

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



**“CONSERVACIÓN DE PAVIMENTOS EN
AEROPUERTOS CON DIFERENTES
TECNOLOGÍAS”**

POR:

CARLOS RENE ROCHA YAÑEZ

Tutor: Ing. Joel Paco Sarzuri

Proyecto de Grado, presentado a consideración de la “UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO”, como requisito para optar el Grado Académico de Licenciatura en Ingeniería Civil.

TARIJA – BOLIVIA

V°B°

Ing. Joel Paco Sarzuri

TUTOR

.....
Ing. Luis Alberto Yurquina F.
DECANO FACULTAD DE
CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

.....
MSc. Lic. Marlene Hoyos M.
DIRECTORA DE “P.E.T.”

APROBADO POR:

TRIBUNAL:

.....
Ing. Wilson Yucra

.....
Ing. Gonzalo Pereira

El Tribunal Calificador de la presente tesis, no se solidariza con la forma, términos, modos y expresiones vertidas en la misma, siendo únicamente responsabilidad de autor.

DEDICATORIA:

Este trabajo va dedicado a mis padres por toda la esperanza y sacrificio puesto en mí. A mi querida esposa por su permanente apoyo, para así lograr finalmente uno más de mis objetivos.

AGRADECIMIENTOS:

A Dios: por el don de la vida, por haber puesto en mí fe y esperanza, lo que me fortaleció y me dio perseverancia para alcanzar uno de los objetivos más anhelados.

PENSAMIENTO:

El éxito nunca llega solo; hay que trabajar arduamente para conseguirlo.

CAPÍTULO I
INTRODUCCIÓN

	Página
1.1. Antecedentes Del Tema.	1
1.2. Justificación.	2
1.3. Objetivos.	4
1.3.1. Objetivo General.	4
1.3.2. Objetivos Específicos.	4
1.4. Alcance del Estudio.	5
1.5.- Metodología de Análisis.	7
1.5.1. Índices Representativos.	7
1.5.2. Base de Datos.	7
1.5.3. Plan Maestro.	7

CAPÍTULO II
ELEMENTOS QUE FORMAN PARTE DE UN PAVIMENTO EN
AEROPUERTOS

2.1. Características De Los Pavimentos De Aeropuertos.	8
2.1.1.- Estructural.	8
2.1.2.- Funcional.	9
2.2. Características Superficiales De Los Pavimentos Flexibles De Aeropuertos.	10
2.2.1.- Rugosidad Superficial.	11
2.2.2.- Resistencia Al Deslizamiento.	12
2.2.3.- Lisura.	12
2.2.4.- Textura.	12
2.2.4.1.- Macrotextura.	12
2.2.4.2.- Microtextura.	12
2.2.5.- Regularidad Superficial.	13

	Página
2.2.6.- Permeabilidad.	13
2.2.7.- Drenabilidad.	13
2.2.8.- Ruido De Rodadura.	14
2.2.9.- Absorción Acústica.	14
2.2.10.- Grado De Penetración Y Oxidación Del Asfalto.	14
2.2.11.- Resistencia Al Ataque De Aceites Y Combustibles.	15
2.3. Características De La Aeronave Que Afectan A La Superficie Del Pavimento.	15
2.3.1.- Cargas De La Aeronave.	17
2.3.2.- Carga Bruta.	17
2.3.3.- Carga De Combustible.	17
2.3.4.- Carga Útil.	17
2.3.5.- Características Del Tren De Aterrizaje.	17
2.3.6.- Características Del Neumático.	18
2.3.6.1.- Presión De Inflado.	18
2.4. Características Del Neumático Para Con El Pavimento.	19
2.4.1.- Adherencia Del Neumático Al Pavimento.	19
2.4.2.- Influencia De La Micro Textura Y La Macro Textura En Adherencia.	19
2.4.2.1.- La Micro Textura.	21
2.4.2.2.- La Macro Textura.	21

DISEÑO DE PAVIMENTOS EN AEROPUERTOS

2.5. Tipos De Fallas En Los Pavimentos De Aeropuertos.	24
2.6. Criterios Y Causas De Fallas De Los Pavimentos De Aeropuertos.	27
2.6.1. Efecto De La Intensidad De Tráfico Y De Las Vibraciones.	28
2.6.2. Calor De Escape De Reactores Y Derrame De Combustible.	28
2.6.3. Erosiones Producidas Por Las Velocidades De Escape.	29
2.7. Identificación De Los Deterioros De Los Pavimentos.	31
2.7.1 Deterioro De Pavimentos Flexibles En Pistas De Aeropuertos.	32

	Página
2.7.1.1. Grietas.	32
2.7.1.2. Exudación O Sangrado.	32
2.7.1.3. Fisuración En Bloque.	32
2.7.1.4. Baches.	33
2.7.1.5. Áridos Pulidos.	33
2.7.1.6. Peladuras.	33
2.7.1.7. Corrugación.	33
2.7.1.8. Hundimiento O Depresiones.	34
2.7.1.9. Fisuración Longitudinal Y Transversal.	34
2.7.1.10. Por Chorro De Jet.	35
2.7.1.11. Por Derrame De Combustible.	35
2.7.1.12. Ahuellamiento.	35
2.7.1.13. Fisuración Por Deslizamiento.	35
2.7.1.14. Levantamiento Por Hinchazón.	36
2.7.1.15. Fisuración Por Reflejo De Juntas.	36
2.7.1.16. Desplazamiento Por Crecimiento De Losas.	36
2.7.2. Deterioro En Pavimentos De Hormigón Para Aeropuertos.	37
2.7.2.1. Blowup.	38
2.7.2.2. Fisuración De Esquina.	39
2.7.2.3. Fisuración Lineal (Longitudinal, Transversal Y Diagonal)	39
2.7.2.4. Fisuración Por Durabilidad.	39
2.7.2.5. Deterioro Del Sellado.	39
2.7.2.6. Bacheo Pequeño.	40
2.7.2.7. Bacheo Grande.	40
2.7.2.8. Desprendimiento.	40
2.7.2.9. Bombeo.	40
2.7.2.10. Fisuración En Mapa, Descascaramiento.	40
2.7.2.11. Ascenso Y Descenso De Bordos.	41
2.7.2.12. Losa Fracturada.	41
2.7.2.13. Fisuración Por Contracción.	41

	Página
2.7.2.14. Rotura De Bordos De Juntas.	41
2.7.2.15. Rotura De Esquina.	42
2.8. Condiciones De Un Pavimento Para Aeropuertos.	42
2.9. Factores Y Consideraciones Importantes Para El Diseño De Pavimentos.	44
2.9.1. Estadística De Vuelos.	44
2.9.2. Factores Socioeconómicos.	45
2.9.3. Características Geométricas Del Aeropuerto Cap. Oriel Lea Plaza.	45
2.10. Parámetros De Diseño.	46
2.11. Métodos De Diseño De Pavimentos Para Pistas De Aeropuertos.	48
2.12. Procedimiento De Diseño.	49
2.12.1. Método Francés.	49
2.12.1.1 Características De Los Terrenos De Fundación.	50
2.12.1.2 Características De Las Capas De Los Pavimentos.	51
2.12.1.3. Espesor Del Pavimento.	52
2.12.1.4. Estructura Del Pavimento.	54
2.12.2. Método FAA.	57
2.12.3. Método CBR.	60

CONSERVACIÓN DE PAVIMENTOS EN AEROPUERTOS

2.13. Introducción.	62
2.14. Conceptos Y Términos Relacionados Con La Conservación.	63
2.14.1. Conservación.	63
2.14.2. Mantenimiento Rutinario.	63
2.14.3. Tratamiento En La Superficie.	63
2.14.4. Renovación De La Superficie.	64
2.14.5. Refuerzo De La Superficie.	64
2.14.6. Mantenimiento Periódico.	64
2.14.7. Rehabilitación.	65

	Página
2.14.8. Mantenimiento Diferido / Conservación Diferida.	65
2.14.9. Reparación De Emergencia.	65
2.14.10.- Mejoramiento.	66
2.15. Planteamiento Del Problema.	66
2.16. Aspectos Generales De La Conservación.	68
2.17. Gestión De Conservación.	69
2.18. Metodología De Conservación.	69
2.19.- Planificación De La Conservación.	69
2.20. Ejecución De La Conservación.	72

DIFERENTES TECNOLOGÍAS DE CONSERVACIÓN DE PAVIMENTOS

2.21. Mezclas Asfálticas.	73
2.21.1. Consideraciones Generales.	73
2.22. Tipos De Mezclas Asfálticas Por Su Método De Elaboración.	75
2.22.1. Mezclas Asfálticas en Frío.	75
2.22.2. Mezclas Asfálticas En Caliente.	78
2.23. Clasificación De Mezclas Asfálticas.	79
2.23.1. Tratamiento Bituminosas Superficiales.	79
2.23.2. Tratamientos Simples.	81
2.23.3. Tratamiento Simple Con Doble Engravillado.	81
2.23.4. Tratamiento Superficial Multicapa.	83
2.23.5. Tratamientos Profundos.	85
2.23.5.1.- Macadam Asfáltico Por Penetración.	86
2.23.6. Tratamiento Auxiliares Con Riego.	86
2.23.6.1. Riego De Liga.	86
2.23.6.2. Riego De Imprimación.	87

	Página
2.23.6.3. Riego De Curado.	88
2.23.6.4. Riego Pulverizado (Fog Seal).	88
2.23.7.- Lechada Bituminosa.	88
2.23.8. Mezclas Abiertas.	89
2.23.8.1. Mezclas Abiertas En Capas De Rodamiento Fina.	92
2.23.8.2. Mezclas Abiertas Para Capas Espesas De Base.	92
2.23.9. Mezclas Densas.	93
2.23.10. Propiedades Deseadas En El Diseño De Mezclas Asfálticas.	96
2.24. Sellos Asfálticos.	99
2.24.1. Introducción.	99
2.24.2. Tipos De Sellos Asfálticos.	99
2.24.3. Sellos De Riego (Sprayed Seals).	100
2.24.3.1. Sello Neblina (Fog Seal).	100
2.24.3.2. Sello De Agregado (Chip Seal).	101
2.24.4.- Sellos De Lechada (Slurry Surfacing).	102
2.24.4.1. Lechada Asfáltica (Slurry Seal).	102
2.24.4.2. Lechada Modificada (Polimer Modified, Slurry Seal).	104
2.24.4.3. Micropavimentos (Microsurfacing).	104
2.24.5. Sellos Combinados (Cape Seal).	106
2.24.5.1. Sello De Agregado – Lechada.	106
2.24.5.2. Sello De Agregado – Micropavimentos.	107
2.24.6. Sellos En Caliente.	107
2.24.6.1. Sello De Agregado De Penetración Invertida.	108
2.24.6.2. Sello De Fricción.	108
2.24.6.3. Sello Fino O Mortero.	108
2.24.7. Selladores De Juntas.	108
2.24.8. Criterios De Selección De Sellos Asfálticos De Conservación.	109
22.4.8.1.- Parámetros De Proyecto.	109

	Página
2.24.8.2.- Parámetros Del Tipo De Sello.	110
2.24.8.2.1- Introducción.	110
2.24.8.2.2- Características.	110

CAPÍTULO III

APLICACIÓN PRÁCTICA

3.1. Ubicación.	117
3.2. Características Del Tramo En Estudio.	117
3.3. Procedimiento De Evaluación.	117
3.3.1. Evaluación Superficial.	117
3.3.2. Evaluación Del Estado.	119
3.4. Determinación De Las Zonas De Evaluación.	119
3.5. Resumen Y Porcentaje De Fallas En Pavimento Flexible.	126
3.6. Resumen Y Porcentaje De Fallas En Pavimento Rígido.	138
3.6.1. Distribución Porcentual De Ocurrencia De Fallas En Pavimentos Flexibles	139
3.6.2. Distribución Porcentual De Ocurrencia De Fallas En Pavimento Rígido	139
3.7. Evaluación Estructural.	140
3.7.1. Evaluación Estructural AASANA Cbba.	140
3.8. Dimensionamiento Del Recapado.	141
3.8.1. Método Francés.	141
3.8.2. Método De Diseño FAA.	144
3.8.3. Método CBR.	148
3.9. Análisis Del Presupuesto Del Estudio De Recapado.	150
3.9.1. Utilidad.	150
3.9.2. Impuestos.	150
3.9.3. Desgaste De Herramientas Y Equipo.	151
3.9.4. Costo De Materiales.	151
3.9.5. Costo De Mano De Obra.	151

	Página
3.9.6. Costo De Equipo.	153
3.10. Presupuesto Del Proyecto.	153
3.10.1. Recapado De La Pista Del Aeropuerto.	153
3.10.2. Mantenimiento Periódico De La Superficie De Pavimentado Flexible.	153

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones.	156
4.1.1. Generales.	156
4.1.2. Técnicas.	157
4.1.3. Ambientales.	161
4.2. Recomendaciones.	162
4.3. Bibliografía.	164

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla N° 2.1 Categorías De Presión Máxima Para Tren De Aterrizaje Con Ruedas Gemelas.	19
Tabla N° 2.2 Longitudes De Onda Y Amplitudes Correspondientes A Las Distintas Clases De Textura.	20
Tabla N° 2.3 Repetición De Cargas De Rueda Sobre El Mismo Punto.	28
Tabla N° 2.4. Guía Para Uso De Productos De Productos Asfálticos En Mezclas En Frío.	77
Tabla N° 2.5. Tipos De Cemento Asfaltico Usados En Mezcla Caliente.	79
Tabla N°2.6. Faja Granulométrica Para Tratamientos Simples.	82
Tabla N° 2.7. Cantidades De Asfalto Y Agregado Para Tratamientos Superficiales Simples.	82
Tabla N°2.8. Fajas Granulométricas Para Tratamientos Dobles.	84
Tabla N° 2.9. Usos Granulométricos Para Mezclas Abiertas En Frío.	90
Tabla N° 2.10. Granulometrías Para Mezclas Abiertas En Caliente .	91
Tabla N°2.10.1 Materiales Asfálticos Usados Para Mezclas Densas En Frío.	94
Tabla N° 2.11 Fajas Granulométricas Para Mezclas Densas.	95
Tabla. N° 2.19 Capacidad Del Sello Neblina (Fog Seal).	111
Tabla N°2.20 Capacidad De Sello De Agregados (Chip Seal).	111
Tabla N° 2.21 Capacidad De Lechada Asfáltica (Slurry Seal).	112
Tabla N°2.22 Características Y Limitaciones De Las Lechadas Asfálticas.	112
Tabla N°2.22 Características Y Limitaciones De Los Micropavimentos.	114
Tabla N°2.23 Capacidad De Los Sellos En Caliente.	116

Tabla N° 3.1 Resumen De Deterioros De Pavimentos Flexibles.	Página 123
Tabla N° 3.2 Resumen De Deterioros De Pavimento Rígido.	124
Tabla N° 3.3 Resumen De Fallas De La Sección "A" De La "Pista 13-31".	126
Tabla N° 3.4 Resumen De Fallas De La Sección "B" De La "Pista 13-61".	128
Tabla N° 3.5 Resumen De Fallas De La Sección "C" De La "Pista 13-31".	130
Tabla N° 3.6 Resumen De Fallas En La Calle De Rodaje "Sudeste".	132
Tabla N° 3.7 Resumen De Fallas En La Calle De Rodaje "Noreste".	134
Tabla N° 3.8 Resumen De Fallas En "Apartadero De Espera.	136
Tabla N° 3.9 Resumen De Fallas En "Plataforma".	138

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura N° 2.1. Sección Transversal Típica De Aeropuertos.	9
Figura N° 2.2. Influencia De Tensiones Del Tren De Aterrizaje.	16
Figura N° 2.3. Influencia De La Microtextura, Macrotextura Y Megatextura En Las Regularidades Superficiales.	21
Figura N° 2.4. Microtextura Y Macrotextura.	22
Figura N° 2.5. Zonas De Interacción Neumático – Pavimento.	23
Figura N° 2.6. Modelo De Falla Estructural De Un Pavimento Asfáltico.	26
Figura N° 2.7. Velocidades De Gases Con Máxima Potencia En El Avión.	30
Figura N° 2.8. Tipos De Tren De Aterrizaje.	48
Figura N° 2.9. Curvas Granulométricas, Recomendadas Para El Material Pétreo A Emplearse Como Base.	53
Figura N° 2.10. Gráfico De Cálculo Para Pavimentos Flexibles.	55
Figura N° 2.11. Gráfico De Cálculo Para Pavimentos Flexibles Boeing 727-200.	56
Figura N° 2.12. Comparación De Clase De Terreno De Fundación CBR-FAA.	57
Figura N° 2.13. Curvas De Cálculo De Pavimentos Flexibles.	59
Figura N° 2.14. Curvas De Diseño Para Pavimentos Flexibles En Aeropuertos.	61
Figura N°2.15. Detalle Gráfico Del Slurry Seal.	102
Figura. N° 2.16. Protección Contra Infiltración Que Proporciona El Slurry Seal Al Pavimento.	103
Figura N° 2.17. Conformación Del Sello De Agregados Lechada.	107
Figura N° 2.18. Conformación Del Sello De Agregados-Micropavimento.	107
Figura N° 3.1. Forma De Medición De Una Depresión.	118

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro N° 2.1. Características De La Capa De Rodadura.	10
Cuadro N° 2.2. Relación Entre Las Exigencias De Los Pavimentos Y Los Factores De Influencia.	11
Cuadro N° 2.3. Clasificación Por Condición Superficial Corrugación.	34
Cuadro N° 2.4. Clasificación Por Condición Superficial Depresiones.	34
Cuadro N° 2.5. Criterios Para Medir La Profundidad Del Ahuellamiento.	35
Cuadro N° 2.6. Criterios Para Medir El Desplazamiento De Losas.	36
Cuadro N° 2.7. Patrones De Medida Blowup.	38
Cuadro N° 2.8. Criterios Para Medir Diferencia En Bordes.	41
Cuadro N° 2.9. Sello De Conservación En Frío.	100
Cuadro 3.1. Fallas Frecuentes En Los Pavimentos Flexibles.	119
Cuadro N° 3.2. Espesores De Diseño De Pavimento Método Francés.	143
Cuadro N° 3.3. Espesores Actuales De Pavimento.	143
Cuadro N° 3.4. Espesores De Diseño De Pavimento Método F.A.A.	146
Cuadro N° 3.5. Espesores De Diseño De Pavimento Método C.B.R.	149
Cuadro N° 3.6. Costos Horarios De Materiales.	151
Cuadro N° 3.7. Costos Horarios De Mano De Obra.	152
Cuadro N° 3.8. Costos De Equipo.	153
Cuadro N° 3.9. Presupuesto De Recapamiento De Pavimento Flexible.	154
Cuadro N° 3.10. Presupuesto Mantenimiento De Pavimento Flexible.	155

ÍNDICE DE GRÁFICAS

	Página
Gráfico 3.1 Distribución Porcentual De Fallas En La Sección A “Pista 13-31”.	127
Gráfico 3.2 Distribución Porcentual De Fallas En La Sección B “Pista 13-31”.	129
Gráfico 3.3 Distribución Porcentual De Fallas En La Sección C “Pista 13-31”.	131
Gráfico 3.4 Distribución Porcentual De Fallas En Calle De Rodaje Sudeste.	133
Gráfico 3.5 Distribución Porcentual De Fallas En Calle De Rodaje Noreste.	135
Gráfico 3.6 Distribución Porcentual De Fallas En Apartadero De Espera.	137
Gráfico 3.7 Distribución Porcentual De Fallas En La Plataforma.	139
Gráfico 3.8 Distribución Porcentual De Deterioros En Pavimento Flexible En Pista 13-31	139
Gráfico 3.9 Distribución Porcentual De Deterioros En Pavimento Flexible Calle De Rodaje Y Apartadero De Espera	139
Gráfico 3.10 Distribución Porcentual De Ocurrencia De Fallas En Pavimento Rígido	139

ÍNDICE DE ANEXOS

- Anexo 1 Características Generales Del Aeropuerto Cap. Oriel Lea Plaza.
- Anexo 2 Evaluación Superficial De Fallas Del Pavimento De La Pista Y Plataforma Del Aeropuerto.
- Anexo 3 Resumen De Operaciones Aéreas Aeropuerto Cap. Oriel Lea Plaza.
- Anexo 4 Planos De Ubicación De Aeropuerto Cap. Oriel Lea Plaza.
- Anexo 5 Fotografías Aéreas Del Aeropuerto Cap. Oriel Lea Plaza.
- Anexo 6 Planillas De Precios Unitarios.