha de proporcionarse, es necesario considerar tanto los requisitos de despegue como de aterrizaje, así como la necesidad de efectuar operaciones en ambos sentidos de la pista.

Nota 3.- Entre las condiciones locales que pueden considerarse figuran la elevación, temperatura, pendiente de la pista, humedad y características de la superficie de la pista. (Reglamento sobre diseño RAB 137 C-2)

En el Plan Maestro se determinó calcular la longitud de pista necesaria para operaciones de una aeronave de diseño tipo B 737-300; para este fin y siguiendo los procedimientos del documento 9157 de la OACI en lo que respecta a CORRECCIÓN DE LA LONGITUD DE LA PISTA POR ELEVACIÓN, TEMPERATURA Y PENDIENTE se obtuvieron los siguientes resultados:

- La longitud mínima requerida para el despegue del B 737-300 sin restricciones en la carga de pago será de unos 2.600 m.
- Por otro lado, la longitud mínima requerida para el aterrizaje del B 737-300 sin restricciones en la carga de pago será de unos 1.600 m.

1.2.4. RADIO DE ACCIÓN

De igual modo, se recoge a continuación la tabla resumen con el análisis realizado para la aeronave de diseño considerada y la longitud de pista resultante 2.600 m, en la que se

ofrece una estimación de los posibles destinos que se podrían elegir para las operaciones desde Cobija y que se encuentran dentro del alcance de 1.500 NM

TABLA 1. CARACTERÍSTICAS PARA DISEÑO

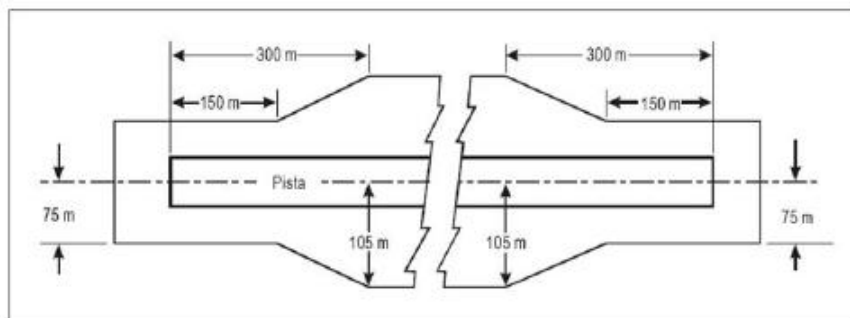
LONGITUD PISTA (m)	AERONAVE	PAX.	ALCANCE	DESTINOS
2600	B-737-300	138 PASAJEROS (Sin penalización)	1500 NM	La Paz (Bolivia) Lima (Perú) Caracas (Venezuela) Santiago de Chile (chile) Buenos Aires (Argentina) Sao Paulo (Brasil) Bogotá (Colombia)

1.2.5. FRANJA DE PISTA

Se declara una franja de pista para aproximaciones que no sean de precisión, que se extiende antes del umbral y más allá del extremo una distancia de 60 m, extendiéndose lateralmente hasta una distancia de 150 m desde el eje de la nueva pista. En definitiva, se dispondrá una franja de dimensiones 2.720x300 m.

De modo que se cumplan los requisitos del rab para la etapa de máximo desarrollo (pista instrumental), la parte de franja que debe nivelarse se extenderá lateralmente hasta una distancia de 105 m desde el eje, pero esta distancia se reduce paulatinamente a 75 m en ambos extremos de la franja, a lo largo de una distancia de 150 m, contada desde el extremo de la pista.

ILUSTRACIÓN 7. FRANJA DE NIVEL DE SEGURIDAD



1.2.6. ÁREA DE SEGURIDAD DE EXTREMO DE PISTA (RESA)

Se dispone para ambas cabeceras de pista de áreas de seguridad RESA, de 240 metros de largo por 150 metros de ancho, coincidiendo con el ancho de la franja nivelada en los umbrales.

Se cumplen de esta manera no sólo las dimensiones mínimas obligatorias para un aeródromo de clave 4 (90x90 m.), sino también la recomendación del inciso c) del punto 137.55 Áreas de seguridad de extremo de pista (RESA) de la RAB 137. (RAB 137 C-1 , 2018).

La normativa indica limitar las pendientes longitudinales y transversales máximas en las RESAs al 5% descendente y ascendente/descendente, respectivamente.

En nuestro diseño, las pendientes longitudinales de las RESAS son las que se muestran en la siguiente tabla

RESA	Pendiente longitudinal	Pendiente transversal
Cabecera 02	-1,03%	-1,50%
Cabecera 20	-2,23% hasta PK +2040,00	-1,50%
	-5,00% hasta PK +2.900,00	-1,50%

1.2.7. PUNTOS DE ESPERA

Se han dispuesto puntos de espera de acceso a pista en las calles ALFA y BRAVO:

- Distancia de 75 metros del eje de la pista 02-20 (aproximación de no precisión, clave 4,)

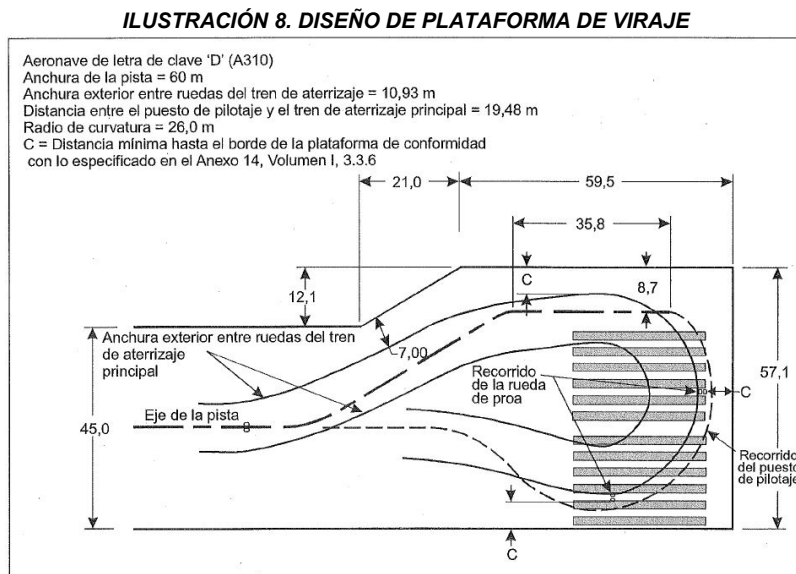
Igualmente, en el acceso a pista por el vial del SSEI se ha dispuesto un punto de espera en vía de vehículos, situado a 75 m del eje de la nueva pista existente 02-20

1.2.8. PLATAFORMAS DE VIRAJE

Tal y como recoge la RAB-137 en su sub parte C Características Físicas, apartado 137.51 Plataformas de Viraje en la Pista y el Anexo 14 en su norma 3.3.1, cuando el extremo de una pista no dispone de una calle de rodaje y la letra de clave es D (E o F), se proporcionará una plataforma de viraje en la pista para facilitar el viraje de 180° de los aviones.

De este modo, se han proyectado dos plataformas de viraje en cada extremo, una ubicada al lado izquierdo y al derecho de la pista, adyacente al pavimento en ambos extremos de la pista, ya que el asiento de la izquierda es la ubicación normal del piloto al mando.

El diseño de las plataformas de viraje se encuentra en pleno cumplimiento con el Manual de Diseño de Aeródromo de OACI para aeronaves de letra Clave D y con un ancho de pista de 45 m en previsión a la posibilidad de que la pista sea declarada 4D en el futuro.



Además, se han proporcionado márgenes pavimentados con una anchura de 7,5 m, para prevenir la erosión producida por el chorro de los reactores de los aviones que realizan virajes y todo daño que puedan producir los objetos extraños a los motores del avión y cumpliendo adicionalmente con el inciso (l) del apartado 137.210 Plataforma de viraje

en pista del RAB, en el que se indica que cómo mínimo, la anchura de los márgenes tendría que abarcar el motor exterior del avión más exigente, requiriendo así una anchura igual o superior a la de la pista adyacente, que en nuestro caso es de 7,5 m.

Las pendientes longitudinales y transversales de las Plataformas de viraje son las de pista, habiéndose definido una nueva plataforma de viraje situada en el umbral 20 de pista y una plataforma de viraje en el umbral 02 de pista en sustitución de la calle de viraje actual.

1.2.9. DESCRIPCIÓN DE LA AMPLIACIÓN DEL ÁREA DE MOVIMIENTO.

En el mejoramiento del Aeropuerto de Cobija se realizará una ampliación de la pista de vuelo existente, de designación 02/20, cuyo punto de referencia (ARP) se encontrará localizado sobre el punto medio del eje de la nueva longitud de pista de vuelo (PK +1300, tomando como PK 0 el nuevo umbral 02).

Sus coordenadas, aplicando el sistema WGS-84, serán:

UTM: X = 523.755,44 Y = 8.779.824,90

La altitud del ARP será de 245,19 m, una vez realizada la nivelación de la pista; este dato se justificará posteriormente en el análisis altimétrico del Área de Movimiento. La clasificación del aeropuerto que queda con este Diseño Final (etapa 1) es como sigue:

Tipo:	Aeropuerto Civil
Clase:	Internacional
Categoría OACI:	4C (ancho de pista = 45 m)

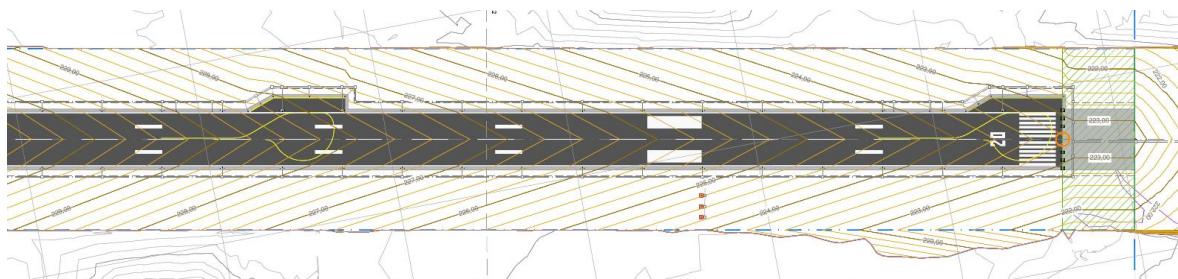
El área de maniobras la configuran los siguientes elementos:

- Pista de vuelo 02/20 de longitud entre umbrales de 2.600 m y una anchura de 45 m en pavimento flexible resistente

- Se proveerán márgenes pavimentados de 2,5 metros a cada lado de pista para favorecer la protección contra el chorro y los movimientos de los vehículos de servicio y mantenimiento de las ayudas visuales que se disponen en esta zona.
- En los extremos se añaden sendas zonas libres de obstáculos cuya anchura será igual a la de la parte nivelada de la franja de pista, con una longitud de 60 m.
- Se declara una franja de pista que se extiende desde 60 m antes del umbral 02 hasta 60 m después del umbral 20, con una longitud total de 2.720 m (60 + 2.600 + 60 m), que se extenderá lateralmente hasta una distancia de 150 m a ambos lados del eje, requisito que exige la normativa RAB y OACI para pistas de clave 4 de aproximación no de precisión. La parte nivelada de la franja se proveerá hasta una distancia de 75m
- No se declaran zonas de parada (SWY)
- Se proveerá sendas áreas de seguridad de extremo de pista (RESA) en cada uno de los umbrales, cuyo ancho será igual a la anchura de la parte nivelada de la franja (150 m), con una longitud de 240 m, al tratarse de una pista con número de clave 4.
- En esta etapa inicial se define una nueva plataforma de viraje situada en el umbral 20 de pista
- Se construirá una plataforma de viraje en el umbral 02 de pista, situada en el emplazamiento de la actual calle de viraje
- Se construirá una nueva calle de rodaje de acceso a plataforma cuyas características cumplirán lo indicado en la RAB y OACI para calle de rodaje de letra de clave C, con un ancho de 18 m y márgenes pavimentados de 4 m, proporcionando un ancho total superior a los 25 m establecidos por la normativa
- La calle de rodaje existente será renivelada y repavimentada para corregir los incumplimientos de pendiente existentes en la actualidad
- Se ampliará la plataforma por el norte y por el sur, de manera que se aumente su capacidad hasta alcanzar 4 puestos de letra de clave C, más un espacio suficiente para albergar hasta 10 posiciones de aviación general. Al mismo tiempo se

actuará sobre el pavimento de la plataforma actual para corregir los incumplimientos de pendiente detectados. Con estas actuaciones, la nueva plataforma tendrá unas dimensiones de 290 x 88 m, a los que se añade un margen pavimentado de 6,5 m

ILUSTRACIÓN 9. AMPLIACION DE LA PISTA POR EL LADO NORTE



Fuente: Plan Maestro ALG

1.2.10. SERVICIO DE SUPERVISIÓN.

El Gobierno del Estado Plurinacional de Bolivia a través del Ministerio de Obras Publicas Servicios y Vivienda, Viceministerio de Transportes y el Programa de Infraestructura Aeroportuaria contrató los servicios de la **Asociación Accidental Euroestudios – Getinsa Payma - Belmonte**, que esta legalmente representada por el Ing. Miguel Fernando Grandi Molina, con CI N° 3434921 LP, en virtud al Testimonio de Poder N° 1367/2016, otorgado ante Notaria de Fe Pública para que efectúe la SUPERVISION TECNICA DEL MEJORAMIENTO Y AMPLIACION DEL AEROPUERTO CAP. ANIBAL ARAN FADUL DE LA CIUDAD DE COBIJA a través de la firma del Contrato N° 194 entre los entes Contratante y Supervisión arriba nombrados.

TABLA 2. SUPERVISIÓN TÉCNICA DE LA CONSTRUCCIÓN DEL AEROPUERTO

SUPERVISIÓN TÉCNICA DE LA CONSTRUCCIÓN DEL AEROPUERTO “CAP. ANIBAL ARAB FADUL” DE LA CIUDAD DE COBIJA	
Licitación Pública Internacional	LICITACIÓN PÚBLICA INTERNACIONAL N° PIA-I-1-LPI-O
Contrato	N°194
Contrato de préstamo	2951/BL-BO
Financiamiento	BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO
Fecha de firma de Contrato	16 de diciembre de 2016
Contratante	MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS SERVICIOS Y VIVIENDA
Consultora	Asociación accidental "BELMONTE - EUROESTUDIOS - GETINSA-PAYMA"
Monto Contrato Original	Bs. 11.871.408,2
Orden de Proceder	4 de Enero del 2017
Plazo de Ejecución	660 Días Calendario
Fecha de conclusión	26 e octubre de 2018

1.2.11. PLAZO CONTRACTUAL

El plazo contractual establecido para la prestación de los servicios contratados está establecido en 660 días calendario, que contemplan las siguientes fases conforme a la siguiente distribución de tiempos.

- Periodo de Revisión del estudio: 30 días calendario
- Periodo de Supervisión de obras hasta la entrega provisional 540 días calendario.
- Cierre del proyecto 90 dias calendario

1.2.12. OBJETO PRINCIPAL DEL SERVICIO DE LA SUPERVISIÓN

El objeto principal de los Servicios de Consultoría es lograr la óptima ejecución de las obras contratadas para el mejoramiento y ampliación del Aeropuerto Cap. Anibal Arab Fadul de la Ciudad de Cobija.

Estos servicios comprenden desde el replanteo y control de las actividades que ejecute el Contratista y una eficiente supervisión de los trabajos de construcción de las obras y la preservación del medio ambiente durante el período de construcción.

Para la correcta prestación del servicio, hasta su conclusión dentro de los Términos de Referencia, que forman parte del presente contrato, así como garantizar la calidad del mismo, el Supervisor queda obligado a prestar el servicio, con el personal profesional idóneo y equipo ofertado, así como todo lo necesario de acuerdo con los documentos de contratación y propuesta presentada.

1.2.13. EJECUCION DE CONTRATO DE OBRAS.

Los principales datos del Contrato de Obra se describen en el siguiente cuadro:

TABLA 3. EJECUCION DE CONTRATO DE OBRAS

MEJORAMIENTO Y AMPLIACIÓN DEL AEROPUERTO CAP. ANÍBAL ARAB FADUL DE LA CIUDAD DE COBIJA.	
Licitación Pública Internacional	LICITACIÓN PÚBLICA INTERNACIONAL N° PIA-I-1-LPI-O
Contrato	N°191
Contrato de préstamo	2951/BL-BO
Financiamiento	BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO
Fecha de firma de Contrato	8 de diciembre de 2016
Contratante	MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS SERVICIOS Y VIVIENDA
Contratista	LEVON S.A. Sucursal Bolivia
Monto Contrato Original	Bs. 186.384.833,97
Monto Contrato s/C.M. N° 1	Bs. 186.384.833,97
Monto Contrato s/C.M. N° 2	Bs. 186.384.833,97
Monto Contrato s/C.M. N° 3	Bs. 195.972.368,80
Orden de Proceder	9 de Enero del 2017

Plazo de Ejecución Original	540 Días Calendario (18 meses)
Plazo de Ejecución s/C.M. N° 1	540 Días Calendario (18 meses)
Plazo de Ejecución s/C.M. N° 2	540 Días Calendario (18 meses)
Plazo de Ejecución s/C.M. N° 3	679 Días Calendario (22 meses)
Fecha de conclusión Original	3 de agosto 2018
Fecha de conclusión s/C.M. N° 1	3 de agosto 2018
Fecha de conclusión s/C.M. N° 2	3 de agosto 2018
Fecha de conclusión s/C.M. N° 3	20 e diciembre 2018

Fuente: INFORMES DIARIOS

1.3. ESTUDIOS DIAGNOSTICOS

1.3.1. POBLACIÓN Y FLUJO DE PASAJEROS.

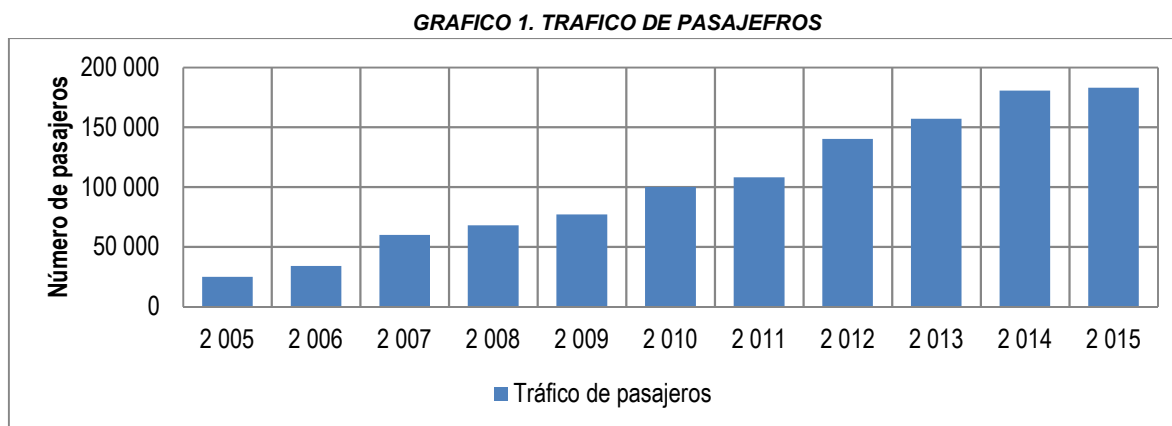
La población y el flujo de pasajeros en el aeropuerto han ido evolucionando con el paso de los años, el tráfico de pasajeros en el aeropuerto de Cobija se ha incrementado conforme a los datos proporcionados por AASANA.

TABLA 4. FLUJO DE PASAJEROS

Evolución del tráfico de pasajeros	
Año	Número de pasajeros
2.005	25.000
2.006	34.000
2.007	60.000
2.008	68.000
2.009	77.000
2.010	100.000
2.011	108.000
2.012	140.188
2.013	156.946
2.014	180.560
2.015	182.939

Fuente: AASANA

Los datos anteriores tienen la siguiente representación



Fuente: Datos de AASANA

Según las últimas estadísticas el departamento de Pando, es la población con mayor porcentaje de crecimiento demográfico del país según el Instituto Nacional de Estadísticas (INE) del censo 2012. Ante la demanda diaria y la necesidad de la población por salir y llegar a la ciudad de Cobija, por medio del “Ministerio de Obras Publicas Servicios y Viviendas” se está ejecutando el mejoramiento y ampliación del Aeropuerto “Cap. Anival Arab Fadul” para esto, la Empresa Constructora Portuguesa “LEVON”, es la encargada de la ejecución de este proyecto, juntamente con la Empresa Supervisora Asociación Accidental “EUROESTUDIOS-GENTISA-PAYMA-BELMONTE”.

La ejecución de una obra depende de muchos factores. Para ello un rol muy importante asume la empresa supervisora quien está a cargo de la buena ejecución, control de calidad y el buen cumplimiento de las especificaciones técnicas de la obra.

La actual pista que existente en el aeropuerto no cumple con los requerimientos para un aeropuerto internacional que exige la norma de la OACI “Organización de Aviación Civil Internacional”, en el capítulo 3 y 4 nos indica las características físicas de una pista, de igual forma guiados por la Reglamentación Aeronáutica Boliviana “RAB 137”.

1.3.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

a. Identificación del problema.

La pista existente del aeropuerto se encuentra deteriorada en mal estado, cuenta con una longitud actual de 2000 m. de largo y 30 m. de ancho, a causa del deterioro de la pista y la insuficiencia de la misma es necesario un mantenimiento, recapamiento y una ampliación a lo largo y ancho de la pista que a su vez brindara mayor seguridad de aterrizaje y despegue de las aeronaves que llegan y salen de Cobija.

En la actualidad el aeropuerto de Cobija tiene permitido los aterrizajes y despegues de forma restringida en horarios nocturnos, debido a que no cuenta con los equipamientos y dimensiones necesarios para realizar este tipo de operaciones con la máxima seguridad que se requiere.

En base a los antecedentes mencionados la pista no cuenta con los requisitos mínimos para ser un aeropuerto internacional, por lo tanto, los vuelos son restringidos para este aeropuerto, es decir que una aeronave no puede volar a su máxima capacidad, y por lo mismo tampoco puede recibir vuelos internacionales.

b. Formulación del problema.

Un factor de mucha importancia en la construcción del aeropuerto es el tipo de suelos con el que cuenta la región donde se construirá dicho aeropuerto, por lo mismo cabe mencionar que en el municipio de Cobija y en casi todo el departamento de Pando los suelos son muy deficientes, o poco resistentes, frecuentemente se puede encontrar diferentes tipos de suelos como ser: limo arcillosos, suelos con bastante vegetación, suelos arenosos y los suelos lateríticos que son propios de las regiones cálidas.

A consecuencia de las características de suelos existentes en la región, las obras requieren un mayor control de parte de la empresa supervisora hacia la empresa constructora, en el

tratamiento de los suelos. Una buena supervisión realiza un estricto control de calidad de los estudios de suelo y puesta en obra de los materiales, debido a que con el transcurrir del tiempo podrían ir manifestándose grietas, como suele suceder en diversas pistas o carreteras. Por lo general el agrietamiento ocurre con más frecuencia en las zonas del pavimento que recibe la mayor parte de las sollicitaciones. Y las causas por lo general son la falta de control de calidad y el confinamiento lateral de una carpeta mal adherida a la base.

Toda empresa supervisora requiere de personal de apoyo capacitado en el área de geotecnia, que realice un seguimiento y control a la empresa constructora y que verifique un estricto cumplimiento a las especificaciones técnicas, controlando en todo momento la calidad de los suelos que se usaran en la pista del aeropuerto, quien colabore en la ejecución y el seguimiento de la obra de manera eficiente.

1.3.3. OBJETIVOS.

a. Objetivo general.

Ejecutar las labores de residente de supervisión en el área de geotecnia, de la ampliación de la pista del Aeropuerto Internacional Capitán Aníbal Arab Fadul y aportar con los conocimientos adquiridos para la estabilización de la capa base, con un suelo mejorado – suelo cemento.

b. Objetivos específicos.

- Participar en la supervisión de la construcción del Aeropuerto Cap. Aníbal Arab Fadul en el control de calidad del área de Geotecnia para el paquete estructural de la ampliación de la pista.
- Calcular la carpeta estructural con el suelo mejorado en la capa base de la pista.
- Evaluar el proyecto a diseño final en comparación al presente proyecto.

1.3.4. JUSTIFICACION

a) Justificación Social.

El departamento de Pando es uno de los departamentos que se encuentra más alejado en comparación de las otras ciudades de nuestro país y para llegar a otra ciudad mínimamente se demora tres días de viaje por carretera, en épocas secas y en épocas lluviosas la carretera se vuelve intransitable por otro lado la Capital de Cobija es frontera con el vecino país Brasil el mismo no cuenta con un aeropuerto en la ciudad de Eptaciolandia ni Brasilea.

Por ello es importante contar con un aeropuerto internacional de calidad, que sea satisfactoria a la demanda de la población Cobijeña, turistas y visitantes, que cuente con todos los requisitos, con un equipamiento mínimo y que brinde seguridad a los usuarios y tripulantes.

La demanda de pasajeros en comparación de otros años atrás se ha incrementado y cada vez es mayor, es por ello la necesidad de la ampliación del aeropuerto. En una primera fase se realizó la construcción de una nueva terminal aeroportuaria, que consta de un edificio con oficinas administrativas y áreas de atención al cliente. En la actualidad se está dando curso a una segunda fase que es el mejoramiento y ampliación de la pista del aeropuerto.

b) Justificación Económica.

El costo de inversión en la modernización y ampliación del aeropuerto Cap. Anibal Arab Fadul es de: BS. 186.384.833,97 (ciento ochenta y seis millones trescientos ochenta y cuatro mil ochocientos treinta y tres 97/100). Mismo que es justificable porque facilitara el acceso a muchos transeúntes aéreos nacionales e internacional que a la larga se podrá recuperar esta inversión.

Por otro lado ayudara en el movimiento económico en la zona ya que habrá mayor transitabilidad de pasajeros.

Al ser un aeropuerto internacional debe cumplir la normativa de la OACI y esto contempla el tema geométrico, pavimento, infraestructura, equipamiento, etc. esto implica mayor frecuencia y destinos, por lo tanto mayor ingreso económico.

A pesar de que los nuevos aeropuertos “Aníbal Arab Fadúl” de Cobija y “Jorge Henrich Arauz” de Trinidad son similares en costos y dimensiones, existe un dato geoestratégico que marca una diferencia sustancial entre ambos proyectos: Cuando el nuevo aeropuerto internacional de Cobija sea inaugurado, según explica el gobernador Luis Flores Roberts, “nuestra ciudad tomará un inusitado dinamismo comercial y turístico ya que los vuelos, por ejemplo a Panamá con escalas internacionales en los aeropuertos de Brasilia, Sao Paulo, Lima, Santiago, Buenos Aires y Montevideo, tenderán a concentrarse en el nuevo aeropuerto pandino”. De ese modo se descongestionaría especialmente el saturado flujo en el aeropuerto internacional de Viru Viru, en Santa Cruz.

c) Justificación Técnica.

Actualmente el Aeropuerto Cap. Aníbal Arab Fadul tiene una longitud de 2000 m. esto significa que es un aeropuerto con muchas restricciones de vuelos para las aeronaves, por las características actuales de la pista, es decir que el avión comercial “BOEING 737-300”¹ con una capacidad de vuelo de 4 hs. puede volar pero sin usar su máxima capacidad, restringidos en su peso tanto en pasajeros como en equipaje.

¹ “El Boeing 737 (pronunciado “siete-tres-siete” es un avión de reacción de pasajeros de fuselaje estrecho de corto a medio alcance fabricado por la compañía estadounidense Boeing Commercial Airplanes. El 737 se desarrolló como una versión derivada de los Boeing y 707 y 727 de menor costo, menor tamaño y bimotor”. (El Boeing 737-700 es una serie más moderna y actualizada, es el reemplazo del 737-300 se caracteriza por contar con nuevas tecnologías). Este avión posee las alas y el tren de aterrizaje más fuertes del 737-800 y cuenta con mayor amplitud de alcance, ya que tiene tanques de combustibles adicionales.

La ampliación del aeropuerto, de la pista de aterrizaje y despegue, será de 2000 m. a 2600 m. y una longitud de 240 m. de RESA² a cada lado, haciendo una longitud total de 3080 m. de la pista. Esto permitirá que el avión BOEING 737-300 pueda volar sin restricción alguna. La ampliación del aeropuerto de Cobija está diseñado para un avión de mayor envergadura, como ser el “BOEING 767-200”³ mismo que podrá volar sin ningún tipo de condicionamiento en la Ciudad de Cobija, además esta aeronave tiene una capacidad de vuelo de 8 a 9 hr. Eso significa que pueden operar vuelos a EE.UU. y Europa etc.

Al no contar con el equipamiento óptimo de iluminación y de navegación los vuelos en el aeropuerto se operan de forma restringida en horarios nocturnos. Con la ampliación de la pista tendrá una operación de 24 hs. Debido a que también se realizara el equipamiento necesario de iluminación y de navegación.

1.3.5. METODOLOGIA DEL TRABAJO DIRIGIDO

TABLA 5. ACTIVIDADES PARA REALIZAR EL TRABAJO DIRIGIDO

N°	OBJETIVOS	ACTIVIDADES
1.-	Participar en la supervisión de la construcción del Aeropuerto Cap. Aníbal Arab Fadul en el control de calidad del área de Geotecnia para el paquete estructural de la ampliación de la pista.	<ul style="list-style-type: none"> • Recolección de información • Seguimiento a las actividades del laboratorio. • Trabajo de gabinete • Toma y traslado de muestras • Recolección de datos adicionales. • Análisis y caracterización de suelos • Ensayos de Proctor de los suelos. • Ensayos de CBR de los suelos.
2.-	Calcular la carpeta estructural con el suelo	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis del suelo cemento. • Dosificación del suelo Cemento.

² Resa es el área de seguridad de extremo de pista, cuya finalidad es reforzar la protección de las aeronaves ante una posible salida de esa infraestructura, sobre todo, en las maniobras de aterrizaje, por lo que habrá más metros de superficie para frenar en caso de accidentes

³ “El Boeing 767 es un avión comercial a reacción de fuselaje ancho de desarrollo y construido por el fabricante aeronáutico estadounidense Boeing Commercial Airplanes, siendo el primer aparato bimotor. El diseño de la aeronave se caracteriza por disponer de dos turbofanés, un diseño convencional de cola y un nuevo perfil alar para reducir la resistencia aerodinámica, se diseñó con una capacidad de entre 181 a 375 pasajeros y una autonomía de vuelo entre 3850 millas náutica (7130.2 km). El nuevo avión comercial recibió la designación 767, con la previsión en un primer momento de fabricar tres variantes y entre ellos el 767-200 de 210 plazas, destinadas a rutas internacionales, este tipo de avión se diseñó con el fin de que tuviese una autonomía suficiente para realizar vuelos transcontinentales en América del Norte o para realizar vuelos sobre el Atlántico norte”.

	mejorado en la capa base de la pista.	<ul style="list-style-type: none"> • Elaboración de las probetas del suelo cemento. • Ensayo de suelo cemento • Evaluar el paquete estructural con el programa FARFIELD usando datos obtenidos en campo.
3.-	Evaluar del proyecto a diseño final en comparación al presente proyecto.	<ul style="list-style-type: none"> • Evaluar el proyecto a diseño final, con el rediseño del presente trabajo dirigido, empleando el programa FAARFIELD como medio para su evaluación.

1.3.6. ALCANCES

- Se apoyó a la supervisión en la ejecución de la obra de manera integral en el control de calidad, en las diferentes áreas que contempla el proyecto:
 - ❖ Hormigones
 - ❖ Suelos
- Se recalculo la ampliación de la pista del aeropuerto con un suelo mejorado “suelo cemento”, por medio del programa FAARFIELD y según las especificaciones de la FAA circular AC 150-5320-6E

1.3.7. APORTES

- Recalculo de la pista con un suelo mejorado - suelo cemento
- Evaluación del proyecto a diseño final con el presente trabajo dirigido.
- Control tecnológico y liberación de densidades, tanto en suelos como en compactación hidráulica.
- Elaboración y control de ensayos completos de geotecnia para las diferentes áreas del proyecto.
- Control y seguimiento a los trabajos de hormigón de las estructuras complementarias del proyecto, como ser: Bloque SSIE, Bloque Técnico y Plataforma de estacionamiento de Aeronaves.
- Elaboración y control a los ensayos de asfaltos. Control y seguimiento al extendido de la mezcla asfáltica en al área del parqueo vehicular.

PARTE II:

**2. ANÁLISIS SITUACIONAL DEL
PROYECTO**

CAPITULO SEGUNDO: ANÁLISIS SITUACIONAL DEL PROYECTO

2.1. SITUACIÓN SIN PROYECTO.

2.1.1. ESTADO ACTUAL DEL PAVIMENTO.

El estado actual del pavimento de la pista del aeropuerto Cap. Aníbal Arab Fadul se encuentra bastante deteriorada, por los años de servicio que este aeropuerto ha prestado al departamento de Pando en el Municipio de Cobija, a pesar del constante mantenimiento de la pista este asfalto ha sufrido considerables cambios estructurales, ya sea por su uso, por los años de servicio o por el clima del departamento de Pando. El estado actual de deterioro de la infraestructura de pistas es a consecuencia del no cumplimiento de la vida útil de las mismas, esto motiva a que se genere una propuesta de rehabilitación de los mismos.

2.1.1.1. Evaluación Superficial del Pavimento Asfáltico de la Pista.

La evaluación de estado de un pavimento, permite caracterizar las variables que determinan la condición funcional y estructural de un pavimento. Dentro de las características funcionales, se agrupan la rugosidad, resistencia al deslizamiento, en tanto que en las estructurales se cuenta fundamentalmente la capacidad estructural. Otro indicador, que agrupa la condición estructural y funcional de un pavimento son los defectos superficiales. Se clasifican en tres grupos: Agrietamiento, deterioro superficial y distorsión.

El pavimento flexible de la pista del aeropuerto de Cobija presenta deterioro en la pista de aterrizaje, tales como Grietas aisladas, Grietas abundantes en carpeta firme (piel cocodrilo), fisuras longitudinales y transversales, desprendimiento en algunos sectores producto del incremento de operaciones de despegue y aterrizajes de aeronaves de gran capacidad. La superficie de rodaje de la pista de aterrizaje se encuentra aún en funcionamiento debido a los continuos trabajos de reforzamiento efectuados desde que se construyó.

ILUSTRACIÓN 10. EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO ASFALTICO DE LA PISTA.



Fuente: Elaboración propia

2.1.1.2.Deterioro del Pavimento.

Actualmente la pista y calle de rodaje presentan deficiencias en su capa de rodadura de diferente severidad, producidas por el transcurso del tiempo, el tráfico, las características del suelo y los factores climatológicos. En cambio la plataforma, a pesar de su tiempo de servicio, se encuentra en buen estado con fallas pequeñas en las juntas debido a la falta de renovación del sello.

En la evaluación del pavimento efectuada mediante el Índice de Condición del Pavimento (PCI)⁴, el pavimento de pista fue dividido en tres fajas longitudinales de 10 metros de ancho, con los resultados siguientes:

- Faja Central (0+000 – 2+000) PCI = 47 calificación Regular
- Faja lado izquierdo (0+000 – 2+000) PCI = 47 calificación Regular
- Faja lado derecho (0+000 – 2+000) PCI = 50 calificación Regular

En base a los resultados obtenidos en la evaluación y con el fin de garantizar un nuevo periodo de vida útil de 20 años, se ha visto conveniente programar la aplicación de una sobre carpeta de concreto asfáltico sobre un geotextil de pavimentación en toda la superficie de la pista y la calle de rodaje, el pavimento antiguo deberá tener un mantenimiento previo en los sectores más deteriorados, de acuerdo al resultado de la evaluación del pavimento. (AERO COBIJA CEMOSA TECNO AER SRL, 2016)

2.1.2. ENSAYOS PREVIOS PARA VERIFICAR EL ESTADO DE LA PISTA EXISTENTE.

2.1.2.1. GeoRadar.

El GeoRadar, más conocidas por sus siglas en inglés como GPR (Ground Penetrating Radar) es un método de prospección geofísica de amplia utilización, y aplicaciones en la ingeniería geotécnica ya que posee una versatilidad operativa única respecto de sus pares. Como todo método Geofísico, la calidad y precisión de la información que el mismo provee se ve limitada por una serie de factores tanto inherentes al suelo prospectado como externos. Entre los factores externos al subsuelo estudiado, puede mencionarse la dificultad que surge al interpretar las imágenes obtenidas con GPR cuando se emplean especialmente antenas no blindadas ya que los elementos superficiales reflectantes dan lugar a la aparición en los radargramas de contrastes no

⁴ (PCI) Índice de Condición de Pavimento con el cual se permite calificar al pavimento en un rango de valores que van de 0 a 100, mediante una inspección visual del tipo de daños, identificándolos, cuantificándolos y evaluando su nivel de incidencia sobre el pavimento. (ROBLES BUSTIOS, 2015)

deseados que distorsionan la presencia de reflectores reales enterrados. Un caso típico sucede cuando el escenario de prospección se encuentra en áreas edificadas y densamente poblada.

Geo Radar, Ensayo no Destructivo, Procesamiento de Imágenes Geofísicas de Prospección.

Se realizó la evaluación de la estructura mediante georadar para la identificación de las distintas capas que componen el pavimento, y principalmente para la determinación de los espesores de las mismas, constituyendo estos últimos, datos de entrada directos para el diseño de la rehabilitación.

La evaluación mediante georadar se llevó a cabo en la pista, calle de rodaje y plataforma existentes del aeropuerto. En la pista y calle de rodaje se evaluaron en cada una 3 fajas longitudinales.

Los espesores determinados, tras la interpretación de los resultados obtenidos, se presentan en la tabla siguiente.

TABLA 6. ESPESORES DE CAPAS DETERMINADOS MEDIANTE GEORADAR. PISTA

Capa	Espesores medidos, cm			
	Faja 1	Faja 2	Faja 3	Promedio
Carpeta asfáltica	13.9	14.6	14	14
Base	11.6	13.4	17.6	14
Sub Base	26.2	33.1	34.7	31
Subrasante	124	111.1	117.3	117
TOTAL	176	172	184	177

2.1.2.2.Verificacion Deflectometría con Viga Benkelman

Para la determinación de la capacidad estructural del pavimento, se realizaron ensayos de deflectometría con viga Benkelman en los distintos sectores de la pista.

El objetivo principal de estos trabajos fue la recolección de cuencos de deflexiones del pavimento sometido ante la carga de un camión volquete de eje trasero simple cargado a su capacidad máxima (15.6 Ton). Estos ensayos se realizaron cada 25 metros en 8 ejes de la pista y en 5 ejes de la calle de rodaje. Así mismo, se evaluaron 70 puntos de la plataforma para la determinación de la condición estructural, vacíos debajo de losas y eficiencia de transferencia de cargas, realizándose un total de 767 ensayos en la extensión pavimentada del aeropuerto. La cantidad de ensayos por sector se presenta en la tabla siguiente:

TABLA 7. CANTIDAD DE ENSAYOS DE DEFLECTOMETRÍA POR SECTOR

Sector	Eje	Cantidad de ensayos por faja	Total ensayos de deflectometría
Pista	-11	81	650
	-8	80	
	-5	81	
	-3	80	
	+3	81	
	+5	80	
	+8	81	
	+11	80	
	Retorno Norte	6	
Calle de rodaje	-6	10	54
	-3	10	
	0	10	
	+3	10	
	+6	10	
	Intersección con Pista	4	
Calle de retorno	-7	10	63
	-5	11	
	-3	10	
	+3	11	
	+5	10	
	+7	11	
Total ensayos Pista, Calle de rodaje y Calle de retorno			767

ILUSTRACIÓN 11. ENSAYO DE DEFLECTOMETRIA CON VIGA BENKELMAN EN LA ACTUAL PISTA DEL AEROPUERTO



2.1.2.3. Resultados de la Evaluación Efectuada.

A partir de los resultados de la deflectometría y georadar se determinó posteriormente la condición estructural de las distintas capas del pavimento existente, mediante análisis de retrocálculo e interpretación de cuencos de deflexiones.

En primera instancia, fue realizada la evaluación del sistema pavimento-subrasante, asumiendo al paquete estructural existente (carpeta asfáltica, base y subbase) como una sola capa homogénea, colocada sobre una subrasante de espesor infinito, y obteniéndose para la misma un módulo elástico equivalente (E_p). Así mismo, fue determinado el módulo resiliente de la subrasante existente (M_r), que consiste en un módulo equivalente de las capas de mejoramiento que podrían existir (terraplenes, subrasantes mejoradas y/o cambios de material) y el suelo natural.

Por otra parte, con relación a los módulos efectivos del pavimento (E_p), se observa los menores valores de este parámetro en los extremos de la pista, presentándose los mínimos de ellos en el sector comprendido entre 0+000 y 0+200, aproximadamente.

De éstos, los más críticos se encuentran en los ejes más próximos al eje central de la pista (Ejes -5, -3, +3 y +5), coincidiendo dichos módulos efectivos con las elevadas deflexiones reportadas en dichos sectores. Esto denota una muy pobre capacidad estructural en una o más capas del pavimento existente, hecho que se refleja en los severos deterioros identificados, y siendo por tanto imprescindible un mantenimiento mayor para contar con una adecuada capacidad estructural del pavimento.

A partir de la progresiva 0+200, los módulos del pavimento E_p incrementan considerablemente, denotando ello una buena capacidad estructural del pavimento existente. Este incremento es mayor en la parte central de la pista, comprendida entre los ejes -3 y +3, sector donde se tienen módulos entre 1000 y hasta 3500 MPa. Sin embargo, en las fajas extremas de la pista, caracterizadas por los ejes -11, -8, +8 y +11, los módulos del pavimento resultan ser relativamente bajos en comparación a los del sector central, con valores de aproximadamente 500 MPa en promedio, valor que indica una baja capacidad estructural tratándose de un pavimento con un espesores grandes de carpeta asfáltica.

En base a las consideraciones anteriores, fue realizada la definición de tramos o unidades homogéneas para cada eje longitudinal evaluado, identificándose un total de 92 unidades en toda la pista. Para cada unidad fue obtenido el **cuenco de deflexiones representativo**, siendo este igual al promedio de deflexiones de los puntos evaluados correspondientes a un sector determinado.

2.1.3. MANTENIMIENTO PREVIO DE LAS ÁREAS AFECTADAS POR EL DETERIORO

2.1.3.1. Áreas Afectadas De La Pista

En el informe de la evaluación del pavimento realizada en el mes de septiembre del año 2015, se ha registrado sectores del pavimento con fallas de severidad elevada, los cuales deberán recibir un mantenimiento previo antes de la aplicación de la capa

asfáltica de refuerzo mediante el sello de fisuras, bacheos superficiales o profundos con mezcla bituminosa preparada en caliente, de acuerdo a la severidad de la falla.

Para definir los sectores que deben ser incluidos en los trabajos de mantenimiento, se han seleccionado todas las unidades de evaluación con un índice de condición PCI menor a 40 (condición pobre a muy pobre), de acuerdo a las planillas de resumen del Informe de Evaluación presentado en el Estudio de Identificación, las cuales se muestran en las tablas siguientes:

TABLA 8. ÁREAS AFECTADAS EN LA FAJA CENTRAL DE PISTA

Progresiva	Unidad	PCI	Calificación	Área Afectada
0+000-0+050	1	12	Muy pobre	123
0+100-0+550	3, 5, 7, 9, 11	41 a 73	Regular a muy bueno	
0+600-0+650	13	35	Pobre	518
0+700-0+950	15, 17, 19	41 a 58	Regular a bueno	
1+000-1+050	21	28	Pobre	527
1+100-1+150	23	27	Pobre	517
1+200-1+450	25, 27, 29	55 a 79	Regular a muy bueno	
1+500-1+550	31	28	Pobre	78
1+600-1+650	33	32	Pobre	87
1+700-1+750	35	21	Muy pobre	
1+800-1+850	37	70	Bueno	
1+900-1+950	39	40	Pobre	32
Total Área Afectada				1882

Fuente: Plan Maestro ALG

TABLA 9. ÁREAS AFECTADAS EN LA FAJA DEL LADO IZQUIERDO DE PISTA

Progresiva	Unidad	PCI	Calificación	Área Afectada (M2)
0+050-0+300	2, 4, 6	51 a 79	Regular a muy bueno	
0+350-0+400	8	35	Pobre	72
0+450-0+500	10	35	Pobre	30
0+550-0+600	12, 14, 16	43 a 70	Regular a bueno	
0+850-0+900	18	26	Pobre	346
0+950-1+200	20, 22, 24	52 a 59	Regular a bueno	
1+250-1+300	26	34	Pobre	510

1+350-1+600	28, 30, 32	42 a 71	Regular a muy bueno	
1+650-1+700	34	30	Pobre	400
1+750-1+800	36	40	Pobre	72
1+850-1+900	38	24	Muy pobre	45
1+950-2+000	40	42	Regular	
			Total Área Afectada	1475

Fuente: Plan Maestro ALG

TABLA 10. ÁREAS AFECTADAS EN LA FAJA DEL LADO DERECHO DE PISTA

Progresiva	Unidad	PCI	Calificación	Área Afectada (M2)
0+050-0+100	2	77	Muy bueno	
0+150-0+200	4	24	Muy pobre	
0+250-0+300	6	29	Pobre	52
0+350-0+400	8	37	Pobre	47
0+450-0+800	10, 12, 14,	42 a 56	Regular a bueno	
0+850-0+900	18	37	Pobre	255
0+950-1+200	20, 22, 24	50 a 57	Regular a bueno	
1+250-1+300	26	35	Pobre	70
1+350-1+600	28, 30, 32	61 a 75	Bueno a muy bueno	
1+650-2+000	34, 36, 38, 40	48 a 56	Regular a bueno	
			Total Área Afectada	424

Fuente: Plan Maestro ALG

TABLA 11. ÁREAS AFECTADAS EN LAS OREJAS DE VIRAJE

Progresiva	Unidad	PCI	Calificación	Área Afectada (M2)
Umbral 02	1	26	Pobre	100
Umbral 02	2	45	Regular	
Umbral 02	3	46	Regular	
Umbral 02	4	75	Muy bueno	
Umbral 02	5	50	Regular	
Umbral 02	6	46	Regular	
Umbral 20	1	31	Pobre	165
			Total Área Afectada	265

Fuente: Plan Maestro ALG

Resumen de las Áreas Afectadas que deben tener mantenimiento dentro de la Pista.

Pista (faja central de 10 m)	1882 M2
Pista (faja lado izquierdo de 10 m)	1475 M2
Pista (faja lado derecho de 10 m)	424 M2
Orejas de Viraie	265 M2
Total Áreas afectadas	4046 M2 + 51 % = 6.104 M2

Por otra parte en la inspección realizada el 7 de abril del año en curso se ha constatado que las fallas registradas en el mes de septiembre de 2015 se ha incrementado considerablemente, por lo cual la superficie de reparaciones establecida en la evaluación del año pasado se incrementará en un 51 %. De esta superficie incrementada se ha estimado que un 30 % requiere un bacheo profundo (1831 M2) y un 70 % un bacheo superficial de 7 cm de espesor (4274 M2), además se ha estimado una superficie fisurada equivalente al 10 % de la superficie de la pista. Por lo tanto los trabajos de mantenimiento tendrán el alcance siguiente

- Bacheo superficial 4274.00 M2
- Bacheo profundo 1831.00 M2
- Sellado de fisuras 6000.00 M2

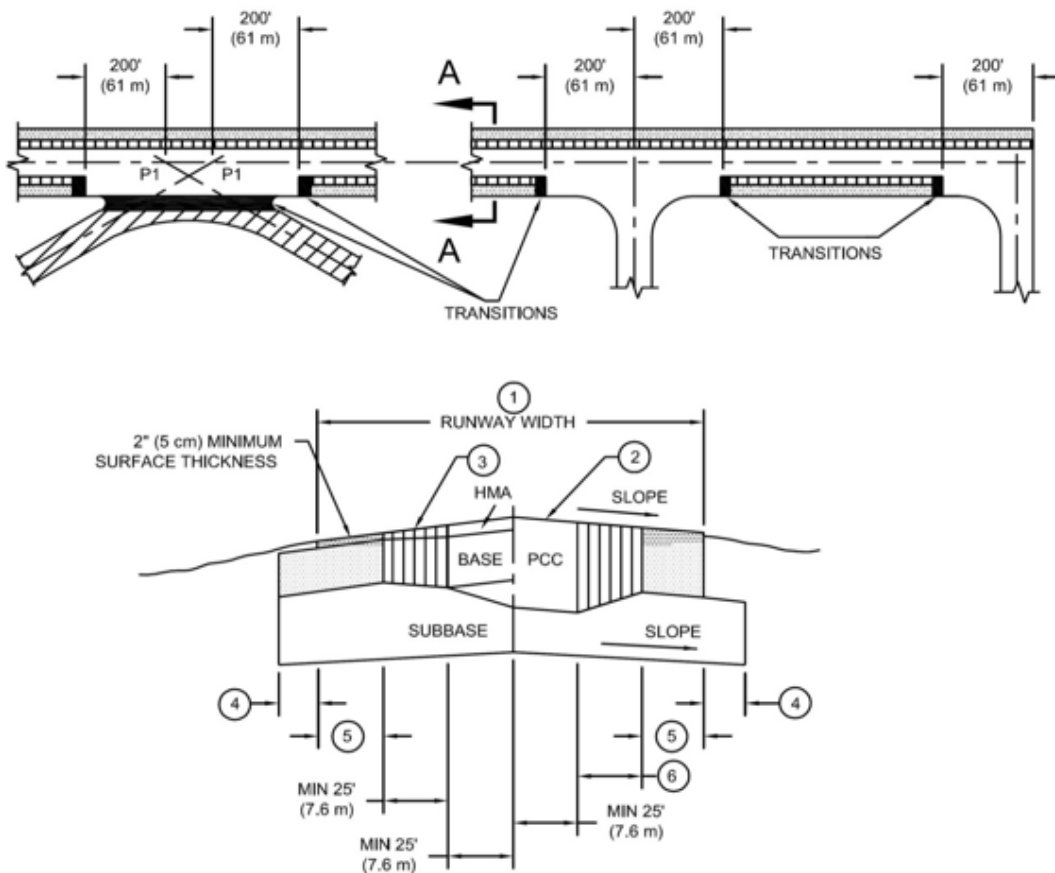
2.1.4. ESPESOR DE LAS CAPAS DEL PAVIMENTO PARA AREAS CRÍTICAS Y NO CRÍTICAS






Los métodos de diseño de pavimentos de la F.A.A. por el procedimiento manual usando nomogramas o mediante el programa FAARFIELD, dan como resultado los espesores necesarios para soportar los esfuerzos que generan las ruedas de los aviones en los sectores críticos del campo de vuelos, los demás sectores se pueden calificar de No críticos donde los espesores requeridos han de ser menores, por las condiciones de uso y la menor incidencia de las cargas.

Áreas críticas del campo de vuelos: De acuerdo a la ubicación de las áreas, el tipo de uso y la frecuencia del número de pasadas de los aviones se determinan las áreas críticas, de acuerdo a los criterios siguientes:

- a. Lugares donde se realizan las operaciones de despegue y aterrizaje, considerando el ancho del tren de aterrizaje principal y la normatividad operativa que impone que estas operaciones se dirijan al eje de pista. Esto significa el tercio central de pista
- b. Lugares donde los aviones transitan a bajas velocidades, donde realizan operaciones de viraje o donde se estacionan. Esto ocurre en las áreas o raquetas de viraje de los umbrales de pista, calles de rodaje y plataforma.
- c. El resto de las áreas del campo de vuelos se pueden calificar de áreas No críticas.

Ilustración 12. SECCIÓN TÍPICA DE PAVIMENTO DE PISTA



SECCION A – A		
1	Notas: Ancho de pista de acuerdo con la circular de asesoramiento aplicable	Leyenda:  Espesor total de pavimento (diseño con 100% de tráfico de salida.  El espesor del pavimento se estrecha hasta el grosor del borde exterior.  Grosor del borde exterior (diseño con un 1% de trafico de salida)  Transición.  Diseño utilizado desvíos de alta velocidad de tráfico de llegada y similares.
2	Superficie base, pcc, etc, espesor según sea necesario.	
3	Pendientes Transversales de acuerdo con la circular de asesoramiento aplicable	
4	Mínimo 12” (30 cm) hasta 36” (90 cm) permitido.	
5	Esta dimensión aumentara para pistas de más de 150”	
6	El ancho de los conos y las transiciones en los pavimentos rígidos debe ser un múltiplo para de losas, mínimo un ancho de losa.	

Fuente: (AC-150-5320-6E DE LA FAA). Traducido al castellano

2.1.5. DISEÑO DE LA SOBRECARPETA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE

El espesor de sobrecarpeta calculado con la aplicación del programa FAARFIELD, deberá satisfacer los requerimientos estructurales del pavimento antiguo de la pista 30 x 2000 metros.

La pista del aeropuerto Aníbal Arab Fadul, de acuerdo a información de AASANA, fue puesta en funcionamiento el año 1995, con una pista de 2000 metros de longitud y 30 metros de ancho, con una franja de 75 metros a cada lado del eje de pista.

La estructura del pavimento de pista y de la calle de rodaje está formada por una carpeta con un espesor promedio de 10 centímetros, sobre una capa formada por una combinación de materiales granulares tipo GM-SM (capa base y subbase) con un espesor promedio de 60 centímetros y un CBR promedio de 55 %.

2.1.6. ESTUDIO DE SUELOS EN LA PISTA ANTIGUA Y AMPLIACION PISTA

En el estudio de suelos se ha verificado la inexistencia de una capa base propiamente dicha, ya que por el tipo de material granular utilizado para las capas base y sub-base y la

contaminación que se ha producido entre estas capas, en las muestras obtenidas hasta una profundidad de 60 centímetros, se constata que el material de las dos capas es el mismo, tal como se muestra en la tabla siguiente:

TABLA 12. RESULTADOS DEL ESTUDIO DE SUELOS DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO ANTIGUO

CAL. N°	PROG.	PROF. (m)	LIMITES FISICOS			HUM. %	PASA N° 200	CLASIFICACION		E.X.P.		C.B.R.	
			L.L.	L.P.	I.P.			SUCS	AASHTO	100%	95%	100%	95%
1	0+000	0.00-0.60	NL	NL	0,0	8,3	27,3	GM	A-2-4 (0)				
2	0+100	0.00-0.60	20,5	17,0	3,5	9,4	22,7	GM	A-1-b (0)	0,216	0,235	69.37	34.22
3	0+800	0.00-0.60	NL	NL	0,0	8,3	21,9	GM	A-2-4 (0)	0,000	0,000	66.25	32.86
4	1+100	0.00-0.60	21,3	17,3	3,9	9,2	32,9	SM	A-2-4 (0)				
5	1+400	0.00-0.60	NL	NL	0,0	4,4	22,0	SM	A-2-4 (0)				
6	2+000	0.00-0.60	20,2	15,2	5,0	4,6	29,3	SM-SC	A-2-4 (0)	0,000	0,000	58.00	50.33
CBR (85 % del Promedio FAA)											54.86	33.27	

ILUSTRACIÓN 13. PAQUETE ESTRUCTURAL PISTA ANTIGUAPISTA ANTIGUA



Fuente: Elaboración Propia

El material característico del sector de Pista y ampliación, corresponden a suelos cohesivos del tipo A-4 y A-6, con un 89.3% de incidencia, representados por limos y arcillas mezclados con arenas de gradación fina, de plasticidad baja, con, de humedad moderada, con una baja a regular consolidación, en la mayor parte del tramo, estos

materiales oponen una baja a moderada resistencia a la penetración, con índices de expansión moderados, el segundo en incidencia son los suelos granulares del tipo, A-2, que corresponden a unas arenas de grano fino envueltas en una matriz limosa y arcillosa, de buenas características como capa sub-rasante y por último los suelos tipo A-7-5 que corresponden a arcillas elásticos, con un elevado limite líquido.

2.1.7. CARACTERÍSTICAS DE LAS CAPAS DEL PAVIMENTO ANTIGUO

Para el cálculo del espesor de la sobrecarpeta, se ha adoptado un espesor de la capa granular (base-subbase) de 52 centímetros desechando el material contaminado con el suelo de la subrasante. En base a los espesores de las capas del pavimento, el programa FAARFIELD adopta valores por defecto para el módulo elástico de la carpeta asfáltica y por correlación con el CBR para los módulos elásticos de la base-subbase y la subrasante. Los valores adoptados se muestran en la tabla siguiente:

TABLA 13. MODULOS ELASTICOS PARA EL DISEÑO DE LA SOBRE CARPETA

Capa	Espesor Promedio (mm)	CBR prom. (%)	Mod. Elásticos FAARFIELD (Mpa)
Carpeta	100	-	1379
Capa base y subbase	520	55	188
Subrasante	-	8	83

2.2. SITUACIÓN CON PROYECTO.

2.2.1. GENERALIDADES DEL PROYECTO

En el marco del Plan Nacional de Desarrollo, que viene impulsando el Estado Plurinacional de Bolivia, se ha gestionado ante el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) el Crédito de Préstamo BID-2951/BL-B0 "Programa de infraestructura Aeroportuario" que encara en su ejecución el Ministerio de Obras Públicas, mediante el Vice ministerio de Transporte con el objetivo de construir, mejorar, modernizar y equipar con nueva tecnología todos los aeropuertos de las capitales así como aquellos aeropuertos

que puedan apoyar a las actividades conexas que atrae al sector productivo y el turístico en sus regiones como ser en los Aeropuertos “Cap. Jorge Henrich” de Trinidad y “Cap. Aníbal Arab Fadul” de Cobija, que han sido identificados entre los prioritarios por el Gobierno de Bolivia (GdB).

En consecuencia, el Ministerio de Obras Públicas, Servicios y Vivienda (MOPSV), a través del Vice ministerio de Transportes (VMT), será el Organismo Ejecutor del Programa. Para tales fines, el Organismo Ejecutor contará con una Unidad Técnica Aeroportuaria (UTA para llevar a cabo las actividades del programa, que funcionará dentro de la Dirección General de Transporte Aéreo (DGTA) del VMT. Es necesario destacar que el “Programa de Infraestructura Aeroportuaria (PIA)”, encarado por la Unidad Técnica Aeroportuaria (UTA), cuyo fin es que los aeropuertos priorizados cumplan con las normas y reglamentaciones tanto nacionales como internacionales, en términos de seguridad, con infraestructura adecuada y que permitan atender los requerimientos para equipamiento moderno y competitivo, alcanzando estándares internacionales en aquellos que dan esa prestación, consolidando así la industria aérea nacional y apoyando a la producción y a la industria turística.

Para esto el proyecto abarca varias áreas de obra civil que más adelante se ira mencionando el proceso constructivo de ampliación de madera integral del aeropuerto Capitán Aníbal Arab Fadul.

2.2.2. LIMPIEZA Y DESBROCE DE LA AMPLIACION PISTA.

Estos trabajos comprenderán la limpieza y desbroce incluyendo la remoción y eliminación de materiales de todas las áreas dentro la franja nivelada y RESAs, del aeropuerto.

La limpieza consistirá en el cortado y remoción de árboles troncos, arbustos, hierbas, gramas, matas, remoción de cercas, basura de cualquier naturaleza, desperdicios de cualquier naturaleza, cualquier objeto que obstruya la ejecución de la Obra, raíces enmarañadas y la eliminación de todos los despojos resultantes de la limpieza.

2.2.3. INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA DE LA AMPLIACION PISTA.

Para la consideración de la capacidad de soporte de los suelos de cimentación de la estructura del pavimento, se han realizado estudios geotécnicos de los suelos naturales existentes, los mismos están basados en la excavación de calicatas con un espaciamiento medio de 100 metros a lo largo del proyecto.

Las calicatas fueron excavadas hasta una profundidad de 3.00 metros, con el objetivo de conocer las características de los suelos naturales y su posible aprovechamiento en la conformación de terraplenes.

En cada calicata se identificó un solo estrato a lo largo de la profundidad excavada, obteniéndose una sola muestra representativa del tipo de suelo.

2.2.3.1. Subsector Pista y Ampliación de Pista de Aterrizaje

El material característico del sector de Pista y ampliación, corresponden a suelos cohesivos del tipo A-4 y A-6, con un 89.3% de incidencia, representados por limos y arcillas mezclados con arenas de gradación fina, de plasticidad baja, con, de humedad moderada, con una baja a regular consolidación, en la mayor parte del tramo, estos materiales oponen una baja a moderada resistencia a la penetración, con índices de expansión moderados, el segundo en incidencia son los suelos granulares del tipo, A-2, que corresponden a unas arenas de grano fino envueltas en una matriz limosa y arcillosa, de buenas características como capa sub-rasante y por último los suelos tipo A-7-5 que corresponden a arcillas elásticos, con un elevado limite líquido.

2.2.4. ESTUDIO GEOTECNICO DE LAS AREAS DE MOVIMIENTO DE AERONAVES

En el estudio geotécnico se ha establecido las características principales del suelo que constituirá la subrasante de las áreas de movimiento de aeronaves, mediante ensayos de

clasificación por los métodos AASHTO y sistema Unificado, límites de consistencia, ensayos de compactación, valor de soporte de California, y nivel freático.

Los resultados de estos ensayos correspondientes a la subrasante de la pista y de la futura ampliación de 600 metros entre las progresivas 2+000 y 2+600 se presentan mas adelante.

Los CBRs de diseño han sido calculados cumpliendo la normativa de la F.A.A. que recomienda un valor de CBR igual o menor al 85% del promedio de todos los valores obtenidos para la subrasante. En nuestro caso, se ha utilizado para el promedio los resultados de CBR obtenidos para una densidad de compactación del 95 %, de esta manera, aplicando este criterio, se ha determinado la capacidad portante del suelo.

Los CBRs de diseño para el pavimento flexible de laterales de pista, ampliación de pista y calles de rodaje, son las siguientes:

TABLA 14. CBRs DE DISEÑO PARA EL PAVIMENTO FLEXIBLE

Tramo	Tipo de Obra	Valores de CBR (F.A.A.)		Expansión Máxima (%)
		CBR al 100 %	CBR al 95%	
0+000 – 2+000	Sobrecarpeta pavimento pista	12.69	9.02	1.52
0+000 – 2+000	Pavimento nuevo laterales de pista	12.69	9.02	1.52
2+000 – 2+600	Pavimento nuevo ampliación de pista	13.97	10.76	0.85
De acuerdo a los valores de CBR obtenidos en la presente tabla, con un criterio conservador, se ha visto conveniente adoptar para el diseño del pavimento flexible un CBR = 8 %				

2.2.5. BACHEOS

2.2.5.1. Sellado de Fisuras.

Este trabajo consistirá en el sellado de fisuras y grietas existentes en la carpeta antigua de pista y calle de rodaje Alfa, utilizando asfalto diluido o emulsión asfáltica

y arena fina, para lo cual, inicialmente, se realizara una clasificación de las grietas de acuerdo a los criterios existentes:

a) Grietas aisladas cuya profundidad no sobrepase el espesor de la capa de base: el procedimiento para su reparación será:

1) Cuando el ancho de la grieta sea de dos (2) milímetros o menor, se rellenará con un asfalto diluido o una emulsión asfáltica cuya fluidez a la temperatura de aplicación especificada garantice la penetración. De preferencia se usará un material bituminoso de curado rápido.

2) Cuando el ancho de la grieta sea mayor de dos (2) milímetros, se rellenará manualmente con un mortero de arena mezclada con un asfalto de curado lento, cuya fluidez garantice una adecuada penetración, o bien, con capas alternas de arena y asfalto, cuidando que la primera y la última capas sean de material bituminoso.

Al terminar el relleno de la grieta, deberá extenderse la mezcla sobrante que hubiere quedado sobre el nivel de la superficie de rodamiento. En ninguno de los casos mencionados deberá ampliarse una grieta para obtener una mejor penetración del material de relleno.

b) Grietas abundantes en carpeta firme (piel de cocodrilo): por su número, no pueden rellenarse individualmente, en este caso la carpeta deberá repararse con un tratamiento general de toda la superficie de rodamiento, de acuerdo con los siguientes lineamientos:

1) Si las grietas tienen un ancho de hasta de dos (2) milímetros y la base se encuentra en buen estado, podrá efectuarse como riego de sello o una lechada asfáltica (mezcla de asfalto y arena fina).

2) En caso de que las grietas tengan un ancho promedio superior a tres (3) milímetros y la base se encuentre en buen estado, deberá programarse la ejecución de un bacheo superficial, según lo indicado en la presente especificación.⁵

2.2.5.2. Bacheo Superficial.

La ejecución de este tipo de mantenimiento incluirá la remoción de la carpeta deteriorada hasta una profundidad estimada de 7 centímetros, la limpieza del área a bachear, la preparación previa de la plataforma y la reposición de la carpeta con mezcla asfáltica en caliente, de acuerdo a las instrucciones del Supervisor. (ELABORACION Y COMPLEMENTACION DEL ESTUDIO TESA "AEROPUERTO CAP. ANIBAL ARAB FADUL")

ILUSTRACIÓN 14. SELLADO DE FISURAS Y BACHEO SUPERFICIAL Y EXTENDIDO DE MATERIAL DE SECADO (ARENA) SOBRE LA SUPERFICIE ASFÁLTICA



Fuente: Elaboración Propia

⁵ ELABORACIÓN Y COMPLEMENTACIÓN DEL ESTUDIO TESA "AEROPUERTO CAP. ANIBAL ARAB FADUL" DISEÑO FINAL XX-6 DISEÑO PAVIMENTOS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS Pag. 33 ITEM 5 CVL-13: Sellado Fisuras Carpeta Antigua CVL-14: Bacheo Superficial CVL-15: Bacheo Profundo Carpeta Antigua.

2.2.5.3. Bacheo Profundo.

Este tipo de mantenimiento comprenderá la ejecución de los trabajos siguientes:

Remoción de la carpeta en todo su espesor y parte de la capa base deteriorada, hasta una profundidad determinada por el Supervisor.

Reconformación de la capa base con el material removido incluyendo la carpeta disgregada; seguidamente se compactará este material hasta alcanzar un grado de compactación del 100 % y un nivel uniforme correspondiente a la capa base de los sectores circundantes a la falla.

Reposición de la carpeta con mezcla asfáltica en caliente, realizando la compactación de la misma, en dos capas, hasta conseguir la aprobación del Supervisor.
(ELABORACION Y COMPLEMENTACION DEL ESTUDIO TESA "AEROPUERTO CAP. ANIBAL ARAB FADUL")

ILUSTRACIÓN 15. BACHEO PROFUNDO. FUENTE: PROPIA

	
Remoción de la estructura de pavimentos deteriorada	Reposición de la estructura del pavimento con material base-cemento, humedecimiento y compactación



Extendido y perfilado de la mezcla base-cemento, humedecimiento y compactación.

Extendido de material de secado (arena) sobre la superficie imprimada

Fuente: Elaboración Propia

2.2.6. CLAVE DE REFERENCIA DE AERÓDROMO

Tal y como se ha indicado previamente se propone que en esta etapa de inicio una ampliación de la pista 02-20 de categoría 4C, con una longitud de 2.600 metros en la fase de inicio de operaciones del aeródromo, que es la que se define en este diseño final, para operación de aeronaves hasta 36 m de envergadura (exclusive).

TABLA 15. CLAVE DE REFERENCIA DE AERÓDROMO

Elementos 1 de la clave		Elementos 2 de la clave		
Núm. de Clave	Longitud de campo de referencia del avión	Letra de clave	Envergadura	Anchura exterior entre ruedas del tren de aterrizaje principal ^a
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1	Menos de 800 m	A	Hasta 15 m (exclusive)	Hasta 4,5 m (exclusive)
2	Desde 800 m hasta 1 200 m (exclusive)	B	Desde 15 m hasta 24 m (exclusive)	Desde 4,5 m hasta 6 m (exclusive)
3	Desde 1 200 m hasta 1 800 m (exclusive)	C	Desde 24 m hasta 36 m (exclusive)	Desde 6 m hasta 9 m (exclusive)
4	Desde 1 800 m en adelante	D	Desde 36 m hasta 52 m (exclusive)	Desde 9 m hasta 14 m (exclusive)
		E	Desde 52 m hasta 65 m (exclusive)	Desde 9 m hasta 14 m (exclusive)
		F	Desde 65 m hasta 80 m (exclusive)	Desde 14 m hasta 16 m (exclusive)

a. Distancia entre los bordes exteriores de las ruedas del tren de aterrizaje principal.

2.2.7. TRÁFICO AÉREO.

Las pistas de aeródromos soportan cargas muy importantes y tráfico escaso si se los compara con las carreteras.

El peso de los aparatos va creciendo, con una gran rapidez, sin analogía como ocurre en las carreteras donde las cargas no aumentan, pero donde el tráfico crece. La carga de los aparatos no tiene limitaciones por lo que se refiere a las ruedas, están dispuestos de diferente manera según el tipo de aparatos. Los aviones pequeños llevan un tren principal con dos ruedas y una rueda pequeña adelante. Los aviones más pesados tienen un tren principal compuesto por dos trenes de aterrizaje con ruedas gemelas con rueda delantera, en el morro, que pueda ser simple o un par gemelo. Los aviones muy pesados tienen dos trenes de aterrizaje con BOGGIE y un tren en el morro, la evolución normal conduce por un lado a multiplicación de ruedas, por otro lado al aumento de presión de inflado de neumáticos, y por último al aumento continuo de la carga total.

2.2.7.1. Reparto De Tráfico Sobre La Pista

Sobre una pista la cadencia de movimientos no puede ir aumentando en forma indefinida. Todo está calculado para conseguir que las operaciones se lleven a cabo con la mayor rapidez (entradas en curvas para Jets que no precisan punto fijo, taxiway ramales de unión entre la pista y el taxiway para despejar la pista de aviones que no necesitan toda la longitud de la pista para el aterrizaje). Pero las operaciones de despegue o aterrizaje necesitan una organización y procesos de duración determinada y resulta difícil teniendo en cuenta los horarios de las compañías, que operan a diario en la pista.

El centro de la pista soporta por un lado la carga de los aviones pero coordinadamente aliviados durante la toma de velocidad y por otro lado la rodadura de aviones en aterrizaje con un peso inferior por el combustible durante el vuelo. Esto lleva a dar espesores diferentes a la pista en función a las zonas, tráfico canalizado a zona crítica,

plataformas, calles de rodaje, apartaderos y zonas críticas a tráficos no canalizados, pista de vuelo.

La presente revisión y rediseño del pavimento se basó en el tráfico de aeronaves previsto por el Plan Maestro del estudio TESA del aeropuerto de Cobija. En dicho documento ha sido definida la cantidad de salidas anuales esperadas para los 20 años de proyecto, cuyo detalle es presentado a continuación como dato de entrada para el diseño.

En base a información estadística y datos socioeconómicos, se realiza un desglose anualizado de los movimientos esperados de aeronaves, considerando tres escenarios, base, medio y alto, (Tabla N° 16 “Síntesis de Resultados” Capítulo 4 del Plan Maestro), cuyo detalle se presenta en la tabla siguiente:

TABLA 16. DESGLOSE ANUALIZADO DE LOS MOVIMIENTOS DE AERONAVES

Año	Escenario BASE	Escenario MEDIO	Escenario ALTO
	Total Operaciones	Total Operaciones	Total Operaciones
2015	6.993	6.993	6.993
2016	7.288	7.288	7.288
2017	7.596	7.596	7.596
2018	7.916	7.916	7.916
2019	8.250	8.250	8.250
2020	8.598	8.598	8.598
2021	8.818	8.847	8.898
2022	9.044	9.104	9.207
2023	9.275	9.368	9.528
2024	9.513	9.639	9.860
2025	9.756	9.919	10.203
2026	9.963	10.168	10.547
2027	10.174	10.423	10.902
2028	10.389	10.685	11.269
2029	10.610	10.954	11.649

2030	10.835	11.229	12.042
2031	11.012	11.413	12.409
2032	11.193	11.600	12.788
2033	11.376	11.790	13.178
2034	11.563	11.983	13.579
2035	11.752	12.180	13.994

Fuente: (PLAN MAESTRO "MOVIMIENTO DE AERONAVES")

Por otra parte, en consideración de las Compañías Aéreas que operan en el aeropuerto de Cobija y los tipos de aviones que utilizan las mismas, se ha realizado la estimación del movimiento de aeronaves, determinando los porcentajes que corresponden a cada tipo de avión, de acuerdo al detalle siguiente.

TABLA 17. DISTRIBUCIÓN DE OPERACIONES POR TIPO DE AERONAVE

Aeronave	Porcentaje
Boeing 737-200	35
Boeing 737-300	30
Bombardier CRJ-200	7
Bae 146	28
Total	100 %

De acuerdo al desglose del movimiento de aeronaves mostrado en la Tabla N° 16, utilizando los datos correspondientes al “escenario medio”, se ha obtenido una tasa promedio de crecimiento para un periodo de 20 años de 2.8 %.

Para el diseño de pavimentos se ha visto conveniente, de acuerdo a la posibilidad de ejecución del proyecto, definir el año 2017 como el año cero del proyecto, utilizando el pronóstico de tráfico para ese año en un “escenario medio” (Tabla N° 16).

Para la determinación de las salidas anuales, que representan la mitad de las operaciones pronosticadas, se ha utilizado el número de movimientos del año 2017, distribuido en los aviones que conforman la flota de aviones del aeropuerto de cobija, con los porcentajes establecidos en la Tabla 20.

TABLA 18. PRONOSTICO DE SALIDAS ANUALES

IPO DE AVION	Nº SALIDAS ANUALES	TASA ANUAL CRECIMIENTO (%)
BOEING 737-200	1329	2.8
BOEING 737-300	1139	2.8
BOMBARDIER CRJ-200	266	2.8
BAE 146	1063	2.8

2.2.8. VOLUMEN DE TRÁFICO.

Dado que el dato de entrada con el que se cuenta es la cantidad de movimientos u operaciones anuales de aeronaves, se debe tomar la mitad de este valor para obtener la cantidad de salidas anuales, ya que según la metodología de diseño de la FAA se consideran solamente los despegues de aeronaves para el cálculo de espesores requeridos por el pavimento.

TABLA 19. SALIDAS ANUALES PARA EL AÑO BASE (DATOS DEL TESA)

TIPO DE AVION	SALIDAS ANUALES
BOEING 737-200	1329
BOEING 737-300	1139
BOMBARDIER CRJ-200	266
BAE 146	1063

No se ha previsto la construcción de una calle de rodaje paralela, por lo cual la unión de pista con la plataforma se realizará a través de dos calles de enlace, esta configuración ocasiona que el avión de salida transite dos veces por el mismo segmento de pavimento de la pista. Para considerar esta situación que genera la repetición de esfuerzos, las salidas anuales serán corregidas utilizando un factor de 2.

A partir de la tasa de crecimiento anual definida (3.65%), se realizó la proyección de crecimiento para cada tipo de aeronave considerada en el diseño de pavimentos, lo cual se muestra a continuación:

TABLA 20. PROYECCIÓN DE SALIDAS ANUALES PARA AERONAVES DE DISEÑO

Año	Etapa	Tipo de avión				TOTAL
		Boeing 737-200	Boeing 737-300	Bombardier CRJ- 200	Bae 146-200	
		35%	30%	7%	28%	
2016	Dato histórico	2551	2186	510	2041	7288
2017	Año Base	2659	2279	532	2127	7596
2018	Periodo de diseño	2756	2362	551	2205	7873
2019		2853	2445	571	2282	8151
2020		2950	2528	590	2360	8428
2021		3047	2612	609	2437	8705
2022		3144	2695	629	2515	8982
2023		3241	2778	648	2593	9260
2024		3338	2861	668	2670	9537
2025		3435	2944	687	2748	9814
2026		3532	3027	706	2826	10091
2027		3629	3111	726	2903	10369
2028		3726	3194	745	2981	10646
2029		3823	3277	765	3058	10923
2030		3920	3360	784	3136	11200
2031		4017	3443	803	3214	11478
2032		4114	3526	823	3291	11755
2033		4211	3610	842	3369	12032
2034		4308	3693	862	3447	12309
2035	4405	3776	881	3524	12587	
2036	4502	3859	900	3602	12864	
2037	4599	3942	920	3680	13141	
TOTAL		73550	63043	14710	58840	210143
Trafico Promedio Anual		3.678	3.152	736	2.942	10.507

2.2.9. INFRAESTRUCTURA LADO AÉREO CAMPO DE VUELO

Longitud: 2.600 m, Anchura: 45 metros

Para operación de aeronaves hasta 36 m de envergadura (exclusive), clave C en primera etapa de desarrollo

Franja de pista: Longitud de pista + 120 m x 300 metros de ancho

2.2.9.1. Ampliación de pista.

En la primera fase de desarrollo del aeropuerto de Cobija, se realizaá la ampliación de la longitud de la pista de vuelo actual en 600 m, al tiempo que se amplía la anchura de los 30 m actuales a 45 m. adicionalmente se realizará el recarpetado de la pista, lo

que permitirá adecuar las pendientes actuales a los requisitos normativos. (MEJORAMIENTO Y AMPLIACION DEL AEROPUERTO "CAP. ANIBAL ARAB FADUL" DE COBIJA)

2.2.9.2. Calle de Rodaje.

Por otro lado, se construirá una nueva calle de rodaje de acceso a la pista y una ampliación de plataforma que permitirá albergar hasta cuatro posiciones de estacionamiento destinadas a aeronaves de letra de clave C. Se realizará el recarpetado de calle de rodaje y plataforma existentes, de manea que se recupere la capacidad portante de los pavimentos existentes al tiempo que se corrigen los incumplimientos de pendiente que se han detectado en calle de rodaje y plataforma.

2.2.10. TRÁFICO DE DISEÑO Y SU PROYECCIÓN.

Para el diseño según las recomendaciones de la FAA, es necesario además contar con las cargas totales de cada avión considerado en la proyección de tráfico, constituyendo esta información un dato de entrada directo al programa FAARFIELD.

Los pesos totales asumidos para cada aeronave contemplada en el periodo de diseño corresponden a los valores por defecto incluidos en la librería de aeronaves del programa FAARFIELD. Éstos se presentan en la tabla siguiente, junto con otras características de las cargas contempladas en la modelación del pavimento.

TABLA 21. CARACTERÍSTICAS DE AERONAVES CONSIDERADAS EN EL DISEÑO DE PAVIMENTOS

Aeronave	Peso total (Tn)	% Peso total en tren trasero	Tipo de rueda	Peso por rueda (Tn)	Presión de inflado (KPa)
Boeing 737-300	63.503	95%	Gemela	15.082	1386
BAe 146-200	43.091	95%	Gemela	10.234	965
Bombardier CRJ- 200	21.523	95%	Gemela	6.464	1220
Boeing 737- 200	58.332	95%	Gemela	16.698	1255

Se destaca que, para el dimensionamiento del pavimento, se asume que un 95% de la carga total es aplicada en el tren trasero de la aeronave, distribuyéndose dicho peso en el total de ruedas traseras del avión.

TABLA 22. SALIDAS ANUALES PARA EL AÑO BASE (DATOS DEL TESA)

TIPO DE AVION	SALIDAS ANUALES
BOEING 737-200	1329
BOEING 737-300	1139
BOMBARDIER CRJ-200	266
BAE 146	1063

2.2.11. AERONAVE CRÍTICA DE DISEÑO PARA EL PRESENTE PROYECTO.

2.2.11.1. Peso de Operación.

En el análisis de capacidad aeroportuaria realizado en el Plan Maestro, se ha considerado como referencia la operación del avión B 737-300 sin ninguna restricción en la carga de pago, es decir, realizando despegues con el Peso Máximo al Despegue (MTOW) y aterrizajes con el Peso Máximo al Aterrizaje (MLW), además la programación de vuelos internacionales de medio alcance incluyendo vuelos a Sao Paulo, con el fin de absorber el potencial tráfico de pasajeros de origen brasileño que aprovechando la inmediatez de la frontera boliviana puede utilizar el aeropuerto de Cobija para realizar conexiones con aeropuertos del país vecino. Estas premisas han determinado la ampliación de pista en 600 metros a partir del umbral 20.

Por lo expuesto anteriormente, en el diseño de pavimentos se ha considerado el peso máximo de despegue del avión de diseño el Boeing 737-300 y de las otras aeronaves del tráfico previsto para el aeropuerto de Cobija. Esta definición permitirá enfrentar sin daños al pavimento, las posibles modificaciones en las características del equipo de vuelo que pueden ocurrir durante el periodo de diseño.

Esta especificación será utilizada para la capa de rodadura de pavimentos flexibles, sujetos a cargas de aeronaves de **pesos brutos superiores a 12.500 libras (5670 kg)**

y se aplicará dentro de los límites del pavimento diseñado para una capacidad plena de soporte de carga.

2.2.12. MEJORAMIENTO CARPETA O PAQUETE ESTRUCTURAL.

“Debido a las deformaciones que tiene el pavimento actual de la pista la sobrecarpeta de concreto asfáltico tendrá la siguiente conformación:

a) Base estabilizada de nivelación sobre el pavimento antiguo, con un espesor variable de 0 a 10 centímetros, dependiendo de la magnitud de las deformaciones. (Se utilizará asfalto convencional).

b) Capa intermedia: que tendrá un espesor variable, desde un mínimo de 5 centímetros hasta 10 centímetros, dependiendo de las deformaciones del pavimento antiguo en cada punto. En la preparación del concreto asfáltico para esta capa se ha previsto el uso de cemento asfáltico convencional.

c) Capa superior (capa de rodadura): Tendrá un espesor constante mínimo de 5 centímetros. Para esta capa se ha previsto el uso de cemento asfáltico modificado.”
(AERO COBIJA CEMOSA TECNO AER SRL, 2016)

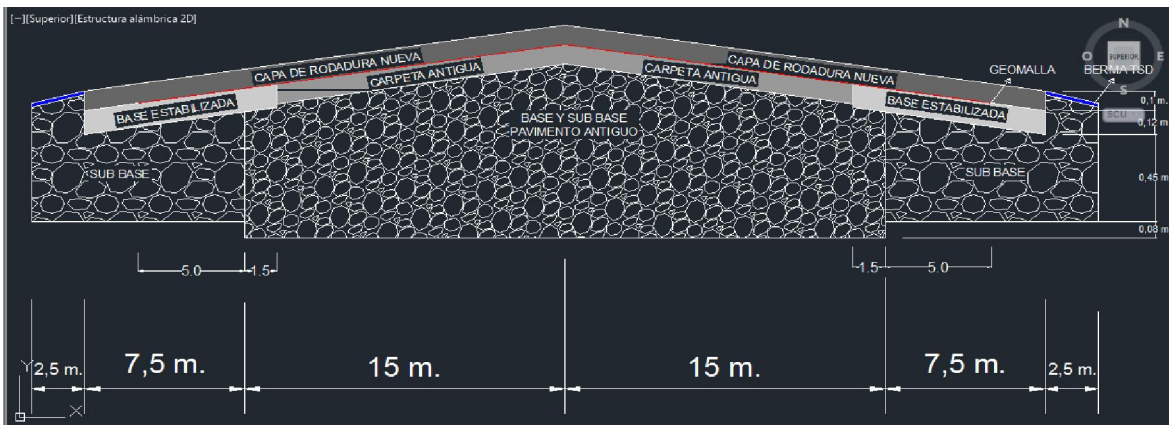
De ante mano para realizar todo este procedimiento de recarpetado de concreto asfáltico se deben hacer todas las curaciones necesarias a las fisuras y baches con el debido procedimiento necesario, se deben realizar cortes limpios en forma rectangular o cuadrada según se requiera, para retirar hasta el último material afectado, llegando hasta la base, donde exista material en buen estado, en caso de existir material con exceso de humedad o material suelto se deberá realizar un cambio de material y luego el debido compactado. También se debe aplicar un sellante en todas las paredes laterales, para impedir la penetración de agua y a si realizar un adecuado empalme con una nueva mezcla y finalmente hacer una compactación con el rodillo mismo que debe quedar uniforme al asfalto existente.

GRAFICO 2. CAPA SUPERIOR DE RODADURA PISTA

Carpeta de Rodadura (Ítem P-401 c/asfalto modificado)	50 mm
Capa Intermedia (Ítem 401 c/asfalto convencional)	50 mm
Base estabilizada de nivelación (Ítem P-403)	Variable
Carpeta HMA antigua	100 mm
Base y Subbase de agregados	500 mm

FUENTE: ESPECIFICACIONES TECNICAS

ILUSTRACIÓN 16. CAPA SUPERIOR DE RODADURA PISTA NUEVA



2.2.13. DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LAS AREAS DE MOVIMIENTO DEL AEROPUERTO DE COBIJA

El diseño del pavimento flexible de la sobrecarpeta del pavimento de pista y de la calle de rodaje antigua; el pavimento nuevo de la ampliación de los laterales de pista entre las progresivas 0+000 y 2+000, de la ampliación de pista entre las progresivas 2+000 y 2+600, además del pavimento de la nueva calle de rodaje, se efectuará utilizando los parámetros siguientes:

2.2.14. PERIODO DE DISEÑO

Las normas de diseño de la FAA, recomiendan un periodo de diseño de 20 años, sin embargo el programa FAARFIELD es capaz de considerar periodos de diseño mayores o menores a 20 años, lo cual se considera como una opción fuera de los estándares de la FAA.

En el caso del diseño de pavimentos del aeropuerto Cap. Aníbal Arab Fadul, se utilizará un periodo de diseño de 20 años.

2.2.15. ÍNDICE DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE

De acuerdo a los resultados obtenidos en el estudio de suelos y a los valores adoptados en la Tabla N° 5, se utilizará un CBR de diseño de 8 %.

Los suelos de subrasante están sometidos a tensiones inferiores a la carpeta, base y subbase. Las tensiones que llegan a la subrasante se atenúan con la profundidad y el control de esfuerzos de la subbase, se realiza por lo general en la parte superior de la subrasante, a menos que existan condiciones inusuales, tales como una subrasante en capas con diferentes contenidos de agua o densidades, que pueden cambiar la ubicación de la tensión de control.

En el proyecto, la subrasante está constituida por un suelo relativamente pobre, con un índice de soporte inferior al 10 %, sin embargo tiene las condiciones necesarias para ser utilizado como suelo de fundación de la estructura del pavimento, sin necesidad de una capa de refuerzo.

Esta capa debe ser capaz de resistir los esfuerzos que le son transmitidos por el pavimento. Interviene en el diseño del espesor de las capas del pavimento e influye en el comportamiento del pavimento. Proporciona en nivel necesario para la subrasante y protege al pavimento conservando su integridad en todo momento, aún en condiciones severas de humedad, proporcionando condiciones de apoyo uniformes y permanentes.

Con respecto a los materiales que constituyen la capa subrasante, necesariamente deben utilizarse suelos compactables y obtener por lo menos el 95% de su grado de compactación.

ILUSTRACIÓN 17. PREPARACIÓN DE LA CAPA SUB-RASANTE



FUENTE: ELAVORACION PROPIA.

ILUSTRACIÓN 18. BRIGADA TOPOGRÁFICA DE LA SUPERVISIÓN EN LABOR DE REPLANTEO Y CONTROL GEOMÉTRICO DE CAPAS DE TERRAPLÉN, AMPLIACIÓN DE PISTA 2+000 A 2+500.



Fuente: Elaboración Propia

ILUSTRACIÓN 19. CONFORMACIÓN DE LA AMPLIACIÓN DE LA PISTA A NIVEL SUB-RASANTE.



Ampliación de pista – tramo 2+000 a 2+600, conformación a nivel sub-rasante



Franja nivelada y estabilización de franja.

Fuente: Elaboración Propia

ILUSTRACIÓN 20. EQUIPO TOPOGRAFICO



Brigada topográfica de la Supervisión en labor de replanteo y control geométrico de capas de erraplén, ampliación de pista 2+000 a 2+500. **Fuente:** Elaboración Propia

Control tecnológico y liberación de capas de la ampliación de la pista a nivel sub-rasante, necesariamente deben utilizarse suelos compactables y obtener el 95% de su grado de compactación, utilizando el método del cono de arena.

ILUSTRACIÓN 21. AMPLIACION PISTA, CONTROL TECNOLÓGICO PK 2+000 A 2+600

	
<p>Excavación del hueco de 15 cm de diámetro, profundidad 15 cm. y peso del cono más arena antes del ensayo</p>	<p>Peso de la muestra que sale del hueco</p>
	
<p>Basiado del cono de arena al hueco</p>	

Fuente: Elaboración Propia

2.2.15. CAPA SUB-BASE

De acuerdo a las características de los materiales disponibles en la ciudad de Cobija y en la frontera con la república del Brasil, en la estructura del pavimento se utilizará una subbase de agregados clasificados, con un CBR mínimo de 25 %.

2.2.15.1. Materiales

El material de sub-base consistirá de agregados naturales con granos duros y durables. Se podrá obtener mediante la mezcla de grava y arena con material laterítico, si fuera necesario, arcilla, polvo de piedra u otro material ligante producido en fuentes aprobadas. Esta mezcla deberá ser uniforme y deberá estar de acuerdo con los requerimientos de las especificaciones en lo referente a granulometría, constantes de suelo y deberá ser compactada en una capa densa y estable. El material deberá estar libre de sustancias vegetales, trapos, cantidades excesivas de arcilla o cualesquier sustancia extraña objetable. Los materiales provenientes de bancos de préstamos pueden ser utilizados siempre que cumplan los requerimientos especificados.

TABLA 23. REQUISITOS DE GRANULOMETRÍA

Nº Tamiz	% que pasa en peso
3"	100
Nº 10	20 – 100
Nº 40	5 – 60
Nº 200	0 – 15

La proporción de material que pasa la malla No. 40 deberá tener un límite líquido superior a 25 y un índice de plasticidad no mayor de 6, de acuerdo con el ensayo ASTM D-4318.

Las sub-bases granulares, que debido al tamaño de los granos o a sus formas, no son suficientemente estables para soportar sin desplazarse los equipos de construcción, se estabilizarán mecánicamente hasta una profundidad necesaria para proveer dicha estabilidad. La estabilización mecánica incluirá principalmente la adición de un material medianamente granular, fino, para adherir las partículas del material de la capa subbase, lo suficiente, para darle una resistencia de apoyo tal, que la capa no se deforme bajo el tráfico del equipo de construcción. La adición del material ligante al

material de la subbase no aumentará las constantes de suelo de ese material más allá de los límites especificados.

Para proteger la capa inmediata inferior y asegurar un adecuado drenaje, la colocación del material de subbase se iniciará a lo largo del eje central del pavimento, o en la parte más alta de cualquier sección transversal con una sola pendiente lateral.

2.2.15.2. Materiales Aceptables En Las Condiciones Existentes

Cuando todo el material de sub-base puede ser obtenido en condiciones satisfactorias y uniformes, conteniendo aproximadamente la humedad requerida, el material aprobado será transportado al lugar de colocación para su inmediata aplicación. El material puede ser obtenido de yacimientos de grava, acopios, o producido por trituración y tamizado. Los materiales obtenidos de estos yacimientos deberán cumplir los requerimientos de gradación, calidad y consistencia.

Cualquier deficiencia o exceso de humedad deberá ser corregida mediante riego superficial o aireación; en este caso, se puede requerir algún mezclado o batido del material, antes de proceder al compactado, con el objeto de obtener el contenido de humedad necesario.

La operación final consistirá en escarificado y nivelado, si es necesario, para obtener una superficie lisa, uniforme y con el alineamiento y pendientes correctos.

2.2.15.3. Mezclado En Obra

El material de subbase conjuntamente con cualquier material ligante sera completamente mezclado con la cantidad requerida de agua. Después de que el mezclado haya sido completado, el material deberá ser extendido y compactado, sobre la capa subyacente, sin que pierda su contenido de humedad.

Cuando las cantidades requeridas de materiales han sido colocadas, deberán ser mezcladas completamente y acondicionadas con la utilización de motoniveladoras, discos, esparcidores, mezcladores rotatorios, complementados con otro equipo adicional, si fuera necesario.

El mezclado deberá continuar hasta que la mezcla sea totalmente uniforme. El material segregado deberá ser corregido con la adición de material fino y mezclado nuevamente. El agua en la cantidad necesaria deberá ser aplicada previamente o durante la operación de mezclado para mantener el material con su contenido de humedad. Cuando ha sido completado el mezclado y acondicionado, el material deberá ser repartido en capas uniformes, de tal manera, que cuando sea compactado cumplan con los requerimientos de espesor y secciones transversales tipo.

ILUSTRACIÓN 22. PRODUCCIÓN Y ACOPIO DE MATERIAL SUB BASE, MEZCLA 40% BRITAS Y 60% SUELO LOCAL



Fuente: Elaboración Propia

2.2.15.4. Métodos Generales de Ejecución

El material de subbase, será colocado en capas con espesores no menores de 8 cm, ni mayores de 20 cm. El material extendido con motoniveladora será de gradación uniforme, evitándose la formación de bolsones de material grueso o fino.

La primera capa extendida en la ampliación de la pista desde la progresiva 2+000 a 2+600 con una longitud total de 600 m. y un ancho de 45 m., más el radio de giro con 960 m² aproximadamente, se extendió con un espesor de 20 cm.

La segunda capa ubicada en ambas partes laterales de la ampliación pista de 15.00 a 22.50 m. derecho y de -15.00 a -22.50m izquierdo. con respecto al eje, progresiva 2+000 a 2+600 longitud total 600 m. se extendió en dos capas de 15 cm de espesor, haciendo un total de 30 cm. de espesor.

ILUSTRACIÓN 23. FASE DE CONFORMACION DE LA CAPA SUB BASE A TRAVES DEL PROSESAMIENTO Y HOMOGENIZADO DEL MATERIAL



Fuente: Elaboración Propia

2.2.15.5. Acabado y Compactado

Después de ser preparado el material de subbase, se procederá a su inmediata y total compactación, mediante rodillado y riego, si fuera necesario.

La densidad de campo de los materiales compactados será por lo menos los 100 % de densidad máxima, de los especímenes del laboratorio preparados con muestras de material de subbase, enviados al lugar de trabajo.

Los especímenes del laboratorio, serán compactados y ensayados de acuerdo al ASTM D-1553. El contenido de humedad al inicio de la compactación, no estará por debajo ni por encima de 1.5% del contenido óptimo de humedad.

El material no será compactado cuando se detecten áreas blandas en la capa inmediata inferior o cuando el rodillado cause ondulaciones en la capa de subbase.

Cuando el compactado ocasione irregularidades que excedan de 1 cm, verificadas con un regla de 5 m, la superficie irregular deberá ser escarificada y rellenada con la misma clase de material que se utilice en la construcción de la subbase y nuevamente compactada hasta cumplir con los requerimientos.

En los lugares inaccesibles a rodillos, el material de subbase deberá ser compactado totalmente utilizando compactadores mecánicos manuales.

ILUSTRACIÓN 24. ACABADO Y COMPACTADO





Fuente: Elaboración Propia

2.2.15.6. Control de la Superficie

Después de que la capa de subbase esté completamente compactada, se verificará la uniformidad de la superficie y la exactitud de pendientes longitudinales y transversales. Cualquier tramo que carezca de la uniformidad requerida, o no cumpla con exactitud con las pendientes y bombeo, deberá ser escarificada, reconvertada y recompactada, hasta que la uniformidad y exactitud requeridas sean obtenidas. La superficie terminada, no podrá variar en más de 1.0 cm, cuando se verifique con una regla de cinco metros, aplicada ya sea en forma paralela o perpendicular al eje central de la pista.

ILUSTRACIÓN 25. PERSONAL DE SUPERVISIÓN EN LABOR DE CONTROL GEOMÉTRICO EN SUB BASE, AMPLIACIÓN DE PISTA



Fuente: Elaboración Propia

2.2.16. CAPA BASE

La calidad de la capa de base depende de las propiedades físicas del material y de su compactación. Debe estar compuesto de agregados seleccionados, duros y resistentes, preferentemente triturados.

2.2.16.1. Descripción

De acuerdo a las características particulares del suelo de la zona donde se encuentra el aeropuerto y tomando en cuenta la circular consultiva de la F.A.A. AC 150-5320-6E, se va a considerar el uso de una base mixta compuesta de una capa estabilizada con asfalto y una capa de agregado clasificado para los tramos de ampliación de ancho y de longitud de pista. Esta solución permitirá, además, compatibilizar las rigidices entre la sobrecarpeta del pavimento antiguo y el pavimento nuevo de los laterales de pista y del tramo 2+000 – 2+600, dando al pavimento una mejor coherencia estructural.

Esta especificación regula la ejecución y control de la capa base de material granular triturado, que constituye una capa de la estructura del pavimento, con espesor constante en toda la sección Transversal. Esta capa se coloca debidamente compactada y perfilada, respetando el alineamiento, perfil y secciones transversales indicados en el proyecto.

La base estabilizada granulométricamente está constituida por una capa granular triturada, colocada sobre la sub base, será ejecutada con materiales previamente preparados.

2.2.16.2. Materiales

La base estabilizada será ejecutada con materiales que cumplan los siguientes requisitos:

Tendrán una composición granulométrica encuadrada en una de las columnas de la siguiente tabla, en porcentajes en peso del material que pasa por tamices de malla cuadrada AASHTO T-11 y T-27.

TABLA 24. GRANULOMETRIA PARA CAPA BASE DE MATERIAL GRANULAR

REQUISITOS DE GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO				
Tamaño del Tamiz	Porcentaje que pasa en peso			Tolerancias de la Mezcla de Trabajo Porcentaje
	2" máximo	1 ½" máximo	1" máximo	
2 plg (50.0 mm)	100	--	--	0
1-1/2 (38.0 mm)	70-100	100	--	+/- 5
1 plg (25.0 mm)	55-85	70-100	100	+/- 8
3/4 plg (19.0 mm)	50-80	55-85	70-100	+/- 8
No. 4 (4.75 mm)	30-60	30-60	35-65	+/- 8
No. 40 (0.45 mm)	10-30	10-30	10-25	+/- 5
No. 200 (0.075 mm)	5-15	5-15	5-15	+/- 3

Los procedimientos, estadísticos de aceptación no se aplican a los tamaños de tamiz que requieren que pase el 100% o que pase el 97% al 100%.

La fracción que pasa el tamiz N° 40 deberá tener un límite líquido inferior o igual a 25% y un índice de plasticidad inferior o igual a 6%. Si se pasa este límite, hasta 8 como máximo, el equivalente de arena deberá ser mayor que 35%.

La fracción fina de la capa base será arena triturada o natural. La fracción que pasa el Tamiz N° 200 de la serie U.S. standard no debe ser mayor que dos-tercios de la fracción que pasa el tamiz N° 40 de la misma serie;

El índice Soporte de California (CBR) no deberá ser inferior a 80 % para pavimentos flexibles y la expansión máxima será de 0,5 %, cuando sean determinados con la energía de compactación del ensayo AASHTO T-180.

El agregado retenido en el tamiz N° 4 estará constituido de partículas duras y durables, exentas de fragmentos blandos, alargados o laminados y exentas de materia

vegetal, terrones de arcilla y otras sustancias perjudiciales. Los agregados gruesos deberán tener un desgaste no superior a 45% a 500 revoluciones según lo determine el ensayo AASHTO T-96.

El 100% de las partículas retenidas en el tamiz N° 4 de la serie U.S. Standard, para los agregados utilizados para capa base en pavimentos flexibles deben tener al menos dos caras fracturadas por trituración.

Para prevenir segregaciones y garantizar los niveles de compactación y resistencia exigidos por la presente Especificación, el material triturado para la capa de base deberá dar lugar a una curva granulométrica uniforme, sensiblemente paralela a los límites de la franja por utilizar, sin saltos bruscos de la parte superior de un tamiz a la inferior de un tamiz adyacente o viceversa.

2.2.16.3. Equipo

Para la ejecución de la capa base se podrá utilizar el siguiente equipo mínimo:

- ✓ Planta chancadora y dosificadora.
- ✓ Equipo de extracción, carga y transporte.
- ✓ Distribuidor de capa base;
- ✓ Motoniveladora con escarificador;
- ✓ Camión regador;
- ✓ Rodillos compactadores lisos y de neumáticos, estáticos y vibratorios;
- ✓ Arados de discos y rastras;
- ✓ Tractores agrícolas con tracción en las 4 ruedas;

2.2.16.4. Ejecución

En general, la ejecución de la capa base estabilizada granulométricamente, comprende las operaciones de producción, distribución sobre plataforma, mezcla y pulverización, humedecimiento o desecación, compactación y acabado, con materiales transportados del yacimiento o planta, colocados sobre una superficie debidamente preparada, conformada compactada y aprobada el ancho establecido, en cantidades que permitan llegar al espesor diseñado luego de la compactación.

El espesor de compactación de la capa base no será mayor a 0.20 m, ni menor a 0.10 m después de su compactación

Las densidades de la capa acabada deberán ser como mínimo el 100% de la densidad máxima determinada según el ensayo AASHTO T-180 y el contenido de humedad deberá variar como máximo entre $\pm 1.5\%$ de la humedad óptima obtenida en el ensayo anterior.

A distancias convenientes de los bordes de la superficie del camino, se colocarán estacas o señales aprobadas relacionadas con el eje, para facilitar el control de cotas. Antes de iniciar las operaciones constructivas, los trabajos topográficos para control del alineamiento y cotas deberán estar concluidos.

Las mezclas de suelos y/o gravas con agregados triturados o los productos totales de trituración para encuadrarlas en la faja granulométrica especificada en el diseño, serán dosificadas en una planta.

El material de la capa base al salir de la planta será homogéneo en humedad y granulometría. Cuando se inicie la construcción se determinará la pérdida de humedad entre la salida de la planta y la iniciación de las operaciones de compactación. De ahí en adelante, el contenido de humedad de la mezcla, al salir de la planta, será igual a la humedad óptima, para la compactación, aumentada en un porcentaje correspondiente a la pérdida por evaporación.

ILUSTRACIÓN 26. PRODUCCIÓN Y ACOPIO DE MATERIAL PARA CAPA BASE



Fuente: Elaboración Propia

El material será inmediatamente esparcido sobre la superficie preparada mediante la utilización de un distribuidor adecuado de material granular para proceder a la compactación evitándose la concentración del tráfico sobre fajas limitadas de la capa inferior. El material será distribuido uniformemente sobre la capa inferior aprobada de modo que se evite la segregación y en una cantidad tal que permita obtener el espesor programado después de la compactación.

ILUSTRACIÓN 27. FASE DE DESCARGA O ACAMELLONADO DE MATERIAL PARA LA CA BASE EN PLATAFORMA



Fuente: Elaboración Propia

Durante las operaciones de compactación, los rodillos recorrerán la capa que está siendo compactada, en trayectorias equidistantes del eje, a modo de sobreponer, en cada recorrido, mitad del rastro dejado en el recorrido anterior. En los alineamientos rectos la compactación se realizará de los bordes hacia el eje; en los tramos en curva, del borde más bajo al borde más alto, repetidamente, hasta obtener el grado de compactación especificado. En las primeras pasadas se utilizará rodillo vibratorio.

ILUSTRACIÓN 28. FASE DE CONFORMACION DE LA CAPA BASE A TRAVES DEL PROSESAMIENTO Y HOMOGENIZADO DEL MATERIAL



Fuente: Elaboración Propia

En las partes adyacentes al inicio y al final de la capa base en construcción, la compactación será ejecutada transversalmente al eje. En las partes inaccesibles a los rodillos compactadores, así como las partes en que su uso no fuera deseable (cabeceras de obras de arte especiales), la compactación se ejecutará con compactadores vibratorios manuales.

La conformación de la superficie final de la capa base será ejecutada simultáneamente con la compactación de la última capa. El acabado de la superficie será ejecutado con rodillos lisos y de neumáticos, admitiendo cortes cuando sea necesario, pero no rellenos. Si hubiera necesidad de relleno, la última capa deberá ser escarificada homogeneizada y compactada nuevamente.

ILUSTRACIÓN 29. FASE FINAL DE LA CONFORMACION DE LA CAPA BASE A TRAVES DE LA COMPACTACION



Fuente: Elaboración Propia

2.2.16.5. Control Tecnológico

El Control Tecnológico en el ara de obras civiles es el seguimiento de ensayos rutinarios, definido en laboratorio para garantizar la fiabilidad y la seguridad de los mismos, así como el cumplimiento de normativas y reglamentaciones establecidas en ensayos verificados.

Para los materiales se exigirá el cumplimiento de normas y la realización de los siguientes ensayos.

- 1 Ensayos de granulometría, de límite líquido y limite plástico según los métodos AASHTO T-27. AASHTO T-89 y AASHTO T-90 respectivamente, para cada 300 m como máximo;
- 2 Un ensayo de compactación para la determinación de la densidad máxima según el método AASHTO T-180, cada 300 m como máximo, con las muestras recogidas en puntos que obedezcan el orden: borde derecho, eje, borde izquierdo, eje, borde derecho, etc. a 60 cm del borde;
- 3 Un ensayo del índice de Soporte de California (CBR), de un suelo que está sometida a esfuerzos cortantes, además evaluar la calidad relativa del suelo para subrasante, sub-base y base. conforme el método AASHTO T-193, con la energía

de compactación del ensayo AASHTO T-180, en una longitud máxima de 300 m lineales.

- 4 Un ensayo de desgaste Los Ángeles de cada yacimiento cada 5,000 m³ de material empleado o cuando se presente variación natural del material. Este ensayo consiste en la prueba de desgaste por medio de la maquinaria de los Ángeles es determinar la resistencia a la trituración o abrasión de los materiales pétreos utilizados en las mezclas asfálticas. Para determinar la resistencia se hace actuar una carga abrasiva sobre la muestra de material que se desee analizar.
- 5 Un ensayo de índice de forma de cada yacimiento cada 5,000 m³ de material empleado o cuando se presente variación natural del material. Este ensayo proporciona un valor índice para las características relativas de forma y textura de las partículas del árido. Este valor es una medida cuantitativa de aquellas características de forma y de textura que pueden afectar el desempeño de mezclas para los pavimentos.
- 6 Determinación del contenido de humedad del material cada 100 m. antes del proceso de compactación. Las tolerancias admitidas para la humedad de compactación en la superficie serán de (+/-) 1.5 % respecto a la humedad óptima.

Durante todo el tiempo de la construcción de la capa base hasta la recepción de la misma, los materiales serán protegidos contra la acción destructiva de las aguas pluviales, del tránsito y de otros agentes que puedan dañarla.

2.2.16.6. Control de Densidades AASHTO T-191

Determinación de la densidad "in situ" y del grado de compactación del material compactado con un espaciamiento de cada 100 m, en principio, en puntos ubicados al tres bolillo: borde izquierda, eje, borde derecho, eje, borde izquierdo, etc., de acuerdo a los procedimientos estándar AASHTO T-191 y AASHTO T-224, este último para el ajuste de la densidad máxima por variación en el contenido de partículas gruesas.

Se verifica homogeneidad del material en el lugar de aplicación y la ejecución sea uniforme y bien controlada.

Los ensayos de determinación de las densidades en sitio serán realizados mediante métodos estandarizados AASHTO o ASTM. En caso de emplear equipos tipo densímetros nucleares, estos equipos deberán cumplir o exceder los requisitos establecidos por los estándares ASTM D2922, D3017, D2950, C1040

ILUSTRACIÓN 30. CONTROL DE DENSIDADES



Fuente: Elaboración Propia

2.2.16.7. Control Geométrico

Concluida la compactación de la capa base granular, se procederá al estacado de cada sección (5 estacas mínimo) para realizar el siguiente control geométrico, mediante nivelación de las secciones, admitiéndose las siguientes tolerancias:

Variación máxima en el bombeo de más 10%, no admitiéndose variación en menos (-). Variación máxima de (-) 1 cm en el espesor de la capa con relación al espesor indicado en el diseño, medido como mínimo en un punto cada 100 m, o donde lo indique el SUPERVISOR. No se admitirá variación sistemática en menos. Cada capa de base deberá ser conformada y compactada uniformemente en todo su ancho, incluyendo los bordes y taludes, evitando dejar crestas irregulares en los bordes que concentren el agua de lluvia y produzcan erosiones concentradas.

ILUSTRACIÓN 31. CONTROL GEOMÉTRICO DE LA CAPA BASE, AMPLIACIÓN DE PISTA



Fuente: Elaboración Propia

2.2.17. USO DE GEOMALLA PARA EL CONTROL DE REFLEXIÓN DE FISURAS

Con el fin de controlar y disminuir la aparición de fisuras en la sobrecarpeta, además de aumentar la resistencia a la tracción de la capa asfáltica en los sectores de mayor incidencia de las cargas, se ha visto necesario utilizar un geocompuesto o geomalla formada por una geogrilla biaxial, fabricada de fibras de vidrio cubierta con material bituminoso, cuyas propiedades mecánicas son las siguientes:

Resistencia a la tracción longitudinal	≥ 50 kN/m	ASTM D-6637
Resistencia a la tracción transversal	≥ 50 kN/m	ASTM D-6637
Elongación en la resistencia última	≤ 2.5 %	ASTM D-6637

2.2.17.1. Áreas de aplicación de la Geomalla

La geomalla se utilizará en el pavimento antiguo de la pista en los sectores más afectados por las cargas, de acuerdo al siguiente detalle:

- Tercio central de la pista 16 x 2000 metros (32,000 M2)
- Bordes de unión lateral entre pavimento antiguo y nuevo (ambos lados) 4 x 2000 metros (16,000 M2)
- Borde de unión longitudinal entre pavimento antiguo y nuevo 4x45 m (180 M2)

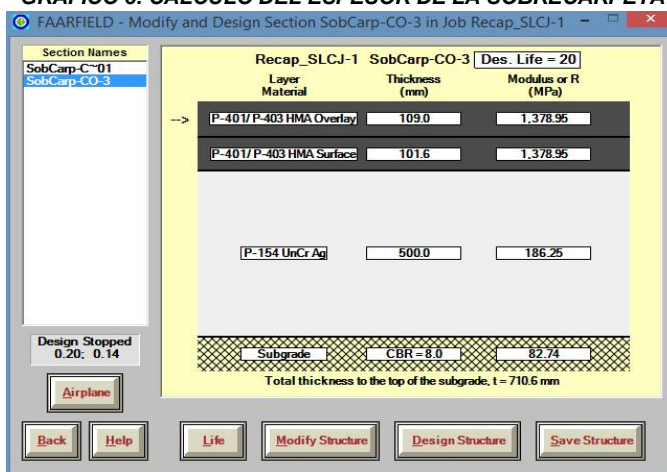
2.2.17.2. Datos para el Cálculo del Espesor de la Sobre Carpeta

Para el cálculo del espesor de la sobrecarpeta del pavimento de la pista y de la calle de rodaje aplicando el programa FAARFIELD, se ha utilizado la información detallada anteriormente y los parámetros siguientes:

DATOS INICIALES

Periodo de diseño	20 años
CBR promedio (según FAA)	8 %
Tasa de crecimiento anual	2.8 %
Salidas Anuales	Valores registrados en la Tabla 18

GRAFICO 3. CÁLCULO DEL ESPESOR DE LA SOBRECARPETA



FAARFIELD – Diseño de pavimento del aeropuerto (V 1.305, 9/28/10 64-bit)

Sección SobCarp-CO-3 in Job Recap_SLCJ-1.

Directorio de programa es C:\Arcgivo de programa (x86)\FAA\FAARFIELD\

La estructura es de superposición AC Flexible. Asfalto CDF no fue computado.

Vida de diseño = 20 años.

Un diseño para esta sección se complete en 01/22/16 at 09:40:30.

TABLA 25. INFORMACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO POR CAPA

No.	Tipo	Espesor mm	Modulos MPa	Poisson's Ratio	Fuerza R,MPa
1	P-401/ P-403 HMA Overlay	109.0	1,378.95	0.35	0.00
2	P-401/ P-403 HMA Superficie	101.6	1,378.95	0.35	0.00
3	P-154 UnCr Ag	500.0	186.25	0.35	0.00
4	Subrasante	0.0	82.74	0.35	0.00

Grosor total hasta la parte superior del subsuelo = 710.6 mm

TABLA 26. INFORMACION DEL AVION.

No.	Nombre	Peso Bruto en toneladas	Salidas anuales	% Crecimiento anual
1	Adv. B737-200 LP	56.700	2,658	2.80
2	B737-300	63.503	2,278	2.80
3	Dual Whl-50	22.680	532	2.80
4	BAe 146	43.091	2,126	2.80

Información adicional del avión

TABLA 27. SUBGRADE CDF

No.	Nombre	CDF Contribución	CDF Máximo para avión	P/C Proporción
1	Adv. B737-200 LP	0.16	0.16	1.29
2	B737-300	0.83	0.83	1.33
3	Dual Whl-50	0.00	0.00	1.50
4	BAe 146	0.01	0.01	1.40

GRAFICO 4. VERIFICACIÓN DEL FACTOR DE DAÑO ACUMULADO

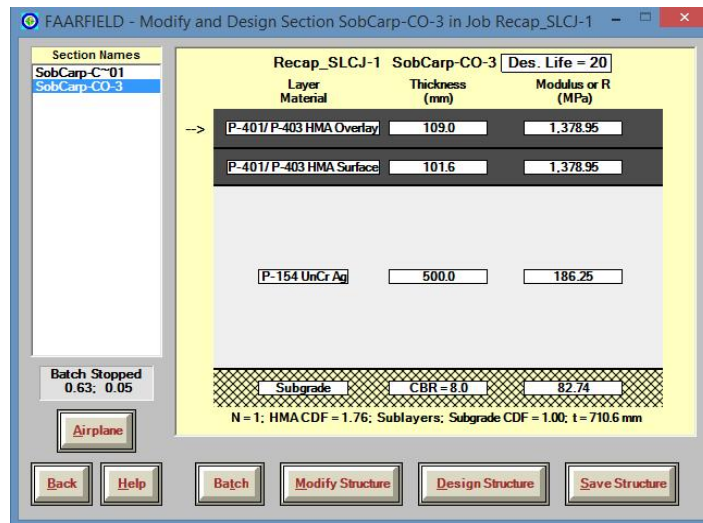
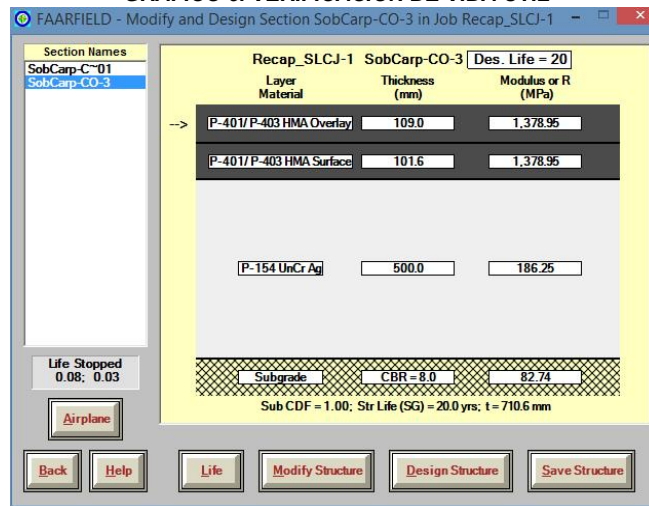


GRAFICO 5. VERIFICACIÓN DE VIDA ÚTIL



2.2.18. UNIÓN PAVIMENTO FLEXIBLE ANTIGUO CON PAVIMENTO FLEXIBLE NUEVO

Para definir el tipo de unión entre el pavimento antiguo del tramo de pista comprendido entre las progresivas 0+000 y 2+000, con el pavimento nuevo de las fajas laterales correspondientes a la ampliación del ancho de pista, se han hecho las consideraciones siguientes:

- a) La unión del pavimento nuevo con el antiguo, se asentará sobre un suelo mejorado ya que la pista actual además de tener un ancho de pavimento de 30 metros tiene márgenes de 3 metros a cada lado, que tienen la misma estructura de base y subbase que la plataforma central, por lo tanto mayor capacidad de soporte que el suelo de la subrasante.
- b) El tráfico que se prevé más allá de los quince metros a cada lado del eje de pista, es prácticamente cero si consideramos que las operaciones de despegue y aterrizaje están dirigidos al eje de pista y que el ancho del tren de aterrizaje principal del avión de diseño es solo 6.40 metros, por lo que no se generarán esfuerzos debido a las cargas de las aeronaves.
- c) La decisión de adoptar una carpeta de rodadura con espesor variable en su capa intermedia ha introducido una mayor complejidad a la solución constructiva, por lo cual el tiempo que demandará su construcción será mayor y con una especialización mayor del equipo y el personal del Contratista. Esta situación no permite introducir detalles adicionales en la unión del pavimento antiguo con el nuevo, ya que se produciría una mayor dificultad en la construcción del pavimento.

Por las razones señaladas, la unión entre las capas subbase del pavimento antiguo y nuevo será vertical únicamente mediante la fricción de agregados de ambas capas.

La base estabilizada del pavimento nuevo se unirá con la capa intermedia de la sobrecarpeta del pavimento antiguo, mediante una cuña que se introducirá debajo de la carpeta de rodadura del recapamiento y encima de la carpeta del pavimento viejo.

La unión entre los dos pavimentos será cubierta con una geomalla de fibra de vidrio recubierta con material bituminoso, la cual, por sus características de resistencia a la tracción permitirá compatibilizar las rigideces de ambos pavimentos. Encima de la geomalla se colocará la carpeta de rodadura con asfalto modificado que conformará una capa homogénea en todo el ancho y largo de la pista.

PARTE III:

3. MARCO TEORICO

CAPITULO TERCERO: MARCO TEORICO

3.1. ESTUDIO GEOMETRICO.

3.1.1. TOPOGRAFÍA.

La topografía es la rama de la geodesia que se encarga de determinar las dimensiones, contornos y diferencias altimétricas de parte de la superficie terrestre, mediante la medición de ángulos y distancias, lo suficientemente pequeñas de tal manera que se desprecia la influencia de la curva terrestre. El sistema de referencia son las coordenadas planas y el sistema de representación es el plano acotado. La palabra topografía procede del griego **topo = lugar, y grafos = dibujo.** (W., 2011)

La topografía en general es una aplicación de la geometría y, por tanto, sin el conocimiento de esta ciencia, sería imposible que aquella llenara el cometido que tiene asignado. (Marquez)

También podemos mencionar que la topografía es la ciencia que tiene como objeto todo lo concerniente a la realización de mapas, planos y su utilización. “Conjunto de técnicas y conocimientos para describir y delinear la superficie de un terreno” A la vez se utiliza para el levantamiento de zonas mucho menos extensas.

3.1.1.1. Equipo De Campo

a) Estación Total TOPCON 7500 con precisión $\pm(2+2 \text{ ppm} \cdot D)$. Se denomina estación total a un aparato electro-óptico utilizado en topografía, cuyo funcionamiento se apoya en la tecnología electrónica. Consiste en la incorporación de un distanciómetro y un microprocesador a un teodolito electrónico.

b) Receptores GPS doble frecuencia L1, L2 $\pm(5+1 \text{ ppm} \cdot D)$. La doble frecuencia en los GPS es una medición de la velocidad relativa de la señal captada usando dos

señales diferentes. Esto lo emplean los receptores GPS avanzados, con el fin de disminuir o eliminar los errores de medición inducidos por la atmósfera.

c) Nivel Digital con precisión de 8mm k. Los niveles digitales son instrumentos para la medida directa de ángulos con elevada precisión.

d) Poligonal Base: La poligonal base recibe este nombre debido a que servirá de apoyo para el futuro replanteo de la obra.

3.2. ESTUDIO GEOTECNICO.

Un Estudio de Suelo, también conocido como Estudio Geotécnico, es un conjunto de actividades que nos permiten obtener la información de un determinado terreno. Es una de las informaciones más importantes para la planificación, diseño y ejecución de un proyecto de construcción.

El estudio geotécnico se realiza previamente al proyecto y tiene por objeto determinar la naturaleza y propiedades del terreno, fundamentales para definir el tipo y condiciones de cimentación.

Los estudios geotécnicos nos permiten definir las dimensiones y la tipología del proyecto de tal forma que no pongan en peligro la obra estructural o generen situaciones de inestabilidad de las propias estructuras o del terreno. Por otra parte, un estudio geotécnico de calidad permite anticipar posibles problemas de construcción relacionados o no con el agua (profundidad del nivel freático, filtraciones, erosiones internas, entre otros), determinar el volumen y la maquinaria adecuada para la obra, el tipo de materiales que han de ser excavados

3.2.1. ENSAYOS EN LABORATORIO

Con los ensayos de laboratorio de suelos se persiguen los siguientes objetivos:

- Clasificar correctamente el suelo.
- Identificar el estado en que se encuentra el suelo.
- Evaluar sus propiedades mecánicas.

- Prever posibles problemas geotécnicos (expansividad, colpaso...)

Los ensayos de laboratorio plantean el inconveniente de que tenemos que suponer que la muestra que ensayamos es representativa del total del suelo, y que se encuentra todo el suelo en el mismo estado.

Los ensayos de laboratorio más comunes, al objeto de conseguir los objetivos indicados, que se realizan en el reconocimiento geotécnico de un terreno en el que se va a ubicar una cimentación son los siguientes:

- Contenido de humedad natural según Norma ASTM D-2216-71
- Análisis granulométrico según Norma ASTM D-422-63
- Límites de Atterberg
- Límite Líquido según ASTM D-423-66
- Límite Plástico según ASTM D-424-59
- Índice de plasticidad
- Índice de Consistencia
- Clasificación de suelos según Normas ASTM D-2487-69

3.3. CLASIFICACIÓN DE AGREGADOS.

Estos agregados podrían emplearse en la conformación de base, sub base, relleno.

✓ Agregado Brita – Tamaño Grava

Este material se clasifica en el sistema SUCS como GP en AASHTO como A-1-a(0). Se trata de una partículas de origen ígneo, representada por gravas mal graduadas con una incidencia del 50 % de partículas de tamaño $\frac{3}{4}$ " y un 40 % de tamaño $\frac{1}{2}$ ", limpias. De forma angular y textura rugosa.

✓ **Agregado Brita – Tamaño grava menuda o gravilla**

Este material se clasifica en el sistema SUCS como GP en AASHTO como A-1-a (0). Se trata de una partículas de origen ígneo, representada por gravas menuda mal graduadas con una incidencia del 75 % de partículas de tamaño 4,75 mm. De forma angular y textura rugosa.

✓ **Agregado Polvo de Brita – Tamaño arena**

Este material se clasifica en el sistema SUCS como SP-SM en AASHTO como A-1-b(0). Se trata de unas partículas de origen ígneo, representada por arenas de tamaño variado.

✓ **Grava del Perú**

Los materiales clasifican en el sistema SUCS como gravas GP y en AASHTO como A-1-a (0). Son materiales limpios, con una buena resistencia a la abrasión, los agregados gruesos son de forma redondeada y textura lisa.

✓ **Material Laterítico**

Los materiales clasifican en el sistema SUCS como gravas arcillosas GC y en AASHTO como A-4(0). Son una mezcla de gravas de resistencia media a baja, con relleno arcilloso.

✓ **Arena**

Este material se clasifica en el sistema SUCS como SP en AASHTO como A-3(0). Se trata de partículas de origen aluvial, representada por arenas mal graduadas con una incidencia del 95 % de partículas de 0.425 mm.

3.4. ESTUDIO DE SUELOS EN SISTEMA DE PISTAS.

3.4.1. ESTUDIOS BÁSICOS PARA EL PROYECTO.

Todo proyecto requiere información específica del medio ambiente y del estado físico del sitio en el que se llevara a cabo; esto se obtiene mediante una serie de estudios que se

realizan previamente tener la información específica en diferentes campos del conocimiento, como los estudios topográficos, mediante los cuales se determina las posiciones de los diferentes rasgos naturales del terreno, registrando los datos necesarios mediante la elaboración de planos o cartas topográficas; estudio geotécnico, necesario para conocer las características físicas de los suelos y del terreno en donde se piensa construir el aeropuerto.

a) Muestreo. Por sus características de operación los aeropuertos se construyen en áreas planas o de lomerío suave, generándose en consecuencia corte y terraplenes de baja altura, sin embargo es común también que se ubiquen en zonas pantanosas, lacustres, o meandros abandonados, entre otros, en los cuales suelen encontrarse, suelos blandos y compresibles, estratigrafía errática, etc., todo lo cual deberá ser tomado en cuenta para definir la técnica de exploración y muestreo que deba realizarse, para demostrar la estratigrafía, discontinuidades, posición del nivel freático.

✓ **Pozos a cielo abierto.** Nos permiten observar directamente la estratigrafía del suelo, del lugar donde se va a trabajar, dicha exploración consiste en la ejecución de calicatas, abiertas, identificación de los horizontes estratigráficos y toma de muestras alteradas e inalteradas para su caracterización en el laboratorio, y ejecutar pruebas directas de resistencia, como CBR en las muestras de mayor interés, son recomendables suelos secos y duros. Las excavaciones de las calicatas se realizan con maquinaria pesada, alcanzar profundidades de hasta 2 a 3 m. bajo el nivel de la rasante del proyecto, a distancias de 2 a 3 m. a lo largo de los ejes de los elementos del aeropuerto,

Para la consideración de la capacidad de soporte de los suelos de cimentación de la estructura del pavimento, se han realizado estudios geotécnicos de los suelos naturales existentes, los mismos están basados en la excavación de calicatas con un espaciamiento medio de 100 metros a lo largo del proyecto.

Las calicatas fueron excavadas hasta una profundidad de 3.00 metros, con el objetivo de conocer las características de los suelos naturales y su posible aprovechamiento en la conformación de terraplenes.

✓ **Canales de taludes de cortes naturales o artificiales.** Son técnicas que permiten obtener muestras alteradas o inalteradas de las paredes de los cortes existentes. Es común utilizar esta técnica para exploración de zonas de bancos de materiales, obteniendo muestras alteradas de cada estrato o integrales, según se estime la utilización de los materiales.

✓ **Trincheras.** Pueden ser útiles en algunos casos para definir la estratigrafía en áreas de interés, estudio de bancos definir la dureza de los materiales. Se realizan utilizando trascabos o tractores con dozer, por lo que pueden ser profundas y de longitud considerable

b) Ensayos de campo y laboratorio. Para conocer las características de los materiales es recomendable la ejecución de ensayos de campo tanto de resistencia como de deformabilidad, por la ventaja de estudiar al suelo en condiciones naturales de estructuración, contenido de agua y confinamiento.

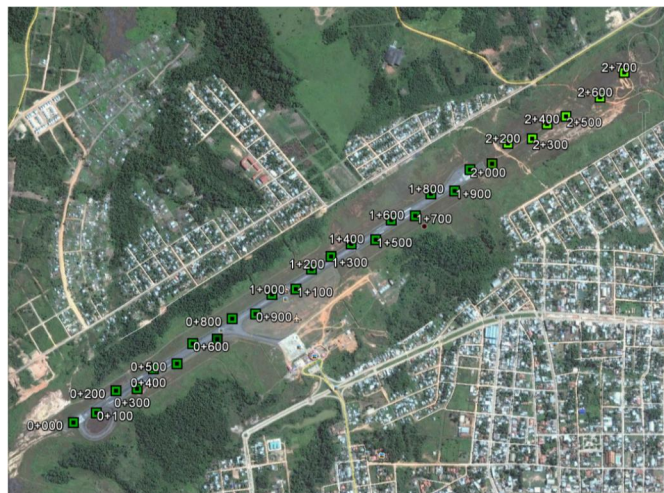
Se realizan además ensayos de laboratorio para evaluar las propiedades mecánicas de los suelos como:

- Análisis granulométrico (Normas AASHTO T-11 Y T-27)
- Contenido de humedad natural del suelo (Norma ASTM D 2216)
- Límite de plasticidad y consistencia (Normas AASHTO T-89 Y T-90)
- Densidad y absorción de sólidos
- Consolidación unidimensional
- Determinación de CBR en especímenes alterados e inalterados
- Compactación (Normas AASHTO T-180 y T-99)
- Valor de soporte de California - C.B.R. (Norma AASHTO T-193)

Estos ensayos fueron realizados siguiendo las especificaciones técnicas del proyecto.

El material característico del sector de Pista y ampliación, corresponden a suelos cohesivos del tipo A-4 y A-6, con un 89.3% de incidencia, representados por limos y arcillas mezclados con arenas de gradación fina, de plasticidad baja, de humedad moderada, con una baja a regular consolidación, en la mayor parte del tramo, estos materiales oponen una baja a moderada resistencia a la penetración, con índices de expansión moderados, el segundo en incidencia son los suelos granulares del tipo, A-2, que corresponden a unas arenas de grano fino envueltas en una matriz limosa y arcillosa, de buenas características como capa sub-rasante y por último los suelos tipo A-7-5 que corresponden a arcillas elásticas, con un elevado limite líquido.

ILUSTRACIÓN 32. PISTA Y AMPLIACIÓN DE PISTA



Fuente: Plan Maestro

La exploración consistió en la ejecución de calicatas, abiertas, identificación de los horizontes estratigráficos y toma de muestras disturbadas para su caracterización en el laboratorio.

Las excavaciones de las calicatas se realizaron con maquinaria pesada, alcanzar profundidades de 3.00 metros. En cada calicata se realizó el registro del perfil

estratigráfico encontrado tal como recomienda la norma ASTM D 145, habiendo obtenido muestras de suelos disturbados por cada calicata explorada.

3.5. CLASIFICACIÓN DE LOS PAVIMENTOS.

Se clasifican en general: a) Pavimentos Flexibles. b) Pavimentos Rígidos, para clasificar a los pavimentos en rígidos o flexibles considerando la forma en que se distribuyen las cargas al terreno, este tipo de clasificación se acepta porque permite un mejor manejo de los conceptos y criterios al momento de diseñar y construir pavimentos. A continuación se describen algunas clases de pavimentos, de interés relacionados con este trabajo.

a) Pavimento Flexible o pavimento de concreto asfáltico. Se componen de una o varias capas de material granular, constituidos a partir del terreno, los productos naturales pueden mezclarse (estabilizarse) con materiales bituminosos para obtener mayores resistencias y mejorar superficies de rodaje. No obstante puede prescindirse de cualquiera de estas capas dependiendo de las necesidades particulares de cada obra o de las características de los materiales que las conforman.

b) Pavimento Rígido. Consisten en losas de hormigón que descansan sobre el terreno, o bien directamente a través de una capa de material granular. Están constituidos por una losa de concreto hidráulico, apoyada sobre la subrasante o sobre una capa de material seleccionado, el cual se denomina subbase del pavimento rígido. Debido a la alta rigidez del concreto hidráulico así como de su elevado coeficiente de elasticidad, la distribución de esfuerzos se produce en una zona muy amplia. Además como el concreto es capaz de resistir, en cierto grado esfuerzos de tensión, el comportamiento de un pavimento rígido es suficiente satisfactorio aun cuando exista zonas débiles de la subrasante. La capacidad estructural de un pavimento rígido depende de la resistencia de las losas y, por lo tanto, el apoyo de las capas subyacentes ejercen poca influencia en el diseño del espesor del pavimento.

3.6. PAVIMENTOS DE CONCRETO ASFALTICO.

Un pavimento es un elemento estructural monocapa o multicapa, diseñado y construido con materiales apropiados y adecuadamente compactados, apoyado en toda su superficie sobre la subrasante, que tiene como principales funciones: la de proporcionar una superficie de rodamiento uniforme, de color y textura uniforme, resistente a la acción del tránsito, a la del intemperismo y otros agentes perjudiciales durante un periodo de tiempo predeterminado, en el que necesariamente deberá recibir algún tipo de tratamiento que permita prolongar su vida útil.

En el caso de los aeropuertos los pavimentos tienen por misión repartir las grandes cargas originadas por las ruedas de los aviones en superficies totales, que la carga en los suelos no llegue a producir rotura.

Constan en general de tres tipos de capa: 1) Capa de rodadura, sobre la que se apoya directamente la rueda, que además de ser estable debe cumplir buenas condiciones para la rodadura. 2) capa base, que debiendo ser también perfectamente estables tienen por misión repartir cargas sobre la tercera. 3) Capa sub-base, está a su vez reparte todavía más las cargas hasta conseguir en el terreno natural coeficientes de trabajo apropiados.

El pavimento flexible consta de una capa de rodadura conformada por una mezcla asfáltica en caliente, la cual es colocada sobre una capa base, una subbase, y cuando las condiciones de la subrasante lo requieran, se tendrá una capa de refuerzo o subrasante mejorada.

En el párrafo 309, de la AC 150-5320-6E, se define que la mezcla de asfalto en caliente, que forma la capa de rodadura, debe evitar la penetración de agua de la superficie hacia la capa de base, debe proporcionar una superficie lisa, libre de partículas sueltas, debe ser resistente al corte para soportar los esfuerzos inducidos por las cargas de las ruedas de la aeronaves, y debe proporcionar una textura de cualidades antideslizantes, sin causar un desgaste excesivo de los neumáticos.

Para cumplir estos requisitos, el concreto asfáltico debe estar compuesto por una mezcla de áridos y un ligante bituminoso, que producirá una superficie uniforme de textura adecuada, con una elevada durabilidad y con una estabilidad que satisfaga las exigencias de la especificación técnica.

La mezcla densa-graduada con asfalto caliente, debe ser preparada en una planta de mezclado central, de acuerdo a la especificación de la norma P-401 (FAA), para cumplir con todos los requisitos exigidos.

ILUSTRACIÓN 33. SECCIÓN ESTRUCTURAL TÍPICA DE UN PAVIMENTO ASFÁLTICO



3.7. BACHEOS.

El bacheo es una falla muy común en los pavimentos flexibles, como definición práctica podemos decir que es la pérdida de la carpeta en un lugar puntual de la superficie de rodamiento, motivado por diferentes factores principalmente relacionadas con la calidad de la capa subyacente, la filtración de agua o el progreso de la oxidación de los agregados pétreos ó conocido como piel de cocodrilo.

El término bacheo profundo se refiere a que la reparación se lleva hasta la capa subyacente a la capa de carpeta, si es que se detecta el origen de la falla a esa profundidad y de acuerdo con esto se asume que el término bacheo se refiere al proceso de reparación aplicado solamente a la carpeta. Para la reparación del bache se recomienda lo siguiente: definir una figura

geométrica del tipo cuadrada o rectangular con la falla (asumiendo que la falla tiene una forma irregular), cuidando de cortar hasta una línea donde no se tenga material suelto, se debe de aplicar un riego de liga a razón de 0.7 litros por metro cuadrado y finalmente colocar el material de carpeta asfáltica compactada al 95%, cuidando para ésta última la temperatura y calidad. Para el caso del bacheo profundo adicional a lo anterior se debe retirar el material pétreo de la calidad inadecuada y reponer sus niveles con material de la calidad requerida y compactado al 100%. (QUINHER MANTENIMIENTO, 2018)

Este trabajo consiste en la reparación del pavimento flexible de la pista en todos los sitios y áreas que presenten un deterioro e inestabilidad para el recrecimiento asfáltico, de acuerdo a instrucciones del Supervisor. Este trabajo tendrá tres componentes.

- a) Sellado de Fisuras.
- b) Bacheo Superficial
- c) Bacheo Profundo

3.8. DEFINICIÓN DE AERONAVE DE DISEÑO.

Para calcular la longitud de pista (LP) para despegue se usa el concepto de longitud de campo de referencia (LCR), es la longitud de campo mínima necesaria para el despegue de un avión, con el peso máximo homologado, a nivel del mar, en atmósfera tipo (15°C. y 760 mm Hg), sin viento y pista horizontal (pendiente efectiva cero); es un dato proporcionado por el fabricante. Ahora bien, se denominará longitud de campo (LC) a la distancia de despegue de un avión con el máximo peso, con determinadas condiciones atmosféricas, dependiente efectiva de pista y de cota. Por lo tanto: $LC = LP = LCR \times fe \times ft \times fp$. Donde fe , ft y fp son factores de corrección por elevación, temperatura y pendiente efectiva. Existen ábacos y tablas (FAA-USA) de donde se extraen estos factores. Se considera que un avión ha despegado cuando alcanza los 10,5 m (35 pies) de altura. La longitud de campo (LC) puede coincidir ó no con la longitud de pista (LP) propiamente dicha. Se denomina aeronave crítica a aquella, de todas las que operan en un aeropuerto, que representa las mayores exigencias respecto del elemento que se está analizando. Un aeropuerto puede tener varias aeronaves críticas. Por ejemplo: Para diseño de pavimentos, la aeronave crítica será la de mayor carga de apoyo; para

la orientación de pista, será la de menores dimensiones, y para calcular la longitud de pista, la aeronave crítica será aquella de mayor Longitud de Campo de referencia (LCR). Para el caso de longitud de pista (LA) para aterrizaje o de parada: $LC = LA \times fe$. Se considera como longitud mínima a aquella tomada a partir del umbral cuando el avión pasa a 15 m de altura de éste. Para estos cálculos por lo general se utiliza el método de "gráficos de performance de aeronaves" de la FAA (USA), también existe el método general de la OACI. Finalmente, se llaman "distancias declaradas" de pista a sus cuatro longitudes de tipo operacional, son según sus siglas en inglés: TORA: Recorrido de despegue disponible. TODA: Distancia de despegue disponible, es igual a $TORA + CWY$ (clear way) ASDA: Distancia de aceleración parada, es igual a $TORA + SWY$ (stop way) LDA: Distancia disponible para aterrizaje.

3.9. AERONAVE DE DISEÑO BOEING 737-300

3.9.1. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA AERONAVE BOEING 737-300

Boeing-737 300, este estrecho-cuerpo, bimotor, avión de pasajeros de corto y medio en el encaminamiento, fabricado por «Boeing Commercial Airplanes». Boeing 737-300, es el modelo base «737 clásico» aviones de la serie. (Fundacion Wikimedia, 2018)

ILUSTRACIÓN 34. BOEING-737 300 FOTO

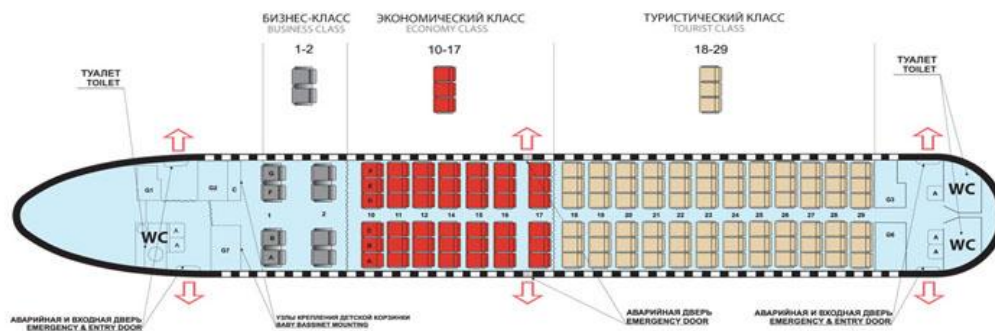


Fuente: Google Boeing 737-300

La primera prueba de Boeing-737 300 salió de la fábrica en Renton años Enero 17 1984. El primer vuelo que se cometió en febrero 24 1984 años. La certificación ha sido obtenida en noviembre 14 1984 años. Y en el mismo año, en noviembre de 28, el primer Boeing-737 300, entró en la línea aérea estadounidense «de EE.UU. Airwas». En 1985 la empresa «Boeing Commercial Airplanes», 252 ha recibido la orden para el avión.

ILUSTRACIÓN 35. CARACTERISTICAS TECNICAS B737-300

Boeing 737-300 схема салона самолета с компоновкой 8В+42Е+72У

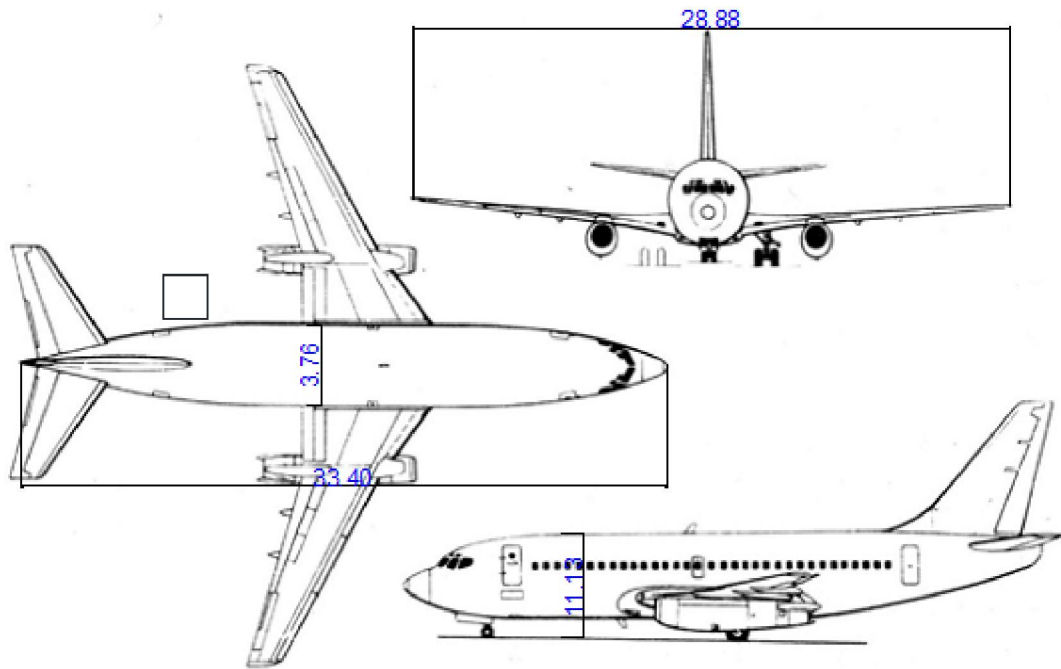


Fuente: Google Boeing 737-300

Características técnicas de la aeronave Boeing-737 300:

- El primer vuelo del Boeing-737 300: 24 febrero del año 1984
- Años de producción: c año 1984 1999 en el año
- Longitud: 33,40 m.
- Altura: 11,13 m.
- Envergadura: 28,88 m.
- Fuselaje ancho: 3,76 m.
- Peso en vacío: kg 32460.
- superficie de las alas: 105,40 metros cuadrados
- Velocidad de crucero: 780 km / h ..
- Velocidad máxima: 876 km / h ..
- Techo: 11300 m.
- Rango de la carga máxima: km 4204.
- Motores: 2 x turboventilador SFM Internacional CFM56-3B-1
- Longitud de despegue: 1950 m.
- longitud de la trayectoria: 1400 m.
- 2 la gente: la tripulación
- Capacidad de pasajeros

ILUSTRACIÓN 36. DIMENSIONES DE LA AERONAVE DE DISEÑO B737-300



Fuente: Google Boeing 737-300

ILUSTRACIÓN 37. AERONAVE DE DISEÑO



Fuente: Elaboración Propia

ILUSTRACIÓN 38. AERONAVE DE DISEÑO BOEING 737-300



3.9.2. IMPACTO DE LA AERONAVE SOBRE LA PISTA

Debido al impacto vertical de la velocidad del avión en el descenso recibe el suelo en el aterrizaje una carga dinámica que debe soportar. Como resultado de los ensayos realizados se llegó a la conclusión de que el factor del impacto existe en realidad y depende de la naturaleza del pavimento.

En la realidad, se deduce de la experiencia de las fracturas de los pavimentos que se originan con mayor frecuencia en las zonas de estacionamiento y calles de rodaje, en las que actúan los aviones con escasa velocidad y cargas estáticas, que en las zonas de pista de vuelo sometidas a los impactos de las aeronaves al tomar tierra; al decir que en los puntos en que actúan los factores de impacto y las cargas reales producidas por ellos no se producen los efectos debido a las mayores tensiones en el interior de la masa de los pavimentos.

Esta anomalía se debe, en primer lugar, al efecto de los amortiguadores de los trenes de aterrizaje, y en segundo lugar a la plasticidad de los pavimentos, Aun hasta en los casos

de placas de hormigón de cemento la velocidad de propagación de tensiones en el interior de la masa continua y es muy lenta en relación con la fracción de tiempo en que actúa la carga, por ser muy lenta la proporción de las deformaciones. Esto da lugar a que dejando rápidamente de actuar las cargas no lleguen a propagarse las tensiones más allá de una pequeña distancia del punto de aplicación por lo que el efecto queda localizado a mayores tensiones en la capa superficial del pavimento.

Por lo tanto no es recomendable, en los casos de pavimento sobre el terreno, tener en cuenta los coeficientes de impacto, y si algunas veces se toman en consideración, debe hacerse solamente a título de seguridad.

3.10. AERONAVES QUE OPERAN EN BOLIVIA.

3.10.1. BOEING

La Compañía Boeing es una empresa multinacional estadounidense que diseña, fabrica y vende aviones, helicópteros, misiles y satélites y proporciona asesoramiento y servicio técnico. Boeing es uno de los mayores fabricantes de aeronaves del mundo, el segundo contratista de defensa del mundo, según datos de 2013.

La sede central de Boeing se encuentra en Chicago y la compañía está liderada por el presidente y CEO Dennis Muilenburg.

Boeing es el principal fabricante de aviones comerciales desde hace décadas. Hoy en día, la compañía fabrica las familias de aviones 737, 747, 767, 777 y 787, además de la gama de aviones ejecutivos Boeing Business Jet. Otras líneas de producto que se están desarrollando actualmente incluyen el Boeing 787-10 Dreamliner, el 737 MAX y el 777X. Más de 10.000 aviones fabricados por Boeing operan en todo el mundo, lo que supone casi la mitad de la flota aérea mundial.

En Bolivia a través de diferentes aerolíneas opera una flota de aviones Boeing, Boeing 737 y Boeing 767.

3.10.2. AIRBUS

Airbus S.A.S. (Société par Actions Simplifiée, del francés: Sociedad por Acciones Simplificada) es una división de Airbus Group S.E. (Societas Europaea) que construye aviones civiles. Su sede está en Blagnac, un barrio de Toulouse, Francia. Su producción y sus manufacturas están, sobre todo, en Francia, Alemania, España, China y el Reino Unido.

Airbus empezó como un consorcio de fabricantes de naves aeroespaciales llamado Airbus Industrie.

La consolidación de la defensa europea y de las compañías aeroespaciales en 1999 y en el 2000 permitieron el establecimiento de una Sociedad Anónima en 2001, adquirida por EADS (European Aeronautic Defence and Space Company, Compañía Europea Aeronáutica de Defensa y Espacial) (80 %) y por BAE Systems (20 %). Después de un periodo prolongado, BAE vendió su accionariado a EADS el 13 de octubre de 2006.

La compañía produce y comercializa el primer avión de pasajeros fly-by-wire, el Airbus A320 y el avión de pasajeros más grande del mundo, el Airbus A380. Desde el año 2011 es el mayor fabricante de aviones y equipos aeroespaciales del mundo.

Airbus Industrie empezó como un consorcio de aviación europeo para competir con compañías estadounidenses como Boeing, McDonnell Douglas y Lockheed.

Los Airbus 320 alquilados por TAM y GOL son aeronaves de largo alcance, cabina ensanchada y con capacidad de transportar a 320 pasajeros, tienen menos de ocho años de uso, son absolutamente nuevas y están certificadas para volar en cualquier parte del mundo i atravesar el Océano Atlántico, añadió: (Cosio, 2012)

3.10.3. BOMBARDIER

Bombardier Aerospace es la filial de productos aeroespaciales de la corporación canadiense Bombardier. Se sitúa en el tercer puesto en volumen de negocio, tras Boeing y Airbus, y en el cuarto en unidades de aviones producidas anualmente,

después de Boeing, Airbus y Embraer. Su unidad de negocio central se sitúa en la localidad de Dorval, Quebec, Canada.

Bombardier es una empresa de Canadá, con sede en Montreal Fue fundada en 1942, en Valcourt, como L'Auto-Neige Bombardier Limitée, por Joseph-Armand Bombardier (1907-1964). Inicialmente asentada en la producción de material para ferrocarriles, inició su expansión hacia el sector aeronáutico.

El Canadair Regional Jet (CRJ) es fabricado por Bombardier Transportation, empresa canadiense ubicada en Montreal especializada en la fabricación de tecnología terrestre como ferrocarriles y aeronáutica como son aeronaves ejecutivas y regionales.

La aeronave cuenta con un fuselaje ancho, con 13 filas de cuatro asientos a través de una cabina silenciosa y cómoda, es una aeronave con motores ecológicos y superficies aerodinámicas que permiten el ahorro de consumo de combustible, el Bombardier CRJ200 genera un 50% menos ruido que el Boeing 737. Este tipo de aeronaves operan en más de 60 aerolíneas a nivel mundial y más de 30 operadores han optado por variantes corporativas del avión. La familia de la serie CRJ se ha convertido en el parámetro de eficiencia para aviones regionales en el segmento de 50 a 100 asientos y es la solución óptima para rutas de mediano alcance.

Actualmente en Bolivia la aerolínea Boliviana de Aviación (BOA) y Amazonas prestan servicios de transporte aéreo, a través de estas aeronaves Bombardier con la serie CRJ-200.

3.10.4. BRITISH AEROSPACE BAE146.

Los British Aerospace 146 y las versiones modernizadas ARJ (Avro Regional Jet) o Avro RJ son jets británicos con cuatro reactores turbofan y cola en T, que fueron construidos por British Aerospace (y posteriormente por BAE Systems) entre 1983 y 2002. Tienen desde 70 hasta 128 plazas o hasta 12 490 kg en contenedores de tipo LD3 o paletas.

El BAe 146 / ARJ respeta el ambiente y está preparado para operar de noche, por ejemplo con compañías de carga como TNT Airways. Es el reactor más silencioso en servicio comercial, y fue comercializado como el Whisperjet (el susurrador), ya que no necesita inversores de empuje con sus spoilers y aerofrenos de cola.

Realiza despegues y aterrizajes cortos permitiendo a la aeronave despegar en pistas de aterrizaje muy cortas, pistas de tierra ó hielo. facilita a líneas aéreas que antes solo ofrecían servicios a aeropuertos con pistas cortas con ruidosos y lentos aviones turbohélice para que tengan con este avión servicios rápidos.

El BAe 146 es un avión versátil, con doce versiones comerciales y militares, incluyendo el 146QT (Quiet Trader, versiones de carga de los 146-200 y 146-300), el 146QC (Quick Change, convertible para pasajeros o carga), el 146-100VIP, el BAe 146STA (Sideloadng Tactical Airlifter, la versión de transporte militar), los ARJ70, RJ85 (BAe 146-200) y RJ100 (BAe 146-300).

Los BAe 146 son usados para vuelos comerciales, de carga y militares. Son utilizados por más que 50 diferentes aerolíneas, en todo el mundo.

Son operadores del BAe 146 y de los Avro RJ son, por ejemplo, Transporte Aéreo Militar de la Fuerza Aérea Boliviana, Aerovías DAP en Chile, Sol Airlines en la República Dominicana o Orionair y TAER Andalus en España. También Albanian Airlines, BA Connect, belleair, Brussels Airlines, Air France CityJet, Eurowings, Flybe, Hemus Air / Bulgaria Air, Lufthansa CityLine, Ecojet, Star Perú y LaMia.

3.11. PISTA DE UN AEROPUERTO.

La pista de un aeropuerto o también llamado aeródromo, es una terminal en tierra donde se inicia y concluyen los viajes de transporte aéreo en aeronaves, sobre la cual los aviones toman tierra y frenan o en la que los aviones aceleran hasta alcanzar la velocidad que les permite despegar. En español es más habitual hablar de pista de aterrizaje que de pista de despegue. El

piloto y el controlador aéreo utilizan simplemente la expresión “pista” cuando se comunican entre ellos.

Por lo general las pistas están hechas de pavimento flexible y hormigón: el espesor de la base de la pista depende del tipo y tamaño de los aviones que la utilizaran y de la composición de la demanda. Así por ejemplo, las pistas destinadas a los grandes aviones requieren un paquete estructural extremadamente gruesa (entre 15 y 51 cm aproximadamente) resistente para soportar el peso elevado de tales aparatos.

3.12. PROGRAMA FAARFIELD – DISEÑO PAVIMENTO DE AEROPUERTOS

3.12.1. CONSIDERACIONES GENERALES.

FAARFIELD 1.41 y otras versiones es el software de diseño de espesor estándar que acompaña al diseño y evaluación de pavimentos de aeropuertos AC 150 / 5320-6F.

- FAARFIELD significa diseño en capas elástico iterativo rígido y flexible de la FAA. FAARFIELD 1.41 incorpora respuestas de elementos finitos en 3D a las cargas de los aviones (para nuevos pavimentos rígidos y recubrimientos rígidos). Los modelos de elementos finitos 3D utilizados para diseños de pavimento rígido son computacionalmente intensivos y pueden resultar en tiempos de ejecución prolongados, dependiendo de las características de la computadora.

El programa tiene sus procesos de diseño en base al análisis de capas elásticas, mediante elementos finitos en tres dimensiones, cuyo resultado determina los espesores de las capas que conforman la estructura del pavimento.

Este análisis basado en elementos finitos, se ha desarrollado para resolver el impacto de las nuevas aeronaves con diferentes configuraciones de trenes de aterrizaje y de pesos. El método de diseño digital es complejo y extenso, por lo que la FAA ha desarrollado un programa informático llamado FAARFIELD, con el fin de ayudar a los ingenieros de pavimentos a utilizar este método.

Los procedimientos y software, tienen por objeto proporcionar estándares de diseño de los espesores de todos los pavimentos aeroportuarios. Para ayudar a la revisión del diseño, la información resumida del software debe ser impresa, incluyendo la presentación del diseño del pavimento, utilizando la ventana Notas de FAARFIELD.

El programa FAARFIELD utiliza el factor acumulativo de daños (CDF), concepto en el que se considera el deterioro que produce cada aeronave de manera separada, al final los daños son sumados para obtener el daño total que es analizado por el programa.

Los cálculos de la estructura de pavimento se llevan a cabo por dos subprogramas dentro de FAARFIELD. Estos subprogramas son llamados LEAF y NIKE3D_FAA.

LEAF es un programa de cálculo por capas elásticas implementado como una librería de enlace dinámico Microsoft Windows™, escrito en Visual Basic™ 2005. NIKE3D_FAA es un programa de cálculo tridimensional de elementos finitos implementado como una librería de enlace dinámico escrito en FORTRAN. NIKE3D_FAA es una modificación del programa NIKE3D originalmente desarrollado por el Laboratorio Nacional Lawrence Livermore (LLNL) del Departamento de Energía de EE.UU. y se distribuye en forma compilada bajo un acuerdo de intercambio de software entre LLNL y la FAA.

En la biblioteca del programa se almacena una amplia variedad de aeronaves con características propias, la misma presenta seis grupos de aeronaves: Genérico, Airbus, Boeing, Otros, aviación comercial, aviación general y militar. El diseñador tiene la libertad de seleccionar y ajustar los pesos y las frecuencias de operación de los aviones.

El procedimiento de diseño supone que el 95 por ciento del peso bruto es soportado por el tren de aterrizaje principal y un 5 por ciento por el tren de proa. FAARFIELD ofrece información del peso bruto de muchos aviones civiles y militares. La FAA recomienda utilizar el peso de despegue máximo previsto, lo que proporciona un cierto grado de

conservadurismo en el diseño, que cubrirá los cambios que se produzcan en el uso operativo y en el tráfico previsto. El conservadurismo es compensado, en parte, por ignorar el tráfico de llegada.

Asimismo, considera el tipo de configuración de las ruedas y la presión de los neumáticos, la cual tiene una influencia significativamente mayor en las tensiones que se producen en la carpeta de asfalto, que en el subsuelo.

Presiones de neumáticos mayores a 221 psi (1,5 Mpa) pueden ser soportados con seguridad, si la carpeta asfáltica y la capa base cumplen con los requisitos mínimos de diseño para la cargas previstas y con un concreto asfáltico de alta estabilidad.

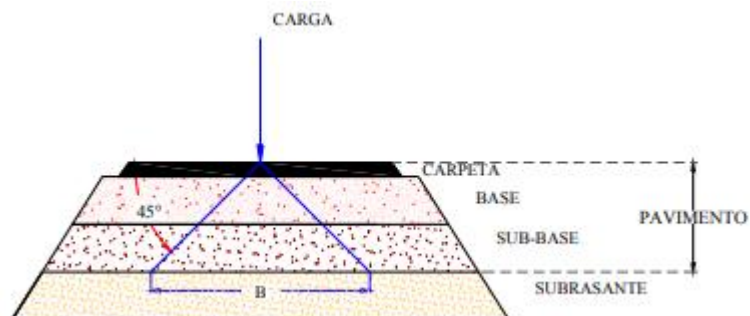
3.12.2. CARACTERISTICAS DE LA SUB – RASANTE

Sub-rasante se denomina al suelo que sirve como fundación para todo el paquete estructural de un pavimento.

Las principales funciones de la capa sub-rasante son:

- (1) Recibir y resistir las cargas del tránsito que le son transmitidas por el pavimento.
- (2) Transmitir y distribuir de modo adecuado las cargas del tránsito al cuerpo del terraplén.

GRAFICO 6. TRANSMISION DE CARGAS EN CAPAS INFERIORES



3.12.3. CARACTERISTICAS DE LA CAPA SUB-BASE

En los pavimentos flexibles, la subbase es la capa situada debajo de la base y sobre la capa subrasante, debe ser un elemento que brinde un apoyo uniforme y permanente al pavimento.

Cuando se trate de un pavimento rígido, esta capa se ubica inmediatamente abajo de las losas de hormigón, y puede ser no necesaria cuando la capa subrasante es de elevada capacidad de soporte.

Su función es proporcionar a la base un cimiento uniforme y constituir una adecuada plataforma de trabajo para su colocación y compactación. Debe ser un elemento permeable para que cumpla también una acción drenante, para lo cual es imprescindible que los materiales usados carezcan de finos y en todo caso suele ser una capa de transición necesaria.

Esta capa no debe ser sujeta al fenómeno de bombeo y que sirva como plataforma de trabajo y superficie de rodamiento para las máquinas pavimentadoras. En los casos que el tránsito es ligero, principalmente en vehículos pesados, puede prescindirse de esta capa y apoyar las losas directamente sobre la capa subrasante.

Se emplean normalmente subbases granulares constituidas por materiales cribados o de trituración parcial, suelos estabilizados con cemento, etc.

3.12.4. CARACTERISTICAS DE LA CAPA BASE - PISTA

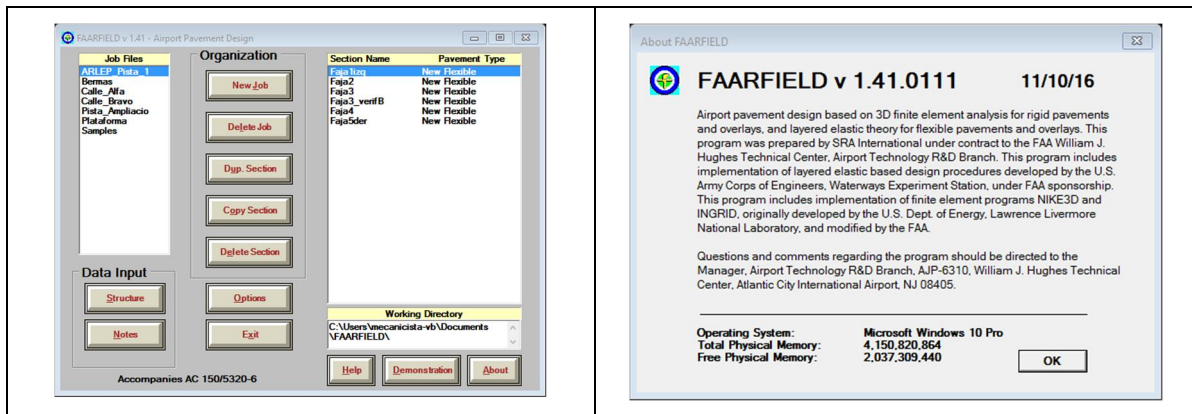
La base es la capa situada debajo de la carpeta (pavimento flexible). Su función es eminentemente ser resistente, absorbiendo la mayor parte de los esfuerzos verticales y su rigidez o su resistencia a la deformación bajo las sollicitaciones repetidas del tránsito suele corresponder a la intensidad del tránsito pesado. Así, para tránsito medio y ligero se emplean las tradicionales bases granulares, pero para tránsito pesado se emplean ya materiales granulares tratados con un cementante.

La capa base también es el principal componente estructural del pavimento flexible, tiene la función de distribuir las cargas transmitidas por las ruedas a través de la carpeta, a la subbase y/o subrasante. La capa base debe ser de tal calidad y espesor que evite la falla de la subbase. Soporta las tensiones producidas en la propia capa base y las presiones verticales que tienden a producir la consolidación y la distorsión de la capa de rodadura, además deben resistir los cambios de volumen causados por las variaciones en su contenido de humedad.

3.12.5. UTILIZACIÓN DEL PROGRAMA PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES.

El diseño de refuerzos y ampliaciones del aeropuerto Cap. Aníbal Arab Fadul ha sido realizado en base a lo que establece la circular AC 150/5320-6F de la FAA, empleando así mismo el programa de diseño FAARFIELD V 1.41, según las recomendaciones de la circular mencionada.

ILUSTRACIÓN 39. PANTALLAS DE INICIO DEL PROGRAMA FAARFIELD 1.41



El diseño realizado mediante esta metodología y el programa FAARFIELD se basa en el **análisis mecánico-empírico** del pavimento sometido a la acción de las diversas cargas de tráfico aéreo previstas para el periodo de análisis de la estructura, empleando el concepto de Factor de Daño Acumulado (Cummulative Damage Factor, CDF).

Este análisis consiste inicialmente en la simulación del pavimento, mediante un modelo teórico, sometido a las cargas de las aeronaves, considerando para ello los espesores de

cada una de las capas del pavimento, la calidad de los materiales (expresada por su módulo elástico), y la magnitud y forma de la carga aplicada. Mediante el modelo estructural son determinados esfuerzos y deformaciones en puntos críticos de la estructura, los cuales son traducidos en daño incremental o acumulado mediante modelos de deterioro específicos para cada mecanismo de falla contemplado en el diseño.

Para la modelación de pavimentos flexibles, FAARFIELD cuenta con el modelo estructural de **LEAF**, mediante el cual determina, para cada aeronave considerada, la deformación unitaria máxima de compresión en la superficie de la subrasante, así como la deformación unitaria máxima de tracción en la base inferior de la carpeta asfáltica. De acuerdo a la metodología de diseño, dichas deformaciones son las que producirían la falla estructural del pavimento, ya sea por la deformación plástica excesiva en la subrasante, por la fatiga acumulada en la fibra inferior de la carpeta asfáltica, o bien por la combinación de ambos.

Posteriormente, a partir de la respuesta calculada en cada punto crítico, expresada en términos de deformación unitaria, es calculado el número admisible de repeticiones para producir la falla del material, empleando para ello modelos de fatiga estructural específicos para cada mecanismo de falla (fisuración por fatiga o deformación plástica) contemplado en el diseño.

Los modelos de fatiga empleados para el diseño de pavimentos flexibles son presentados a continuación:

- Deformación plástica de la su-brasante:

$$\log(C) = \left(\frac{1}{-0.1638 + 185.19 \times \varepsilon_v} \right)^{0.60586} \quad \text{para } C > 1000 \text{ coberturas, y} \quad (1)$$

$$C = \left(\frac{0.004141}{\varepsilon_v} \right)^{8.1} \quad \text{para } C > 1000 \text{ coberturas} \quad (2)$$

Donde:

C = Número de coberturas para producir la falla

ε_v = Deformación unitaria de compresión en la superficie de la subrasante.

- Fatiga por tracción en la fibra inferior de la carpeta asfáltica: El modelo de falla se basa en el concepto de que el número de coberturas para producir la falla puede ser determinado por la cantidad llamada Razón de Cambio de Energía Disipada (Ratio of Dissipated Energy Change, RDEC). Mediante distintas investigaciones de fatiga en mezclas asfálticas se determinó que el “Valor de Plateau” (Plateau Value, PV) del RDEC permite predecir confiablemente el número de ciclos para la falla de la mezcla asfáltica. Para una amplia diversidad de mezclas asfálticas, esta relación es la siguiente:

$$N_f = 0.4801PV^{-0.9007} \quad (3)$$

$$PV = 44.422\varepsilon_h^{5.140}S^{2.993}VP^{1.850}GP^{-0.4063} \quad (4)$$

Donde:

- N_f = Número de ciclos para producir la falla del material
- PV = Valor de Plateau del RDEC.
- S = Rigidez a la flexión de la mezcla asfáltica (Psi).
- ε_h = Deformación unitaria de tracción en la base inferior de la carpeta asfáltica
- VP = Parámetro volumétrico
- GP = Parámetro de gradación.

Luego, una vez determinados los números de cobertura requeridos para la falla por deformación permanente de la subrasante y/o por fatiga de la mezcla asfáltica (para cada avión considerado en el diseño), es determinado el **Factor de Daño Acumulado (Cumulative Damage Factor, CDF)**⁶ en las posiciones críticas de cálculo.

El Factor de Daño Acumulado (CDF), se define como la cantidad de vida estructural del pavimento que ha sido consumida por las solicitaciones de carga. El CDF, para cada

⁶ Factor de Daño Acumulado CDF el cual se expresa como la relación entre el número de repeticiones de carga hasta el instante de la rehabilitación y el número de repeticiones de carga que soporta el pavimento hasta alcanzar la falla. (QUINTERO GONZÁLEZ, 2018)

aeronave, es estimado según la Ley de Miner, a partir de las coberturas aplicadas de una determinada aeronave, y las coberturas que resiste la estructura de dicha aeronave antes de producirse la falla estructural, como se indica a continuación:

$$\begin{aligned}
 CDF &= \frac{\text{número de repeticiones de carga aplicadas}}{\text{número admisible de repeticiones para producir la falla}} \\
 &\quad \text{(despegues anuales)(años de vida útil)} \\
 &= \frac{(\text{relación pasada/cobertura})(\text{coberturas para la falla})}{\text{coberturas aplicadas}} \quad (5) \\
 &= \frac{\text{coberturas para la falla}}{\text{coberturas para la falla}}
 \end{aligned}$$

Las coberturas aplicadas son determinadas **para cada aeronave**, a partir de la cantidad de despegues previstos en el periodo de diseño y la relación pasada/cobertura (pass to coverage ratio) del avión, la cual depende del tipo de avión, la rigidez y espesor de las capas, entre otros factores, y es determinado internamente por el programa FAARFIELD.

Una vez determinado el CDF de cada aeronave considerada en el periodo de diseño, es obtenido el daño total CDF_T como la sumatoria de los factores de daño obtenidos para cada avión, como se presenta a continuación:

$$CDF_{Total} = CDF_{Avión_1} + CDF_{Avión_2} + \dots + CDF_{Avión_N} \quad (6)$$

El concepto de daño acumulado permite de esta manera la consideración del tráfico mixto de aeronaves previsto para el periodo de diseño, reemplazando de esta manera al concepto clásico de “Aeronave de Diseño”.

Basado en lo anterior, para el diseño de pavimentos FAARFIELD buscar limitar el daño total CDF_{Total} a 1, variando para ello los espesores de la base y subbase hasta conseguir lo anterior. El espesor de carpeta asfáltica no es variado, siendo éste un dato de entrada al programa, definido por el usuario. Finalmente, los espesores obtenidos son comparados con ciertos valores mínimos requeridos, adoptándose el mayor espesor de la comparación realizada.

3.13. CARACTERÍSTICAS DEL SUELO CENTO

La característica tecnológica de los materiales estabilizados con cemento son los siguientes: suelo – cemento, suelo mejorado con cemento y canto rodado “grava” o piedra chancada “brita” graduada tratada con cemento.

Debe tenerse en cuenta que debido a la gran variabilidad de suelos, cada método resulta aplicable solo a un grupo limitado de ellos. Desafortunadamente, en unos cuantos metros podemos tener una gran variabilidad de suelos, de tal manera que aplicando un cierto sistema de estabilización, esto puede o no ser efectivo para todos los suelos encontrados y la elección del tipo de estabilización estará gobernada por un gran número de ensayos, por tanto hay que estar convencidos que se debe tener una clara apreciación de las propiedades que se quiere mejorar, pues este requisito es muy importante para tomar la decisión correcta, acerca del tipo de estabilización que se va utilizar.

3.13.1. DOSIFICACIÓN.

El cemento mezclado con el suelo mejora las propiedades de este, desde el punto de vista mecánico. Siendo los suelos por lo general un conjunto de partículas inertes granulares con otros activos de diverso grado de plasticidad, la acción en ellos es doble por una parte actúa como aglomerante (material granular) o gravas, arenas y limos desempeñando el micro papel que en el hormigón, por otra parte el hidrato de calcio, que se forma al contacto del cemento con el agua, liberando iones de calcio, el resultado de este proceso es la disminución de la porosidad y la plasticidad así como un aumento de la resistencia y durabilidad. (Gusman Gamboa , 1975)

Para iniciar con el estudio de la Base de suelo cemento mejorado con grava “brita”, se establece que la mezcla depende de muchas variables, las cuales son las siguientes:

- ❖ El % de cemento.
- ❖ La granulometría.
- ❖ La humedad óptima.

- ❖ La densidad máxima.
- ❖ El CBR
- ❖ Resistencia a compresión.
- ❖ Ensayo de Durabilidad.

3.13.1.1. Cemento

El cemento se ajustará a los requisitos de la norma ASTM c-595.

ILUSTRACIÓN 40. CEMENTO QUE SE UTILIZÓ PARA LOS ENSAYOS DE PRUEBA Y QUE CUMPLE CON LA NORMA ASTM C-595



FUENTE: ELAVORACION PROPIA

ILUSTRACIÓN 41. MEZCLA DE ÁRIDOS, CEMENTO PORTLAND Y AGUA



FUENTE: ELAVORACION PROPIA

3.13.2. Diseño de mezcla

En diseño de la mezcla utiliza un contenido de cemento que, cuando se ensaye en laboratorio, de acuerdo con ASTM D 1633, produce una resistencia a la compresión a los 7 días, con los valores siguientes:

Para CTB colocado bajo un pavimento PCC: 435 psi (3.0 Mpa) como mínimo y 650 psi (4.5 Mpa) como máximo.

El diseño de la mezcla debe incluir una lista completa de materiales, incluyendo el tipo, marca, origen y cantidad de cemento, agregado fino, agregado grueso, agua. Más los resultados de los ensayos de resistencia a compresión a los 7 días.

ILUSTRACIÓN 42. DISEÑO DE MEZCLA



FUENTE: ELAVORACION PROPIA

PARTE IV:

4. RESULTADOS

CAPITULO CUARTO: RESULTADOS

4.1. ACTIVIDADES REALIZADAS EN LA SUPERVISION DEL AEROPUERTO CAP. ANIBAL ARAB FADUL.

Durante el periodo de convenio específico con registro 056/2017 entre el Área de Ciencias y Tecnología de la Universidad Amazónica de Pando y la Asociación Accidental Euroesudios - Gentisa Payma – Belmonte, suscrito en la ciudad de Cobija a los 30 días del mes de Agosto del año 2017, se dio inicio a las actividades de Trabajo Dirigido como Residente de Supervisión en el área de Geotecnia del Mejoramiento y Ampliación de la Pista del Aeropuerto Capitán Aníbal Arab Fadul, fueron realizadas de manera continua las actividades de control tecnológico y geométrico de las obras en ejecución tanto en el área de suelos, pavimentos y hormigones, así como el desarrollo de trabajos de campo y gabinete correspondiente al seguimiento general de la obra.

Mencionar que en base a normativas vigentes de graduación se ha cumplido con los objetivos general y específico en un lapso de 14 meses de trabajo. De esa manera se dio cumplimiento al convenio firmado entre ambas instituciones.

A continuación y por medio de diversas tablas representadas mensualmente desde el inicio del convenio, se dará a conocer todas las actividades realizadas dentro de la empresa supervisora ya mencionada, dichas tablas son un resumen del registro diario de actividades de trabajo dirigido que más adelante se evidencia en el apartado de anexos.

TABLA 28. RESUMEN DE ACTIVIDADES TRABAJO DIRIGIDO SEPTIEMBRE 2017

ACTIVIDADES REALIZADAS	RESULTADOS OBTENIDOS	RESPALDOS
<p>LIBERACIONES CONTROL TECNOLÓGICO</p> <ul style="list-style-type: none"> • Control tecnológico de la franja izquierda, de la Faja A comprendida entre 65 a 75 metros con respecto al eje, Progresivas 1+390 a 2+600 a nivel sub rasante, fue liberada con el control de densidades usando el método del cono de arena. • Control tecnológico de la franja izquierda, de la Faja B comprendida entre 55 a 65 metros con respecto al eje, Progresiva 0+930 a 1+900 relleno, capa a nivel sub rasante, fue liberada con el control de densidades usando el método del cono de arena. • Control y seguimiento franja izquierdo, capa a nivel sub rasante, de la Faja C comprendida entre 45 y 55 metros con respecto al eje. Progresiva 0+640 a 1+880 liberación con densidades usando el método del cono de arena. • Control tecnológico de la franja izquierda. de la Faja D de 35 a 45 metros con respecto al eje. Progresiva 0+910 a 1+880 relleno a nivel sub rasante, liberación con densidades, usando el método del cono de arena. • Control tecnológico de la franja izquierda. de la Faja E de 25 a 35 metros con respecto al eje, Progresiva 0+700 a 2+510 a nivel sub rasante, fue liberada con el control de densidades usando el método del cono de arena. • Control tecnológico del RESA norte, franja nivelada derecha. capa de 0,15 cm conformada con material laterítico (1ra capa) faja de trabajo comprendida entre 42.5 a 62.5 (respecto al eje). tramo 2+600 a 2+900. • Control tecnológico de la franja derecha CALLE DE RODAJE BRAVO, progresiva 0+760 a 0+850 NIVEL SUB RASANTE. • Control tecnológico de la franja derecha CALLE DE RODAJE BRAVO Progresiva 0+570 a 0+760 NIVEL SUB RASANTE. 	<ul style="list-style-type: none"> • Franjas nivelada lado izquierdo A, B, C, D y E, relleno y capa a nivel sub-rasante, comprendida cada faja de 10 m. de ancho. De acuerdo a los controles efectuados las capas se encuentran liberadas. • Se efectuó el control a los niveles sin observación alguna, por lo tanto la capa fue liberada. • Se efectuó el control geométrico en la calle bravo en la franja derecha capa a nivel sub rasante. Capa aprobada. 	<ul style="list-style-type: none"> • Registro de actividades de trabajo dirigido sep. 2017
<p>LIMPIEZA Y DESBROCE:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Franja nivelada izquierda, faja que comprende entre, 65 a 75 metros del eje, prog. 1+340 a 1+560. Sin observaciones. ✓ Verificación de la limpieza y el desbroce prog. 0+380 a 1+030. 	<p>Se hizo el acompañamiento a la actividad de limpieza y desbroce de la franja nivelada.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Registro de actividades de trabajo dirigido sep. 2017
<p>ENSAYOS DE SUELOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ensayos de laboratorio de suelos para la franja izquierda progresiva 0+580 a 1+320 ensayos realizados en el laboratorio de la contratista. <ul style="list-style-type: none"> ✓ CLASIFICACION DE LOS SUELOS ✓ LIMITES DE ATTERBERG ✓ C.B.R. ✓ PROCTOR • Ensayo de suelo cemento con agregado de grava Perú (canto rodado), 3 muestras, con 5.5%, 5.8% y 7% de cemento. 	<p>De manera subsecuente a los muestreos se procedió a la realización de los respectivos ensayos de caracterización de materiales en laboratorio.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Registro de actividades de trabajo dirigido sep. 2017 • Ensayos de laboratorio ANEXO.....
<p>HORMIGON</p> <ul style="list-style-type: none"> • Roturas de probetas a los 7 días para las zapatas de la estación de servicios de bomberos • Control y seguimiento en el vaciado de hormigón de limpieza Tipo E, y extracción de muestras de cilindros de prueba para el control de resistencia a la compresión. 	<p>En cada jornada de trabajo se efectuó el control y seguimiento a la fabricación y rotura de hormigones en planta y laboratorio.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Registro de actividades de trabajo dirigido sep. 2017

En la Tabla 33 se muestran las actividades ejecutadas en el Trabajo Dirigido: Control tecnológico y liberación de densidades en las franjas de seguridad de la pista, verificación de limpieza y desbroce de las franjas de nivelación; ensayo de suelos para las franjas de seguridad; control de calidad y seguimiento a las estructuras de hormigón.

Porcentaje de avance físico en todas las áreas que involucran la ampliación del aeropuerto Cap. Anibal Arab Fadul.

Mes anterior	4.77%
En el periodo	1.91%
A la fecha	6.68%

TABLA 29. RESUMEN DE ACTIVIDADES TRABAJO DIRIGIDO OCTUBRE 2017

ACTIVIDADES REALIZADAS	RESULTADOS OBTENIDOS	RESPALDOS
<p>LIBERACIONES CONTROL TECNOLÓGICO</p> <ul style="list-style-type: none"> Control tecnológico y liberación de densidades, con el método del cono de arena, relleno TERRAPLEN RESA SUR espesor 0.20 cm., lado derecho. Prog. 0+110 a 0+230 fue liberada desde la capa #1 a la #31 Control tecnológico y liberación de densidades con el método del cono de área sector RESA NORTE con material laterítico, 1ra y 2da capa, nivel 0.15 longitud 240 m, espesor 15 cm. Prog. 2+660 a 2+900 Control tecnológico y liberación de densidades con el método del cono de arena. faja A, capas de rellenos escalonado, hasta nivel sub rasante, lado sur izquierdo, Prog. 0+110 a 0+300, espesor 30 cm. Control tecnológico y liberación de densidades con el método del cono de arena NIVEL SUB-RASANTE FAJA B y C lado izquierdo de -55 a -75 m. con respecto al eje Prog. -0+000 a -0+300 y de -65 a -75 FAJA A prog. 0+310 a 0+650. 	<ul style="list-style-type: none"> Franja nivelada derecha de conformación del cuerpo de terraplén 31 capas liberadas por controles respectivos. Se efectuó el control geométrico y tecnológico hasta la 2da capa de 0.15 m. conformado con material laterítico, capa liberada. Franjas nivelada lado izquierdo A, B y C relleno y capa a nivel sub-rasante, comprendida cada da faja de 10 m. de ancho. De acuerdo a los controles efectuados las capas se encuentran liberadas. 	<ul style="list-style-type: none"> Registro de actividades de trabajo dirigido oct. 2017
<p>ENSAYOS DE SUELOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> Control y seguimiento de la material peruano “canto rodado” <ul style="list-style-type: none"> ✓ clasificación granulométrica Material laterítico calicatas sector RESA SUR <ul style="list-style-type: none"> ✓ CBR ✓ clasificación granulométrica Muestreo para el ensayo de suelo cemento. <ul style="list-style-type: none"> ✓ Proctor 	<ul style="list-style-type: none"> De manera subsecuente a los muestreos se procedió a la realización de los respectivos ensayos de caracterización de materiales en laboratorio. 	<ul style="list-style-type: none"> Registro de actividades de trabajo dirigido oct. 2017 Ensayos de laboratorio ANEXO.....
<p>ASFALTOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> Control y seguimiento a los ensayos Marshal para bacheo con carpeta asfáltica. <ul style="list-style-type: none"> ✓ Elaboración de briquetas Control tecnológico de bacheo con carpeta asfáltica lado sur Prog. 1+907 a 1+889 	<p>Se participó en el control de bacheos de la pista lado sur</p>	<ul style="list-style-type: none"> Registro de actividades de trabajo dirigido oct. 2017 Ensayos de laboratorio ANEXO.....
<p>HORMIGON:</p> <ul style="list-style-type: none"> Rotura de probetas de H21 para columnas, zapatas aisladas y vigas de fundación a los 7 días. Control de hormigonado tipo H21, parte de la estructura. <ul style="list-style-type: none"> ✓ Zapatas, vigas y columnas de la estación de bomberos. Rotura de probetas de suelo cemento con agregado del Perú Canto Rodado Rotura de probetas de hormigón de nivelación H11 en el laboratorio de CUMARU. a los 7 días. 	<ul style="list-style-type: none"> En cada jornada de trabajo se efectuó el control y seguimiento a la fabricación y rotura de hormigones en planta y laboratorio. 	<ul style="list-style-type: none"> Registro de actividades de trabajo dirigido oct. 2017

En la Tabla 34 se muestran las actividades ejecutadas en el Trabajo Dirigido: Control tecnológico y liberación de densidades en el sector del Resa norte, Resa sur y franjas de seguridad; ensayo completo de suelos; ensayo Marshal, control y seguimiento a la ejecución de los bacheos; control de calidad y seguimiento a las estructuras de hormigón.

Porcentaje de avance físico en todas las áreas que involucran la ampliación del aeropuerto Cap. Anibal Arab Fadul.

Mes anterior	6.68%
En el periodo	0.59%
A la fecha	7.27%

TABLA 30. RESUMEN DE ACTIVIDADES TRABAJO DIRIGIDO NOVIEMBRE 2017

ACTIVIDADES REALIZADAS	RESULTADOS OBTENIDOS	RESPALDOS
<p>LIBERACIONES CONTROL TECNOLÓGICO</p> <ul style="list-style-type: none"> Control tecnológico y liberación de densidades con el método del cono de arena, material laterítico, 2da capa, RESA NORTE, LADO IZQUIERDO Prog. 2+600 a 2+900, ancho de 0.00 a 54 m con respecto al eje. Control tecnológico y liberación de densidades con el método del cono de arena, material laterítico, LADO IZQ, RESA SUR, NIVEL SUB RASANTE Prog.-0+020 a -0+300 coordenadas de referencia con respecto al eje, de 12,5 a 22,5 m Control Tecnológico y liberación de densidades con el método del cono de arena, RELLENO TERRAPLEN, LADO DERECHO, RESA SUR capa #32 a la #36 Prog. -0+105 a -0+260 Control tecnológico y liberación de densidades con el método del cono de arena, de la CALLE BRAVO, LADO DERECHO Prog. 0+570 a 0+620 y Prog. 0+460 a 0+570 Control Tecnológico y liberación de densidades con el método del cono de arena, de la ampliación PLATAFORMA DE AERONAVES LADO DERECHO coordenada de referencia entre 22 a 30 m Prog. 0+180 a 0+290, a -15 cm. de la Sub Rasante. Control tecnológico y liberación con densidades in situ con el método del cono de arena TERRAPLEN PARQUEO DE VEHICULAR, espesor 0.40 cm. Prog. 0+070 a 0+130. Control tecnológico y liberación con densidades in situ con el método del cono de arena, lado derecho FAJA A, B, C, D y E a NIVEL SUB RASANTE, de 25 a 75 m. con respecto al eje, Prog. 0+230 a 0+660. 	<ul style="list-style-type: none"> Se realizaron los controles, tanto geométricos como tecnológicos en el sector del RESA SUR y RESA NORTE en función ensayos, por tanto la capa se encuentra liberada. Franja nivelada derecha de conformación del cuerpo de terraplén hasta la capa 36, liberadas por controles respectivos. Densidades parqueo de aeronaves, capa a nivel sub-rasante, se efectuaron los controles solicitados, por tanto la capa se encuentra liberada Se procedió al control geométrico y tecnológico, consecuentemente, la capa se encuentra liberada Franjas nivelada lado izquierdo A, B, C, D y E relleno, comprendida cada da faja de 10 m. de ancho. De acuerdo a los controles efectuados las capas se encuentran liberadas. 	<ul style="list-style-type: none"> Registro de actividades de trabajo dirigido nov. 2017 Planos Anexo..... Planos Anexo..... Planos Anexo..... Planos Anexo..... Planos Anexo.....
<p>ENSAYOS DE SUELOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> Ensayo para la CAPA SUB-BASE material piedra chancada brita Brasil <ul style="list-style-type: none"> ✓ CBR ✓ PROCTOR Control y seguimiento material extraído de la calle alfa lado izquierdo, Prog. 0+240 <ul style="list-style-type: none"> ✓ C.B.R. Control seguimiento rotura de probetas de suelo cemento, con material del Brasil BRITA a los 7 días. 	<ul style="list-style-type: none"> De manera subsecuente a los muestreos se procedió a la realización de los respectivos ensayos de caracterización de materiales en laboratorio. 	<ul style="list-style-type: none"> Registro de actividades de trabajo dirigido nov. 2017 Ensayos de laboratorio ANEXO.....
<p>ASFALTOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> Control y seguimiento de ensayo MARSHALL, BRIQUETAS CON ASFALTO CONVENCIONAL DEL PERU Y ASFALTO CON POLIMEROS DE RUSIA RUSIA. Ensayo de compresión MARSHAL en briquetas de asfalto de Rusia y Perú, en el laboratorio de la planta asfáltica de PINTO y el laboratorio de la empresa constructora LEVON. 	<ul style="list-style-type: none"> De manera subsecuente a los muestreos se procedió a la realización de los respectivos ensayos de caracterización de materiales en laboratorio 	<ul style="list-style-type: none"> Registro de actividades de trabajo dirigido nov. 2017 Ensayos de laboratorio ANEXO.....
<p>HORMIGON:</p> <ul style="list-style-type: none"> Control y verificación de densidad y viscosidad de la bentonita que será utilizada para el hormigonado de PILOTES. 	<ul style="list-style-type: none"> En cada jornada de trabajo se efectuó el 	<ul style="list-style-type: none"> Registro de actividades de

<ul style="list-style-type: none"> • Control y seguimiento de rotura de probetas tipo H21 hormigón estructural, a los 7 y 28 días. <ul style="list-style-type: none"> ✓ Zapatas aisladas correspondiente a la estación de bomberos, columnas de arranque, zapatas y vigas de fundación. ✓ Alcantarilla circular TUBO ✓ Zapatas de fundación bloque SSEI. • Control y seguimiento de rotura de probetas tipo H11 de hormigón de nivelación, a los 7 y 28 días. <ul style="list-style-type: none"> ✓ Alcantarilla cajón Prog. 0+635 alcantarilla CALLE BRAVO ✓ zapatas bloque SSEI <p>PILOTES:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Control y seguimiento del hormigonado estructural tipo H21 en el 1ro y 2do PILOTE DE LA TORRE DE CONTROL. • Control y seguimiento rotura de probetas de hormigo H21 PILOTE N-O (Nor Oeste), a los 7 días. 	<p>control y seguimiento a la fabricación y rotura de hormigones en planta y laboratorio.</p>	<p>trabajo dirigido oct. 2017</p>
---	---	-----------------------------------

En la Tabla 35 se muestran las actividades ejecutadas en el Trabajo Dirigido: Control tecnológico y liberación de densidades en el sector del Resa norte, Resa sur, calle de rodaje bravo, plataforma de aeronaves y parqueo vehicular; ensayo completo de suelos; ensayo Marshal, control de calidad y seguimiento a las estructuras de hormigón Torre de Control Pilotes.

Porcentaje de avance físico en todas las áreas que involucran la ampliación del aeropuerto Cap. Aníbal Arab Fadul.

Mes anterior	7.27%
En el periodo	0.66%
A la fecha	7.93%

TABLA 31. RESUMEN DE ACTIVIDADES TRABAJO DIRIGIDO DICIEMBRE 2017

ACTIVIDADES REALIZADAS	RESULTADOS OBTENIDOS	RESPALDOS
<p>LIBERACIONES CONTROL TECNOLÓGICO</p> <ul style="list-style-type: none"> • Control tecnológico y liberación con densidades in situ con el método de cono de arena lado derecho PARQUEO VEHICULAR #3 Progresiva 0+060 a 0+160 • Control tecnológico y liberación con densidades in situ con el método de cono de arena 26 m. PLATAFORMA PARQUEO DE AVIONES a -0.15 del nivel subrasante. Progresiva 0+180 a 0+290 • Control tecnológico y liberación de capas con densidades in situ de cono de arena a nivel subrasante de la ampliación de la pista con un ancho de 0.000 a 10.5 m. Progresiva 2+210 a 2+280 	<ul style="list-style-type: none"> • Se realizaron los controles solicitados 1 capa se encuentra liberada. • Ampliación de plataforma lado norte, se efectuaron controles solicitados, capa liberada. • Ampliación pista a nivel sub rasante lado norte, se efectuaron controles solicitados, capa liberada. 	<ul style="list-style-type: none"> • Registro de actividades de trabajo dirigido dic. 2017 • Planos Anexos.
<p>ENSAYOS DE SUELOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Muestreo calicata en la ampliación de la pista Progresiva 2+040 a 5 m. del eje, a -0.60 cm. del nivel de la pista, material arena arcillosa, color marrón. <ul style="list-style-type: none"> ✓ CBR ✓ PROCTOR ✓ GRANULOMETRIA 	<ul style="list-style-type: none"> • De manera subsecuente a los muestreos se procedió a la realización de los respectivos ensayos de caracterización de materiales en laboratorio 	<ul style="list-style-type: none"> • Registro de actividades de trabajo dirigido dic. 2017 • Ensayos de laboratorio ANEXO.....
<p>HORMIGON:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Control y seguimiento rotura de probetas de hormigón estructural Tipo H21 a los 7 y 28 días. <ul style="list-style-type: none"> ✓ Columnas de arranque, zapatas estación de bomberos. ✓ Tubo de alcantarilla ✓ Losa superior e inferior y paredes laterales alcantarilla cajón. ✓ Zapatas Bloque Técnico ✓ Pilotes de la torre de control • Control y seguimiento del vaciado de hormigón de limpieza H11 a los 7 y 28 días, Torre de control (DPL) de zapatas y vigas de fundación. 	<ul style="list-style-type: none"> • En cada jornada de trabajo se efectuó el control y seguimiento a la fabricación y rotura de hormigones en planta y laboratorio. 	<ul style="list-style-type: none"> • Registro de actividades de trabajo dirigido dic. 2017

En la Tabla 36 se muestran las actividades ejecutadas en el Trabajo Dirigido: Control tecnológico y liberación de densidades en el sector plataforma de aeronaves y parqueo vehicular; ensayo completo de suelos, control de calidad y seguimiento a las estructuras de hormigón,

Porcentaje de avance físico en todas las áreas que involucran la ampliación del aeropuerto Cap. Anibal Arab Fadul.

Mes anterior	7.93%
En el periodo	1.58%
A la fecha	9.51%

TABLA 32. RESUMEN DE ACTIVIDADES TRABAJO DIRIGIDO ENERO 2018

ACTIVIDADES REALIZADAS	RESULTADOS OBTENIDOS	RESPALDOS
<p>LIBERACIONES CONTROL TECNOLÓGICO</p> <ul style="list-style-type: none"> • Control tecnológico de la franja izquierda, Faja C de 45 a 55 metros, Progresiva 1+320 a 1+880 a nivel sub rasante. Liberación con densidades. • Control tecnológico liberación con densidades camino perimetral alcantarilla tubular, progresiva 4+860-4+870 • Control tecnológico liberación de densidades con el método de cono de arena, alcantarilla cajón, compactación hidráulica relleno con arena CALLE BRAVO. 	<ul style="list-style-type: none"> • Franjas nivelada lado izquierdo C relleno, comprendida cada da faja de 10 m. de ancho. De acuerdo a los controles efectuados las capas se encuentran liberadas. • Se realizo el grado de compactación pertinente. Capa liberada. • Se realizaron las actividades por menores de la alcantarilla cajón de la calle bravo relleno hidráulico. Capa liberada. 	<ul style="list-style-type: none"> • Registro de actividades de trabajo dirigido ene. 2018
<p>HORMIGON:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Rotura de hormigón de limpieza tipo H11 a los 7 y 28 días. <ul style="list-style-type: none"> ✓ Alcantarilla cajón CALLE BRAVO. ✓ SSEI sobre cimiento ✓ Bloque Técnico. • Rotura de probetas de hormigón tipo H180 a los 7 y 28 <ul style="list-style-type: none"> ✓ Postes para cerco perimetral • Rotura de probetas hormigón estructural tipo H21 a los 7 y 28 días. <ul style="list-style-type: none"> ✓ Alcantarilla cajón CALLE BRAVO ✓ Zapatas combinadas Bloque Técnico ✓ Loza solera cabezal de salida y dentellón ✓ TUBO • Control y seguimiento en el hormigonado de <ul style="list-style-type: none"> ✓ Torre de Control vigas de fundación ✓ Alcantarilla cajón CALLE BRAVO ✓ Zapatas vigas de fundación Bloque Técnico tiempo lluvioso. ✓ SSEI nivelación sobre cimiento Vigas ✓ Zapatas y vigas bloque técnico. 	<ul style="list-style-type: none"> • En cada jornada de trabajo se efectuó el control y seguimiento a la fabricación y rotura de hormigones en planta y laboratorio. 	<ul style="list-style-type: none"> • Registro de actividades de trabajo dirigido ene. 2018

En la Tabla 37 se muestran las actividades ejecutadas en el Trabajo Dirigido: Control tecnológico y liberación de densidades en el sector de franjas de seguridad y liberación de compactación Hidráulica; control de calidad y seguimiento a las estructuras de hormigón,

Porcentaje de avance físico en todas las áreas que involucran la ampliación del aeropuerto Cap. Anibal Arab Fadul.

Mes anterior	9.51%
En el periodo	4.12%
A la fecha	13.63%

TABLA 33. RESUMEN DE ACTIVIDADES TRABAJO DIRIGIDO FEBRERO 2018

ACTIVIDADES REALIZADAS	RESULTADOS OBTENIDOS	RESPALDOS
<p>LIBERACIONES CONTROL TECNOLÓGICO</p> <ul style="list-style-type: none"> • Control tecnológico y liberación con densidades usando el método del cono de arena, lado norte hasta nivel sub-rasante CALLE ALFA Y BRAVO prog. 0+490 a 830. • Control tecnológico y liberación con densidades usando el método de cono de arena Ampliación de la Pista de 0.00 a 11.50 m. de ancho lado izquierdo prog. 2+028 a 2+600. a nivel sub-rasante. • Control tecnológico y liberación con densidades usando el método de cono de arena camino perimetral prog. 4+750 a 4+960 a nivel sub rasante. • Control tecnológico y liberación con densidades usando el método de cono de arena Bloque SSEI y Torre de control, compactación Hidráulica, relleno con arena. 	<ul style="list-style-type: none"> •Capa de terraplén a -0.30 m. de la sub-rasante. Se efectuó el control de grado de compactación. Capa liberada. •Ampliación pista a nivel sub rasante lado norte, se efectuaron controles solicitados, capa liberada. •El tramo presenta problemas de sobresaturación (acolchonamiento) a nivel sub-rasante. Capa observada. •Control tecnológico con relleno de arena, compactación hidráulica, cumple con los requerimientos exigidos capa liberada. 	<ul style="list-style-type: none"> •Registro de actividades de trabajo dirigido feb. 2018
<p>HORMIGON:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Rotura de probetas de hormigón estructural tipo H21 a los 7 y 28 días. <ul style="list-style-type: none"> ✓ Zapatas y columnas del bloque técnico ✓ Alcantarilla cajón, Losa inferior, Cabezal de salida, Aleros y Vigas de borde ✓ Bloque SSEI Columnas, sobrecimiento y escaleras de arranque ✓ Encepado cabezal de Pilotes ✓ Alcantarilla circular losa inferior camino perimetral prog. 4+866 ✓ Torre de control muros exteriores nivel -1.53 a + 0.12 espesor 25 cm • Rotura de probetas de hormigón de limpieza y nivelación tipo H11 a los 7 y 28 días. <ul style="list-style-type: none"> ✓ Alcantarilla cajón para cabezal de salida CALLE BRAVO ✓ Vigas de fundación Bloque Técnico ✓ Bloque SSEI • Rotura de probetas de hormigón tipo H18 a los 7 y 28 días Postes de enmallado perimetral • Control y seguimiento al Hormigonado y extracción de muestras para ser sometidas a compresión. <ul style="list-style-type: none"> ✓ Bloque SSEI sobrecimiento, Escaleras de Arranque hasta nivel +1.48 a +2.88, viga de descanso, columnas niveles (+1.35 a +3.48), ✓ Bloque Técnico columnas y sobrecimiento 	<ul style="list-style-type: none"> • En cada jornada de trabajo se efectuó el control y seguimiento a la fabricación y rotura de hormigones en planta y laboratorio. 	<ul style="list-style-type: none"> •Registro de actividades de trabajo dirigido feb. 2018

En la Tabla 38 se muestran las actividades ejecutadas en el Trabajo Dirigido: Control tecnológico y liberación de densidades en el sector calle Alfa Bravo, Ampliación Pista, Camino perimetral y bloque SSEI compactación Hidráulica; control de calidad y seguimiento a las estructuras de hormigón,

Porcentaje de avance físico en todas las áreas que involucran la ampliación del aeropuerto Cap. Anibal Arab Fadul.

Mes anterior	13.63%
En el periodo	1.84%
A la fecha	15.47%

TABLA 34. RESUMEN DE ACTIVIDADES TRABAJO DIRIGIDO MARZO 2018

ACTIVIDADES REALIZADAS	RESULTADOS OBTENIDOS	RESPALDOS
<p>LIBERACIONES CONTROL TECNOLÓGICO:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Control tecnológico y liberación de densidades usando el método de cono de arena Bloque SSEI y BLOQUE TECNICO compactación hidráulica, relleno con arena. 	<ul style="list-style-type: none"> • Se efectuó el control de densidades requerido, con relleno de arena. Capa liberada. 	<ul style="list-style-type: none"> • Registro de actividades de trabajo dirigido mar. 2018
<p>ENSAYOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Muestreo de material para la sub-base de los acopios de mezcla 40% de brita y 60% suelo arenoso. 	<ul style="list-style-type: none"> • De manera subsecuente a los muestreos se procedió a la realización de los respectivos ensayos de caracterización de materiales en laboratorio 	<ul style="list-style-type: none"> • Registro de actividades de trabajo dirigido mar. 2018
<p>HORMIGON:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Vaciado de hormigón estructural tipo H21 y extracción de 4 muestras para verificar su resistencia. <ul style="list-style-type: none"> ✓ bloque SSEI Escaleras, columnas, sobre-cimiento ✓ Torre de Control muros exteriores, columnas, losa nivel +0.12 ✓ Bloque Técnico columnas, sobrecimiento ✓ Alcantarilla tubular aleros, losa inferior prog. 4+865 a los 28 días. • Rotura de probetas de hormigón estructural tipo H21 a los 7 y 28 días. <ul style="list-style-type: none"> ✓ Bloque SSEI cimiento, sobrecimiento, columnas, escalera ✓ Torre de control muro exterior ✓ Bloque Técnico columnas+1.35 a +3.80, sobrecimiento, vigas nivel +3.88 ✓ Alcantarilla tubular losan inferior ✓ alcantarilla tubular prog. 4+865 a los 28 días. • Rotura de probetas de hormigón tipo H18 a los 7 y 28 días. <ul style="list-style-type: none"> ✓ Postes de enmallado perimetral. ✓ zapatas de poste perimetral lado norte 	<ul style="list-style-type: none"> • En cada jornada de trabajo se efectuó el control y seguimiento a la fabricación y rotura de hormigones en planta y laboratorio. 	<ul style="list-style-type: none"> • Registro de actividades de trabajo dirigido mar. 2018

En la Tabla 39 se muestran las actividades ejecutadas en el Trabajo Dirigido: Control tecnológico y liberación de densidades en el Bloque Técnico y Bloque SSEI compactación Hidráulica; control de calidad y seguimiento a las estructuras de hormigón.

Porcentaje de avance físico en todas las áreas que involucran la ampliación del aeropuerto Cap. Aníbal Arab Fadul.

Mes anterior	15.47%
En el periodo	1.49%
A la fecha	16.96%

TABLA 35. RESUMEN DE ACTIVIDADES TRABAJO DIRIGIDO ABRIL 2018

ACTIVIDADES REALIZADAS	RESULTADOS OBTENIDOS	RESPALDOS
<p>LIBERACIONES CONTROL TECNOLÓGICO:</p> <ul style="list-style-type: none"> Control tecnológico y liberación de capas con el método de cono de arena, en la AMPLIACIÓN DE LA PISTA, relleno a -0.40 m. de la Subrasante, prog. 2+470 a 2+600 ancho 12 m. de -17.50 a -22.50 m. con respecto al eje, lado izquierdo Control tecnológico y liberación con el método del cono de arena, en la AMPLIACIÓN DE LA PISTA, prog. 2+280 a 2+600 ancho de -22.50 A +22.50 con respecto al eje, lado derecho e izquierdo, espesor 0.20 m., nivel subrasante. Control tecnológico y liberación de capas con el método de cono de arena, en la ampliación de la pista, del PLATAFORMA DE VIRAJE norte de la pista, Prog. 2+520 a 2+600, longitud 80 m. ancho 12.50 m, de -22.50 a -34.00 lado izquierdo, a nivel subrasante 0.00, espesor -0.20 m. Control tecnológico, seguimiento y liberación de capas con el método de cono de arena, sector RESA NORTE, prog. 2+600 a 2+670 ancho de franja -22.00 a +22.00 con respecto al eje, lado derecho e izquierdo, longitud 70 m., espesor 0.20 m., nivel Subrasante. Control tecnológico y liberación de capas con el método de cono de arena, franja derecha, RESA NORTE, prog. 2+600 a 2+900, de +22.00 a +75.00 m., con respecto al eje, longitud 300 m., a -0.20 m. de la subrasante. Control tecnológico y liberación de capas con el método de cono de arena, Bloque SSEI, compactación hidráulica, relleno de arena, 	<ul style="list-style-type: none"> Ampliación pista relleno a -0.40 m. de la sub-rasante lado norte, se efectuaron controles solicitados, capa liberada. Se efectuó la actividad programada, control tecnológico y geométrico s nivel sub-rasante. Tramo liberado. Se efectuó la actividad programada, control geométrico y tecnológico, capa liberada. Se realizó el control geométrico, los niveles se encuentran dentro de las tolerancias del proyecto, capa liberada. Se efectuó el control de densidades requerido, con relleno de arena. Capa liberada. 	<ul style="list-style-type: none"> Registro de actividades de trabajo dirigido abr. 2018
<p>HORMIGON:</p> <ul style="list-style-type: none"> Control y seguimiento de rotura de probetas de hormigón estructural tipo H21 a los 7 y 28 días. <ul style="list-style-type: none"> ✓ Vigas +3.88, columnas, escaleras, contra piso, sobrecimiento (alma y patin) Bloque SSEI. ✓ Columnas nivel +1.35 a +3.80, vigas y sobrecimiento (alma y patin) Bloque Técnico. ✓ Alcantarilla losa inferior, aleros prog. 4+865 ✓ Torre de Control Muros nivel +0.12 a +3.18 Control y seguimiento a roturas de probetas de hormigón tipo H18 a los 7 y 28 días Zapatas para postes lado norte a los 7 días. Control y seguimiento al Hormigonado tipo H21 en la Torre de Control muros exteriores nivel +3.18 a +6.24 hormigonado con bomba. 	<ul style="list-style-type: none"> En cada jornada de trabajo se efectuó el control y seguimiento a la fabricación y rotura de hormigones en planta y laboratorio. 	<ul style="list-style-type: none"> Registro de actividades de trabajo dirigido abr. 2018
<p>BACHEO</p> <ul style="list-style-type: none"> Bacheado de la Calle de Rodaje Alfa con material de suelo cemento, posteriormente imprimación de la capa conformada, medidas 2.00 * 5.00 m. y 2.00*2.00 m. espesor 0.30 m. 	<ul style="list-style-type: none"> Bacheo profundo calle de rodaje alfa a hrs 15:00 a 17:15 solución suelo cemento. 	<ul style="list-style-type: none"> Registro de actividades de trabajo dirigido abr. 2018

En la Tabla 40 se muestran las actividades ejecutadas en el Trabajo Dirigido: Control tecnológico y liberación de densidades en Ampliación Pista, plataforma de viraje, Resa norte y bloque SSEI compactación Hidráulica; control de calidad y seguimiento a las estructuras de hormigón y Bacheo en la Calle de Rodaje Alfa.

Porcentaje de avance físico en todas las áreas que involucran la ampliación del aeropuerto Cap. Anibal Arab Fadul.

Mes anterior	16.96%
En el periodo	0.72%
A la fecha	17.68%

TABLA 36. RESUMEN DE ACTIVIDADES TRABAJO DIRIGIDO MAYO 2018

ACTIVIDADES REALIZADAS	RESULTADOS OBTENIDOS	RESPALDOS
<p>LIBERACIONES CONTROL TECNOLÓGICO:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Control tecnológico y liberación con el método del cono de arena, RESA NORTE, prog. 2+600 a 2+720 ancho 10 m. de +65 a +75 m. con respecto al eje, lado derecho. • Control tecnológico y liberación con el método del cono de arena, RESA NORTE, prog. 2+500 a 2+660 ancho 10 m. de +22.50 a +32.50 con respecto al eje lado derecho, a nivel sub-rasante. • Control tecnológico y liberación con el método del cono de arena, capa a nivel sub-rasante y sub-base prog. 2+660 a 2+670, ancho 10 m. de +28 a +38 con respecto al eje, lado derecho, RESA NORTE • Control tecnológico y liberación con el método del cono de arena, capa a nivel sub-rasante, material laterítico, prog. 2+660 a 2+900, de 0.00 a 75.00 con respecto al eje, lado derecho, RESA NORTE • Control tecnológico y liberación de densidades con el método del cono de arena, capa hasta llegar a nivel 0.000 prog. 2+600 a 2+660, de -62.50 a +75.00 con respecto al eje, lado derecho e izquierdo, RESA NORTE. • Control tecnológico y liberación con el método del cono de arena, Compactación Hidráulica Bloque técnico. 	<ul style="list-style-type: none"> • Se efectuó el control geométrico y tecnológico, correspondiente verificando que la conformación de la capa del sector de RESA NORTE se encuentra en conformidad a documentos del proyecto. Capa liberada. 	<ul style="list-style-type: none"> • Registro de actividades de trabajo dirigido may. 2018
<p>HORMIGON:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Control y seguimiento de rotura de probetas de hormigón estructural, tipo H21 a los 7 y 28 días. <ul style="list-style-type: none"> ❖ Escalera y Columnas hasta nivel +5.68 a 7.08, sobrecimiento (patin) Bloque Técnico ❖ Bloque SSEI vigas nivel +3.88 a los 28 días. ❖ Torre de control muro exterior, nivel +3.18 a +6.24 a los 7 días. • Control y seguimiento de rotura de probetas de hormigón, tipo H18 a los 7 y 28 días. <ul style="list-style-type: none"> ❖ Zapatas para postes lado sur enmallado perimetral. ❖ Postes lado norte y sur. • Vaciado de hormigón estructural tipo H21 Bloque Técnico Contrapiso nivel +0.12, Bloque SSEI Contrapiso y extracción de muestras para cilindros para prueba de resistencia. 	<ul style="list-style-type: none"> • En cada jornada de trabajo se efectuó el control y seguimiento a la fabricación y rotura de hormigones en planta y laboratorio. 	<ul style="list-style-type: none"> • Registro de actividades de trabajo dirigido may. 2018

En la Tabla 41 se muestran las actividades ejecutadas en el Trabajo Dirigido: Control tecnológico y liberación de densidades en Resa norte, control de calidad y seguimiento a las estructuras de hormigón.

Porcentaje de avance físico en todas las áreas que involucran la ampliación del aeropuerto Cap. Aníbal Arab Fadul

Mes anterior	17.68%
En el periodo	2.29%
A la fecha	19.97%

TABLA 37. RESUMEN DE ACTIVIDADES TRABAJO DIRIGIDO JUNIO 2018

ACTIVIDADES REALIZADAS	RESULTADOS OBTENIDOS	RESPALDOS
<p>LIBERACIONES CONTROL TECNOLÓGICO:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Control tecnológico y liberación con el método del cono de arena, capa a nivel sub-rasante prog. 2+660 a 2+900, ancho 10 m. de 28 a 58 con respecto al eje, lado derecho, Resa Norte • Control tecnológico y liberación de densidades con el método del cono de arena, capa a nivel sub-rasante calle Bravo lado izquierdo, espesor 0.30 m. prog. 0+330 a 0+769 • Control tecnológico y liberación de densidades con el método del cono de arena, relleno camino perimetral espesor 0.30 cm. prog. 2+000 a 2+160, ancho 10 m. largo 160 m. • Control tecnológico y liberación de densidades con el método del cono de arena, plataforma de circulación vehicular, a nivel sub-rasante, prog. 0+130 a 0+230, ancho 10 m. largo 100 m. y prog. . 0+080 a 0+070 • Control tecnológico y liberación de densidades con el método del cono de arena, plataforma parqueo de aeronaves, nivel sub-base, prog. 0+180 a 0+290, ancho 10 m. largo 110 m. de 10 a 20 m. con respecto al eje, espesor 30 cm. y prog. 0+060 a 0+077, ancho 18 m. largo 88 m, espesor 20 cm. • Control tecnológico y liberación de densidades con el método del cono de arena, parqueo de aeronaves, capa mejorada, lado izquierdo, prog. 0+120 a 0+170, ancho 10 m. largo 50 m, espesor 30 cm. • Control tecnológico y liberación con el método del cono de arena, Compactación Hidráulica, relleno de arena Bloque técnico 	<ul style="list-style-type: none"> • Se efectuó la actividad programada, compactación a nivel sub-rasante, de la misma forma liberado lo niveles topográficos • Control de capa sub-rasante ancho variable en toda su longitud, liberado con topografía y liberado con densidades in situ. • Compactación en terraplén con material de corte en camino perimetral. Control geométrico liberado con topografía. Control tecnológico liberado con densidades in situ. • Se efectuó la actividad programada compactado a nivel sub-rasante, liberado por control geométrico y tecnológico. • Se efectuó la actividad programada compactación faja sub-base. Control geométrico liberado por topografía y control tecnológico liberado con densidades. 	<ul style="list-style-type: none"> • Registro de actividades de trabajo dirigido jun. 2018
<p>HORMIGON:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Control y seguimiento a las roturas de hormigón estructural tipo H30 de vigas prismáticas, ensayo realizados para la plataforma de aeronaves en instalaciones de la planta de cumarú hormigón. • Control y seguimiento a las roturas de probetas de hormigón estructural tipo H21 de 7 a 28 días. <ul style="list-style-type: none"> ✓ Bloque Técnico, contrapiso, sala de reuniones, meteorología, sobrecimiento (alma y patin) ejes 15(B-E), contrapiso, ambientes A9, A8, A7, A6, A5 y A4, sobrecimiento (patin y alma) ejes 5(F-6) 4(F-6), ✓ Bloque SSEI vigas de torre, escalera y losa de la torre, nivel +12.36, contrapiso, ambientes A-17, A16, A15, A14, A13, A12, A11, A10, A5, A2 y A1 columnas, ✓ Torre de Control muros exteriores e interiores de ascensor método de vaciado por bombeo, nivel +6.24 a +9.30 • Control y seguimiento a las rotura de probetas de hormigón de tipo H-18 a los 7 y 28 días. <ul style="list-style-type: none"> ✓ Zapatas para postes perimetrales ✓ Ensayo para cunetas con cemento Yura y grava Perú fracturado ✓ Ensayos para cunetas, cemento RUMI, agregado Perú • Control y seguimiento al Vaciado de hormigón estructural tipo H21 y extracción de muestras para ensayos a compresión 	<ul style="list-style-type: none"> • En cada jornada de trabajo se efectuó el control y seguimiento a la fabricación y rotura de hormigones en planta y laboratorio. 	<ul style="list-style-type: none"> • Registro de actividades de trabajo dirigido jun. 2018

<ul style="list-style-type: none"> ✓ Torre de control en muros de ascensor ✓ Contra piso ingreso al Bloque Técnico • Control y seguimiento a las roturas de probetas en instalaciones de la planta de cumarú ensayo de Base tratada con cemento, resistencia característica mínimo 3Mp y un máximo de 4.5Mp., a los 7días. • Control y seguimiento a las roturas de probetas de base tratada con cemento en instalaciones de la planta de cumarú, resistencia característica 3 Mps. mínimo a 4.5 Mps. máximo, con 5% de cemento, a los 7 días. 		
--	--	--

En la Tabla 42 se muestran las actividades ejecutadas en el Trabajo Dirigido: Control tecnológico y liberación de densidades en Resa norte, Camino Perimetral, Calle de rodaje Bravo y Parqueo de Aeronaves, control de calidad y seguimiento a las estructuras de hormigón.

Porcentaje de avance físico en todas las áreas que involucran la ampliación del aeropuerto Cap. Anibal Arab Fadul

Mes anterior	19.97%
En el periodo	5.39%
A la fecha	25.36%

TABLA 38. RESUMEN DE ACTIVIDADES TRABAJO DIRIGIDO JULIO 2018

ACTIVIDADES REALIZADAS	RESULTADOS OBTENIDOS	RESPALDOS
<p>LIBERACIONES CONTROL TECNOLÓGICO:</p> <ul style="list-style-type: none"> Control tecnológico y liberación de capas, con el método del cono de arena, capa a nivel subrasante, en la calle de circulación del parqueo vehicular, prog 0+260 a 0+330, espesor 0.30 m. liberación ejecutada al 100% relleno con suelo natural, 95% grado de compactación. Control tecnológico y liberación de capas, con el método del cono de arena, capa base de la calle de circulación, accesos y parqueo vehicular, ejecutado del ingreso al aeropuerto hasta la salida de faja giratoria, ancho 10 m. dosificación 90% brita Brasil y 10% suelo natural, (material ligante), 100% grado de compactación. Control tecnológico y liberación de capas, con el método del cono de arena, capa sub-base, en la calle bravo lado derecho, espesor 0.20 m. prog. 0+550 a 830 100% de compactación. Control tecnológico y liberación de densidades con el método del cono de arena, capa a nivel sub-base calle Bravo lado izquierdo, espesor 0.20 m. prog. 0+550 a 0+830, longitud 280 m. ancho 10 m. 100% de compactación. Control tecnológico y liberación de densidades con el método del cono de arena, compactación hidráulica en la sub-estación eléctrica 2da capa de relleno de arena, 95% de compactación, espesor 50 cm. Control tecnológico y liberación de densidades con el método del cono de arena, compactación hidráulica en la calle bravo, sanja instalación eléctrica, 2da capa de relleno de arena, 95% de compactación, espesor 50 cm. 	<ul style="list-style-type: none"> Calle de acceso terraplén a nivel sub-rasante mejorado ensanche izquierdo, se realizó el control geométrico y tecnológico respectivo con resultados aceptables. Capa liberada. Plataforma de estacionamiento se efectuó el control geométrico y tecnológico en la capa base conformada sin observaciones. Capa liberada. Se realizó el control tecnológico correspondiente sin observaciones. Capa liberada. Se realizó el control tecnológico del relleno de arena y se verificó la compactación hidráulica. Capa liberada. Se realizó el control tecnológico del relleno de arena en la zanja de instalación eléctrica de la calle bravo compactación hidráulica. Capa liberada. 	<ul style="list-style-type: none"> Registro de actividades de trabajo dirigido jul. 2018
<p>IMPRIMACION:</p> <ul style="list-style-type: none"> Control de calidad de imprimación de la capa base mejorada con cemento, en la ampliación de la plataforma de parqueo de aviones con emulsión asfáltica, de todas las fajas comprendidas en el sector. Control de calidad de imprimación de la capa base, en la ampliación del parqueo vehicular, con emulsión asfáltica, prog. 0+010 a 0+175. Y control y seguimiento al extendido de arena (material de secado) sobre la superficie imprimada en el parqueo vehicular. 	<ul style="list-style-type: none"> Imprimación plataforma de estacionamiento de aeronaves. Se efectuó el control y seguimiento a la actividad de imprimación del sector de obra señalado precedente. Riego de imprimación emulsión asfáltica MC-30 (diluido) 60/40 taza especificada de acuerdo a especificación técnica establecida. 	<ul style="list-style-type: none"> Registro de actividades de trabajo dirigido jul. 2018
<p>HORMIGON:</p> <ul style="list-style-type: none"> Control y seguimiento de rotura de probetas de tipo H30 Mpa. estudios con cemento frontera con agregado peru fracturado a los 7 días. Control y seguimiento a rotura de probetas de tipo H21 a los 7 y 28 días. <ul style="list-style-type: none"> ✓ Bloque SSEI vigas, contrapiso ambientes. ✓ Torre de Control losa, nivel +12.36 a los 7 días. ✓ muretes del parqueo vehicular Control y seguimiento a rotura de probetas de tipo H18 a los 7 y 28 días. 	<ul style="list-style-type: none"> En cada jornada de trabajo se efectuó el control y seguimiento a la fabricación y rotura de hormigones en planta y laboratorio. 	<ul style="list-style-type: none"> Registro de actividades de trabajo dirigido jul. 2018

<ul style="list-style-type: none"> ✓ Zapatas para postes de enmallado perimetral lado sur. ✓ Ensayo para cunetas • Control y seguimiento al hormigonado tipo H11 <ul style="list-style-type: none"> • Parqueo vehicular arranques de los tubos de drenaje. • Nivelación o limpieza sub-estación eléctrica 		
<p>SUELO MEJORADO:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Control tecnológico y liberación de capas, con el método del cono de arena, ampliación plataforma de aeronaves base mejorada prog. 0+180 a 0+290, longitud 110 m., ancho 12 m. de -2.00 a +58.00 con respecto al eje, espesor 0.15 m. cantidad de bolsas de cemento utilizadas por tramo 11 de 1.5 Tn. 98% de compactación mínima, 7 fajas lado norte. • Control y seguimiento en la extracción de muestra y elaboración de probetas de capa base mejorada con cemento, de los 7 tramos, tres muestras por tramo. • Control y seguimiento a las roturas de probetas de base tratada con cemento en instalaciones de la planta de cumarú, resistencia característica 3 Mps. mínimo a 4.5 Mps. máximo, con 4% de cemento, a los 7 días. • Control y seguimiento a las roturas de probetas de base tratada con cemento en instalaciones de la planta de cumarú, resistencia característica 3 Mps. mínimo a 4.5 Mps. máximo, con 4% de cemento, tramo de 50 a 58 lado derecho, a los 7 días. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ampliación de plataforma lado norte se efectuó el control geométrico y tecnológico de base mejorada con cemento correspondiente, con resultados de aprobación. • Al mismo tiempo se extrajo muestras de para someterlas a resistencia de compresión. • Por ulmo se verifico la recistencia característica según especificaciones, con resultados satisfactorios de aprobación. 	<ul style="list-style-type: none"> • Registro de actividades de trabajo dirigido jul. 2018

En la Tabla 43 se muestran las actividades ejecutadas en el Trabajo Dirigido: Control tecnológico y liberación de densidades Calle de rodaje Bravo, Parqueo vehicular; Plataforma de aeronaves base cemento, control de calidad y seguimiento a las estructuras de hormigón.

Porcentaje de avance físico en todas las áreas que involucran la ampliación del aeropuerto Cap. Anibal Arab Fadul

Mes anterior	25.36%
En el periodo	1.93%
A la fecha	27.29%

TABLA 39. RESUMEN DE ACTIVIDADES TRABAJO DIRIGIDO AGOSTO 2018

ACTIVIDADES REALIZADAS	RESULTADOS OBTENIDOS	RESPALDOS
<p>LIBERACIONES CONTROL TECNOLÓGICO:</p> <ul style="list-style-type: none"> Control tecnológico y liberación de capas, con el método del cono de arena, camino perimetral prog. 0+110 a 0+280, longitud 170 m., ancho 5 m. lado derecho y lado izquierdo. Control tecnológico y liberación de capas, con el método del cono de arena, camino perimetral prog. 2+300 a 2+500, longitud 500 m., ancho 5 m. lado derecho y lado izquierdo, a nivel sub-rasante. Control tecnológico y liberación de capas, con el método del cono de arena, camino perimetral prog. 2+900 a 3+025, longitud 125 m., ancho 5 m. lado derecho y lado izquierdo, a nivel sub-rasante. Control tecnológico y liberación de capas, con el método del cono de arena, camino perimetral prog. 1+120 a 1+340, longitud 220 m., ancho 5 m. lado sur, nivel sub-rasante. Control tecnológico y liberación de capas, con el método del cono de arena, camino perimetral prog. 1+140 a 1+170, longitud 21 m., ancho 5 m. lado derecho y lado izquierdo, relleno terraplén 1ra, 2da, 3ra, 4ta, 5ta y 6ta capa. Control tecnológico y liberación de capas, con el método del cono de arena, parqueo vehicular prog. 0+470 a 0+530, longitud 51 m., acceso salida con material mejorado. Control tecnológico y liberación de capas, con el método del cono de arena, parqueo provisional lado laboratorio de suelos, ancho 5 m., sub-rasante. 	<ul style="list-style-type: none"> De manera conjunta se efectuó el control de densidades a nivel aproximado de sub-rasante. Capa aprobada. Tramo: 2+300 a 2+500 nivel aproximado de sub-rasante. Tramo 2+900 a 3+025 nivel aproximado de sub-rasante. En el sector Alc. 2+991 está sujeto a ajuste de rasante, se realizó el control de densidades bajo la observación señalada. El tramo se encuentra en observaciones por presencia de colchones, en la P.C. sectores puntuales por lo que se instruye hacer el seguimiento para su aprobación Terraplén se realizó el control tecnológico respectivo en las diversas capas sin observaciones. Capas liberadas. Control geométrico liberado con control topográfico. Control tecnológico liberado con densidades in situ. Parqueo provisional sector laboratorio se realizó el control de densidades en la capa de relleno de nivelación ejecutada en el sector de referencia. Se verificó el grado de compactación, sin observaciones. 	<ul style="list-style-type: none"> Registro de actividades de trabajo dirigido agt. 2018
<p>ENSAYOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> Ensayo de Granulometría para la carpeta asfáltica, 6 muestras. 	<ul style="list-style-type: none"> De manera subsecuente a los muestreos se procedió a la realización de los respectivos ensayos de caracterización de materiales en laboratorio 	<ul style="list-style-type: none"> Registro de actividades de trabajo dirigido agt. 2018
<p>HORMIGON:</p> <ul style="list-style-type: none"> Control y seguimiento al hormigonado tipo H18 de los cordones (A-B) del Bloque Técnico y extracción de muestras de cilindros, Slump 12 cm. hormigón preparado en obra. 	<ul style="list-style-type: none"> En cada jornada de trabajo se efectuó el control y seguimiento a la 	<ul style="list-style-type: none"> Registro de actividades de trabajo dirigido agt.

<ul style="list-style-type: none"> • Control y seguimiento al hormigonado tipo H21 Bloque SSEI Torre de Control, Muro exteriores nivel +16.06 a 17.29, Losa e=15 cm., Vigas cruceta y viga de descanso nivel +17.29, Escaleras nivel +16.06 a +17.29, Slump 20 y 15 cm. con sistema de bombeo. • Control y seguimiento al hormigonado tipo H21 Bloque Técnico 4 cámaras de inspección y aceras, extracción de muestras de cilindros, Slump 10 cm. hormigonado preparado en obra. • Control y seguimiento al hormigonado tipo H21 Sub-estación eléctrica vigas y extracción de muestras de cilindros, Slump 12 cm. hormigonado preparado en obra. • Control y seguimiento al hormigonado tipo H21 Alcantarilla Losa y Dentellon Prog. 2+540 y extracción de muestras de cilindros, Slump 14 cm. hormigonado preparado en obra. • Control y seguimiento a las roturas de probetas de hormigón estructural tipo H21 a los 7 y 28 días. <ul style="list-style-type: none"> ✓ Sobre-cimiento para la sub-estación. ✓ Columnas Sub- estación Ectrica ✓ Torre de control losa en voladizo ✓ Torre de Control Muros exteriores ✓ Muretes Parqueo Vehicular ✓ Cordón de aceras Bloque SSEI ✓ Bloque Técnico aceras ✓ Bloque Técnico Tanque de Agua • Control y seguimiento a las roturas de probetas tipo H18 a los 7 y 28 días. <ul style="list-style-type: none"> ✓ zapatas para postes lado sur. ✓ Cordones del bloque SSEI ✓ Cordones de acera (A-B) del Bloque Técnico ✓ revoltura de prueba para cunetas • Control y seguimiento a las roturas de probetas tipo H11 de hormigo de nivelación y limpieza. <ul style="list-style-type: none"> ✓ Sub estación eléctrica. ✓ Parqueo de automóviles. 	<p>fabricación y rotura de hormigones en planta y laboratorio.</p>	<p>2018</p>
<p>ASFALTOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Control y seguimiento al extendido de la mezcla asfáltica con polímero Rusia 60/85 (grado de penetración), en el parqueo y el camino de circulación vehicular, total 48 volquetas de toneladas variantes. Medidas a tomar en cuenta, Control de temperaturas: Temperatura Llegada, Temperatura extendido, temperatura compactada, temperatura ambiente y progresiva por vaciado de volqueta. 	<ul style="list-style-type: none"> • De manera subsecuente a los muestreos se procedió a la realización de los respectivos ensayos de caracterización de materiales en laboratorio 	<ul style="list-style-type: none"> • Registro de actividades de trabajo dirigido agt. 2018

En la Tabla 44 se muestran las actividades ejecutadas en el Trabajo Dirigido: Control tecnológico y liberación de densidades en Camino Perimetral, Parqueo vehicular, granulometría, control de calidad y seguimiento a las estructuras de hormigón y extendido de carpeta asfáltica en el camino de circulación vehicular.

Porcentaje de avance físico en todas las áreas que involucran la ampliación del aeropuerto Cap. Anibal Arab Fadul

Mes anterior	27.29%
En el periodo	1.96%
A la fecha	29.25%

<p>de material pétreo Peru 40 % y material ligante suelo arenoso 60 %.</p> <ul style="list-style-type: none"> Control tecnológico y liberación de densidades, con el método del cono de arena, en la AMPLIACIÓN DE LA PISTA prog. 2+000 a 2+520, longitud 520 m., ancho 7.50 m. de -15.00 a -22.50 izquierdo y +15.00 a +22.50 derecho con respecto al eje central de la pista, espesor 15 cm. LADO NORTE, CAPA SUB-BASE, porcentaje de material pétreo Perú 60 % y material ligante suelo arenoso 40 % 2da capa. Control tecnológico y liberación de densidades con el método del cono de arena, en camino perimetral, relleno de alcantarilla (A-3 prog. 0+925) y (A-4 prog. 1+060) relleno de arena, compactación hidráulica. Control tecnológico y liberación de densidades con el método del cono de arena, en camino perimetral, relleno de alcantarilla A-9 y A-10 en diferentes capas, espesor 30 cm. 	<p>trabajo -22.50 a -15.00 y de +15.00 a 22.50, respecto al eje se, efectuó el grado de compactación en la capa</p> <ul style="list-style-type: none"> Se realiza el control de densidades con relleno hidráulico de las alcantarillas. Se efectuó el control de grado de compactación en las diferentes capas de relleno de la alcantarilla. 	<ul style="list-style-type: none"> Registro de actividades de trabajo dirigido septiembre 2018
<p>ENSAYOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> Ensayo de granulometría del acopio de la prog 2+500, para la verificación del cumplimiento de las especificaciones técnicas del material para la capa base de la ampliación pista. Control individual del agregado material pétreo granulometría brita N2 para el hormigón de la plataforma de parqueo de aeronaves. Realización del ensayo Marchall, en cuerpos de prueba, elaborados con cemento asfáltico 60/85, procedente de Rusia (polímeros) 	<ul style="list-style-type: none"> Se efectuaron muestreos de material de acopio y de material extendido en la ampliación de la pista, para la realización de ensayos de hormigonado, compactación y determinación de la densidad máxima según el método AASHTO T-180 	<ul style="list-style-type: none"> Resumen densidades de campo RES.DENS.E.M.R. S-B.03/2018
<p>HORMIGON:</p> <ul style="list-style-type: none"> Control y seguimiento a las roturas de probetas de hormigón tipo H21, a los 7 y 28 días. <ul style="list-style-type: none"> ✓ camino perimetral, cabezal alcantarilla ✓ bloque técnico, acera ✓ alcantarilla N3 aleros prog. 0+925 ✓ Bloque técnico cámara tanque Control y seguimiento a las roturas de probetas de hormigón tipo H18 a los 7 y 28 días. <ul style="list-style-type: none"> ✓ Sub-Estación Eléctrica, Bordillos. ✓ Bloque Técnico, Bordillos a los 28 días. Control y seguimiento a las roturas de probetas prismáticas resistencia a flexión tipo H4.90 Mps (700 psi) hormigón diseñado para el pavimento rígido de la ampliación de plataforma a los 7 días. Control tecnológico y seguimiento al vaciado de hormigón estructural tipo H4.90 Mpa. (a flexión) losa para la ampliación de plataforma del parqueo de aeronaves faja F, G, H, I, J y K prog. 0+190 a 0+285 longitud 95 m. ancho 5 m., transporte en mixer desde la misma planta de hormigón del aeropuerto. 	<ul style="list-style-type: none"> Seguimiento y verificación de la resistencia a la compresión y a la flexión a los 7 y 28 días. Seguimiento a la fabricación de hormigones en planta, verificando que la proporción de los materiales se aplique 	<ul style="list-style-type: none"> Registro de actividades de trabajo dirigido septiembre 2018

En la Tabla 45 se muestran las actividades ejecutadas en el Trabajo Dirigido: Control tecnológico y liberación de densidades en Camino Perimetral, ampliación pista capa sub-base y área de viraje, ensayo completo de suelos, control de calidad y seguimiento a las estructuras de hormigón.

Porcentaje de avance físico en todas las áreas que involucran la ampliación del aeropuerto Cap. Anibal Arab Fadul.

Mes anterior	29.25%
En el periodo	3.54%
A la fecha	32.79%

TABLA 41. RESUMEN DE ACTIVIDADES TRABAJO DIRIGIDO OCTUBRE 2018

ACTIVIDADES REALIZADAS	RESULTADOS OBTENIDOS	RESPALDOS
<p>LIBERACIONES CONTROL TECNOLÓGICO:</p> <ul style="list-style-type: none"> Control tecnológico y liberación de densidades, por el método del cono de arena, en la AMPLIACIÓN DE LA PISTA prog. 2+000 a 2+520, longitud 520 m., ancho 7.50 m. de -15.00 a -22.50 izquierdo y +15.00 a +22.50 derecho con respecto al eje central de la pista, espesor 15 cm. LADO NORTE, CAPA SUB-BASE, 3ra capa porcentaje de material pétreo Perú 60 % y material ligante suelo arenoso 40 % 3ra capa. Control tecnológico y liberación de densidades por el método del cono de arena en la ampliación de la pista, CAPA BASE. espesor 20 cm. porcentaje de material pétreo (brita) 90 % y material ligante suelo arenoso 10 %. <ul style="list-style-type: none"> ❖ Prog. 2+000 a 2+600 longitud 600 m. ancho 30.00 m. de -15.00 a +15.00 m. lado derecho e izquierdo con respecto al eje central de la pista. ❖ Prog. 2+520 a 2+600 longitud 80 m. ancho 19.60 m. de -15.00 a 34.60 lado izquierdo, con respecto al eje central de la pista. ❖ Prog. 2+520 a 2+600 longitud 80 m. ancho 7.50 m. +15.00 a +22.50 lado derecho con respecto al eje central de la pista. Control tecnológico e imprimación de la capa base de la prog. 2+000 a 2+310 Control tecnológico e imprimación de la capa sub-base de la prog. 2+000 a 2+520 Control tecnológico y liberación de capas, por el método del cono de arena, alcantarilla A-17, en el camino perimetral prog. 6+096, 2da capa de relleno. 	<ul style="list-style-type: none"> 3ra capa de Sub-base, se realizó el control geométrico de la capa conformada. Capa liberada Tramo Ampliación Pista progresivas: <ul style="list-style-type: none"> * 2+000 a 2+600 de -15.00 a +15.00 * 2+520 a 2+600 de -15.00 a -34.60 * 2+520 a 2+600 de +15.00 a +22.50 con respecto al eje se efectuó el control de grado de compactación en la capa conformada, así como el control geométrico, sin observaciones. Imprimación Capa base y sub base, se efectuó el control y seguimiento a la actividad, verificando se aplique la tasa de riego establecido por las especificaciones técnicas del proyecto. Alcantarilla A-17 Prog. 6+096 relleno de zanja se efectuó el control de grado de compactación en la 2da capa de relleno sin observaciones 	<ul style="list-style-type: none"> Registro de actividades de trabajo dirigido oct. 2018 Programación de servicios Fecha 01/10/18 Fecha 12/10/18 Resumen densidades de campo RES.DENS.E.M.R. S-B.03/2018 Registro de actividades de trabajo dirigido oct. 2018 Anexo..... Programación de servicios N° 000008 N° 000014 N° 000023 N° 000031 N° 000050 N° 000064 N° 000065 Anexo..... Resumen densidades de campo. RES.DENS.E.M.R. S-B.04/2018 Anexo..... Registro de actividades de trabajo dirigido oct. 2018 Anexo..... Registro de actividades de trabajo dirigido oct. 2018 Anexo.....
<p>HORMIGON</p> <ul style="list-style-type: none"> Control y liberación de enferraduras en la alcantarilla A-2 de la calle perimetral lado oeste. Control tecnológico y seguimiento al hormigonado estructural tipo H21 en la calle perimetral de la alcantarilla N2, losa solera de entrada y de salida slump 12 cm. y extracción de muestras para prueba de resistencia característica. 	<ul style="list-style-type: none"> Se verifico armadura de refuerzo y encofrado, mismo que corresponden con planos de proyecto consecutivamente se prosedio al hormigonado de los elementos señalados 	<ul style="list-style-type: none"> Registro de actividades de trabajo dirigido oct. 2018 Anexo.....

En la Tabla 46 se muestran las actividades ejecutadas en el Trabajo Dirigido: Control tecnológico y liberación de densidades en Camino Perimetral, ampliación pista y área de viraje capa sub-base y capa base, Imprimación con emulsión asfáltica de la ampliación pista, control de calidad y seguimiento a las estructuras de hormigón.

Porcentaje de avance físico en todas las áreas que involucran la ampliación del aeropuerto Cap. Anibal Arab Fadul.

Mes anterior	32.97%
En el periodo	2.65%
A la fecha	35.44%

4.2. EVALUACION DEL PROYECTO A DISEÑO FINAL EN COMPARACION CON EL PRESENTE TRABAJO

4.2.1. DISEÑO INICIAL DE PROYECTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AMPLIACION PISTA (PGK 2+000 A 2+600)

El diseño del pavimento flexible que se presenta a continuación, está destinado al pavimento de las fajas laterales de ampliación de ancho de pista, a la ampliación de longitud de pista entre las progresivas 2+000 y 2+600, además al pavimento de la calle de rodaje nueva Bravo.

Para el diseño del pavimento flexible, se ha considerado conveniente utilizar una capa base estabilizada con asfalto, con el fin de compatibilizar las rigideces del pavimento nuevo con las del pavimento antiguo, además de lograr una mejor coherencia estructural de toda la estructura de la pista y la calle de rodaje. El cálculo de espesores se efectuado utilizando la información detallada anteriormente y los parámetros siguientes:

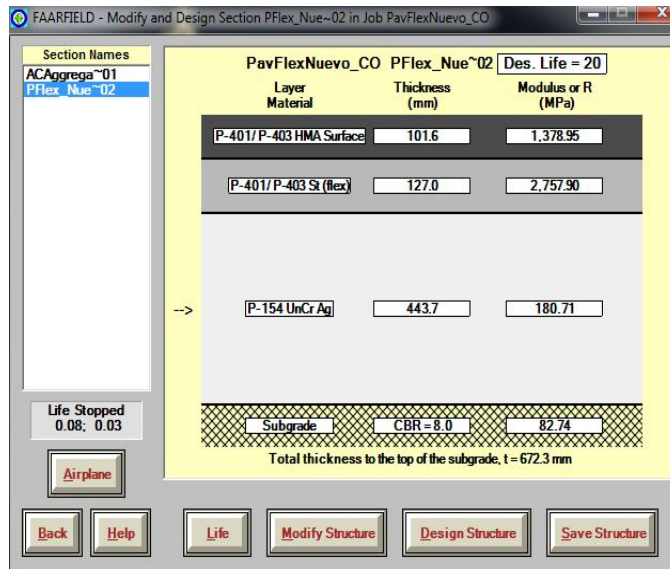
TABLA 42. PRONOSTICO DE SALIDAS ANUALES

TIPO DE AVION	N° SALIDAS ANUALES	TASA ANUAL CRECIMIENTO (%)
BOEING 737-200	1329	2.8
BOEING 737-300	1139	2.8
BOMBARDIER CRJ-200	266	2.8
BAE 146	1063	2.8

DATOS INICIALES

Periodo de Diseño =	20 años
Salidas Anuales	(Tabla N° 42)
Carpeta de concreto asfáltico ítem	P-401
CBR de subrasante	= 8.0 %
CBR subbase	≥ 25 %
Agregado para base estabilizada	CBR ≥ 90 %

GRAFICO 7. CÁLCULO DE LOS ESPESORES DEL PAVIMENTO



FAARFIELD – Diseño del pavimento del aeropuerto (V 1.305, 9/28/10 64-bit)

Sección PFlex_Nue~02 in Job PavFlexNuevo_CO.

Directorio de programa es C:\Archivo de programa (x86)\FAA\FAARFIELD\

La estructura es nueva y Flexible. Asfalto (Factor de Daño Acumulado) CDF = 0.6408.

Vida de diseño = 20 años.

Un diseño para esta sección se completó en: 01/14/16 at 11:02:53.

TABLA 43. INFORMACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO POR CAPA

No.	Tipo	Espesor mm	Módulos MPa	Poisson's Ratio	Fuerza R, MPa
1	P-401/ P-403 HMA Superficie	101.6	1,378.95	0.35	0.00
2	P-401/ P-403 St (flex)	127.0	2,757.90	0.35	0.00
3	P-154 UnCr Ag	443.7	180.71	0.35	0.00
4	Subrasante	0.0	82.74	0.35	0.00

Grosor total hasta la parte superior del subsuelo= 672.3 mm

TABLA 44. INFORMACIÓN DEL AVIÓN

No.	Nombre	Peso bruto en toneladas	Salidas anuales	% Crecimiento anual
1	Adv. B737-200 QC	58.332	2,658	2.80
2	B737-300	63.503	2,278	2.80
3	BAe 146	43.091	2,126	2.80
4	Dual Whl-50	22.680	532	2.80

Información adicional del avión

TABLA 45. SUBRASANTE CDF

No.	Name	CDF Contribution	CDF Max for Airplane	P/C Ratio
1	Adv. B737-200 QC	0.26	0.26	1.35
2	B737-300	0.73	0.73	1.35
3	BAe 146	0.01	0.01	1.42
4	Dual Whl-50	0.00	0.00	1.53

TABLA 46. HMA CDF

No.	Name	CDF Contribution	CDF Max for Airplane	P/C Ratio
1	Adv. B737-200 QC	0.00	0.00	2.80
2	B737-300	0.00	0.00	2.82
3	BAe 146	0.00	0.00	2.76
4	Dual Whl-50	0.00	0.00	2.74

TABLA 47. P-401/P-403 ST (FLEX) CDF

No.	Name	CDF Contribution	CDF Max for Airplane	P/C Ratio
1	Adv. B737-200 QC	0.25	0.25	2.13
2	B737-300	0.34	0.34	2.14
3	BAe 146	0.05	0.06	2.10
4	Dual Whl-50	0.00	0.00	2.06

GRAFICO 8. VERIFICACIÓN DEL FACTOR DE DAÑO ACUMULADO

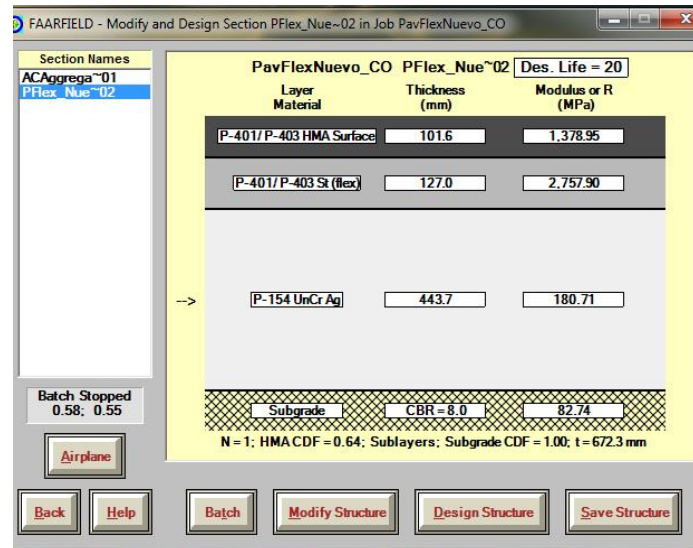
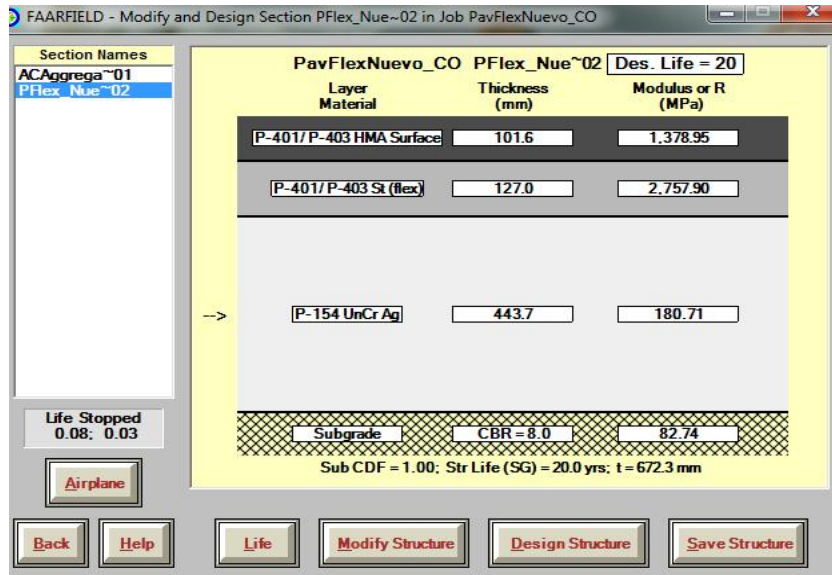
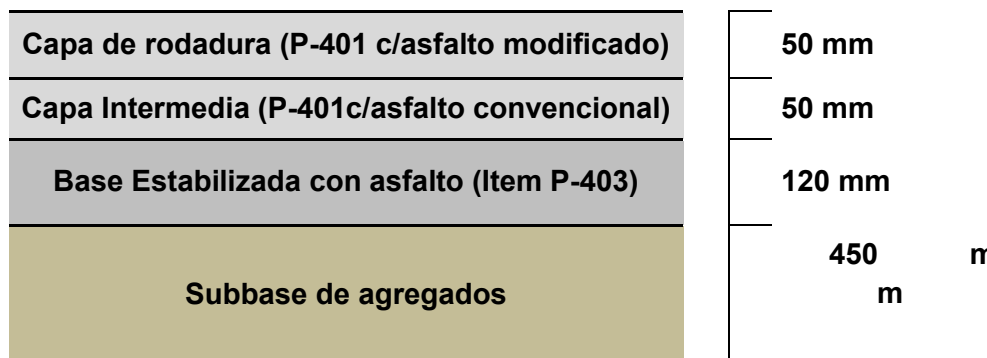


GRAFICO 9. VERIFICACIÓN DE LA VIDA ÚTIL



En vista de que los espesores calculados satisfacen la verificación del factor de daño acumulado y de vida útil, además considerando que el programa considera las características de concreto asfáltico convencional, el pavimento de la ampliación de pista en ancho y longitud y de la nueva calle de rodaje Bravo, tendrá una capa de rodadura de 5 cm preparada con asfalto modificado, debajo una capa intermedia de 5 cm preparada con asfalto convencional, la cual se colocará sobre una base estabilizada con asfalto de 12 cm apoyada en una subbase de agregados de 45 centímetros.

GRAFICO 10. PROYECTO DE DISEÑO DE LA CARPETA ESTRUCTURAL



4.2.2. CALCULO DE LA CARPETA ESTRUCTURAL CON UN SUELO MEJORADO EN LA CAPA BASE DE LA PISTA

Existen varias formas de estabilización y mejoramiento de los suelos, las cuales se utilizan según la necesidad del proyecto y los tipos de suelos, existiendo una forma de reacción con cada tipo de estabilización, motivo por el cual se optó por el empleo de método de estabilización suelo cemento para la capa base de la ampliación de la pista de aterrizaje.

Para la determinación de las salidas anuales, que representan la mitad de las operaciones pronosticadas, se ha utilizado el número de movimientos del año 2017 más la inclusión de aeronaves de mayor envergadura y su respectivo % equivalente, distribuido en los aviones que conforman la flota de aviones del aeropuerto de cobija, con los porcentajes establecidos en la Tabla 48 y los parámetros siguientes:

TABLA 48. PRONOSTICO DE SALIDAS ANUALES

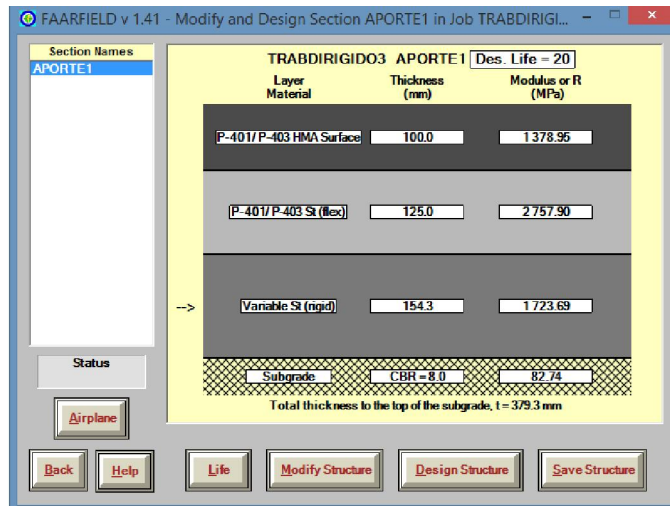
TIPO DE AVION	N° SALIDAS ANUALES	TASA ANUAL CRECIMIENTO (%)
BOEING 737-200	1329	2.8
BOEING 737-300	1139	2.8
BOMBARDIER CRJ-200	266	2.8
BAE 146	1063	2.8
*B747-300 Combi Mixed	1	0.028
*B747-300 Combi Mixed Belly	1	0.028
*A380e	1	0.028
*A380e Belly	1	0.028

*Nota: Se consideró los aviones más grandes que operan a nivel internacional para el cálculo de la carpeta estructural y verificar su cumplimiento con el diseño de suelo cemento.

DATOS INICIALES

Periodo de Diseño =	20 años
Salidas Anuales	(Tabla 47)
Carpeta de concreto asfáltico ítem	P-401
CBR de subrasante	= 8 %
CBR subbase	≥ 25 %
Agregado para base estabilizada	CBR ≥ 90 %

GRAFICO 11. CALCULO DE ESPESORES DEL PAVIMENTO



FAARFIELD v 1.41 - Airport Pavement Design

Section APORTE1 in Job TRABDIRIGIDO3.
 Working directory is C:\Users\Usuario\Documents\FAARFIELD\
 The structure is New Flexible. Asphalt CDF = 0.0026.
 Design Life = 20 years.
 A design for this section was completed on 11/27/18 at 23:50:39.

TABLA 49. 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	100.0	1 378.95	0.35	0.00
2	P-401/ P-403 St (flex)	125.0	2 757.90	0.35	0.00
3	Variable St (rigid)	154.3	1 723.69	0.20	0.00
4	Subgrade	0.0	82.74	0.35	0.00

Total thickness to the top of the subgrade = 379.3 mm

TABLA 50. AIRPLANE INFORMATION

No.	Name	Gross Wt. tonnes	Annual Departures	% Annual Growth
1	Adv. B737-200 QC	58.332	2 658	2.80
2	B737-300	63.503	2 278	2.80
3	BAe 146	43.091	2 126	2.80
4	D-50	22.680	532	2.80
5	B747-300 Combi Mixed	379.203	2	0.11
6	B747-300 Combi Mixed Belly	379.203	2	0.11
7	A380e	575.000	2	0.11

8	A380e Belly	575.000	2	0.11
---	-------------	---------	---	------

Additional Airplane Information

Tabla 51. Subgrade CDF

No.	Name	CDF Contribution	CDF Max for Airplane	P/C Ratio
1	Adv. B737-200 QC	0.11	0.11	1.67
2	B737-300	0.76	0.76	1.68
3	BAe 146	0.00	0.00	1.65
4	D-50	0.00	0.00	1.83
5	B747-300 Combi Mixed	0.00	0.04	1.72
6	B747-300 Combi Mixed Belly	0.03	0.04	1.73
7	A380e	0.00	0.09	1.90
8	A380e Belly	0.10	0.10	2.09

TABLA 52. HMA CDF

No.	Name	CDF Contribution	CDF Max for Airplane	P/C Ratio
1	Adv. B737-200 QC	0.00	0.00	2.81
2	B737-300	0.00	0.00	2.83
3	BAe 146	0.00	0.00	2.77
4	D-50	0.00	0.00	2.75
5	B747-300 Combi Mixed	0.00	0.00	1.36
6	B747-300 Combi Mixed Belly	0.00	0.00	1.37
7	A380e	0.00	0.00	1.50
8	A380e Belly	0.00	0.00	1.11

TABLA 53. P-401/P-403 ST (FLEX) CDF

No.	Name	CDF Contribution	CDF Max for Airplane	P/C Ratio
1	Adv. B737-200 QC	0.00	0.00	2.15
2	B737-300	0.00	0.00	2.16
3	BAe 146	0.00	0.00	2.11
4	D-50	0.00	0.00	2.08
5	B747-300 Combi Mixed	0.00	0.00	1.08
6	B747-300 Combi Mixed Belly	0.00	0.00	1.08
7	A380e	0.00	0.00	1.19
8	A380e Belly	0.00	0.00	0.88

User is responsible for checking frost protection requirements.

GRAFICO 12. VERIFICACIÓN DEL FACTOR DE DAÑO ACUMULADO

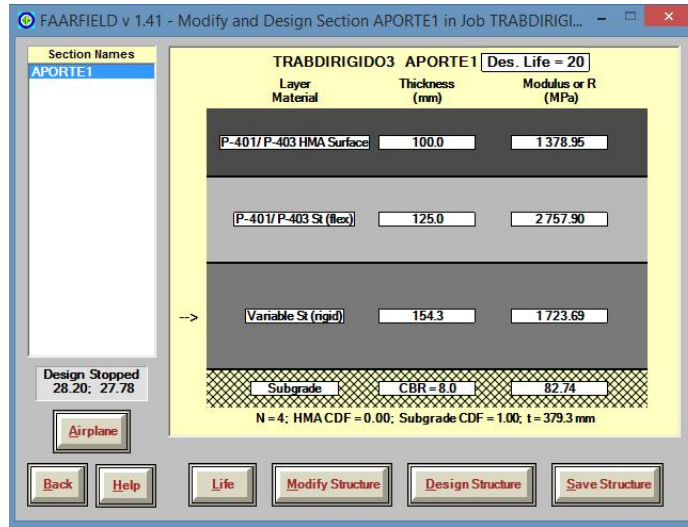


GRAFICO 13. GRAFICO DE FACTOR DE DAÑO ACUMULADO

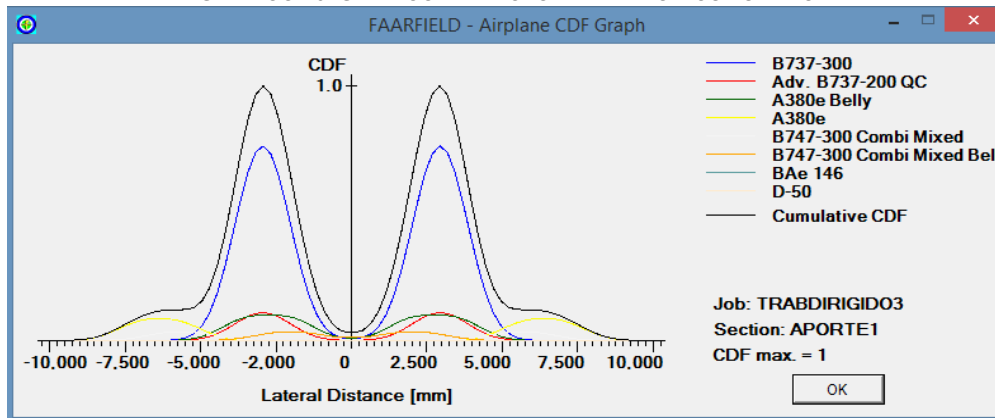


GRAFICO 14. VERIFICACIÓN DE LA VIDA ÚTIL

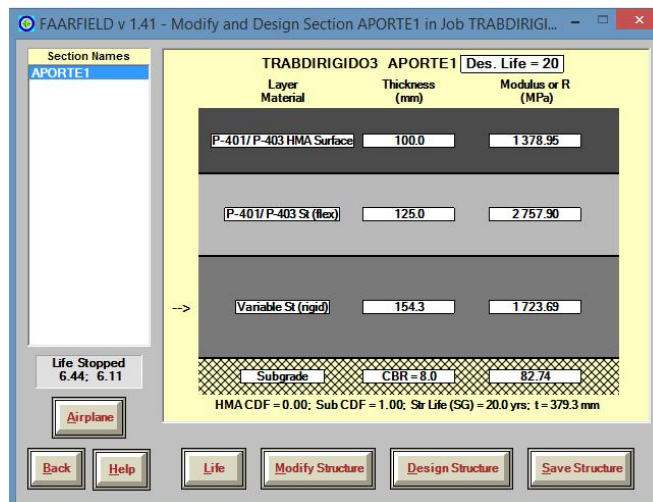
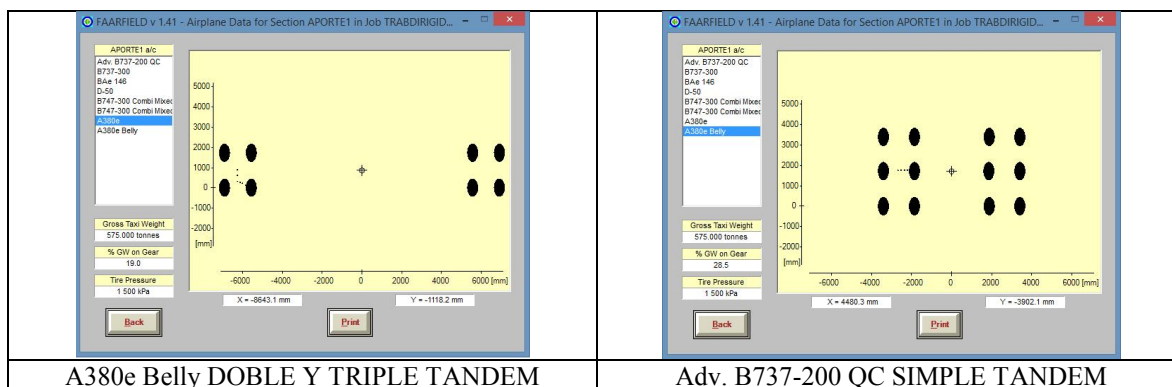


ILUSTRACIÓN 43. ILUSTRACION DE RUEDA



A380e Belly DOBLE Y TRIPLE TANDEM

Adv. B737-200 QC SIMPLE TANDEM

4.2.3. CALCULO DEL PAQUETE ESTRUCTURAL CON LOS CBRs EJECUTADOS EN OBRA

Para la determinación de las salidas anuales, que representan la mitad de las operaciones pronosticadas, se ha utilizado el número de movimientos del año 2017, distribuido en los aviones que conforman la flota de aviones del aeropuerto de cobija, con los porcentajes establecidos en la Tabla 54 y los parámetros siguientes:

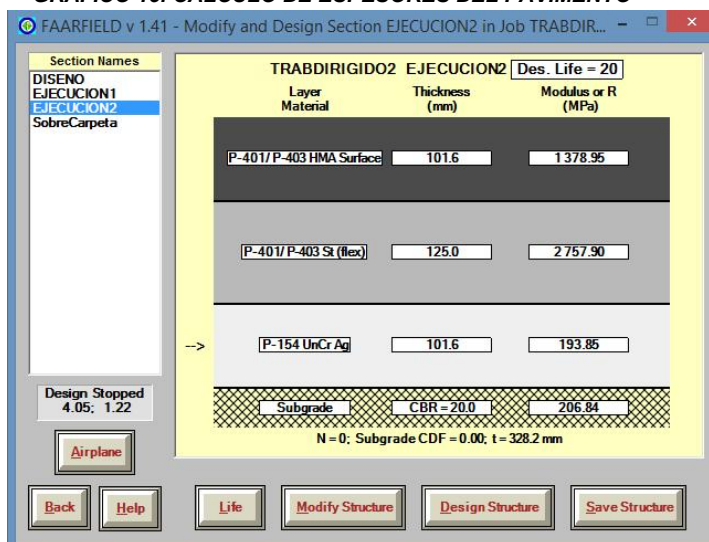
TABLA 54. PRONOSTICO DE SALIDAS ANUALES

IPO DE AVION	Nº SALIDAS ANUALES	TASA ANUAL CRECIMIENTO (%)
BOEING 737-200	1329	2.8
BOEING 737-300	1139	2.8
BOMBARDIER CRJ-200	266	2.8
BAE 146	1063	2.8

DATOS INICIALES

- Periodo de Diseño = 20 años
- Salidas Anuales (Tabla 54)
- Carpeta de concreto asfáltico ítem P-401
- CBR de subrasante = 20 %
- CBR subbase ≥ 25 %
- Agregado para base estabilizada CBR ≥ 90 %

GRAFICO 15. CALCULO DE ESPESORES DEL PAVIMENTO



FAARFIELD v 1.41 - Airport Pavement Design

Section EJECUCION2 in Job TRABDIRIGIDO2.

Working directory is C:\Users\Usuario\Documents\FAARFIELD\

The structure is New Flexible. Asphalt CDF = 0.0000.

Design Life = 20 years.

A design for this section was completed on 11/28/18 at 21:37:31.

Minimum layer thicknesses were reached.

TABLA 55. 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	101.6	1 378.95	0.35	0.00
2	P-401/ P-403 St (flex)	125.0	2 757.90	0.35	0.00
3	P-154 UnCr Ag	101.6	193.85	0.35	0.00
4	Subgrade	0.0	206.84	0.35	0.00

Total thickness to the top of the subgrade = 328.2 mm

TABLA 56. AIRPLANE INFORMATION

No.	Name	Gross Wt. tonnes	Annual Departures	% Annual Growth
1	Adv. B737-200 QC	58.332	2 658	2.80
2	B737-300	63.503	2 278	2.80
3	BAe 146	43.091	2 126	2.80
4	D-50	22.680	1 200	0.00

Additional Airplane Information

TABLA 57. SUBGRADE CDF

No.	Name	CDF Contribution	CDF Max for Airplane	P/C Ratio
1	Adv. B737-200 QC	0.00	0.00	1.80
2	B737-300	0.00	0.00	1.81
3	BAe 146	0.00	0.00	1.77
4	D-50	0.00	0.00	1.90

TABLA 58. HMA CDF

No.	Name	CDF Contribution	CDF Max for Airplane	P/C Ratio
1	Adv. B737-200 QC	0.00	0.00	2.80
2	B737-300	0.00	0.00	2.82
3	BAe 146	0.00	0.00	2.76
4	D-50	0.00	0.00	2.74

TABLA 59. P-401/P-403 ST (FLEX) CDF

No.	Name	CDF Contribution	CDF Max for Airplane	P/C Ratio
1	Adv. B737-200 QC	0.16	0.16	2.14
2	B737-300	0.21	0.21	2.15
3	BAe 146	0.04	0.04	2.10
4	D-50	0.00	0.00	2.07

User is responsible for checking frost protection requirements.

GRAFICO 16. GRAFICO DE FACTOR DE DAÑO ACUMULADO

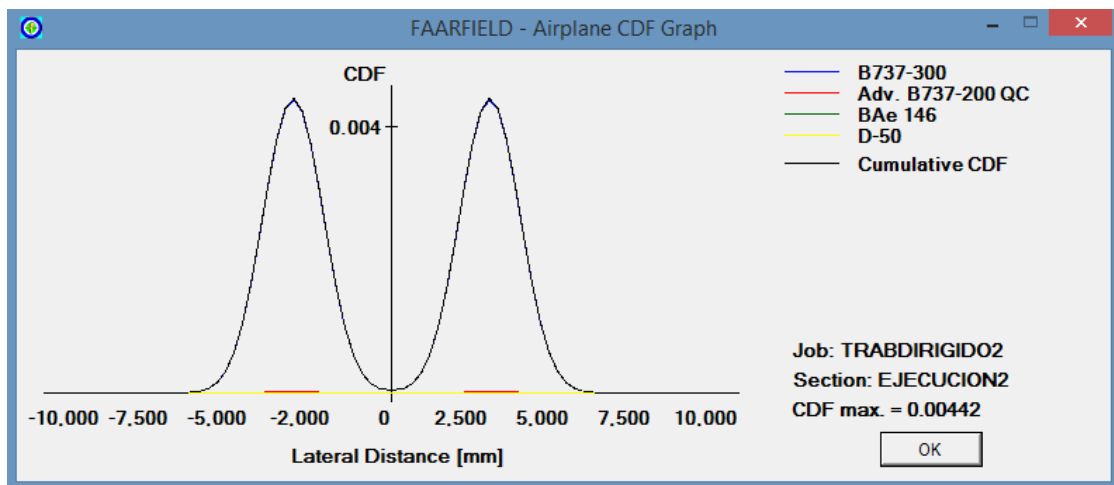


GRAFICO 17. VERIFICACIÓN DEL FACTOR DE DAÑO ACUMULADO

FAARFIELD v 1.41 - Modify and Design Section EJECUCION2 in Job TRABDIR...

Section Names
 DISEÑO
 EJECUCION1
EJECUCION2
 SobreCarpeta

TRABDIRIGIDO2 EJECUCION2 Des. Life = 20

Layer Material	Thickness (mm)	Modulus or R (MPa)
P-401/P-403 HMA Surface	101.6	1378.95
P-401/P-403 St (flex)	125.0	2757.90
P-154 UnCr Ag	101.6	193.85
Subgrade	CBR = 20.0	206.84

HMA CDF = 0.42; Sub CDF = 0.00; Str Life (SG) = 608.2 yrs; t = 328.2 mm

Life Stopped 2.48: 2.25

Airplane

Back Help Life Modify Structure Design Structure Save Structure

4.3. ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS DIFERENTES CÁLCULOS DEL PRESENTE PROYECTO UTILIZANDO EL PROGRAMA FARFIELD

En el diseño del pavimento flexible de la ampliación pista, se verifico que el cálculo fue realizado con un valor mínimo de CBR 8%. Y en la ejecución de los ensayos de suelos nos muestran que su valor de índice de soporte 20 % mucho más elevado al requerido.

Esto nos muestra por un lado que la carpeta estructural de la pista estará con los mejores índices de seguridad en cuanto a la vida útil, el factor de daño acumulado y con los espesores óptimos.

De la misma manera en los resultados del cálculo con suelo cemento en la capa base, optimiza aún mucho más, el espesor de la carpeta a 380 mm., con el CBR 8% de la sub-rasante del proyecto. Esto podría ser por la calidad del material con el que fue calculado.

Todos estos resultados obtenidos se pueden verificar a continuación en la presente tabla.

TABLA 60. RESUMEN DE LOS CALCULOS REALIZADOS

CARPETA ESTRUCTURAL AMPLIACION PISTA	Calculo del proyecto (mm)	Evaluación suelo Cemento en la capa base (mm)	*Calculo con el CBR ejecutado (mm)
Carpeta de Rodadura (Asfalto Modificado con Polímeros)	101.6	100.0	100.0
Base Estabilizada con Asfaltos Convencional	127.0	125.0	125.0
Base de Agregados	443.7	154.3	105.0
Sub-Base de Agregados			
CBR de Diseño	8.0	8.0	20.0
Total Espesor Carpeta Estructural	672.3	380	330

*Los valores encontrados en el FAARFIELD se han redondeado en base a lo efectivamente ejecutado en obra

PARTE V:

**5. CONCLUSIONES Y
RECOMENDACIONES**

CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En base a todo lo expuesto en el presente trabajo se concluye de la siguiente manera:

Los trabajos y estudios en el área de geotecnia fueron ejecutados en su totalidad y se puede decir, que se cumplió con el objetivo principal del trabajo dirigido, mismo que se verifica en los anexos de registro diario de actividades de trabajo dirigido.

En la tabla número 60 se muestra los resultados del cálculo del proyecto del diseño inicial con un espesor total de 672.3 mm., en comparación con el cálculo de suelo mejorado – (suelo cemento), con un espesor total de 380 mm. Se concluye que el diseño con la capa mejorada cumple, ya que el soporte que brinda el suelo cemento es de mayor resistencia, es por eso que los espesores son menores. Cabe mencionar que en el cálculo del suelo mejorado, se planteó con la inclusión de aeronaves de mayor envergadura, bajo las mismas dimensiones con el objeto de verificar su capacidad de soporte del suelo portante y los años de servicio.

De igual forma haciendo una evaluación con la inclusión del CBR de la sub-rasante 20% ejecutado en obra, con un espesor de 330 mm., cumple la verificación debido al CBR con el que se trabajó en obra, esto nos indica mayor soporte de parte del suelo de fundación.

Los suelos de la sub rasante, tienen un índice de soporte (CBR) bastante buenos según los estudios realizados, mismos que se evidencian en el apartado de anexos en el sector de ensayo de suelos, que superan al mínimo requerido por el cálculo de proyecto, esto podría ser debido al terreno ya trabajado anteriormente en la pista antigua, que funcionaba como un área de seguridad de la pista, mismo que hoy es trabajado como parte de los 600 m la ampliación pista en la progresiva 2+000 a 2+600.

En conclusión podemos decir que el cálculo del paquete estructural de la pista a diseño final, cumple con los dos cálculos adicionales que se realizaron, con el objetivo de verificar los espesores de vida útil y factor de daño acumulado, todo indica que según norma RAB 137,

FAA y OACI anexo 14 la construcción del aeropuerto es apto para el denominativo de un aeropuerto internacional, esto permitirá al avión de diseño aterrizar sobre suelo cobijeño sin restricción alguna, de carga ni pasajero.

Por otro lado se recomienda verificar desde otro punto de vista, analizando el factor económico, tal vez en función a ello podría realizarse algunos ajustes que permita minorar los costos de la ejecución y seguir adelante con la obra hasta su culminación.

BIBLIOGRAFIA

- ROBLES BUSTIOS, R. (2015). CÁLCULO DEL INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI) BARRANCO - SURCO – LIMA. LIMA PERU.
- AC-150-5320-6E DE LA FAA. (s.f.). CIRCULAR CONSTRUCTIVA.
- AERO COBIJA CEMOSA TECNO AER SRL. (MAYO de 2016). ELABORACION Y COMPLEMENTACION DEL ESTUDIO DE IDENTIFICACION Y ESTUDIO TESA "AEROPUERTO CAP. ANIBAL ARAB FADUL".
- AERO COCIJA CEMOSA Y TECNO AER SRL. (Febrero 2016). Mejoramiento y Ampliacion del Aeropuerto "Cap. Anibal Arab Fadul" de Cobija. LA PAZ. LA PAZ: MOPSV.
- Cosio, R. (Nobiembre de 2012). Boliviana de Aviación - Page 7 - SkyscraperCity. Obtenido de http://www.lostiempos.com/diario/act...29_407910.html
- ELABORACION Y COMPLEMENTACION DEL ESTUDIO TESA "AEROPUERTO CAP. ANIBAL ARAB FADUL" . (s.f.). DISEÑO PAVIMENTOS XX-6 ESPECIFICACIONES TECNICAS (Sellado de fisuras carpeta Antigua CVL-14: Bacheo Superficial CVL-15: Bacheo profundo Carpeta Antigua)
- Fundacion Wikimedia. (8 de Agosto de 2018). Especificaciones Tecnicas del Boeing 737-300. Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Boeing_737
- Gusman Gamboa , R. (1975). Diseño de pavimentos del Aeropuerto de Cobija "Universidad Mayor de San Andres". La Paz - Bolivia.
- Marquez, G. F. (s.f.). Curso Basico de Topografia Panimetria *Arimensura *altimetria. Mexico: Arbol.
- Martinez, E. (2010). Constriucciones civiles. La Paz: Sanginéz.
- (s.f.). MEJORAMIENTO Y AMPLIACION DEL AEROPUERTO "CAP. ANIBAL ARAB FADUL" DE COBIJA. Adjunto: Formulacion de llamado a licitacion .
- PLAN MAESTRO "MOVIMIENTO DE AERONAVES". (s.f.). DEMANDA DE TRAFICO DEL PAN MAESTRO. Capitulo 4 Punto 4.3.2.
- QUINHER MANTENIMIENTO. (Sabado de Julio de 2018). EL BACHEO - Actiweb. Obtenido de www.actiweb.es/repacc/informacion_.html
- QUINTERO GONZÁLEZ, J. R. (10 de Octubre de 2018). CDF EN AEROPUERTOS. Obtenido de Aplicación de la Metodología Racional en el Cálculo de Espesores de Pavimentos Flexibles para Aeropurtos:
<http://revistas.ustatunja.edu.co/index.php/ingeniomagno/article/viewFile/44/43>
- RAB 137 C-1 . (2018). REGLAMENTO DE DISEÑO DE AEROPUERTOS .
- Reglamento sobre diseño RAB 137 C-2. (s.f.). 2da edicion enmienda 3.
- W., A. L. (2011). Apuntes de Topografia "Instituto Politecnico Santiago Mariño" . Barcelona , España.

CAPITULO VI:

6. ANEXOS

TABLA 61. RESUMEN DE RESULTADOS DEL ESTUDIO DE SUELOS DE PISTA

Nº CAL.	PROG.	PROF.	LIMITES FISICOS			HUM.	PASA	CLASIFICACION		COMPAC. AASHTO T-180-C		EX.P.		C.B.R.	
		(m)	L.L.	L.P.	I.P.	%	Nº 200	SUCS	AASHTO	Hum. Opt.(%)	Dmax. (gr/cc)	100%	95%	100%	95%
1	0+000	0.20 – 3.00	31,0	17,8	13,2	15,0	32,2	SC	A-2-6 (1)	9,94	1,948	0,16	0,18	28,54	17,52
2	0+100	0.30 – 3.00	25,9	19,6	6,3	10,6	32,6	SM-SC	A-2-4 (0)						
3	0+200	0.20 – 3.00	28,1	17,6	10,5	17,6	81,6	CL	A-6 (7)	15,17	1,835	1,19	1,52	3,55	2,61
4	0+300	0.30 – 3.00	28,9	18,4	10,5	13,6	65,9	CL	A-6 (5)						
5	0+400	0.20 – 3.00	33,5	22,5	11,0	11,5	54,3	CL	A-6 (4)						
6	0+500	0.20 – 3.00	38,4	26,3	12,1	19,5	59,4	ML	A-6 (6)						
7	0+600	0.20 – 3.00	29,3	20,1	9,3	16,9	51,5	CL	A-4 (2)						
8	0+700	0.20 – 3.00	37,2	25,5	11,7	16,3	57,6	ML	A-6 (5)	13,28	1,910	1,00	0,95	9,05	4,07
9	0+800	0.20 – 3.00	36,6	24,7	11,9	20,4	55,7	ML	A-6 (5)						
10	0+900	0.30 – 3.00	26,3	19,5	6,8	14,2	33,5	SM-SC	A-2-4 (0)						
11	1+000	0.20 – 3.00	24,9	19,2	5,7	18,5	51,6	ML-CL	A-4 (0)						
12	1+100	0.20 – 3.00	37,3	27,7	9,7	14,9	38,9	SM	A-4 (1)						
13	1+200	0.20 – 3.00	25,2	19,0	6,2	13,8	55,4	ML-CL	A-4 (1)	14,10	1,885	0,03	0,04	23,46	21,24
14	1+300	0.30 – 3.00	52,4	31,7	20,7	14,7	48,2	SM	A-7-5 (7)						
15	1+400	0.20 – 3.00	31,6	18,8	12,8	5,5	53,2	CL	A-6 (4)						
16	1+500	0.20 – 3.00	25,0	20,7	4,3	9,1	40,4	SM-SC	A-4 (0)						
17	1+600	0.20 – 3.00	38,8	26,6	12,2	11,2	37,7	SM	A-6 (1)						
18	1+700	0.30 – 3.00	30,7	21,3	9,4	18,0	51,0	CL	A-4 (2)	13,93	1,938	0,45	0,62	10,03	7,62
19	1+800	0.20 – 3.00	35,4	24,1	11,3	24,4	73,5	CL	A-6 (8)						
21	1+900	0.20 – 3.00	25,4	19,0	6,4	13,1	45,4	SM-SC	A-4 (0)						
21	2+000	0.20 – 3.00	36,7	25,2	11,5	14,6	47,1	SM	A-6 (3)						
22	2+100	0.30 – 3.00	33,0	21,0	12,0	23,3	58,7	CL	A-6 (5)						
23	2+200	0.20 – 3.00	29,5	19,1	10,4	14,2	56,9	CL	A-6 (3)						
24	2+300	0.20 – 3.00	36,9	24,6	12,2	15,3	53,1	ML	A-6 (4)	14,21	1,900	0,11	0,16	7,89	7,54
25	2+400	0.20 – 3.00	30,3	21,7	8,6	13,9	47,7	SC	A-4 (1)						
26	2+500	0.30 – 3.00	30,8	20,0	10,7	17,4	46,3	SC	A-6 (2)						
27	2+600	0.20 – 3.00	31,9	19,0	12,9	17,4	45,0	SC	A-6 (2)	11,96	2,038	0,77	0,85	24,99	17,77
28	2+700	0.20 – 3.00	26,3	20,5	5,8	13,1	53,6	ML-CL	A-4 (1)						

Ilustración 44. PRIMEROS AVIONES QUE LLEGARON A LA CIUDAD DE COBIJA



Ilustración 45. ATERRIZAJES EL PRIMER AEROPUERTO, EN LO QUE HOY ES LLAMADO PARQUE PIÑATA



AEROPUERTO CAPITAN ANIBAL ARAB FADUL

ILUSTRACIÓN 46. ESTADO A INICIOS DE LA INTERVENCIÓN AEROPUER



Fuente: Plan Maestro TESA

