



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE  
MÉXICO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**“REENCARPETADO DE LA PISTA 15-33, RODAJES,  
PLATAFORMAS; AMPLIACIÓN DE RODAJES EN  
ZONA DE HANGARES; CONSTRUCCIÓN DE AYUDAS  
VISUALES PARA CATEGORÍAS III-B Y  
CONSTRUCCIÓN DE CAMINO DE SERVICIOS, EN EL  
AEROPUERTO INTERNACIONAL DE TOLUCA,  
ESTADO DE MÉXICO”**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:**

**I N G E N I E R O C I V I L**

**P R E S E N T A N:**

**JESÚS ROBERTO ÁLVAREZ HINOSTROZA  
JORGE RODRIGO SANDOVAL SÁNCHEZ**



**DIRECTOR DE TESIS: ING. CARLOS CHAVARRI MALDONADO**

**MÉXICO, D.F., CIUDAD UNIVERSITARIA 2005**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.





UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA  
DIRECCIÓN  
FING/DCTG/SEAC/UTIT/051/05

Señores  
JESÚS ROBERTO ÁLVAREZ HINOSTROZA  
JORGE RODRIGO SANDOVAL SÁNCHEZ  
Presente

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor ING. CARLOS MANUEL CHAVARRI MALDONADO, que aprobó esta Dirección, para que lo desarrollen ustedes como tesis de su examen profesional de INGENIERO CIVIL.

**"REENCARPETADO DE LA PISTA 15-33, RODAJES, PLATAFORMAS; AMPLIACIÓN DE RODAJES EN ZONA DE HANGARES; CONSTRUCCIÓN DE AYUDAS VISUALES PARA CATEGORÍAS III-B Y CONSTRUCCIÓN DE CAMINO DE SERVICIOS, EN EL AEROPUERTO INTERNACIONAL DE TOLUCA, ESTADO DE MÉXICO".**

- I. INTRODUCCIÓN
- II. REHABILITACIÓN DE LA PISTA 15-33
- III. CALLES DE RODAJE
- IV. PLATAFORMAS
- V. CAMINOS DE ACCESO Y SERVICIOS
- VI. AYUDAS VISUALES PARA CATEGORÍAS III-B.
- VII. CONCLUSIONES

Ruego a ustedes cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el Título de ésta.

Asimismo les recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar Examen Profesional.

Atentamente  
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"  
Cd. Universitaria a 12 de mayo de 2005.  
EL DIRECTOR

M.C. GERARDO FERRANDO BRAVO  
GFB/AJP/crc.

DEDICATORIAS Y AGRADECIMIENTOS DE JESÚS ÁLVAREZ:

A MIS PADRES: EL DR. FLORENTINO ÁLVAREZ SÁNCHEZ Y A LA SRA. MARIA ANTONIA HINOSTROZA A QUIENES DEBO EL SER Y HABERME TOLERADO TODOS ESTOS AÑOS

A MIS HERMANOS: MARIA ANTONIA Y MARCO ANTONIO, POR SU APOYO INCONDICIONAL

A MIS AMIGOS: VÍCTOR FALCÓN, DIEGO ROMERO Y RUBÉN ORTIZ POR LA AMISTAD Y LA COMPAÑÍA QUE ME HAN BRINDADO

A MIS PROFESORES: EN LAS DIFERENTES ETAPAS DE LA VIDA

A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO: POR HABERME ENSEÑADO A NO SER SIMPLEMENTE UN PROFESIONAL, SINO UNA PERSONA DE PROVECHO

DEDICATORIAS DE JORGE SANDOVAL:

A Dios:

"Porque en él vivimos, y nos movemos, y somos..." – *Hechos 17:28a* –

A mis papás Jorge y Laura.

A mis hermanas Gabi y Mari, a mis sobrinos Dani, Juan Andrés, Josué, Joaquín, Misael y Gamaliel y a mis cuñados Pablo y Raúl.

A mis abuelos Carlos y Alma Sandoval y Carlos Aurelio y Cuquita Sánchez.

A Carmen, Lemuel e Isma.

A toda mi familia y amigos.

A las familias Acevedo Martínez, Caballero Ortiz, Hernández Sánchez, Mercado Méndez, Rebolledo Martínez, Sandoval Prado y Viveros Reyes.

A la Iglesia Berith.

A México.

A la Facultad de Ingeniería y a la Universidad Nacional Autónoma de México.

A Ingenieros Civiles Asociados.

## AGRADECIMIENTOS DE JORGE SANDOVAL:

### PRINCIPALMENTE:

A mis papás por todo su amor.

Al Ing. Carlos Méndez Bueno, por impulsarme para realizar esta tesis y darme todo su apoyo.

Al Ing. Carlos M. Chavarri Maldonado, por su interés, apoyo y guía para que este trabajo fuera realidad.

Al Ing. Edgar Montes Leyva y a Edgar Montes López, por brindarme la oportunidad de entrar al mundo de la construcción.

A Fundación ICA por su gran ayuda para la presente tesis.

A Aeropuertos y Servicios Auxiliares.

### A MI FAMILIA:

A mis hermanas y hermanos.

A mis tíos.

A toda mi familia.

A Pepe, Ester y Juan Carlos, Héctor y Chio, Lizy, Anita, Sandy, Ronchita, Cris, Alicia, Beti, Esteban e Isis, Julián y a todos mis primos.

### A MIS AMIGOS:

A Esteban e Indi, Ivi y Sam, Lizy y Juan Carlos, Andrea, mi comadre Oli, Vanity, Perlita, Saldate, La Direcs, Églis, Kenia, Yunerkis, Poli, Adriana, Irlanda, Elo, Ale, Vicky, Olijúa, Maris, Dra. Saraí, Geni, Ritali, Amelia, Beto, Carlos Alberto, Tito, Antonio, Mario, Marcos, Sami, Jimmy, Heber, Jorgito, Davicito, Edgar, Sixto, Juan Carlos y Ale, Jorge David, Edgar, Mario, Neto, Misael y a todos mis amigos.

### EN LA ESCUELA:

A todos mis maestros, en especial a los maestros Susana Alcántara, Leonardo Gómez Navas Chapas y Mario Terán.

A los ingenieros Manuel Zárate Rocha, Miguel Ángel Rodríguez Vega, Gustavo Argil Carriles y Guillermo Esquivel Castañeda, por su disposición y apoyo.

A mis compañeros de clases.

A Jesús Álvarez, mi compañero de tesis.

### EN LA IGLESIA:

A todos mis hermanos y amigos de la iglesia.

A los pastores Gerald Nyenhuis, Edgar González, Larry Trotter, Marco Antonio Escalante, Ricardo Mean, Saúl Rodríguez, Joe Harrell, David Lee, y Obed Martínez, incluyendo sus respectivas esposas, por sus consejos, enseñanzas y guía.

A Sergio y Adela López y a Sergio y Laurita Déras.

A Martita, Vasthi, Chayo, Francis, Chavo y todos los que no dejaron de insistir, me retaron, oraron por mí y me dieron palabras de ánimo para concluir este trabajo.

A las agencias misioneras.

## EN EL TRABAJO:

Al Ing. Gustavo Duarte Garza, por toda su confianza.

Al Ing. Julián Sanz Liébana, por sus enseñanzas y ejemplo.

Al Ing. Crispín Barrón Quevedo, por darme ánimos, por su apoyo, por sus opiniones y consejos para la presente tesis y por sus constantes instrucciones para realizar mejor mi trabajo.

En especial al Ing. Margarito Camacho Rosales, mi primer jefe y gran amigo, del cual he aprendido muchas cosas tanto para mi desarrollo profesional como para mi propio carácter.

Al Ing. Alberto Ramírez Navarro, quien siempre confió en mí y que me alentó para que siguiera trabajando en el logro de mis metas.

Al Ing. José Honorio Terrazas Aguirre, por todos sus consejos.

A Arely Robles Bolaños y al Ing. Francisco Javier Monárrez, quienes me motivaron, regañaron, aconsejaron y ayudaron para hacer esta tesis.

A los ingenieros Francisco Castillo, Raúl Ramírez, Oscar Ruiz, Armando Hernández y Hugo Rodríguez, a Martín Vargas, a la Lic. Rita Contreras, a Azul Internacional y a Siemens, por sus valiosas aportaciones para la realización de este trabajo.

A los ingenieros Guillermo Domínguez, Mauricio Terán, Saúl Muñoz, Julio César Rosique, Jorge Alfredo Delgado, José E. Hernández y Juan José Arteaga.

A los sobrestantes Fausto Vázquez, Oscar Orbe y Edmundo Figueroa, a los cabos Eduardo Montes de Oca, Polo "Avendaño" y a Alfredo quienes fueron mis maestros en la obra, así como a todos los trabajadores que compartieron el trabajo conmigo.

No puedo dejar de agradecer a Román, a Gonzalo y a todos mis amigos y compañeros del técnico, a mi Chalán, al Lic. Enrique Jaime, a Romi, al Yor, a Luis Enrique, la señora Yola, Anita, Lolita, mi Compay y todos mis compañeros de trabajo.

## DE MANERA PARTICULAR:

A quienes van a leer este trabajo.

## TAMBIÉN:

A R. C. Sproul, C. S. Lewis, Rudyard Kipling, James Naismith y B. P.

## Y POR SOBRETUDO:

A mi Dios, Señor y Salvador:

"Porque de él, por él, y para él, son todas las cosas. A él sea la gloria por los siglos. Amén."

– Romanos 11:36-

<b>ÍNDICE</b>	<b>Pag.</b>
<b>INTRODUCCIÓN.</b>	<b>1</b>
<b>I. REHABILITACIÓN DE LA PISTA 15-33.</b>	<b>17</b>
I.1 REENCARPETADO DE LA PISTA	<b>17</b>
<b>II. CALLES DE RODAJE.</b>	<b>42</b>
II.1 REENCARPETADO	<b>42</b>
II.2 AMPLIACIÓN DE ANCHO DE CALZADA.	<b>45</b>
II.3 REESTRUCTURACIÓN DE RODAJES HOTEL E INDIA.	<b>56</b>
<b>III. PLATAFORMAS.</b>	<b>58</b>
III.1 REENCARPETADO.	<b>58</b>
III.2 REESTRUCTURACIÓN DE PLATAFORMA PFP	<b>61</b>
<b>IV. CAMINOS DE ACCESO Y SERVICIOS.</b>	<b>65</b>
IV.1 CONSTRUCCIÓN DE CAMINO DE SERVICIOS	<b>65</b>
IV.2 CONSTRUCCIÓN DE CAMINO DE COMBUSTIBLES	<b>70</b>
<b>V. AYUDAS VISUALES PARA CATEGORÍA III-B.</b>	<b>75</b>
V.1 SEÑALAMIENTO HORIZONTAL EN PISTA, CALLES DE RODAJE Y PLATAFORMAS.	<b>86</b>
V.2 SISTEMA INDICADOR DE PENDIENTE DE APROXIMACIÓN DE	

## INDICE

---

PRECISIÓN (PAPI).	<b>88</b>
V.3 SISTEMA DE LUCES DE APROXIMACIÓN Y DESTELLO.	<b>96</b>
V.4 LUCES DE ZONA DE CONTACTO SOBRE LA PISTA.	<b>99</b>
V.5 LUCES DE EJE DE PISTA.	<b>108</b>
V.6 LUCES DE UMBRAL, EXTREMO DE PISTA Y BARRAS DE ALA.	<b>111</b>
V.7 LUCES DE EJE DE RODAJE.	<b>114</b>
V.8 LUCES DE BARRA DE PARADA.	<b>115</b>
V.9 LUCES DE BORDE DE PISTA Y DE BORDE DE RODAJE.	<b>119</b>
V.10 SEÑALAMIENTO VERTICAL LUMINOSO (LETREROS).	<b>123</b>
V.11 INDICADOR DE DIRECCIÓN DE VIENTO.	<b>129</b>
V.12 FARO GIRATORIO.	<b>130</b>
V.13 PLANTA DE CONTINUIDAD.	<b>132</b>
<b>VI. CONCLUSIONES.</b>	<b>138</b>
<b>GLOSARIO DE TÉRMINOS.</b>	<b>141</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.</b>	<b>150</b>



## **INTRODUCCIÓN.**

Para desconcentrar las actividades de la aviación general de la ciudad de México, el gobierno federal inició en la década pasada una serie de acciones, entre las cuales destacan las adecuaciones de los aeropuertos de las ciudades de México, Toluca, Cuernavaca y Puebla.

Actualmente, Aeropuertos y Servicios Auxiliares (A.S.A.), como parte del Sector de Comunicaciones y Transportes, en su propósito de redistribuir la aviación comercial y de carga del Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México debido al gran volumen de viajeros (ver Tabla 1) y carga que atiende y que crece con cada año, ha emprendido acciones en los aeropuertos de Toluca, Cuernavaca, Querétaro y Puebla, de los cuales, cabe destacar el impulso del aeropuerto de Toluca como parte del Sistema Aeroportuario Metropolitano de la ciudad de México, el cual fue la primera opción del Gobierno Federal en el programa de descentralización debido a su cercanía con la capital del país, por lo que en forma gradual se ha convertido

## INTRODUCCIÓN

en una terminal aérea de importante actividad en el Estado de México y en cual se pretende invertir aproximadamente 600 millones de pesos.

	2004			2005			VAR%		
	NAL	INT	TOTAL	NAL	INT	TOTAL	VAR%	VAR%	VAR%
							Nac.	Int.	Total
<b>ENE</b>	1,113,122	640,028	1,753,150	1,164,789	703,108	1,867,897	4.6	9.9	6.5
<b>FEB</b>	1,111,214	553,257	1,664,471	1,142,075	585,763	1,727,838	2.8	5.9	3.8
<b>MAR</b>	1,264,579	624,208	1,888,787	1,310,166	733,023	2,043,189	3.6	17.4	8.2
<b>ABR</b>	1,277,143	639,230	1,916,373	1,248,943	637,371	1,886,314	-2.2	-0.3	-1.6
<b>MAY</b>	1,293,926	593,432	1,887,358	1,359,339	660,682	2,020,021	5.1	11.3	7.0
<b>JUN</b>	1,239,343	636,419	1,875,762	1,317,958	710,185	2,028,143	6.3	11.6	8.1
<b>JUL</b>	1,493,057	833,134	2,326,191	1,467,899	914,355	2,382,254	-1.7	9.7	2.4
<b>AGO</b>	1,373,927	746,824	2,120,751	1,411,560	814,086	2,225,646	2.7	9.0	4.9
<b>SEP</b>	1,128,793	590,307	1,719,100	1,207,826	659,505	1,867,331	7.0	11.7	8.6
<b>OCT</b>	1,252,934	628,034	1,880,968						
<b>NOV</b>	1,268,197	641,022	1,909,219						
<b>DIC</b>	1,283,120	768,793	2,051,913						
<b>Subtotal</b>	11,295,104	5,856,839	17,151,943	11,630,555	6,418,078	18,048,633	3.0	9.6	5.2
<b>TOTAL</b>	15,099,355	7,894,688	22,994,043	11,630,555	6,418,078	18,048,633			

Tabla 1.- Comparativa de pasajeros atendidos por el Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México entre los años 2004 y 2005 (Fuente AICM)

Se pretende que el aeropuerto de Toluca dé en el corto plazo servicio a 1.5 millones de pasajeros al año (ver Tabla 2), teniendo más de 40 vuelos comerciales diarios entre nacionales e internacionales, llegando a mercados de Estados Unidos, Europa y Asia, por lo cual A.S.A., a través de su Subdirección de Construcción y Conservación, dentro de el programa de inversión, proyecta las obras para incrementar las operaciones aeronáuticas y lograr un nivel óptimo y seguro de las mismas. Es por esto que se ve en la necesidad de mejorar el sistema de las áreas

operacionales e implementar la infraestructura que esté acorde a las necesidades que se requieren con el fin de alcanzar este propósito.

<b>AÑO</b>	<b>PASAJEROS POR AÑO</b>	<b>OPERACIONES</b>
2007	1,448,445	21,039
2010	1,596,626	22,087
2015	1,833,026	23,497
2020	5,601,694	66,963

Tabla 2.- Proyección de servicios del Aeropuerto Internacional de Toluca.

El aeropuerto de Toluca se encuentra ubicado físicamente en un sitio de condiciones climatológicas adversas, con visibilidad reducida principalmente por la presencia de persistentes bancos de neblina, por lo cual, después de haberse realizado los estudios pertinentes, se ha considerado emplear la tecnología correspondiente a la categoría III inciso B de la O.A.C.I., construyendo el sistema de ayudas visuales para lograr la certificación por parte de este organismo. Junto con estas obras se deben realizar trabajos de conservación, ampliación y modernización en prácticamente todas las instalaciones. Con esta infraestructura el aeropuerto estaría en condiciones de competir con otros aeropuertos nacionales e internacionales, teniendo mayor impacto en el mercado aeroportuario, ofreciendo operaciones aéreas eficientes, constantes y seguras.

En el mundo países como Austria, Bélgica, Bulgaria, Canadá, Dinamarca, España, Francia, Gabón, Gambia y República Checa cuentan con aeropuertos con certificación categoría III. En América Latina existen únicamente dos aeropuertos que operan con la certificación para la categoría III inciso B: el de Santiago, en Chile y el de Buenos Aires, en Argentina, por lo que el aeropuerto de Toluca será apenas el tercero en esta región en contar con este sistema. Los trabajos correspondientes contemplan la actualización del estado físico de las instalaciones,

## INTRODUCCIÓN

---

de los equipos y de los sistemas, empleando tecnologías de punta e implementando instalaciones eléctricas adecuadas a la necesidad del aeropuerto que induzcan al ahorro energético y a la utilización de apropiados dispositivos luminosos, por cual se ejecuta la obra: **“REENCARPETADO DE LA PISTA 15-33, RODAJES, PLATAFORMAS; AMPLIACIÓN DE RODAJES EN ZONA DE HANGARES (COCA, DELTA, ECO Y RODAJE PARALELO); CONSTRUCCIÓN DE AYUDAS VISUALES PARA CATEGORÍA III-B Y CONSTRUCCIÓN DE CAMINO DE SERVICIOS”** en el aeropuerto internacional de Toluca, Estado de México.

En esta tesis se describen las obras y procedimientos de los trabajos de la primera etapa, que se llevan a cabo para la remodelación y ampliación del aeropuerto Internacional de Toluca “Lic. Adolfo López Mateos” para alcanzar la categoría III inciso B, así como una descripción del sistema de dicha categoría.

### **AFECCIONES AMBIENTALES DEL Y AL AEROPUERTO.**

La existencia de un aeródromo genera una incidencia en su entorno, también este influye sobre aquel. Cuando se plantee una ampliación o una nueva obra hay que efectuar previamente un estudio sobre el impacto ambiental, obligatorio en gran número de países y que debe ser aprobado por un organismo competente declarada oficialmente.

Las afecciones pueden ser positivas o negativas, un aeropuerto induce y genera una actividad económica muy importante, con creación de riqueza y puestos de trabajo. En el otro lado esta la alteración de áreas naturales y de los hábitos de los animales con pérdida del equilibrio ecológico; la contaminación del agua y del aire; el aumento del nivel del ruido; el encarecimiento de servicios en el área; etc.

Generalmente, el balance es positivo de manera amplia siempre que la situación del aeropuerto sea correcta en el entorno económico-social.

## DATOS GENERALES DEL AEROPUERTO DE TOLUCA

---

### Aeropuerto Internacional de Toluca

---

**Nombre:** LIC. ADOLFO LOPEZ MATEOS

**Clasificación:** Internacional

**Año de Operación:**1985

---

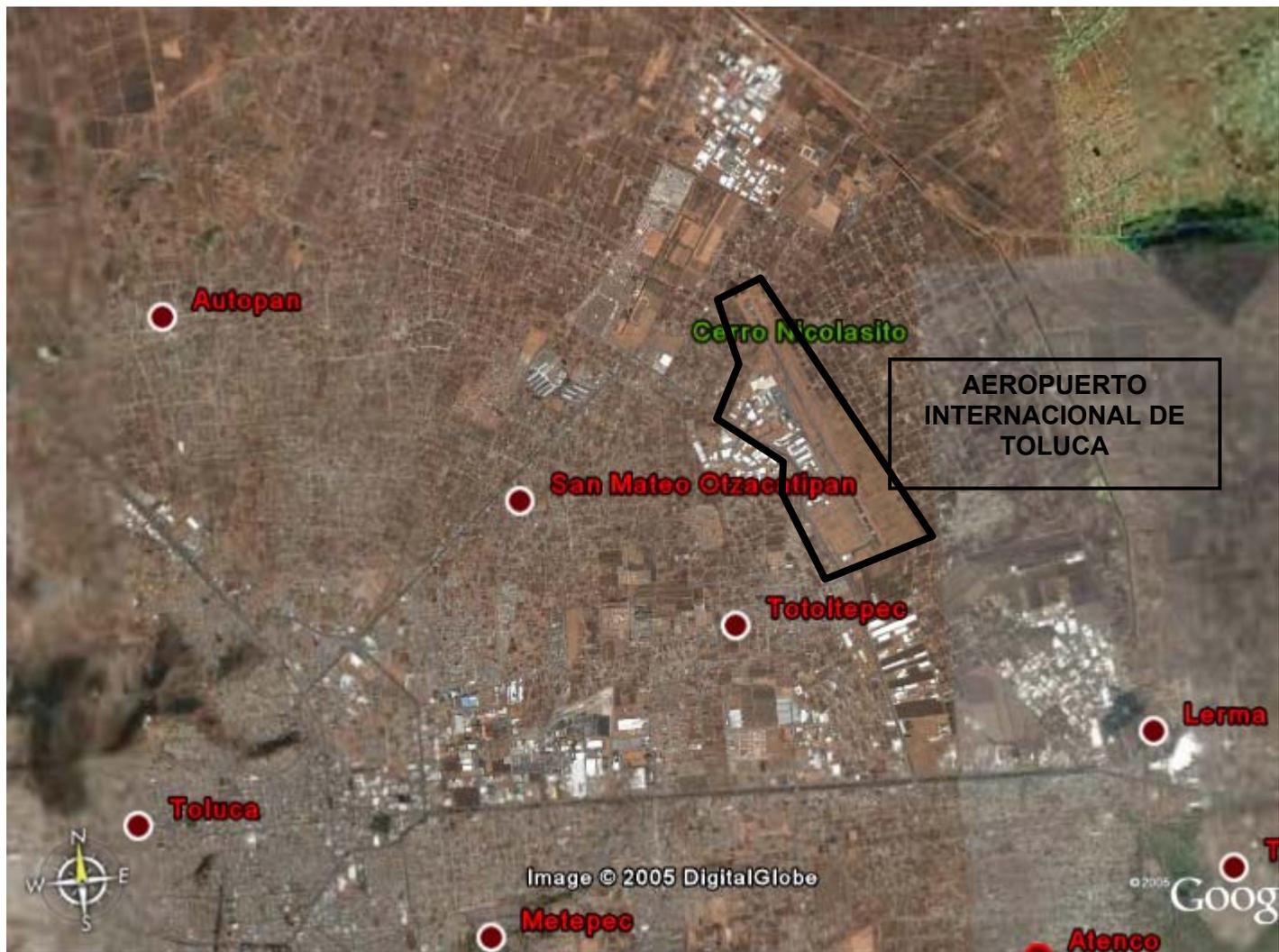


Figura 1.-Ubicación del Aeropuerto Internacional de Toluca, Estado de México

## INTRODUCCIÓN

---

El Aeropuerto Internacional de la Ciudad de Toluca "Adolfo López Mateos" está ubicado entre las localidades de San Pedro Totoltepec y El Cerrillo municipio de Toluca (ver Figura 1), a unos 40 minutos de la Ciudad de México por la autopista México - Toluca. Su ubicación geográfica corresponde a los 19°20'08" latitud norte y los 99°33'54" longitud oeste. Presenta una elevación de 2,575 metros sobre el nivel medio del mar; la topografía del lugar es plana; su espacio aéreo permite la operación de aeronaves de gran envergadura como el Boeing 747; asimismo, está ubicado en un sitio accesible a los usuarios del transporte aéreo, no sólo de pasajeros, sino también de carga y correo.

Entre las distintas instalaciones con las que cuenta el aeropuerto, podemos mencionar las siguientes:

- Edificio Terminal.
- Estacionamientos.
- Aduana.
- Hangares.
- Plataforma para aviación comercial.
- Plataforma para aviación general.
- Torre de control.
- Pista.
- Calles de rodaje.

Actualmente el aeropuerto da servicio a cerca de 75 mil pasajeros al año a través de la aviación general, de eventuales vuelos del tipo *charters* y con el vuelo comercial Toluca-Houston de la compañía Continental Airlines, que comenzó a operar en junio de 2004. Recientemente, a partir de julio de 2005 se inició el vuelo comercial nacional Toluca – Cancún de la empresa Magnicharters y en agosto de

este mismo año y debido en parte a los trabajos de remodelación, empezó el de Toluca – Madrid de la aerolínea española de bajo costo Air Madrid. Es por esto que se considera un aumento en el número de pasajeros para finales de 2005. Además la empresa Federal Express realiza vuelos para la transportación de correo y paquetería. A continuación se muestran las aeronaves que utilizan este aeropuerto:

**AERONAVES QUE OPERAN EN EL AEROPUERTO DE TOLUCA**

**AVIACIÓN GENERAL**

<b>Marca</b>	<b>Modelo</b>
Cessna	500 CITATION
Learjet	35/36
Dassault-Bregue	FALCON 20
Aerospatiale	SE 210 CARAVELL
Grumman	F-14A
Piper	NAVAJO
Rockwell	SABRELINER 75A
Bell Helicopter	BELL UH-1M
Beech	RU-21J
Cessna (C310, C206)	500 CITATION
Aero commander	IAI WESTWIND
Cessna (C421)	500 CITATION
Hawkwer-Dehavila	HARRIER
Boeing	B727-200(CARG)
Lockheed	JETSTAR
Piper A/C Corp.	PIPER PA-18
GE	CHALLNGER CL601
Beech	S. KINGAIR B200
Israel aircraft	WESTWIND 1

## INTRODUCCIÓN

---

### AVIACIÓN COMERCIAL

<b>Marca</b>	<b>Modelo</b>
Airbus	A340
Airbus	340-300
Boeing	727

Tabla 3.- Aeronaves para aviación general y comercial que utilizan el Aeropuerto de Toluca

## PLANEACIÓN

Mediante licitación pública nacional convocada por Aeropuertos y Servicios Auxiliares, se asigna la obra a la empresa Ingenieros Civiles Asociados, S.A. de C.V., el día 17 de mayo de 2004.

La obra tiene un período de ejecución de 222 días calendario iniciando el 24 de mayo de 2004 y culminando el 31 de diciembre de ese mismo año. Cabe aclarar que existieron ampliaciones en volúmenes de obra y por lo tanto, el tiempo de ejecución de los trabajos se amplió para finalizar el 31 de mayo de 2005.

Dentro del período de construcción se presentaron lluvias extraordinarias que abarcaron los meses de octubre y parte de noviembre, por lo que se trabajaba en horario de 24 horas para aprovechar las condiciones del clima cuando este era favorable.

Se estableció la organización con sus funciones y responsabilidades de los integrantes para cumplir con los objetivos, metas y compromisos establecidos (ver Figura 2)



## INTRODUCCIÓN

---

los avances reales contra los programados y del resultado de ello, la toma de decisiones.

- **Jefes de Obra:** son los responsables de supervisar, ejecutar y llevar un control de los trabajos en cada uno de los frentes de construcción, como son terracerías, pavimentos, estructuras, obras de drenaje, instalaciones eléctricas y los trabajos diversos, debiendo programar y coordinar sus actividades basándose en la planeación programada, a fin de evitar interferencias que pudieran atrasar el programa de construcción.
- **Superintendente de Control de Proyectos:** es el responsable de integrar la información para elaborar el programa de obra, dar seguimiento al programa de obra en tiempo y costo para realizar informes que muestren la situación del proyecto.
- **Jefe de Topógrafos:** es el responsable de realizar y verificar el trazo topográfico de las actividades del proyecto, así como controlar la información de avances obtenidos en campo para la elaboración de los generadores que respaldarán las estimaciones de cobro presentadas a la residencia de obra.
- **Control de Calidad:** para verificar que los materiales utilizados en la ejecución de la obra cumplan con las normas de calidad que rigen contractualmente, se cuenta con un Laboratorio de Control de Calidad. Este servicio es subcontratado con empresas que están dentro del padrón de sub proveedores confiables y evaluados por la contratista, asimismo que cuente con el certificado de calidad de servicios técnicos autorizado por la Secretaria de Comunicaciones y Transportes.

- **Jefe de Obra Maquinaria:** es el responsable de elaborar y dar seguimiento al programa de suministro de equipo y maquinaria al proyecto, el cual es elaborado en coordinación con el Superintendente de Construcción, basándose en las necesidades de los frentes de construcción, además, programa el mantenimiento preventivo a la maquinaria y equipo asignado al proyecto así como la atención inmediata al equipo que requiere mantenimiento correctivo. En coordinación con el departamento de Seguridad, programa los movimientos del equipo y maquinaria asignados al proyecto.
  
- **Encargado de aseguramiento de calidad, seguridad y medio ambiente:** es el responsable de la difusión de la estructura organizacional de la contratista así como de organizaciones participantes para la ejecución del proyecto, difundiendo los canales de comunicación y los mecanismos de coordinación establecidos. Coordinará las actividades de los departamentos de Seguridad y Medio Ambiente en el proyecto, las cuales estarán a cargo de personal con experiencia en las funciones. Coordinará las actividades del Responsable de Control de Documentos y Registros, quien controla los documentos y registros relativos al proyecto ejecutivo y al contrato, mediante su recepción, registro, distribución y resguardo.
  
- **Jefes de Departamento:** es el personal Técnico – Administrativo, encargado de apoyar a las áreas de Proyectos y Construcción. Estas áreas de apoyo son Compras, Fletes, Almacén, Servicios y Personal y son coordinadas por el Jefe Administrativo del Proyecto.

La obra se ejecuta conforme a lo estipulado en el pliego de requisitos de la dependencia, al proyecto, a las normas generales para construcción e instalaciones de la Secretaria de Comunicaciones y Transportes (SCT) en vigor, así como los

## INTRODUCCIÓN

---

acuerdos internacionales, normas y métodos recomendados internacionalmente, las normas complementarias y las especificaciones particulares del proyecto, el programa de utilización de equipo y los precios señalados en el catálogo de conceptos y cantidades de obra, así como respetarse los periodos estipulados en el programa de obra y el horario de trabajo autorizado por ASA.

Dentro de los terrenos del aeropuerto de Toluca se instalaron las oficinas de la compañía constructora, además de comedor, almacén y bodega, implementado los servicios de agua potable, drenaje, telefonía y energía eléctrica, para lo cual fue necesario acondicionar el terreno.

En los mismos terrenos se instalaron el estabilizador de pavimentos y la planta de asfalto con un patio para el almacenamiento de los agregados, así como una zona para los tanques de almacenamiento de combustibles y de emulsiones asfálticas.

Se instaló una planta trituradora con los servicios necesarios, en un banco de agregados que se encuentra a una distancia de 18 km, aproximadamente. El banco de agregados cumple con los requisitos de calidad de materiales y con el volumen suficiente para los requerimientos de la obra.

Se construyeron letreros informativos sobre las actividades de ampliación y remodelación en el aeropuerto.

Una vez que la obra concluya se realizarán los trabajos de desinstalación de acuerdo con los requerimientos del aeropuerto.

Los campamentos para el alojamiento del personal obrero, técnico, administrativo y de servicios, se localizaron en la población de San Pedro Totoltepec, a menos de

10 minutos de la zona de trabajo. Esta población cuenta con todos los servicios municipales.

Para la transportación del personal se contaba con automóviles de la empresa y un camión de pasajeros, además del transporte público entre las poblaciones de San Pedro Totoltepec y el Cerrillo.

Para el control del proyecto se estableció un pro forma para estimar la obra por ejecutar, los costos directos e indirectos y la utilidad neta. Se estructuró la división del trabajo (WBS) para organizar y definir el alcance total del proyecto (Figura 3) y se programó la línea base como referencia para dar el seguimiento del avance y controlar los costos, determinándose las fechas y eventos clave, así como la ruta crítica del proyecto.

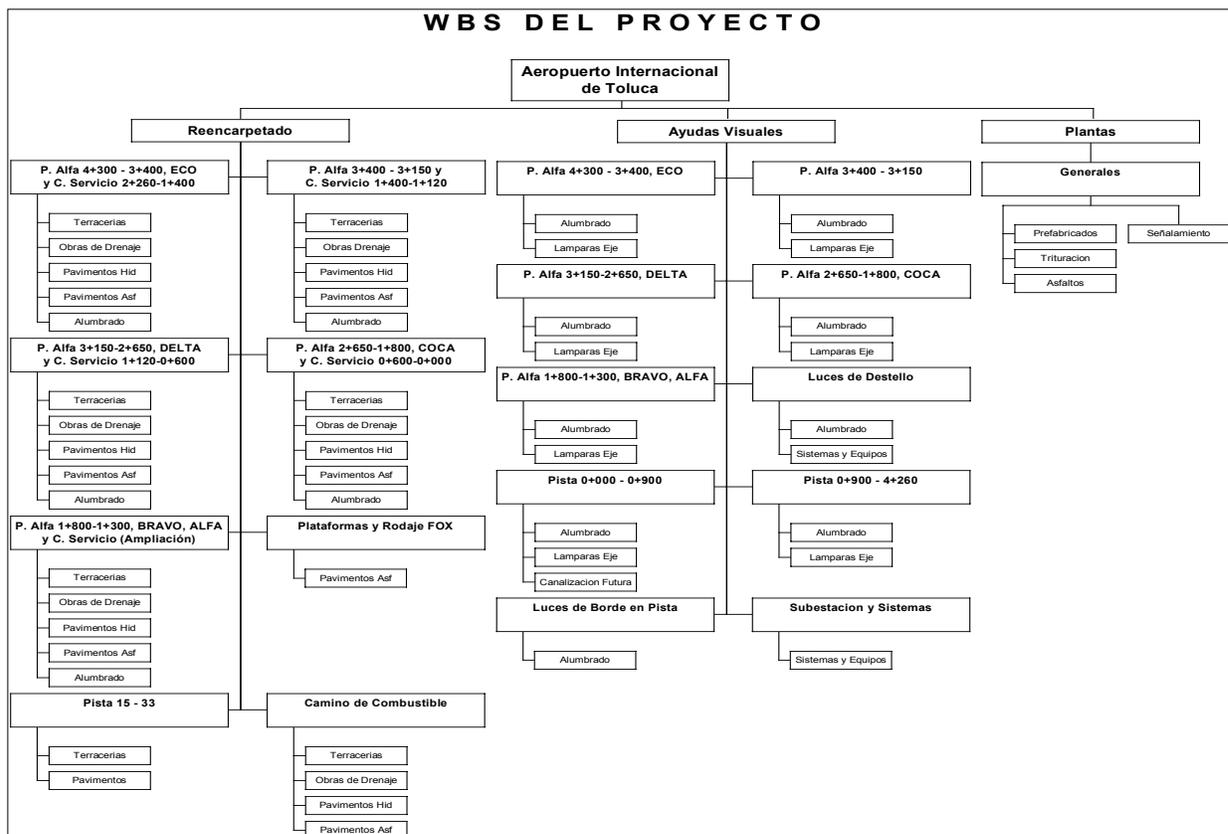


Figura 3.- Estructuración de la división del trabajo (WBS)

## INTRODUCCIÓN

---

### **AEROPUERTOS, ORGANISMOS PARTICIPANTES Y NORMAS OACI Y FAA**

Las entidades que están implicadas en el transporte comercial son:

#### *-AEROPUERTOS*

En los aeropuertos civiles se trata de disponer de todos los medios necesarios para el movimiento de los pasajeros, siendo de gran importancia la distinción de dichos medios mediante indicadores de puertas de destino, conexiones, Duty Free, servicio de tránsito, recogida de equipaje, paneles de destino u origen y horarios con sus variaciones.

#### *-AEROPUERTOS Y SERVICIOS AUXILIARES.*

Es un organismo público descentralizado encargado de impulsar el desarrollo de aeropuertos mediante su operación, construcción, suministro de combustibles y administración.

#### *-INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION (OACI)*

Es un organismo técnico especializado de la Organización de las Naciones Unidas (ONU). En la OACI están representados 185 países que se reúnen una vez cada tres años en una asamblea. Su órgano ejecutivo provisional es un consejo constituido por 33 socios que son elegidos por la asamblea a partir de su importancia relativa en el transporte aéreo internacional y su distribución geográfica

Sus objetivos son desarrollar los principios y las técnicas de la navegación aérea internacional y fomentar el establecimiento y desenvolvimiento del transporte aéreo internacional con el propósito de:

- Lograr el progreso seguro y sistemático de la aviación civil internacional en todo el mundo.
- Fomentar la técnica de la construcción y utilización de aeronaves para fines pacíficos.
- Estimular el desarrollo de aerovías, aeropuertos e instalaciones y servicios para la navegación aérea empleados en la aviación civil internacional.
- Facilitar los transportes aéreos seguros, regulares, eficaces y económicos que necesiten los pueblos del mundo.
- Evitar el despilfarro económico producido por la competencia excesiva.
- Asegurar que se respeten plenamente los derechos de los Estados contratantes y que cada Estado miembro tenga la oportunidad equitativa de explotar los servicios de transportes aéreos internacionales.
- Evitar que se den preferencias a ciertos Estados contratantes.
- Aumentar la seguridad de los vuelos en la navegación aérea internacional.
- Fomentar en general el desarrollo de la aeronáutica civil internacional en todos sus aspectos.

Para ello establece normas internacionales y regulaciones necesarias para la seguridad, la eficiencia y la regularidad del transporte aéreo. El Anexo 14 es el documento empleado para determinar las características de los aeropuertos.

*-FEDERATION AVIATION ADMINISTRATION (FAA)*

Igualmente lleva a cabo muchas funciones relacionadas en dictar normas de seguridad, preceptos y reglamentos. Es por ello que distintos fabricantes de balizas y elementos de ayuda aeronáutica se someten a las sugerencias de estas instituciones

## INTRODUCCIÓN

---

### *-SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES (SCT)*

En México la Secretaría de Comunicaciones y Transportes regula todo lo referente a la transportación aérea, por lo que las normas correspondientes que emite son aplicadas en la planeación, construcción, operación y mantenimiento de los aeródromos.

### *-DIRECCIÓN GENERAL DE AERONÁUTICA CIVIL (DGAC)*

Mediante este organismo la Secretaría de Comunicaciones y transportes ejerce la autoridad aeronáutica aeroportuaria en apego a lo establecido en la Ley y Reglamentos de Aeropuertos y de Aviación Civil, así como la Ley de Vías Generales de Comunicación, Normas Oficiales Mexicanas y demás legislación aplicable.

Diariamente y en forma programada realiza inspecciones y supervisiones de:

- Instalaciones aeroportuarias.
- Aeronaves.
- Personal técnico aeronáutico.
- Supervisión en el cumplimiento de las normas y reglamentos.
- Identificación y eliminación de actos, actitudes y condiciones que presente un riesgo.
- Investigación de accidentes e incidentes.
- Coordinar e instrumentar que los sistemas y procedimientos de seguridad estén actualizados y operativos.

La DGCA también coordina su esfuerzo con otras autoridades federales para garantizar su seguridad en vuelos y aeropuertos.

• **CAPÍTULO I**



PISTA 15-33 DEL AEROPUERTO INTERNACIONAL DE TOLUCA

## **I. REHABILITACIÓN DE LA PISTA 15-33.**

La pista del aeropuerto de Toluca se encuentra orientada a  $150^{\circ}$  con respecto al norte y tiene una longitud de 4,200 m ( la más larga del país) y un ancho de 45 m. Las obras a realizarse para la rehabilitación de la Pista 15-33 son las siguientes:

- A. Preparación de la superficie del pavimento de concreto asfáltico existente.
- B. Corte en frío.
- C. Riego de liga.
- D. Colocación de membrana geotextil.
- E. Carpeta de concreto asfáltico.
- F. Renivelación de acotamientos.
- G. Drenaje pluvial.
- H. Renivelación de franjas de seguridad.
- I. Renivelación de lámparas de borde
- J. Adecuación y ampliación de las instalaciones eléctricas, para el señalamiento luminoso de borde de pista.

En este capítulo se describirá lo relativo a los primeros ocho incisos (del inciso A al inciso H) (Figura I.1) Los últimos dos incisos, por la importancia que representan, se desarrollarán en el capítulo V. AYUDAS VISUALES PARA CATEGORÍA III-B.

### A. PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE.

Debido a que es posible encontrar fisuras y agrietamientos por todo lo ancho de la pista se considera hacer el calafateo, es decir, rellenar las grietas menores de 3 mm con emulsión asfáltica de rompimiento rápido y las grietas mayores a 3 mm con mortero de arena fina y emulsión asfáltica las que sean mayores de este ancho. Esta actividad se realizó con personal obrero.

En general se practicó un perfilado de toda la superficie de la pista que no iba a ser sujeta de corte y con ello la pintura del señalamiento horizontal existente fue removida. Esto se efectuó con una máquina perfiladora de pavimentos del tipo Wirtgen 600 DC, ya que se contaba con ella para emplearse en los trabajos de corte en frío del pavimento actual. Se hizo con el mínimo espesor de corte; únicamente el necesario para dar una superficie rugosa y eliminar la pintura. Después se barrió la superficie con una barredora autopropulsada Rosco RB-48 y se retiró el sobrante y el polvo del material de corte, con aire a presión utilizando un compresor de aire Ingersoll - Rand P375 WCU con soplete, hasta dejar la superficie libre de partículas de material y polvo y cualquier otra sustancia que impidiera la correcta unión entre capas del pavimento.

El material producto de las limpiezas, de la remoción de pintura y del fresado fue cargado a camiones de volteo de 7 a 14 m<sup>3</sup> de capacidad, transportado y depositado en el banco de tiro a una distancia promedio de 20 km

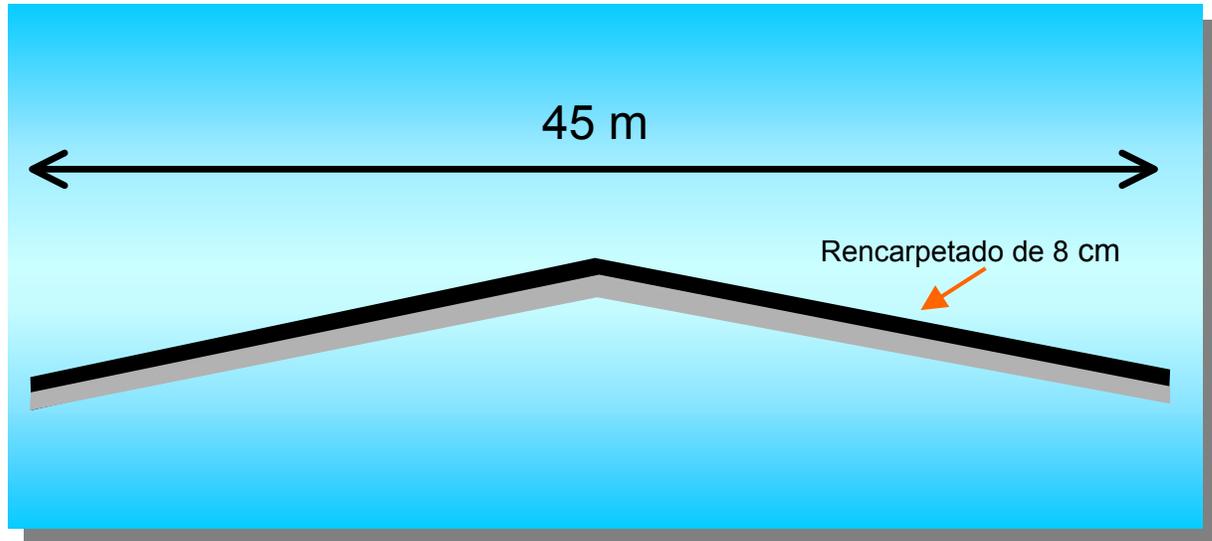


Figura I.1.- Sección de pavimento de rehabilitación.

## B. CORTE EN FRÍO.

Para iniciar con estos trabajos, se cuenta con un proyecto del perfil y las secciones transversales que se requiere para alojar la carpeta asfáltica, indicando espesores de corte. La brigada de topografía realiza un levantamiento del terreno natural para verificar los datos de proyecto, y de acuerdo con este, con las condiciones del pavimento y la remodelación planeada se determinaron las áreas para la remoción del pavimento.

Para la ejecución de esta actividad se empleó el equipo y maquinaria siguiente:

Perfiladora de pavimentos Wirtgen 2100 DC.

Pipa de agua Mercedes Benz de 8,000 litros.

Barredora autopropulsada Rosco RB-48.

Compresor de aire Ingersoll-Rand P375.

Cargador con retro CAT 416C.

Camiones de volteo de 7 a 14 m<sup>3</sup> de capacidad.

## CAPÍTULO I: REHABILITACIÓN DE LA PISTA 15-33

---

Los datos de corte los proporciona en campo la brigada de topografía, marcándolos con pintura vinílica sobre el terreno para que el operador de la máquina perfiladora y los sensoristas controlen la profundidad de fresado (ver Fotografía I.1).

La perfiladora Wirtgen 2100 DC corta un ancho de 2.10 m aproximadamente y una profundidad de hasta 30 cm.



Fotografía I.1.- Fresado de carpeta asfáltica con perfiladora de pavimentos.

El material producto del corte se carga directamente con la banda transportadora de la perfiladora a los camiones que lo llevarán a su disposición final en el banco de tiro a desperdicio a unos 20 km ó a las áreas de almacenamiento asignadas para su posterior utilización en alguna otra de las obras, dentro de las instalaciones del aeropuerto, las cuales se ubican en una distancia no mayor a los 5 km.

Para la limpieza de la superficie fresada se emplea la barredora autopropulsada efectuando dos pasadas por cada franja de corte. También es utilizado el compresor de aire para dejar la superficie limpia, libre de polvo y materias extrañas (ver Fotografía I.2).

Además del corte que demanda el proyecto, para el caso de la pista del aeropuerto internacional de Toluca, fue necesario hacer un corte especial, ya que se debía realizar las excavaciones para alojar sobre el eje y los extremos una serie de lámparas rasantes que forman parte del sistema de iluminación para conseguir la categoría III-B, procedimiento que se explicará en los capítulos correspondientes a las ayudas visuales.



Fotografía I.2.- Limpieza de la superficie fresada con barredora autopropulsada y compresor de aire.

### C. RIEGO DE LIGA.

Una vez que la superficie a pavimentar se encuentra limpia y que ha verificado y aprobado la supervisión de la dependencia, se procede con el riego de liga.

El riego de liga consiste en aplicar un material que actúe como ligante entre la capa existente y la nueva capa de carpeta asfáltica, además de proporcionar cierto grado de impermeabilización en la superficie de unión.

El material que se empleó en esta ocasión fue una emulsión asfáltica catiónica de rompimiento rápido.

Para el riego de liga se requiere que el rompimiento de la emulsión asfáltica sea rápido, debido a que se cuenta con poco tiempo para la colocación de la carpeta asfáltica, puesto que el horario de trabajo es restringido y además se debe evitar que la carpeta asfáltica se coloque a temperaturas no adecuadas.

Se requiere que la dotación de emulsión asfáltica para este riego sea de 0.75 l/m<sup>2</sup> a 1.00 l/m<sup>2</sup> dependiendo de las condiciones de colocación.

Para efectuar el riego de liga se utilizó una máquina petrolizadora de la marca Seaman – Gunisson de 5,900 l de capacidad, montada en un camión y con barra ó tren de riego con espreas, la cual puede ajustarse para diferentes alturas de riego. Es precisamente la altura de la barra en conjunto con la velocidad del tendido la que determinará la uniformidad y la cantidad de emulsión aplicada por metro cuadrado.

Para complementar el riego de liga en las zonas en donde la petrolizadora no puede entrar, se emplea el bachaeador, que es un tubo metálico con una válvula,

conectado a la petrolizadora por medio de una manguera, el cual realiza la misma función que el tren de riego y es manejado por personal de obra. Para usar este aditamento es necesario hacer algunas pruebas para comprobar que se esta cumpliendo con la proporción de emulsión solicitada (ver Fotografía I.3).



Fotografía I.3.-Riego de liga con petrolizadora empleando bacheador.

Mientras se efectúa el riego, se realiza una inspección visual para verificar que toda la superficie este cubierta y no se presenten manchones por falta o exceso de material, pero independientemente de esto se debe medir la cantidad de emulsión asfáltica en el tanque de la petrolizadora antes y después del tendido y comparar esta con el área de la superficie tratada, para verificar que la dotación haya sido la adecuada.

El laboratorio realiza las pruebas necesarias para constatar que se está empleando el tipo de emulsión indicado en las especificaciones particulares del proyecto.

## CAPÍTULO I: REHABILITACIÓN DE LA PISTA 15-33

---

### D. COLOCACIÓN DE MEMBRANA GEOTEXTIL.

Se coloca sobre la superficie del pavimento flexible descubierta por el corte una membrana geotextil de fibras cortas de polipropileno del tipo termo ligada, no tejida, con las características siguientes:

#### CARACTERÍSTICAS DE LA MEMBRANA GEOTEXTIL

Resistencia a la ruptura (ASTM D4632)	52 kg
Deformación a la ruptura (ASTM D4632)	65%
Peso (ASTM D3776)	139 g/m <sup>2</sup>
Retención de asfalto	0.9 l/m <sup>2</sup>
Resistencia a la ruptura tridimensional	235 lb/plg <sup>2</sup>

Tabla I.1.- Características de la membrana geotextil empleada en obra.

Para la pista del aeropuerto de Toluca el geotextil se utilizó en el lugar en que se localizan las bases de las lámparas de eje y de zona de contacto, en las zanjas del cableado que están sobre la pista, así como en las franjas próximas al eje de la pista en sentido longitudinal con un ancho de 6 m a cada lado.

La membrana geotextil puede ser utilizada en toda el área de la carpeta asfáltica de las pistas, calles de rodaje, plataformas y pavimentos en general y existen diversos tipos de geotextiles con diferentes aplicaciones. En esta ocasión el geotextil ayuda en la redistribución de cargas y esfuerzos a las que se somete el pavimento, para evitar que se refleje cualquier fisura o abertura a la superficie y para impermeabilizar el área en la que se colocan las lámparas y el cableado.

Para colocar la membrana se requiere aplicar un riego de liga con cemento asfáltico del tipo AC-20 con el fin de fijar la membrana y ligar la carpeta asfáltica.



Fotografía I.4.- Colocación de membrana geotextil por método manual.

Se utiliza una petrolizadora del tipo Seaman - Gunisson de 5,900 l de capacidad, en la cual se deposita y calienta el cemento asfáltico a una temperatura aproximada a los 140° C con el fin de obtener la consistencia adecuada para su aplicación. La petrolizadora debe contar con un sifón o bacheador con el cual se ejecutará el riego en las zonas puntuales y para los tramos continuos se emplea una barra de tren de riego, con una razón de 1.20 kg/m<sup>2</sup> se realizando la medición en el tanque de la misma manera que en el caso del riego de liga. Cabe hacer mención que la superficie debe encontrarse libre de polvo y materias extrañas antes de la aplicación del riego.

La membrana geotextil a los lados del eje de pista debe tenderse uniformemente, sin arrugas ni dobleces y todas las juntas entre franjas quedan traslapadas en la dirección del pavimento. El extendido de la malla se hizo de forma manual aunque también puede emplearse equipo autopropulsado e incluso para eliminar las arrugas se utilizó un compactador sobre neumáticos del tipo CAT PF300B, el cual pasaba sobre la superficie de la tela tendida (ver Fotografías I.4 y I.5).



Fotografía I.5.- Malla geotextil en proceso de colocación sobre superficie ligada.

Posterior a la colocación de la membrana geotextil se aplica otro riego con cemento asfáltico AC-20 sobre esta misma, a razón de 0.60 kg/m<sup>2</sup> para recibir y ligar la carpeta asfáltica.

### E. CARPETA DE CONCRETO ASFÁLTICO.

Una vez que se ha realizado el riego de liga se coloca la carpeta de concreto asfáltico, que al compactarse tendrá los espesores de proyecto.

El material que se emplea para construir la carpeta asfáltica es la mezcla asfáltica. El agregado pétreo de la mezcla debe tener un tamaño máximo de 19 mm ( $\frac{3}{4}$ " ) y su composición granulométrica se obtendrá mediante separación por cribado a los tamaños de diseño y dosificación adecuada para lograr una curva dentro de la zona de las especificaciones, sin variaciones bruscas. La mezcla se elabora con cemento asfáltico AC-20.

Para la obtención de agregados pétreos para sub bases, bases y carpeta asfáltica se emplearon equipos de trituración y clasificación los cuales se instalaron en un banco de materiales. Este grupo de trituración esta integrado por molino secundario y molino terciario como equipos principales de producción de agregados pétreos, con los cuales se produce en tiempo la cantidad requerida que marca el proyecto. Con este grupo de trituración se produce aproximadamente 165 Ton/hr de material para carpeta asfáltica y también para la sub base y base.

Se cuenta con un patio de almacenamiento de agregados dentro de la zona en que está instalada la planta de asfalto. La planta de asfalto se ubicó dentro de los terrenos del aeropuerto.

La mezcla asfáltica se fabrica en planta estacionaria y se dosifica en peso. La planta de asfalto empleada fue del tipo estacionaria marca CMI modelo PVM-300 con producción promedio de 200 Ton/hr, la cual cuenta con tres tolvas de alimentación con regulador para la dosificación de materiales, banda transportadora, tambor giratorio de mezclado y secado de 9' de diámetro, "bag house" o casa de bolsas de filtro, tanque térmico para almacenamiento de cemento asfáltico, dosificadora y mezcladora de cemento asfáltico con los agregados pétreos, elevador con canjilones de transporte y tolva de almacenamiento y surtido de mezcla. Este tipo de plantas tiene el dispositivo de filtros ("bag house") para mitigar el impacto ambiental que ocasiona la emisión de los polvos producto del calentamiento y mezclado de los agregados y los gases emitidos por los combustibles empleados en el proceso de secado y calentamiento (ver Fotografía I.6).



Fotografía I.6.- Planta de asfalto empleada para la fabricación de mezclas asfálticas

Se vierten los agregados en las tolvas de alimentación de la planta de asfalto con un cargador frontal marca CATERPILLAR modelo 966-G con bote de cuchilla recta. Se debe tener especial atención en no contaminar los agregados con el material del suelo del patio de almacenamiento y evitar que se humedezca de manera inconveniente, para lo cual se necesita una adecuada disposición de los agregados pétreos. El operador del cargador debe de vigilar que las tolvas no se queden sin materiales durante el proceso de fabricación ( ver Fotografía I.7).



Fotografía I.7.- Dosificación de los agregados pétreos a las tolvas de la planta de asfalto.

El cemento asfáltico se debe incorporar de forma homogénea al agregado pétreo caliente en la proporción determinada en el laboratorio por el método Marshall.

El laboratorio controla el proceso de fabricación realizando muestreos a la mezcla, haciendo lavados y cribado de los agregados con el fin de verificar el contenido de asfalto y la granulometría. Además realiza pastillas a las que somete a pruebas de carga axial para determinar la estabilidad.

La mezcla asfáltica cuenta con las características siguientes:

Agregado pétreo: es una mezcla de grava y arena bien graduada, criterio SUCS, con 10% máximo pasando por la malla No. 200 y con tamaño máximo de partículas de 19 mm.

Debe cumplir con lo siguiente:

## CAPÍTULO I: REHABILITACIÓN DE LA PISTA 15-33

---

Contracción lineal	2% máximo
Desgaste de la prueba de Los Ángeles	40% máximo
Partículas alargadas o en forma de laja	35% máximo
Equivalente de arena	60% mínimo
Partículas trituradas	70% mínimo
Densidad	2.5 mínimo

Tabla I.2.- Características del agregado pétreo para carpeta asfáltica.

Debe satisfacer al menos dos de los requisitos para afinidad del asfalto:

Desprendimiento por fricción	25% máximo
Cubrimiento con asfalto por el método inglés	90% mínimo
Pérdida de estabilidad por inmersión en agua	25% máximo

Tabla I.3.- Requisitos de afinidad del agregado pétreo con el cemento asfáltico.

La mezcla de agregados con el cemento asfáltico AC-20 debe cumplir con:

Estabilidad	700 kg mínimo
Flujo	2 a 4 mm
Vacíos en mezcla	3 a 5%

Tabla I.4.- Requisitos de la mezcla asfáltica.

Una vez compactada la mezcla asfáltica debe de tener una permeabilidad menor al 10%

La mezcla asfáltica se transporta en camiones de volteo con caja gravera de 8 m<sup>3</sup> a 14 m<sup>3</sup> de capacidad, los cuales estaban protegidos con lonas para evitar la pérdida de temperatura durante la transportación y el tiempo espera para la descarga.

Los camiones descargan el material directamente en la tolva del equipo esparcidor. Se emplearon pavimentadores marca DEMAG modelo 140-DF, los cuales se desplazan sobre orugas y cuentan con dispositivos de sensores para regular el espesor de la colocación de la mezcla asfáltica (ver Fotografía I.8). Las brigadas de topografía realizan previo al tendido, la nivelación de la superficie fresada e indican los espesores de tendido considerando el abundamiento del material, para que una vez realizada la compactación, se logren los espesores de proyecto. Para lograr un tendido con el menor error de colocación posible, se emplean los sensores del equipo de pavimentación, para lo cual se instalan una serie de pijas o varillas que delimitan el ancho del tendido, sobre las cuales se tensa un hilo de cáñamo en el cual se deslizarán los patines del dispositivo sensor. Las pijas cuentan con un nivelador para ajustar la altura del hilo y lograr el perfil proyectado para la carpeta asfáltica.



Fotografía I.8.- Colocación de mezcla asfáltica con pavimentador

## CAPÍTULO I: REHABILITACIÓN DE LA PISTA 15-33

---

Los rastrilleros cuidan que el acabado de la carpeta sea el adecuado. El pavimentador cuenta con una plancha vibratoria que realiza una primera compactación del material (ver Fotografía I.9).



Fotografía I.9.- Colocación de mezcla asfáltica en turno nocturno.

Una vez que se ha realizado el tendido de la mezcla asfáltica se procede con la compactación, para lo cual se utiliza, en primer instancia, un compactador de rodillo liso vibratorio en tandem, del tipo CAT CB434C el cual inicia la compactación cuando la temperatura de la mezcla se encuentra entre los 120°C y 110°C proporcionando el acomodo inicial de la mezcla (ver Fotografía I.10). El compactador tandem cuenta con un tren de riego de agua y un raspador, el cual evita que la mezcla asfáltica se adhiera al rodillo y marque la superficie de la carpeta.



Fotografía I.10.- Compactación de carpeta asfáltica empleando compactador de rodillo liso vibratorio-oscilatorio en tandem ( del lado derecho) y compactador sobre neumáticos (del lado izquierdo).

Enseguida, se inicia la compactación con un compactador sobre neumáticos del tipo CATERPILLAR PF-300 el cual proporcionará la compactación final y ayudará a darle la textura que requiere la superficie de rodamiento. Este compactador también cuenta con un sistema de riego para evitar que el material se adhiera a las llantas. La compactación se llevará hasta alcanzar el 95% del peso volumétrico máximo obtenido en la prueba Marshall.

El tendido de la carpeta asfáltica se realiza del eje de la pista y hacia los bordes de la misma y se debe colocar de manera que la pendiente de bombeo hacia los extremos sea del 2% para que el agua sea desalojada con prontitud y no se generen charcos que entorpezcan las operaciones o provoquen accidentes y

## CAPÍTULO I: REHABILITACIÓN DE LA PISTA 15-33

---

también para minimizar el deterioro del pavimento de la pista y la formación de baches.

Cabe hacer mención que la mínima distancia longitudinal de carpeta asfáltica que debe ser tendida por turno es de 100 m a todo lo ancho de la pista, con el fin de evitar una gran cantidad de juntas longitudinales, las cuales pueden llegar a provocar desde molestias a los pasajeros hasta cierto grado de inestabilidad en las aeronaves al momento del despegue y aterrizaje.

Se debe fabricar un rampa al final del tendido con una pendiente del 1% o menor, con el propósito de evitar escalones a lo ancho de la pista e impedir saltos en las aeronaves, los cuales pueden ser causa de accidentes o daños. Estas rampas deben ser retiradas al inicio del siguiente turno con una máquina perfiladora o fresadora de pavimentos para que los espesores entre capas de carpeta asfáltica sean pequeños y se provoquen desprendimiento del material. Las superficies expuestas del corte deben estar completamente limpias antes de proceder con la colocación de la nueva mezcla asfáltica.



Fotografía I.11.- Paso de regla de aluminio de 5 m de largo en la proximidad del pavimentador.

Una vez que se ha colocado y compactado la carpeta asfáltica se verifica que los niveles de tendido se encuentre dentro de las tolerancias permitidas, utilizando una barra de aluminio de 5 m de largo a modo regla y apoyándola sobre una cuadrícula que se traza sobre la superficie, a cada 5 m en sentido transversal y longitudinal a la pista (ver Fotografía I.11). El desnivel no debe exceder los 5 mm por cada 5 m de longitud.

También se obtienen corazones de la carpeta para comprobar la compactación y estabilidad de la carpeta. La estabilidad de la carpeta debe ser 700 kg ó mayor, como ya se ha mencionado.

Así mismo se realiza una prueba de permeabilidad para confirmar que se encuentra dentro de los parámetros especificados (ver Fotografía I.12).



Fotografía I.12.- Prueba para determinar la permeabilidad de la carpeta asfáltica.

Cuando se ha concluido con la colocación de la carpeta asfáltica se realizan las pruebas para determinar el perfil longitudinal de la pista, y también se procede para verificar el índice de rugosidad. Esta carpeta tendrá un acabado final de tal manera que su índice de perfil promedio sea menor de 15 pulgadas/milla y su

coeficiente de fricción sea de 0.70 para garantizar la operación segura de los aviones.

En el Diagrama de Flujo I.1 "REPAVIMENTACIÓN DE PISTA 15-33" se muestra el procedimiento de rehabilitación de la pista que se describió anteriormente.

### **F. RENIVELACIÓN DE ACOTAMIENTOS.**

Debido a que se han modificado los niveles de la pista, se debe buscar la continuidad hacia los acotamientos, por lo que es necesario renivelarlos. Los acotamientos de la pista forman parte de la zona de seguridad que necesitan las aeronaves, además de alojar las luces del borde. Así mismo se ampliaron ambos acotamientos 7.50 m a lo ancho.

Con el fin de corregir las áreas agrietadas y las deformadas se efectúa cortes en frío en el pavimento asfáltico y también para alojar la nueva capa de pavimento.

Se coloca una capa de base negra sobre la superficie ya preparada con un espesor mínimo de 5 cm. Para su fabricación se emplea una mezcla de materiales pétreos producto de trituración y cribado, seleccionados por tamaños y mezclados con arenas limosas de banco. La mezcla de materiales debe ser una grava bien graduada (GW criterio S.U.C.S.) la cual cumple con las normas de materiales de la S.C.T. Estos agregados se mezclan y se procesan en una planta de asfalto del tipo CMI PVM-300, de la misma forma que la mezcla para carpeta asfáltica, para añadirles cemento asfáltico AC-20 como ligante, en proporción del porcentaje del diseño Marshall del proyecto. La base negra se compacta al 100% según la prueba AASHTO modificada.

Sobre la base asfáltica se coloca la capa de carpeta asfáltica, compactada, y con un espesor de proyecto de 5 cm.

En gran parte del acotamiento en vez de la base asfáltica, se construyó una base estabilizada con cemento Pórtland de espesor promedio de 20 centímetros, empleando una mezcla de materiales pétreos con las mismas características y calidad del empleado para la base asfáltica. El cemento es del tipo Pórtland I o II, la proporción en la mezcla es de 8% en peso. El peso volumétrico de la base hidráulica empleada es de 1.60 Ton/m<sup>3</sup> por lo que se utilizó 128 kg de cemento Pórtland por cada metro cúbico. Para su estabilización se utiliza un estabilizador de pavimentos del tipo ROHER modelo GMM350, el cual cuenta con una planta de motor diesel para la generación de energía eléctrica, tolvas para la dosificación de los agregados y conexiones para el suministro del agua y el cemento Pórtland (o el material que sea necesario) así como una mezcladora en donde se realiza la estabilización del material pétreo. El laboratorio vigila que se cumpla con las dosificaciones adecuadas tanto de cemento como de agua, para lograr que se cumplan con las características deseadas y humedad del material para su colocación y su correcto desempeño.

La base estabilizada se coloca con un esparcidor de pavimentos del tipo DEMAG modelo DF-140CS y se compacta con compactador mixto rodillo – neumáticos del tipo CAT CS563C.

La base estabilizada se compacta al 100% de la prueba AASHTO Modificada y sobre la superficie terminada, se aplica un riego de impregnación con emulsión ECI-60, a razón aproximada de 1.5 l/m<sup>2</sup> para posteriormente aplicar riego de liga y colocar la carpeta asfáltica.

## CAPÍTULO I: REHABILITACIÓN DE LA PISTA 15-33

---

El laboratorio de campo comprueba la compactación de la base para que, una vez aprobada se construya la carpeta asfáltica del acotamiento sobre esta (ver Fotografía I.13).



Fotografía I.13.- Laboratorio en campo realizando pruebas que determinen la compactación de las capas del pavimento.

El riego de impregnación se efectúa con una máquina petrolizadora del tipo Seaman – Gunisson de 5,900 l de capacidad montada en tracto camión con el mismo procedimiento para la aplicación del riego de liga, modificando la velocidad de tendido para lograr la cantidad necesaria de litros por metro cuadrado. El tipo de emulsión que se emplea para la impregnación es de rompimiento lento, para que logre penetrar en los poros de la superficie y logre crear una película impermeable. El tiempo de rompimiento de las emulsiones está determinado por los aditivos con los que se fabrican estas.

Posterior al riego de impregnación y una vez que ha sido aprobado, se procede con el riego de liga y la colocación de la carpeta asfáltica (ver Fotografía I.14).



Fotografía I.14.- Colocación de mezcla asfáltica en acotamientos.

#### G. DRENAJE PLUVIAL.

Se renivelaron las tapas de rejilla tipo Irving de los registros hidráulicos existentes en el hombro de la pista. Se demolió la parte superior del registro hidráulico, hasta descubrir la suficiente longitud de armado para realizar los traslapes y se repuso colando hasta los niveles de proyecto, previa aplicación de pegamento epóxico en la junta de concreto nuevo con viejo.

#### H. RENIVELACIÓN DE LAS FRANJAS DE SEGURIDAD.

Se renivelaron en los lados externos de los márgenes laterales de la pista 15-33. Se produce un corte con el espesor indicado en el proyecto para conformar la franja de seguridad.

## CAPÍTULO I: REHABILITACIÓN DE LA PISTA 15-33

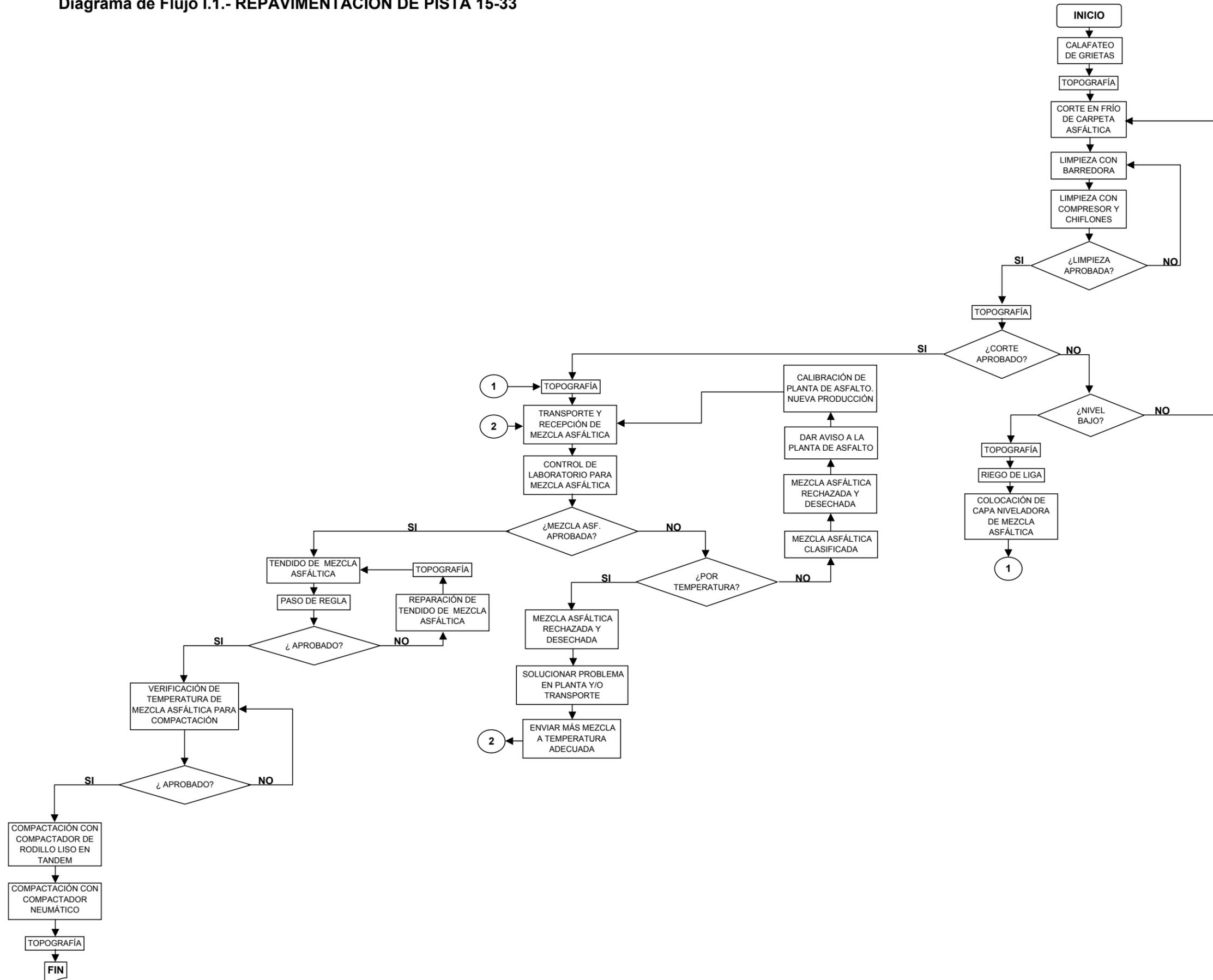
---

Los terraplenes de la franja de seguridad se construyen con suelos extraídos de los cortes efectuados para remover la capa con materia vegetal en la ampliación de los márgenes laterales de la pista 15-33, rodajes, plataforma y de material de corte. El material se coloca a volteo con camiones de caja gravera de capacidades que van de los 8 m<sup>3</sup> a los 14 m<sup>3</sup> y se extiende en capas sin compactar y es conformado hasta lograr los niveles de proyecto, para lo cual se emplea un tractor del tipo CATERPILLAR D6R ó similar y se da un acabado final con una motoconformadora del tipo CATERPILLAR 120H (ver Fotografía I.15).

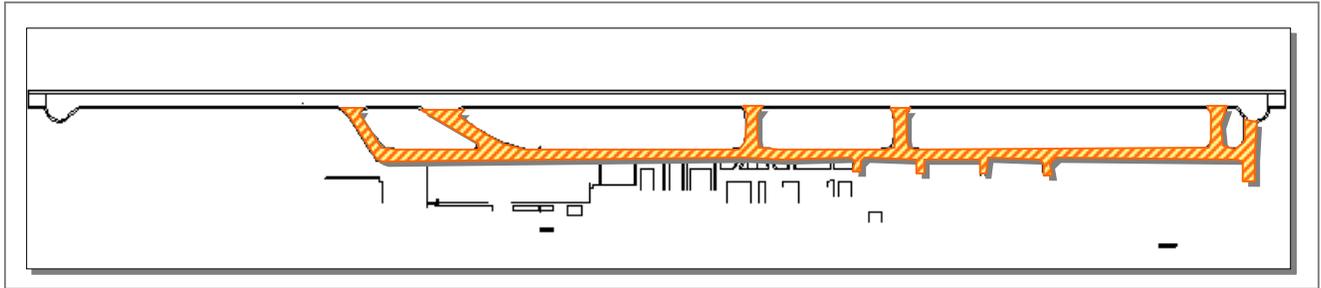


Fotografía I.15.- Motoconformadora en labores para la construcción de las franjas de seguridad de la pista.

Diagrama de Flujo I.1.- REPAVIMENTACIÓN DE PISTA 15-33



### • ***CAPÍTULO II***



CALLES DE RODAJE DEL AEROPUERTO INTERNACIONAL DE TOLUCA

## **II. CALLES DE RODAJE.**

En el aeropuerto de Toluca se trabajó en los rodajes Alfa, Alfa Paralelo, Bravo, Coca, Delta, Eco y Fox, con el propósito de lograr que sean funcionales para el tipo de tránsito que se está proyectando. El aeropuerto de Toluca por el momento, da servicio principalmente a la aviación civil, en donde las aeronaves no son de gran tamaño. También atiende a algunos vuelos de carga, sin embargo, ahora se pretende que líneas comerciales operen en este aeropuerto, las cuales cuentan con aeronaves de gran envergadura, que requieren de calles de rodaje con mayores dimensiones para un tránsito adecuado y seguro.

### **II.1 REENCARPETADO**

En los rodajes Alfa, Bravo y Fox se realizaron las actividades siguientes:

A. PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE DEL ACTUAL PAVIMENTO DE CONCRETO ASFÁLTICO.

Toda la pintura del señalamiento horizontal existente en el pavimento se removió limpiando la superficie para permitir la liga con las capas superiores.

Se efectuó un picado mecánico de la superficie del pavimento actual, para acondicionar una mejor liga con la capa superior.

El material producto de la limpieza, de la remoción de pintura y del picado, es transportado y depositado en un tiradero fuera del aeropuerto aprobado por ASA.

## B. CORTE EN FRÍO

En las zonas de reposición de carpeta, indicadas en el proyecto y ordenadas por ASA, se efectúan cortes en frío de pavimento asfáltico, para corregir las áreas agrietadas o deformadas, o para alojar el espesor de carpeta requerida (Fotografía II.1). Se llevó a cabo el corte en frío con los espesores de proyecto o el señalado por ASA.



Fotografía II.1.- Fresado y limpieza en calles de rodajes.

### C. RIEGO DE LIGA

Sobre la superficie de pavimento flexible, expuesta mediante el corte en frío, debidamente afinada y limpia, se aplicó un riego de liga de rompimiento rápido a razón aproximada de 0.8 l/m<sup>2</sup>.

### D. CEMENTO ASFÁLTICO EMPLEADO EN RIEGOS

Sobre la superficie de pavimento flexible, en donde se localizan las bases de concreto de las lámparas de eje, en el ancho que marque el proyecto o lo que indique la supervisión del Organismo, y previo a la colocación de la membrana geotextil, se aplicará un riego con cemento asfáltico AC-20 a razón de 1.2 kg/m<sup>2</sup> aproximadamente. Después de colocar la membrana geotextil, se le aplica un riego con cemento asfáltico AC-20 a razón de 0.6 kg/m<sup>2</sup>. Estos riegos se realizan de la misma manera que ya se ha mencionado para el caso de la pista.

### E. MEMBRANA GEOTEXTIL.

Una vez realizado el corte en frío, si fuera el caso, e inmediatamente después del riego de cemento asfáltico se coloca, una membrana geotextil no tejida en el ancho que marque el proyecto o lo que indique la supervisión, en donde se localizan las bases de concreto de las lámparas de eje y barra de parada.

### F. CARPETA DE CONCRETO ASFÁLTICO.

Para este concepto se aplicó lo establecido en la normas de la S.C.T. y tomando en cuenta lo siguiente:

Se colocó una capa de concreto asfáltico que al compactarse se alcanzan los espesores de proyecto

Esta carpeta tiene un acabado final de tal manera que su índice de perfil promedio sea menor de 15 pulgadas/milla y su coeficiente de fricción sea de 0.70 para garantizar la operación segura de los aviones.

La mezcla se elabora en planta estacionaria y se dosifica en peso. El agregado bituminoso, el cemento asfáltico AC-20, se incorpora homogéneamente al agregado pétreo caliente en la proporción determinada en laboratorio por el método Marshall, logrando un valor de estabilidad de 700 kg ó mayor. Al producir la carpeta, la compactación se lleva hasta alcanzar el 95% del peso volumétrico máximo obtenido en la prueba Marshall.

## II.2 AMPLIACIÓN DE ANCHO DE CALZADA.

En los rodajes Alfa y Bravo se llevó a cabo la construcción de filetes:

Se conoce como filetes a las ampliaciones que se le hacen al rodaje cuando este entronca con la pista, con las plataformas o con otro rodaje. Es una zona de transición en los costados del rodaje en forma de cuña o triángulo, que sirve para asegurar que, al momento de virar la aeronave para ingresar a la pista, plataforma o rodaje, las llantas de esta se mantengan dentro de la superficie pavimentada y no se apoyen en el terreno que no pueda soportar el peso de misma y le ocasione daños a la estructura del avión o cause algún accidente a los pasajeros o a la carga que esté transportando (ver Fotografías II.2 y II.6).

Para la construcción de filetes se requiere cerrar el rodaje ya que los trabajos implican la construcción de una estructura de pavimento completa.



Fotografía II.2.- Ampliación de calles de rodaje incluyendo "filetes".

La construcción del filete se lleva a cabo de la siguiente manera:

### A. TERRACERIAS

Se produce un corte con el espesor que demande el proyecto para alojar las capas (sub rasante, sub base, base estabilizada y carpeta asfáltica) de la estructura para el pavimento flexible, con espesor de 100 centímetros. Para estos trabajos se utilizó una retroexcavadora del tipo CAT 330BL (Fotografía II.3).

En las partes del terreno virgen que van a llevar pavimento, se realiza un corte con la retroexcavadora CAT 330BL, de aproximadamente 30 cm de espesor o en su caso, el determinado por ASA, para remover la capa con materia vegetal.

Del material producto de corte, una parte se deposita en las zonas correspondientes para construir terraplenes conformados con una motoconformadora del tipo CAT 120H y compactados al 90% de su peso volumétrico seco máximo AASHTO Estándar empleando con un compactador mixto

tipo CAT CS563C. La otra parte se desperdicia y se coloca en el lugar de tiro que indique ASA, a una distancia no mayor a 10 km.



Fotografía II.3.- Excavación con retroexcavadora y carga a camiones

El material expuesto por el corte en el terreno virgen, debe ser conformado a la sección transversal de proyecto y sometido a compactación de los 15 cm superiores, la cual se llevará al 95 %, de su peso volumétrico seco máximo, AASHTO Estándar, mediante pasadas de rodillo, aprovechando la humedad natural o mojándolo vertiendo agua sobre él con una pipa de agua tipo Mercedes – Benz de 10,000 l de capacidad y efectuando maniobras de revoltura con la cuchilla de una motoconformadora del tipo CAT 120H, para su incorporación.

En las partes en que el proyecto geométrico demande la construcción de un cuerpo de terraplén, se construye este en capas no mayores de 20 cm, usando material de préstamo de banco, compactado al 95% de su peso volumétrico seco máximo, AASHTO Estándar: El equipo utilizado fue una motoconformadora CAT 120H y un compactador mixto CAT CS563C.

## CAPÍTULO II: CALLES DE RODAJE

---

Sobre el suelo de cimentación debidamente preparado o en su caso, sobre el cuerpo de terraplén compactado como se indica en el párrafo anterior, según corresponda, se colocará la capa sub rasante consistente en 50 centímetros de espesor de material de préstamo de banco, compactada al 100% de su peso volumétrico seco máximo, AASHTO Estándar. Para construir la capa sub rasante se emplea una motoconformadora del tipo CAT 120H y un compactador mixto del tipo CAT CS563C.

### B. SUB BASE

Sobre la capa sub rasante se construye una sub base hidráulica de 20 centímetros de espesor (Fotografía II.4), empleando una mezcla de materiales pétreos producto de trituración y/o cribado, seleccionados por tamaños y mezclados con arenas limosas de banco de préstamo. La mezcla de materiales es una grava bien graduada (GW criterio S.U.C.S.), que cumple con las normas de materiales de la S.C.T., y se compacta con el compactador mixto al 100% de su peso volumétrico seco máximo, AASHTO Modificada. En esta ocasión para la formación de la capa sub base se utilizó un pavimentador del tipo DEMAG DF 140CS, el cual tiene la capacidad y potencia suficiente para esparcir el material y proporcionar los niveles de proyecto una vez que se ha concluido la compactación.



Fotografía II.4.- Capas sub base y base en plataformas.

C. BASE ESTABILIZADA CON CEMENTO PORTLAND



Fotografía II.5.- Compactación de base en rodajes.

Sobre la capa sub base se construirá una base estabilizada con cemento Pórtland de 20 centímetros de espesor, empleando una mezcla de materiales pétreos producto de trituración, seleccionados por tamaños y mezclados con arenas limosas de banco de préstamo. La mezcla de materiales es una grava bien graduada (GW criterio S.U.C.S.), que cumple con las normas de materiales de la S.C.T. La base estabilizada se compactará al 100% del AASHTO Modificada y sobre la superficie terminada, se aplicará un riego de impregnación con emulsión ECI-60, a razón aproximada de 1.5 litros por metro cuadrado. El cemento será del tipo Pórtland I o II, la proporción en la mezcla será de 8% en peso. El proceso de estabilización de la base con cemento Pórtland y su colocación es el que se ha explicado en la sección correspondiente de los márgenes de la pista (Fotografía II.5).



Fotografía II.6.- Construcción de filete y ampliación de rodaje.

### D. CARPETA ASFALTICA

Sobre la base impregnada se aplicará un riego de liga con emulsión asfáltica de rompimiento rápido a razón de  $0.8 \text{ l/m}^2$ , posteriormente, se colocará una carpeta de 10 centímetros de espesor de concreto asfáltico con el mismo procedimiento descrito en capítulos anteriores.

### E. DRENAJE PLUVIAL.

En las zonas indicadas por el proyecto se construyó la prolongación de las alcantarillas existentes en los rodajes Alfa y Bravo. Esto es debido a la construcción de los filetes, las cuales son trincheras de sección rectangular de concreto armado.

En el rodaje alfa existía un sistema de subdren basado en tubos y registros hidráulicos el cual se demolió para la construcción de los filetes y se construyó el

tramo del subdren con su nueva ubicación, con los materiales y dimensiones de proyecto.

**F. RENIVELACIÓN DE LA FRANJA DE SEGURIDAD.**

Se realizó la renivelación de la franja de seguridad en los lados externos de los márgenes laterales de los rodajes.

Se efectúa un corte con el espesor que demande el proyecto para conformar la franja de seguridad.

Los terraplenes de la franja de seguridad serán construidos con suelos extraídos de los cortes efectuados para remover la capa con materia vegetal en la ampliación de los márgenes laterales de la pista 15-33, rodajes, plataforma y de material de corte para conformar la franja de seguridad, colocados a volteo y extendidos en capas sin compactar y conformados hasta lograr los niveles de proyecto.

**REHABILITACIÓN Y AMPLIACIÓN DE RODAJES.**

En los rodajes Alfa Paralelo, Coca, Delta y Eco se rehabilitaron los 15 m centrales y se realizaron ampliaciones a ambos lados (Figura II.1):

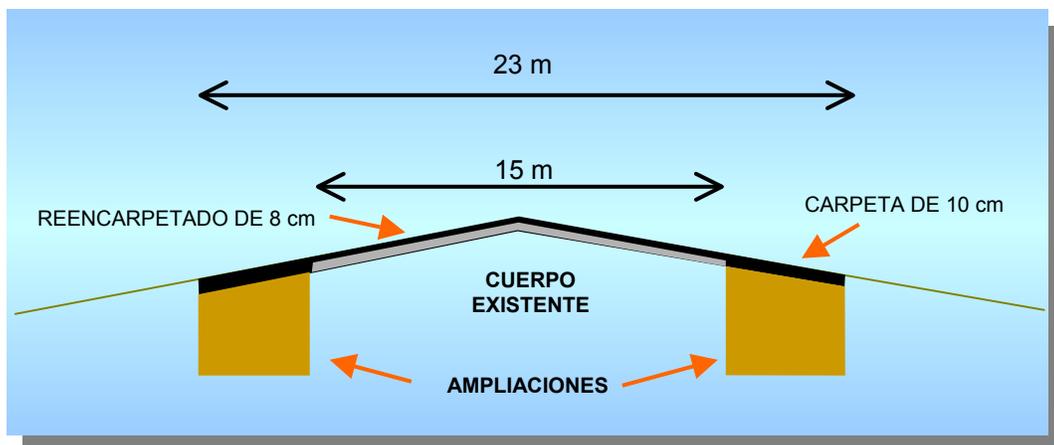


Figura II.1.- Sección de pavimento en rodajes para rehabilitación y ampliación.

## CAPÍTULO II: CALLES DE RODAJE

---

Se efectúa un corte en frío con perfiladora de 7.5 m a cada lado del eje del rodaje. Se limpia con la barredora autopropulsada y con aire a presión. Después se aplica el riego de liga con emulsión de rompimiento rápido colocada con petrolizadora. Después se coloca y compacta la carpeta asfáltica empleando pavimentadores y compactadores.

En las zonas indicadas en el proyecto y en donde se instalaron las lámparas al eje del rodaje, se colocó una malla geotextil después de hacerse corte y aplicación de riego de liga con cemento asfáltico AC-20. Se empleó personal de obra para su colocación cuidando de hacer los traslapes adecuados y evitando las arrugas en la malla. Después de la colocación de la malla se realizó un riego de liga con cemento asfáltico AC-20 y al final se tendió y compactó la mezcla para formar la carpeta asfáltica.

Para las ampliaciones a lo ancho, se realizó excavación sobre el terreno natural a los lados de los bordes de los rodajes con retroexcavadora CAT 330BL, para alojar las capas de la estructura del pavimento flexible (sub rasante, sub base, base estabilizada y carpeta asfáltica) con la profundidad de proyecto de 1 m. El terreno descubierto se afina con una motoconformadora CAT 120H y se compacta con compactador mixto CAT CS563 C y en las zonas en donde fue requerido, se construyó terraplén usando material de préstamo de banco, compactado al 95% de su peso volumétrico seco máximo (Fotografía II.7).

Enseguida se colocó la capa sub rasante con material de préstamo de banco, compactado al 100% de su peso volumétrico seco máximo, AASHTO Estándar y con espesor de 50 cm.



Fotografía II.7.- Compactación de material de préstamo de banco con compactador mixto

Después de la capa sub rasante se construyó la capa de la sub base hidráulica de 20 cm de espesor y sobre esta se colocó la capa de base estabilizada con cemento Pórtland, de 20 cm de espesor. Posteriormente se aplicó el riego de impregnación con emulsión asfáltica del tipo ECI-60 a razón de  $1.5 \text{ l/m}^2$

Sobre la base impregnada se aplicó un riego de liga con emulsión asfáltica de rompimiento rápido a razón de  $0.8 \text{ l/m}^2$ , posteriormente, se colocó una carpeta de 10 centímetros de espesor de concreto asfáltico.

El agregado pétreo en la mezcla debe tener un tamaño máximo de 19 mm y su composición granulométrica se obtiene mediante separación por cribado a los tamaños convenientes y dosificación adecuada para lograr una curva dentro de la zona especificada, sin variaciones bruscas. El cemento asfáltico es el AC-20.

Para ligar la carpeta nueva con la existente, se demolió lo necesario para alinear y perfilar el hombro, dejando vertical la pared de unión de la ampliación con la existente. Se debe de eliminar el polvo, grasas y materia extraña de la superficie

## **CAPÍTULO II: CALLES DE RODAJE**

---

expuesta de la pared vertical y aplicar emulsión asfáltica para riego de liga con el propósito que también se ligue con la nueva carpeta asfáltica.

También se incrementó la longitud del rodaje Alfa Paralelo, construyéndose toda la estructura del pavimento. Se realizó la excavación, afinamiento de la superficie excavada, colocación de las capas sub rasante, sub base, base hidráulica y carpeta asfáltica.

### **G. OBRAS DE DRENAJE**

En los rodajes Coca, Delta y Eco se construyeron alcantarillas o canales de concreto armado:

Con motivo de las ampliaciones en los rodajes, se demolieron alcantarillas de concreto armado y muros de mampostería, por lo cual se sustituyeron con nuevas alcantarillas de acuerdo con el proyecto.

Las alcantarillas se utilizan como drenaje pluvial y deben construirse de manera que soporten cargas a las que pueden ser sometidas por el tránsito de los aviones.

Las demoliciones de las alcantarillas existentes se hacen con un martillo rompedor y con un cargador con retroexcavadora CAT 416C, trasladando el escombros en camiones al sitio de tiro indicado por ASA.

Se realiza una excavación en la zona marcada en el proyecto y trazada por las brigadas de topografía, con retroexcavadora CAT 330 BL ó con un cargador con retroexcavadora CAT 416C, con la profundidad y ancho suficientes para trabajar en la construcción y alojar el cuerpo de este canal.

Una vez afinado el piso de la excavación con herramientas de mano, se procede a tender una plantilla de arena de unos 10 cm de espesor y con el ancho de proyecto. Enseguida se construye la cimbra que alojará la losa de concreto de la trinchera y se prepara y coloca el armado con varilla corrugada. A continuación se realiza el colado del concreto premezclado de resistencia  $f'c= 300 \text{ kg/cm}^2$  y se procede con el vibrado y curado del mismo. Se procede con el armado y cimbrado de las paredes de la trinchera (Fotografía II.8) y se cuela el concreto premezclado. Se tiene que hacer una preparación para formar el contramarco de ángulo de acero, el cual va anclado por medio de varillas y soldadura. Se aplica el curado e impermeabilizante a las caras interiores del canal y se rellena con el material de excavación en el lado que se requiera, el cual debe ser compactado.



Fotografía II.8.- Armado y cimbrado para canal de aguas pluviales.

Para concluir con al trinchera se coloca una rejilla tipo Irving electro forjada la cual debe soportar las cargas del transito.

### II.3 REESTRUCTURACIÓN DE LOS RODAJES HOTEL E INDIA.

Los rodajes Hotel e India conducen a las aeronaves del rodaje Alfa paralelo a las plataformas de la Policía Federal Preventiva (PFP) y sus hangares. Se pretende que estos rodajes tengan la capacidad de soportar eficientemente las cargas que les provocan los aviones de diferentes envergaduras que utiliza la PFP o en su caso los que requieran ser trasladados a los hangares de esta dependencia para su revisión exhaustiva. Los rodajes requirieron una reconstrucción total, por lo que fue necesario demoler el pavimento existente en todas sus capas y construir un nuevo pavimento.

El proceso de reconstrucción es similar al que se ha mencionado para la ampliación de la calzada de las calles de rodaje, con la salvedad que, en este caso, se realizará en todo lo ancho del mismo y la excavación ahora será una demolición, para lo cual se fresa la capa de carpeta asfáltica en su totalidad utilizando una fresadora del tipo Wirtgen 2100 DC y para las capas subyacentes se utiliza una retroexcavadora del tipo CAT 330 BL, pero con un menor rendimiento de excavación ya que estas capas tienen un mejor grado de compactación que el terreno natural. La excavación se lleva hasta un nivel ligeramente inferior al cual se alojará la capa sub rasante. Todo el material de demolición se traslada al sitio de tiro asignado en camiones de volteo.

Una vez que se logran los niveles de desplante de las capas del pavimento se procede con la compactación del terreno natural empleando un compactador mixto del tipo CAT CS563 C.

Antes de colocar la capa sub rasante fue preciso colocar material para crear una capa rompedora de capilaridad con el fin de evitar que el agua que se encuentra

en los mantos freáticos en esa zona llegara a infiltrarse hacia las capas superiores, lo cual podría ocasionar el deterioro y eventual destrucción del pavimento. El material para la capa rompedora de capilaridad se coloca con un cargador frontal sobre neumáticos del tipo CAT 966-G y se acomoda con un tractor sobre orugas del tipo CAT D8R.

Sobre esta capa se construyen entonces, las capas sub rasante, sub base, base y por último la carpeta asfáltica con los procedimientos descritos anteriormente.

### • *CAPÍTULO III*



PLATAFORMAS DEL AEROPUERTO INTERNACIONAL DE TOLUCA

### **III. PLATAFORMAS.**

#### II.1 REENCARPETADO.

La plataforma comercial aloja a los aviones de línea comercial, ya sea de pasajeros o carga, los cuales por lo general son de grandes dimensiones.

La plataforma de aviación general aloja los aviones de dimensiones menores que por lo general pertenecen a particulares, empresas privadas o aeronaves de los gobiernos federal y estatal.

En el aeropuerto de Toluca se rehabilitaron las plataformas de aviación Comercial y aviación general, utilizando un procedimiento similar al de las calles de rodaje (Fotografías III.1 y III.2).

Se realizaron trabajos de rehabilitación del pavimento con cortes en frío en la carpeta asfáltica existente con espesor variable, de 7 cm promedio y se colocó una nueva capa de carpeta asfáltica con espesor de 7 cm



Fotografía III.1.- Limpieza de material producto del fresado con chiflones conectados a compresor de aire.



Fotografía III.2.- Compactación de carpeta asfáltica en plataforma.

### CAPÍTULO III: PLATAFORMAS

---

Debido a que en las plataformas es común hacer la revisión de las aeronaves y la carga del combustible es necesario aplicar un sello protector. Cuando existe derramamiento de combustible, la carpeta elaborada con cemento asfáltico sufre deterioro. El combustible diluye el asfalto de la mezcla. El cemento asfáltico actúa como ligante y al diluirse este, se produce desprendimiento, un aceleramiento de la erosión y envejecimiento prematuro por causa de la oxidación y la acción de los rayos ultravioletas.

El sello de protección contra derrame de combustible se aplicó sobre las plataformas, consistente en una emulsión derivada de alquitrán de hulla, combinada con minerales coloidales, el cual se aplicara en frío (Fotografía III.3)

Una vez colocada y compactada la carpeta asfáltica, se limpia la superficie para eliminar el polvo, grasas y materia extraña. Se emplea una barredora autopropulsada del tipo ROSCO RB-48 y un compresor portátil INGERSOLL – RAND P375 ó similar, al cual se les acondiciona un par de chiflones.



Fotografía III.3.- Plataforma reencarpeta y con sello de protección anticarburante y pintura.

### III.2 REESTRUCTURACIÓN DE LA PLATAFORMA PFP.

Cómo se mencionó en el capítulo anterior, la PFP requiere que la estructura de los pavimentos de las calles de rodaje, plataforma y hangares, tengan la capacidad suficiente para poder soportar las cargas de los aviones propios y de los que requieran que se realice una revisión especial, por lo cual fue necesario reestructurar las plataformas tanto exterior como la de sus hangares.

La reestructuración no fue en la totalidad de las plataformas, sino únicamente en la zona de parada de las aeronaves.

Las plataformas de la Policía Federal Preventiva (PFP) son de pavimento rígido, es decir, están construida con concreto hidráulico. A continuación se describe el procedimiento de reestructuración:

#### A. DEMOLICIÓN

Se procedió a delimitar la zona de corte utilizando una cortadora de piso con disco de borde adiamantado y enseguida se demolieron las losas de concreto iniciando del centro de la zona marcada y hacia las orillas, utilizando martillo rompedor montado en una retroexcavadora del tipo CAT 416-C y compresores de aire del tipo Ingersoll-Rand P375 con rompedoras de concreto (Fotografía III.4). La demolición se lleva hasta alcanzar la capa de la base, la cual también es demolida. El material producto de la demolición fue cargado a camiones de volteo para ser trasladados al banco de desperdicio asignado.



Fotografía III.4.- Losa de plataforma demolida.

### B. BASE HIDRÁULICA.

Después de la demolición se procedió a compactar la superficie excavada con un compactador mixto del tipo CAT CS563 C y en las orillas con un compactador de rodillo liso vibratorio del tipo DYNAPAC PR8H. Después de esto se colocó material con calidad de base hidráulica utilizando una motoconformadora del tipo CAT 120H y compactándola con compactador mixto del tipo CAT CS563 C y en las orillas con un compactador de rodillo liso vibratorio del tipo DYNAPAC PR8H.

### C. CONSTRUCCIÓN DE LOSAS DE CONCRETO HIDRÁULICO

Enseguida se coloca un plástico de polietileno con el fin de evitar que el material de la capa de base absorba la humedad del concreto y modifique las características de ambos materiales.

El pavimento hidráulico se forma por losas de concreto hidráulico con una resistencia a la tensión por flexión mayor de 45 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días de edad y un revenimiento de entre 3 y 5 cm, reforzando sus juntas con barras de acero estructural. Estas barras de acero se colocan sobre soportes de alambroón en el sentido transversal y apoyadas sobre la cimbra en el sentido longitudinal (Fotografía III.5)



Fotografía III.5.- Disposición de barras de acero para el colado de las losas de concreto hidráulico.

Las losas de concreto hidráulico se construyeron con cemento Pórtland, agregados pétreos, agua potable y aditivos.

### **CAPÍTULO III: PLATAFORMAS**

---

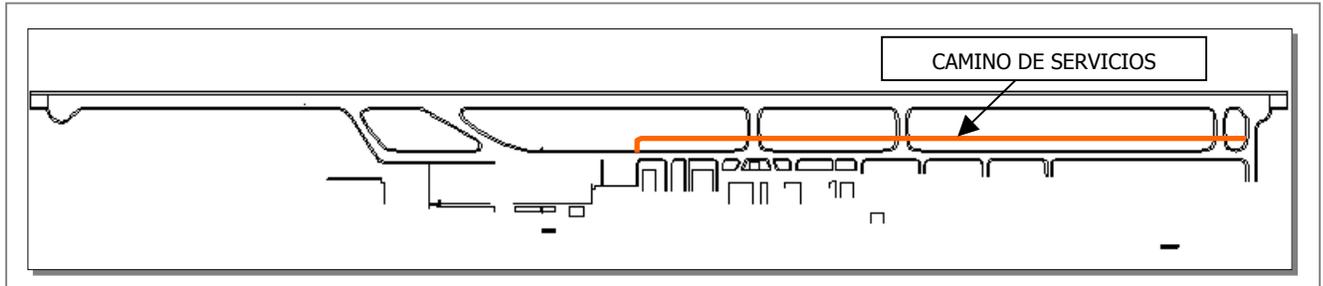
El colado de las losas se realiza en forma longitudinal, mediante extendedora del tipo CMI Terex SF-3002. El colado no se efectúa en forma de tablero, sino que se realiza en forma continua en línea. Posteriormente se hace el curado de las losas con membranas específicas para tal fin.

El acabado del concreto en el hangar es de pulido fino y el de la plataforma exterior es de escobillado (Fotografía III.6).



Fotografía III.6.- Acabado pulido en losa de hangar.

### • **CAPÍTULO IV**



CAMINO DE SERVICIOS ENTRE RODAJE ALFA PARALELO Y PISTA 15-33

## **IV. CAMINOS DE ACCESO Y SERVICIOS.**

### IV.1 CONSTRUCCIÓN DE CAMIO DE SERVICIOS.

Se construyó un camino de servicio paralelo a la pista, el cual se ubica entre esta y el rodaje Alfa paralelo y al lado de un canal existente. Este camino servirá para las actividades de inspección, mantenimiento y traslados internos.

Para la construcción de los caminos se inicia con el levantamiento topográfico del terreno natural y el trazo y nivelación correspondiente, de acuerdo con el proyecto.

Se realiza excavación para alojar las capas sub rasante, sub base, base y la carpeta asfáltica.

**A. TERRACERIAS**

Se produce un corte para alojar las capas (sub rasante, sub base, base hidráulica y carpeta asfáltica) de la estructura para el pavimento flexible, con espesor de 75 centímetros, para lo cual se emplea una retroexcavadora del tipo CAT, modelo 330-BL (Fotografía IV.1). En el Diagrama de Flujo IV.1 "EXCAVACIÓN PARA ALOJAR PAVIMENTOS" se ejemplifica este procedimiento.



Fotografía IV.1.-Excavación para la construcción de camino de servicios.

En las partes del terreno virgen que van a llevar pavimento, se realiza un corte somero, de aproximadamente 30 cm de espesor para remover la capa con materia vegetal, utilizando una motoconformadora del tipo Caterpillar modelo 120H.

Del material producto de corte, una parte se deposita en las zonas correspondientes para construir terraplenes conformados y compactados al 90% de su peso volumétrico seco máximo AASHTO Estándar y otra se desperdicia y se

## CAPÍTULO IV: CAMINOS DE ACCESOS Y SERVICIOS

---

coloca en el lugar de tiro designado para tal fin con camiones de volteo de capacidades que van de los 8 m<sup>3</sup> a los 14 m<sup>3</sup>



Fotografía IV.2.- Capa subrasante del camino de servicios.

El material expuesto por el corte en el terreno virgen, se conforma a la sección transversal de proyecto con una motoconformadora del tipo Caterpillar 120H y se somete a compactación de los 15 cm superiores, la cual se llevará al 95 %, de su peso volumétrico seco máximo, AASHTO Estándar, mediante pasadas de rodillo liso con el compactador mixto del tipo CAT CS563-B (Fotografía IV.2), aprovechando la humedad natural o mojándolo vertiendo agua sobre él y efectuando maniobras de revoltura para su incorporación, con la misma motoconformadora. En el Diagrama de Flujo IV.2 "COLOCACIÓN DE CAPA SUBRASANTE" se muestra la secuencia del procedimiento.

## B. BASE HIDRÁULICA

En el camino de servicios, sobre la capa sub rasante se construye una base hidráulica de 20 centímetros de espesor, empleando una mezcla de materiales pétreos producto de trituración y cribado, seleccionados por tamaños y mezclados con arenas limosas del banco de préstamo. La mezcla de materiales es una grava bien graduada (GW criterio S.U.C.S.), que cumple con las normas de materiales de la S.C.T. y se compacta al 100% de su peso volumétrico seco máximo, AASHTO Modificada. Para su colocación se utiliza un esparcidor o pavimentadora montada sobre orugas ó zapatas móviles del tipo DEMAG 140 DF y se compacta con un compactador mixto CAT CS563-B ó similar, aplicando el agua que sea necesaria (Fotografía IV.3). La base se puede homogeneizar con un estabilizador para pavimentos del tipo CEDARRAPIDS 696 ó similar, en el cual se puede hacer un mezclado óptimo de los agregados y el agua. Posteriormente se aplica un riego de impregnación con emulsión del tipo ECI-60 que tiene como característica un rompimiento lento, a razón aproximada de 1.5 litros por metro cuadrado, para lo cual se utiliza una petrolizadora del tipo SEAMAN-GUNNISON 2100 CRM ó similar.



Fotografía IV.3.- Compactación de base en camino de servicios.

## **CAPÍTULO IV: CAMINOS DE ACCESOS Y SERVICIOS**

---

Se ejemplifica este procedimiento el Diagrama de Flujo IV.3 "COLOCACIÓN DE CAPA SUB BASE O BASE"

### **C. CARPETA ASFALTICA**

Sobre la base impregnada se aplica un riego de liga con emulsión asfáltica de rompimiento rápido a razón de 0.8 l/m<sup>2</sup> Posteriormente, se coloca una carpeta de 5.0 cm espesor de concreto asfáltico en el camino de servicios con una pavimentadora del tipo DEMAG 140 DF ó similar.

El agregado pétreo en la mezcla tiene un tamaño máximo de 19 mm y su composición granulométrica se obtiene mediante separación por cribado a los tamaños convenientes y dosificación adecuada para lograr una curva dentro de la zona especificada, sin variaciones bruscas. El cemento asfáltico es el AC-20.

Para ligar la carpeta nueva con la existente, se demolió lo necesario para alinear y perfilar el hombro con una perfiladora de pavimentos del tipo Wirtgen W2100 C ó similar y en los detalles se utiliza una perfiladora de pavimentos del tipo Wirtgen W600 ó similar, dejando vertical la pared de unión de la ampliación con la existente. Esta pared se debe limpiar para eliminar en lo posible cualquier materia extraña que impida la adecuada unión de las carpetas.

La mezcla se elaboró en planta estacionaria y dosificada en peso y el agregado bituminoso (AC-20) se incorporó homogéneamente al agregado pétreo caliente en la proporción determinada en laboratorio por el método Marshall, logrando un valor de estabilidad de 700 kg ó mayor. Al construir la carpeta, la compactación se lleva hasta alcanzar el 95% del peso volumétrico máximo obtenido en la prueba Marshall utilizando primero un compactador de rodillo liso vibratorio en tandem del

tipo CAT CB434C y enseguida un compactador sobre neumáticos del tipo CAT PF300B.

#### D. DRENAJE PLUVIAL

Se construyó una alcantarilla, de aproximadamente 9 metros de longitud de sección rectangular, de concreto reforzado que cruza por debajo del camino de servicios

Además se construyeron nueve alcantarillas, de aproximadamente 9 metros de longitud de tubo de concreto reforzado de 60 cm de diámetro que cruzan el camino de servicios.

#### IV.2 CONSTRUCCIÓN DE CAMINO DE COMBUSTIBLES.

También se construyó un camino para comunicar la zona de almacenamiento de combustibles con las plataformas. Este camino es importante para el adecuado transito de las pipas que se encargan de llevar el combustible a las plataformas y hangares en dónde se abastece a las aeronaves.

Para iniciar con la construcción del camino es necesario que la brigada de topografía realice el trazo del camino.

El desmonte es la remoción de toda la vegetación que se encuentra sobre el trazo del camino y en esta ocasión se lleva a cabo con un tractor del tipo CAT D6R y un cargador frontal sobre neumáticos del tipo CAT 966-G para la carga del material que se llevará al sitio asignado para su disposición.

## **CAPÍTULO IV: CAMINOS DE ACCESOS Y SERVICIOS**

---

El procedimiento constructivo es idéntico al de caminos de servicios realizando actividades de desmonte, excavación, compactación del terreno natural, colocación de capa sub rasante, sub base, base, riego de impregnación, riego de liga y carpeta de concreto asfáltico.

La brigada de topografía revisará que se cumpla con los niveles de proyecto correspondientes a cada una de las capas, así como realizar el levantamiento de datos para la cuantificación de la volumetría de la obra.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
AEROPUERTO INTERNACIONAL DE TOLUCA, ESTADO DE MÉXICO

Diagrama de Flujo IV.1.- EXCAVACIÓN PARA ALOJAR PAVIMENTOS

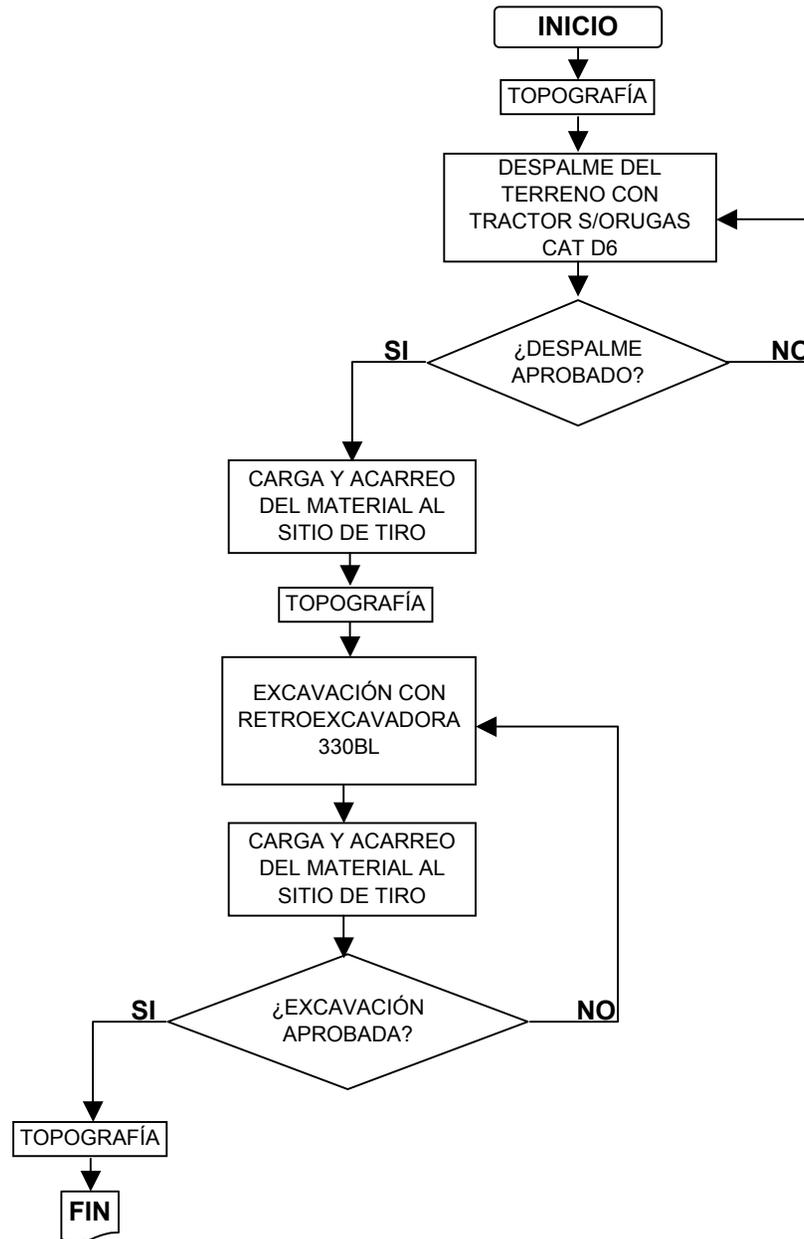


Diagrama de Flujo IV.2.- COLOCACIÓN DE CAPA SUB RASANTE

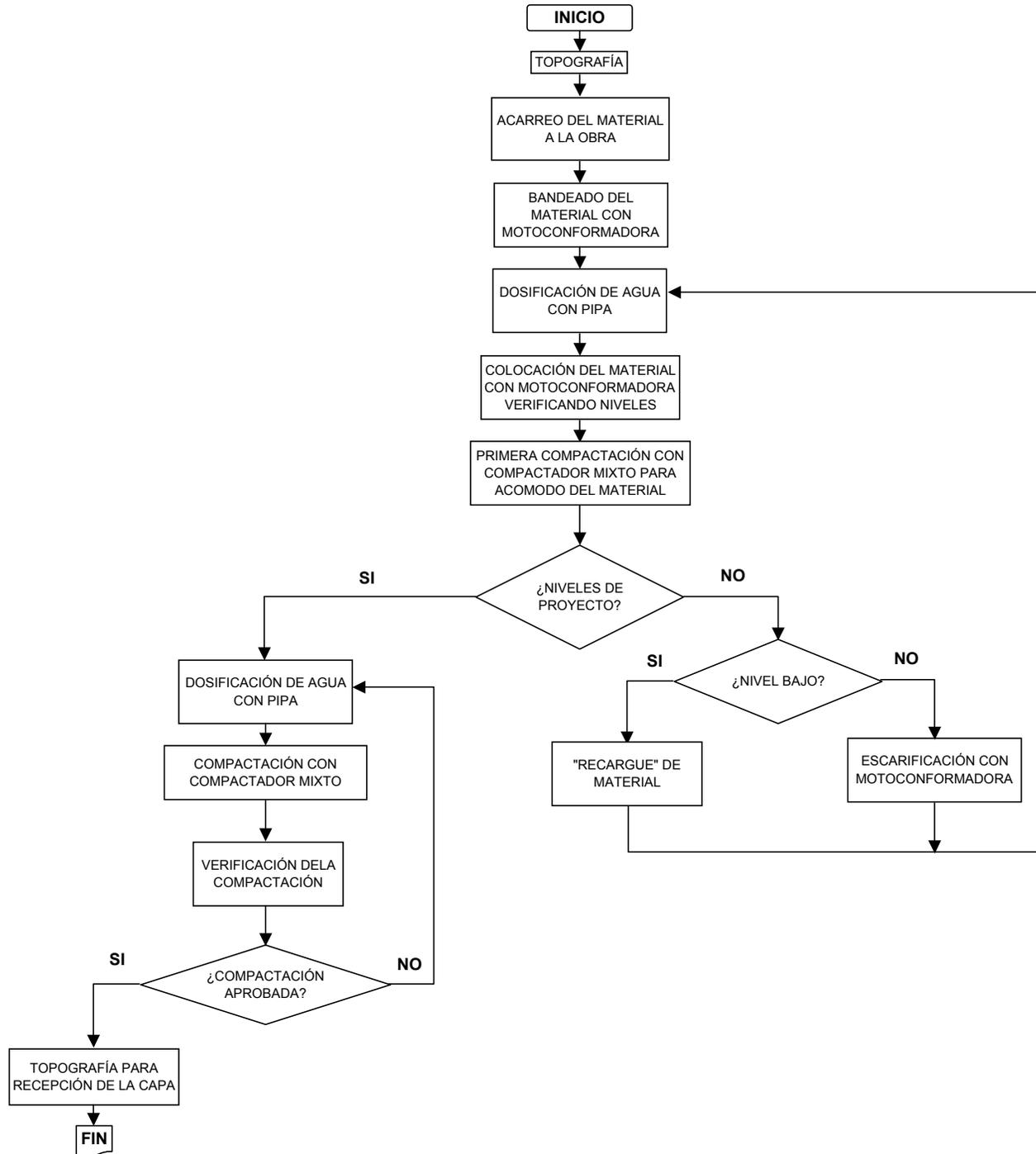
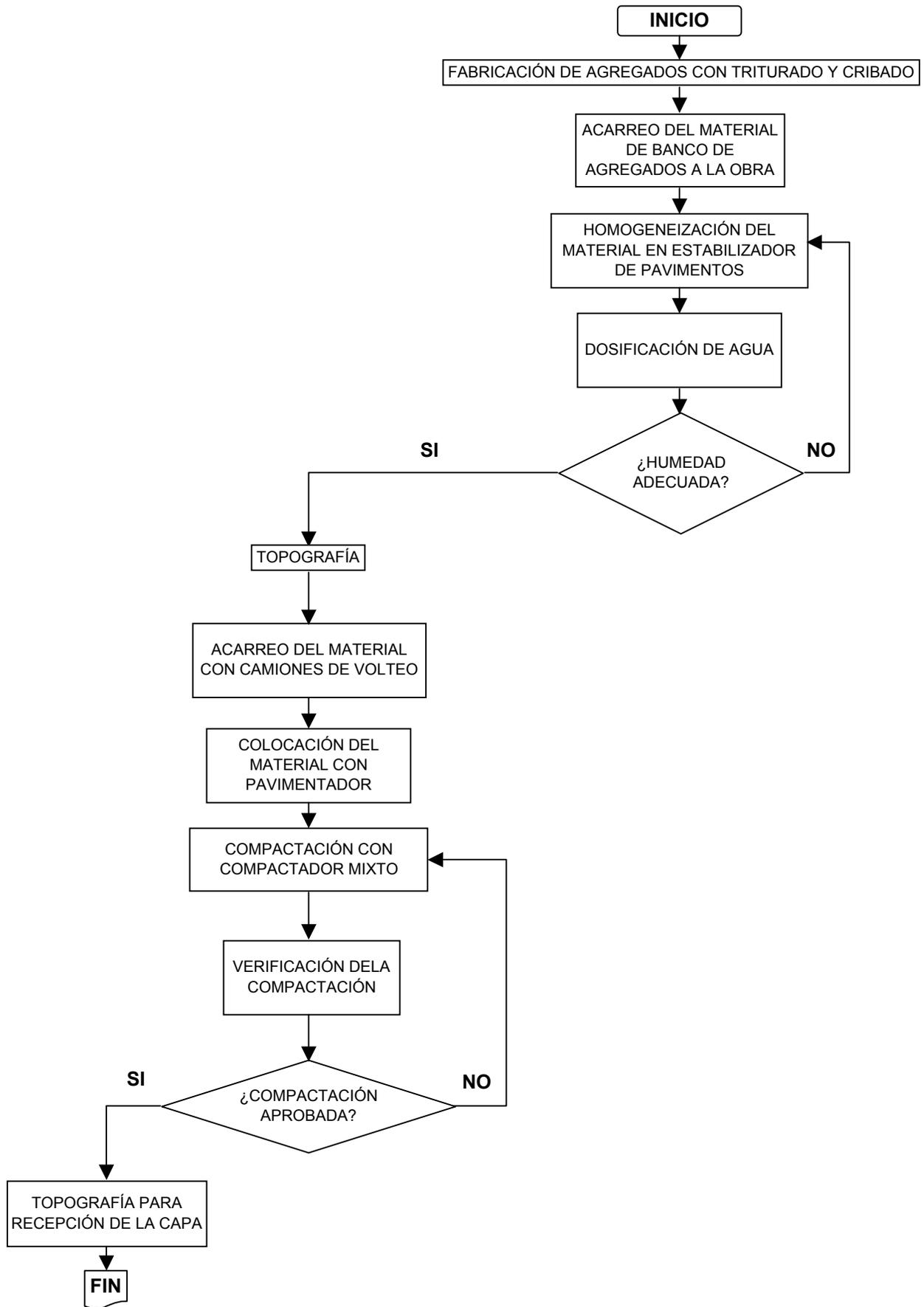
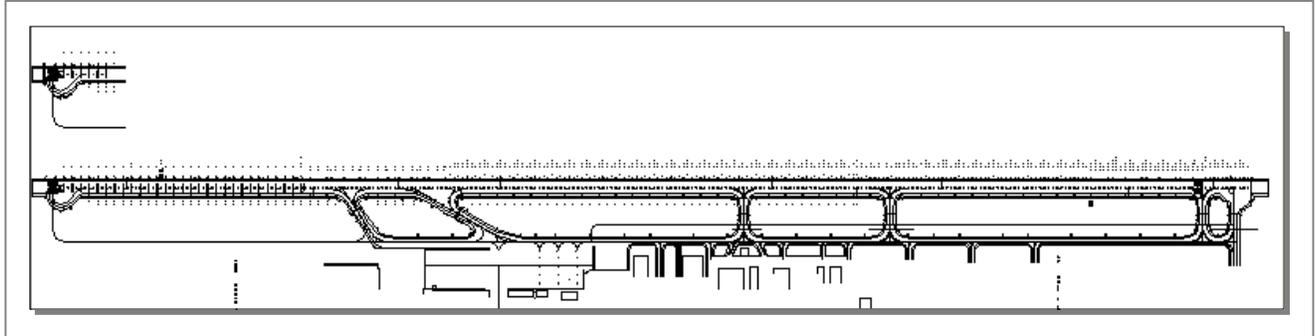


Diagrama de Flujo IV.3.- COLOCACIÓN DE CAPA SUB BASE O BASE



• ***CAPÍTULO V***



AYUDAS VISUALES EN EL AEROPUERTO INTERNACIONAL DE TOLUCA

**V. AYUDAS VISUALES PARA CATEGORÍA III-B Y SISTEMA DE SEÑALES LUMINOSAS.**

INTRODUCCIÓN.

Cuando una aeronave se aproxima a la toma de tierra, la pista se ve desde la cabina de mando como un trapecio con la base mayor en la cabecera de aterrizaje. Dada la velocidad del descenso de los aviones, es conveniente proporcionar a los pilotos unas señales fácilmente visibles que le orienten a su maniobra y la dirijan durante la rodadura hasta los puestos de estacionamiento o de estos a las cabeceras de despegue.

Si el aeropuerto va a utilizarse de noche o en condiciones de visibilidad reducida, las señales deben estar constituidas por pintura reflectante sobre los pavimentos (señalización horizontal) por letreros reflectantes o iluminados (señalización vertical) y deben completarse con luces.

Los sistemas de ayudas visuales tienen como finalidad principal, proporcionar al piloto las ayudas y referencias visuales mientras efectúa la aproximación, el aterrizaje y la evolución en la superficie del aeropuerto (ver Figura V.1).



Figura V.1.- Etapas de operación de una aeronave en la pista.

Los requisitos operacionales que deben satisfacer las ayudas visuales, varían de acuerdo con el tipo de aeronave utilizada, las condiciones meteorológicas en el punto de destino, el tipo de radioayuda para la navegación utilizada para la aproximación, las características físicas de la pista o de la calle de rodaje y de la disponibilidad de información de aterrizaje sirviéndose de radiocomunicaciones.

La utilidad de las ayudas visuales y referencias visuales para los pilotos corresponde al establecimiento de una orientación tridimensional dinámica respecto a la pista durante la aproximación y el aterrizaje, que constituyen tareas de pilotaje complejas y difíciles, particularmente en condiciones de visibilidad reducida en la cual se tiene que depender continuamente de las ayudas visuales hasta llegar al punto de atranque.

## CAPÍTULO V: AYUDAS VISUALES PARA CATEGORÍA III-B

---

Las ayudas visuales guían a la aeronave durante su traslado de la plataforma o hangar a la pista y viceversa y cumplen una función muy importante para el despegue, pero sobre todo para la aproximación y aterrizaje en la pista.

Cada pista de vuelo está limitada por:

- Umbral de pista.
- Dos bordes de pista.
- Un extremo de pista.



Fotografía V.1.- Referencias visuales en pista.

Si el ancho de la pista es de 45 m, como lo es en este caso, el ancho correspondiente a las calles de rodaje será de la mitad (22.5 m).

Tanto en la pista como en las calles de rodaje y plataformas existen balizamientos luminosos (señalamiento luminoso), los cuales constituyen en el campo aeronáutico, un sistema necesario para la protección de los usuarios de la red aeroportuaria del país.

Cabe mencionar que existe un balizaje no luminoso o también llamado diurno, que en los aeropuertos se emplea principalmente durante las horas del día en el que la

luz natural es suficiente como para prescindir de alumbrado artificial. Este señalamiento consiste en marcas en el suelo de pintura reflectante, las cuales delimitan las pistas y los rodajes y determinan sus ejes, informan de la posición del umbral, de la zona de contacto, del número de identificación de la pista y las zonas de las barras de paradas, de los límites de las plataformas y la guía para la conducción de las aeronaves por las plataformas. También existen letreros informativos.

OACI, clasifica las ayudas visuales para la navegación en 5 grupos:

1. Indicadores y dispositivos de señalización.
2. Señales.
3. Luces.
4. Letreros.
5. Balizas.

#### BALIZAJE LUMINOSO

Corresponde a la implantación de balizas (puntos de luz de señalización) que dispuestos debidamente en el suelo o elevadas del conjunto de pistas, o en lugares necesarios (obstáculos, etc.), permiten y ayudan a la visualización en el movimiento de las naves en la superficie del aeropuerto ó en las maniobras de aterrizaje o despegue.

Deben distinguirse especialmente tres tipos de balizas:

- De baja intensidad (BI) de 2 a 100 cd
- De alta intensidad (HI) de 2.55 a 20.000cd
- De media intensidad (MI) de 1 00 a 2.500cd

En general las balizas de BI se utilizan para señalar las pistas únicamente por la noche con buena visibilidad.

Las balizas de HI serán utilizadas de día o de noche para malas condiciones atmosféricas con mayor intensidad de día para ser percibido con certeza con respecto a un fondo de luminancia elevada, por lo cual deberán ser variables para ajustar la intensidad a las condiciones de visibilidad mediante los reguladores de corriente constante o intensidad constante.

Para el balizaje luminoso, la O.A.C.I., según su anexo14, precisa la lista y composición de la siguiente manera:

- Dispositivo de aproximación.
- Indicadores visuales de pendiente de aproximación.
- Identificación del umbral.
- Identificación de los bordes de pista.
- Identificación de la zona de contacto de las ruedas.
- Bordes de vías de circulación.
- Eje de vía de circulación y de salida de pista a gran velocidad.
- Barras de parada.
- Letreros informativos.

### **CATEGORÍAS DE PISTA OACI**

La OACI ha realizado una clasificación de las pistas de acuerdo, principalmente al nivel de seguridad de tráfico. Este depende del sistema de aproximación utilizado cuando las condiciones atmosféricas son desfavorables, de las salidas del aeropuerto, de los obstáculos existentes, de la precisión de ayudas por radio y del

sistema de ayudas luminosas existentes que determinen los mínimos operacionales de las cuales, las maniobras serán admitidas (cierre parcial o completo del aeropuerto)

Estos mínimos son definidos por la altura de decisión (HD) y la referencia visual de la pista (RVR) o visibilidad horizontal del suelo.

Se distingue en la actualidad cinco tipos de pista teniendo en cuenta los sistemas de aproximación siguientes:

- a) Pista a la vista
- b) Pista con aproximación con instrumentos. Sistema de luces ó balizaje de baja intensidad (BI) más ayuda por radio.
- c) Pista de aproximación de precisión Categoría I Balizaje de (HI) alta intensidad más indicación radio aterrizaje ILS CAT I, Limites de explotación HD>60 m, RVR>800 m
- d) Pista de aproximación de precisión Categoría II. Balizaje HI (alta intensidad) reforzado más ILS CAT II. Limites de explotación HD>30 m y RVR>400 m.
- e) Pista de aproximación de precisión Categoría III. Balizaje HI (alta intensidad) reforzado en gran plan vertical más balizaje axial de vía de circulación, más ILS (Sistema de Aterrizaje por Instrumentos por sus siglas en inglés) CAT III dirigiendo el avión a la superficie de la pista.

Sin embargo la OACI prevé 3 sub categorías A, B y C.

La categoría III A es utilizada sólo en los grandes aeropuertos.

## **CAPÍTULO V: AYUDAS VISUALES PARA CATEGORÍA III-B**

---

Limites de explotación actuales:

RVR > 150 m al aterrizaje

RVR > 100 m al despegue.

En las condiciones de muy mala visibilidad sólo serán posibles las maniobras automáticas sin intervención del piloto; ya que en el límite de explotación III A aparecen serios problemas de guiado de los aviones a lo largo de las vías entre la pista y el aeropuerto.

### **CATEGORÍA I.**

#### **DEFINICIÓN DE PISTA PARA APROXIMACIÓN DE PRECISIÓN CATEGORÍA I.**

Pista de vuelo por instrumentos servida por un Sistema de Aterrizaje por Instrumento (ILS) ó por un Sistema de Aterrizaje por Microondas (MLS) y por Ayudas Visuales destinadas a operaciones con una altura de decisión no inferior a 60 m, y con una altura de visibilidad de no menos de 800 m ó con un alcance visual en la pista no inferior a 550 m.

**REFERENCIAS MÍNIMAS DE SISTEMA DE AYUDAS VISUALES QUE SERÁN CLARAMENTE VISIBLES E IDENTIFICABLES PARA EL PILOTO EN LA APROXIMACIÓN FINAL EN UNA PISTA DE PRECISIÓN CATEGORÍA I.**

En la aproximación a la pista, observará el piloto el sistema de luces de aproximación, que consistirá en una fila de luces a cada 600 m, situadas en la prolongación del eje de la pista, extendiéndose hasta una distancia de 900 m, a partir del umbral; observará a demás el Sistema Indicador de Pendiente de Aproximación de Precisión (PAPI), que proporcionará al piloto el ángulo de descenso en la aproximación final.

Las luces del umbral y barras de ala de alta intensidad de color verde, que indicarán al piloto el comienzo de la pista; luces instaladas en una fila perpendicular al eje de la pista.

El recorrido final hacia la plataforma, observará elementos luminosos de color azul que sirven para delimitar los bordes de las calles de rodaje, con la finalidad de permitir el desplazamiento de las aeronaves en le área de movimiento y son visibles desde todos puntos de azimut para proporcionar guía a los pilotos que circulen en cualquiera de los sentidos. Durante este recorrido el piloto apreciará señalamientos verticales iluminados, siendo una guía para el piloto, hacia un punto particular del campo, identificar las posiciones en espera, identificar las intersecciones entre las pistas de rodaje y las de aterrizaje y prohibir la entrada a aeronaves en las áreas designadas.

#### SISTEMA INSTALADO PARA AYUDAS VISUALES PARA CATEGORÍA I.

- Sistema Indicador de Pendiente de Aproximación de Precisión (PAPI)
- Sistema de luces de aproximación.
- Luces de borde de Pista.
- Luces de umbral, extremo de pista y barras de ala.
- Luces de borde de rodaje.
- Señalamientos verticales iluminados (Letreros)
- Indicador de dirección de viento.
- Faro giratorio.

#### CATEGORÍAS II Y III

## **CAPÍTULO V: AYUDAS VISUALES PARA CATEGORÍA III-B**

---

REFERENCIAS MÍNIMAS DE SISTEMA DE AYUDAS VISUALES QUE SERÁN CLARAMENTE VISIBLES E IDENTIFICABLES PARA EL PILOTO EN LA APROXIMACIÓN FINAL DE UNA PISTA DE PRECISIÓN CATEGORÍA II Y III

En la aproximación a la pista, observará el piloto el sistema de luces de aproximación y destello, que consistirá en una fila de luces a cada 30 m, situadas en la prolongación del eje de pista, extendiéndose hasta una distancia de 900 m, a partir del umbral. La ayuda suplementaria del sistema de destello, le proporcionará al piloto el eje de la pista y estarán emplazadas las luces estroboscópicas en la parte central de la fila de luces de aproximación. Por otra parte observará el Sistema Indicador de Pendiente de Aproximación de Precisión (PAPI), que proporcionará al piloto el ángulo de descenso en la aproximación final.

Apreciará un grupo de luces de umbral y barras de ala de alta intensidad de color verde, que indicarán al piloto el comienzo de la pista; luces instaladas en una fila perpendicular al eje de pista.

Dentro de la evolución de aterrizaje, observará luces de eje de pista de color blanco en la zona de toma de contacto, que se extenderá desde el umbral hasta una distancia longitudinal de 900 m y estarán dispuestas en forma de pares de barretas simétricas compuestas por tres luces y espaciadas cada barreta a cada 30 m.

Se observará además un emplazamiento de luces de eje de pista de color blanco desde el umbral hasta los últimos 900 m, luces alternadas de color rojo y blanco desde 900 m hasta los 300 m del extremo de pista. Finalmente en los últimos 300 m del extremo de pista, luces de color rojo; dichas luces estarán espaciadas a cada 15 m. Esta configuración es aplicada para ambas cabeceras.

Las luces de borde de pista, estarán emplazadas a todo lo largo de los bordes de pista en dos filas paralelas equidistantes del eje de la pista a una distancia de 30 m.

En la evolución de la pista rumbo a la plataforma, el piloto apreciará un sistema de luces de eje de rodaje, quien lo guiará en la posición de la plataforma, las luces serán de color verde amarillo desde el comienzo cerca del eje de la pista hasta el borde inferior de la superficie y seguidamente las luces deberán verse de color verde. Dichas luces estarán espaciadas a cada 15 m.

En el recorrido final hacia la plataforma, observará elementos luminosos de color azul que sirven para delimitar los bordes de las calles de rodaje, con la finalidad de permitir el desplazamiento de las aeronaves en el área de movimiento y son visibles desde todos los puntos de azimut, para proporcionar guía a los pilotos que circulen en cualquiera de los sentidos. Durante este recorrido el piloto apreciará señalamientos verticales iluminados, siendo una guía, hacia un punto particular del campo, identificar las posiciones de espera, identificar las intersecciones entre las pistas de rodaje y las de aterrizaje y prohibir la entrada a aeronaves en las áreas designadas.

#### DEFINICION DE PISTA PARA APROXIMACION DE PRECISIÓN DE CATEGORIA II.

Pista de vuelo por instrumentos servida por un Sistema de Aterrizaje por Instrumento (ILS) ó por un Sistema de Aterrizaje por Microondas, (MLS), y por ayudas visuales destinadas a operaciones con una altura de decisión inferior a 60 m., pero no inferior a 30 m, y con un alcance visual en la pista no inferior a 350 m.

#### DEFINICION DE PISTA PARA APROXIMACIÓN DE PRECISIÓN DE CATEGORIA III.

## **CAPÍTULO V: AYUDAS VISUALES PARA CATEGORÍA III-B**

---

Pista de vuelo por instrumentos servida por un Sistema de Aterrizaje por Instrumento (ILS), ó por un Sistema de Aterrizaje por Microondas, (MLS), hasta la superficie de la pista y a lo largo de la misma; y

- a.- Destinada a operaciones con una altura de decisión inferior a 30 m, o sin altura de decisión y un alcance visual en la pista no inferior a 200 m.
- b.- Destinada a operaciones con una altura de decisión inferior a 15 m, o sin altura de decisión y un alcance visual en la pista inferior a 200 m, pero no inferior a 50m.
- c.- Destinadas a operaciones sin altura de decisión y sin restricciones de alcance visual en la pista.

### **SISTEMAS INSTALADOS DE AYUDAS VISUALES PARA UNA CATEGORÍA III.**

- Sistema Indicador de Pendiente de Aproximación de Precisión (PAPI).
- Sistema de luces de aproximación y destello.
- Luces de zona de contacto.
- Luces de eje de pista.
- Luces de borde de Pista.
- Luces de umbral, extremo de pista y barras de ala.
- Luces de eje de rodaje.
- Luces de barra de parada.
- Luces de borde de rodaje.
- Señalamientos verticales iluminados (Letreros).
- Indicador de dirección de viento.
- Faro giratorio.
- Planta de continuidad.

Se muestra una secuencia de operación de un avión bajo esta condición en el Diagrama de Flujo V.1.- "FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA CATEGORÍA III-B"

#### V.1 SEÑALAMIENTO HORIZONTAL.

El señalamiento horizontal es un aspecto importante como guía para las operaciones de despegue y aterrizaje así como para el correcto y seguro tránsito de las aeronaves y de los vehículos en el aeropuerto.

El señalamiento horizontal son marcas de pintura con variación en colores según el sitio en dónde se encuentren:

- De color blanco en pista.
- De color amarillo en las calles de rodaje
- De color amarillo, negro y rojo en plataformas.

El color negro se emplea para formar ribetes en el señalamiento que se coloca sobre pavimento de concreto hidráulico, con el fin de resaltar los colores claros, como el amarillo.

En el aeropuerto de Toluca se empleó pintura reflejante o reflectante ecológica con las características suficientes para tener una adecuada adherencia al concreto asfáltico e hidráulico y que no se deforme por el paso de las aeronaves. A la pintura se le adicionan microesferas que servirán como reflejante de la luz de los faros de las aeronaves y vehículos.

Las marcas tienen diversas dimensiones y características según lo que representen.

## CAPÍTULO V: AYUDAS VISUALES PARA CATEGORÍA III-B

---

Principalmente se emplean para identificar lo siguiente:

- Bordes de pista.
- Umbral de pista (Fotografía V.2).
- Nomenclatura de la pista.
- Zona de contacto de ruedas.
- Bordes de vías de circulación.
- Eje de vía de circulación y de salida de pista a gran velocidad.
- Barras de parada.



Fotografía V.2.- Marcas de inicio de pista y umbral desplazado.

Previamente a la aplicación de la pintura para el trazo y delineado, se barre la superficie para eliminar el polvo o tierra y la humedad que existiera con el fin de mejorar la adherencia del material al pavimento, empleando una barredora

autopropulsada del tipo ROSCO RB-48 ó similar y en su caso un compresor de aire del tipo Ingersoll-Rand P375 con chiflones adaptados a él.

Para aplicar la pintura y la microesfera se emplea una máquina pintarrayas capaz de desarrollar una presión de aire suficiente para ejecutar una buena pulverización. Cuenta con espreas y atomizadores para producir un ancho mínimo de 15 cm y tiene un dispositivo esparcidor de esferas de un ancho mínimo de 15 cm y con agitadores mecánicos de la pintura.

La distribución de la pintura se hace de manera uniforme para evitar tramos escasos o con exceso de material.

El anexo 14 emitido por la Organización de Aviación Internacional proporciona las normas que regulan las características del señalamiento horizontal para los aeropuertos.

## V.2 SISTEMA INDICADOR DE PENDIENTE DE APROXIMACIÓN DE PRECISIÓN (PAPI).

### SISTEMAS VISUALES INDICADORES DE PENDIENTES DE APROXIMACIÓN.

Los sistemas visuales indicadores de pendientes de aproximación se utilizan para facilitar, por medio de información de descenso visual, la aproximación a una pista, según la OACI, hay diferentes sistemas visuales indicadores que son:

#### VASIS (VISUAL APPROACH SLOPE INDICADOR SYSTEM)

De dos a tres barras, de 6 a 8 elementos luminosos simétricamente dispuestos a ambos lados del eje de pista.

### AVASIS

De dos a tres barras, con elementos luminosos, dispuestos solo en el lado izquierdo del eje de pista, su número oscila entre dos y ocho.

### T VASIS/ AT VASIS

Consiste en 10 elementos luminosos dispuestos a ambos lados o lado izquierdo del eje de pista.

### PAPI / APAPI (PRECISION APPROACH PATH INDICADOR)

Único normalizado por la OACI a partir del 1º de enero de 1995

El sistema papi, utiliza una barra de ala con cuatro o dos elementos de lámparas (múltiples o sencillas en pares) de transición definida, situados a intervalos regulares que permite situar el avión sobre la pendiente ideal de descenso, tanto de día como de noche.

Este sistema se encuentra colocado, a menos que no sea posible, en el lado izquierdo de la pista, el alcance efectivo de este sistema con tiempo despejado es de 7.4 km.

Si la pista es utilizada por aeronaves que necesitan guía visual de balanceo y no existen otros medios externos que la proporcionen se suele situar una segunda barra de ala, al lado opuesto de la pista. Las pendientes de aproximación, suelen estar establecidas en tres grados, aunque para salvar obstáculos no se descartan sendas de planeo mas pronunciadas, cada elemento luminoso de los sistemas, proyecta un haz de luz cuya parte superior es de color blanco y de rojo la inferior. Su disposición es tal que, durante la aproximación, el piloto de una aeronave vera una combinación e luces que le indicaran su posición relativa con respecto a la senda de aproximación.

El sistema emite una luz roja o blanca por debajo o encima de un cierto ángulo, pudiéndose escoger la inclinación correcta. Dichos indicadores constituyen una sola barra situada a la izquierda de la pista. El desfase entre dos conjuntos consecutivos es generalmente de 20'. Así el piloto recibe la información cuando se ha situado sobre una pendiente adecuada, si observa 2 rojos y dos blancos.

La configuración de los elementos luminosos del papi y el reglaje de su ángulo de elevación se efectúa de manera que sean visibles para un piloto que realice la aproximación como una línea sensiblemente horizontal y cuando observe una luz blanca y tres rojas pueda franquear con seguridad todos los obstáculos que se hallen situados en el área de aproximación.

En este caso el PAPI se emplea, principalmente, por que los aviones son turborreactores y por las condiciones meteorológicas.

El sistema instalado PAPI deberá contar con lámparas de halógeno (burbuja de cristal de cuarzo) de 200 Watts, 6.6 Amps., tipo Pk30d con vida útil de un mínimo de 1,000 horas promedio y con una intensidad luminosa de aproximadamente 15,000 candelas en la gama del blanco, a fin de que garantice una penetración de más de 10 km durante el día claro y despejado, los filtros serán del tipo dispersivo para proporcionar un mínimo de 17° de divergencia azimutal. Todo el conjunto de gabinetes, tornillos para montaje de alta precisión, anclas o soportes de aluminio frangibles, deberán cumplir además con los requerimientos de normatividad y aprobación de la Organización de Aviación Civil Internacional, de la Dirección General de Aviación Civil de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes y las incluidas en las descritas para la unidad FAA L-880, estilo B.

Los componentes del sistema PAPI son los siguientes:

## **CAPÍTULO V: AYUDAS VISUALES PARA CATEGORÍA III-B**

---

- a. Cuatro gabinetes de luz idénticos (Tipo L-880)
- b. Una unidad de alimentación y control (PCU) (sólo para sistemas estilo A).
- c. Equipo de nivelación y calibración (puede estar integrado al gabinete de luz).

Los equipos deben estar diseñados para instalarse al aire libre y la operación continua bajo las siguientes condiciones ambientales:

1. Temperatura. Cualquier temperatura desde  $-55^{\circ}\text{C}$  a  $55^{\circ}\text{C}$ .
2. Humedad. Cualquier humedad relativa arriba de 100 por ciento.
3. Arena y Polvo. Expuesto a arena y polvo.
4. Lluvia con viento. Expuesto a la lluvia con viento en cualquier dirección.
5. Viento. Expuesto a velocidades de viento de 161 km/hr (100 mph) en cualquier dirección.
6. Salinidad. Exposición a una atmósfera salina.
7. Sol. Exposición a radiación solar.

Las unidades de iluminación deben cumplir con los siguientes requisitos:

- A. Fotométricos: Cada unidad de iluminación tendrá por lo menos dos lámparas y proporcionará un haz de luz horizontalmente partido para producir luz blanca en el sector superior y luz roja en el sector inferior. Cuando sea vista por un observador a una distancia de 300 m (1000 pies), la transición de la luz roja a la luz blanca ocurrirá dentro de un ángulo de 3 minutos de arco al centro del haz y dentro de un ángulo de 5 minutos de arco en los bordes del haz. Una línea dibujada a través del centro de la

banda de transición a  $+10^\circ$ ,  $0^\circ$ , y  $-10^\circ$  serán rectos dentro de 3 minutos de arco. Los colores de la luz serán blanco y rojo aeronáutico como se define en la especificación MIL-C-25050. La luz que pueda ser transmitida por las tapas deberá ser conforme a los requisitos de la especificación MIL-C-7989. Las lámparas tendrán un mínimo de vida de 1000 horas y deberá lograrse la intensidad máxima dentro de 5 segundos después de encender fría.

B. Construcción de la Unidad de Iluminación. Cada unidad de iluminación estará diseñada para soportar una carga dinámica debido al viento, sin causar que el patrón de luz sea desplazado. El peso de cada unidad de iluminación no excederá 45 kg (100 libras) (a menos que el PCU esté incorporado en la unidad de luz) y será mayor de 40 pulgadas (1 m) cuando esté instalado como altura mínima de montaje. La unidad de luz tendrá la forma o por otros medios de inhibir la lluvia que alcance la lente óptica.

C. Montaje. Las unidades de iluminación tendrán cuatro soportes para montaje que serán ajustables para permitir nivelación en cualquier lado de la unidad instalada. Soportes para el montaje y ajuste, tubería eléctrica metálica de 51 mm (2 pulgadas) de diámetro, coples frangibles, etc. Los accesorios de ajuste se diseñarán para prevenir cualquier desplazamiento del sistema óptico debido a vibración.

D. Nivelación. Las unidades de iluminación proporcionarán ajustes integrales que permitan asegurar la posición vertical precisa del centro del haz en cualquier ángulo, entre 2 y 8 grados. El centro del haz de luz se define como una banda de transición entre la luz roja y blanca. Se deberá proporcionar un dispositivo de nivelación tal que indique el ángulo vertical del centro del haz de luz dentro de una exactitud de 3 minutos de arco. El

## CAPÍTULO V: AYUDAS VISUALES PARA CATEGORÍA III-B

---

dispositivo de nivelación indicará minutos de arco y tendrá al menos una división cada 10 minutos. Las unidades deben estar calibradas de fábrica a un ángulo vertical fijo donde se proporcionan los medios que permitan la instalación en campo al ángulo deseado dentro de una exactitud de + 3 minutos.

E. Cables. Toda la instalación eléctrica se introducirá en las unidades de luz a través del pasa cable con tapones moldeados de fábrica. La longitud de los cables será adecuada para extenderse desde la unidad a través de una canalización flexible a un conector recto al nivel de piso. Deberá prevenirse estiramiento en el cable que se transmita a las conexiones en la unidad de luz. Los sistemas del estilo B tendrán conectores secundarios de la longitud adecuada y en un extremo deberá terminar con conector de salida del transformador de aislamiento.

En el Diagrama de Flujo V.1.- "FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA CATEGORÍA III-B" se muestra el funcionamiento del PAPI



Fotografía V.3.- Antiguo gabinete del PAPI



Fotografías V.4 y V.5.-Actuales gabinetes del PAPI



Para construir el sistema PAPI, es necesario que la brigada de topografía realice el trazo sobre el terreno natural en la zona que se la destinado.

Una vez trazada la ubicación sobre el terreno natural, se procede con el despalme del mismo y se realiza la excavación para las losas de concreto que servirán de cimiento de los gabinetes de luces y al mismo tiempo se efectúa la excavación para alojar el cimiento registro. Previo a la construcción se deberá nivelar la base tomando en cuenta que el centro de los lentes de los gabinetes deberán estar al

## **CAPÍTULO V: AYUDAS VISUALES PARA CATEGORÍA III-B**

---

nivel del eje de pista y la altura de montaje no deberá exceder los 90 cm., se compactara al 90% el terreno donde se desplantara la base de concreto.

Se realiza la preparación de los ductos que llevarán los cables y se realiza el colado de la losa. Las losas para la base o cimentación de los gabinetes del PAPI se construyen de concreto hidráulico de  $f'c=150$  kg/cm<sup>2</sup> con un acabado fino, llevan malla de acero de alta resistencia del tipo 6-6/ 10-10 a todo lo largo y ancho de 6.00 m de largo por 0.65 m de ancho y 0.15 m de profundidad. Las dimensiones de la losa de cimentación responden, además de lo requerido para las conexiones y estabilidad de los gabinetes, a impedir que se obstruya la visibilidad de los mismos cuando la maleza de alrededor ha crecido demasiado.

Se coloca el cimienta registro con la base universal y se dejan las preparaciones para el cableado.

Por último se realizan las conexiones necesarias al circuito eléctrico correspondiente y se hacen las pruebas para verificar su funcionamiento. Los gabinetes son conectados alternadamente a dos circuitos como medida de seguridad.

Una vez que los equipos están instalados se debe dar capacitación al personal de mantenimiento para la operación y diagnostico de fallas

Se construyeron sistemas de iluminación PAPI en ambas cabeceras de la pista. El aeropuerto contaba con un sistema PAPI que fue substituido por el que se requiere para la categoría III-B (Fotografías de la V.3 a la V.5).

### V.3 SISTEMA DE LUCES DE APROXIMACIÓN Y DESTELLO.

Estas luces le indican al piloto la proximidad de la pista; por su disposición y características es posible identificar la distancia por recorrer para llegar al umbral de la misma. Este sistema es muy importante porque, aunque las ayudas por radio guían al piloto hacia el aeropuerto, cuando se presentan condiciones de poca visibilidad, únicamente tendrá estas referencias para aproximarse a la pista del aeropuerto, para iniciar el aterrizaje de forma segura (Fotografía V.6).

La zona de aproximación es la correspondiente a un balizaje de ayuda previa a la pista de vuelo, que permite el descenso de la nave en las condiciones deseadas.



Fotografía V.6.- Vista nocturna de luces de aproximación.

Los fenómenos que dificultan la visibilidad son la bruma o neblina seca o húmeda, la niebla, lluvia abundante, nieve o viento de arena.

Las luces de aproximación tienen que reunir diferentes condiciones fotométricas a las luces del umbral y de pista. Se requiere mucha mayor intensidad en el sistema de aproximación en su iluminación y especialmente en las unidades luminosas situadas próximas al exterior.

Por otra parte debe garantizarse una identificación especial, como son las luces de destellos de alta intensidad en aquellos lugares donde la visibilidad es extremadamente mala.

Existen dos sistemas para la disposición de las luces de aproximación y destello. Tanto el sistema Calbert, utilizado en Europa, como el sistema de configuración A adaptado en EE.UU., ya sea para uso civil o militar son iguales en longitud, 900 m, variando sólo el número de barras transversales. En el sistema Calbert existen seis filas transversales de longitudes variables de luces espaciadas 150 m. En el sistema utilizado en EE.UU., existe una barra transversal a 300 m del umbral de pista. En este caso se empleó este último.

En la aproximación existe la necesidad a veces por desnivel del terreno situar las balizas según FAA, a 900 m del umbral a mayor altura de 0.5 a 1.5 m sobre soportes que deberán contemplar tres objetivos:

- Resistir el escape de los reactores 300 MPH en la pista, 200 MPH en los 90 m antes del umbral y 100 MPH a los 90 m o respecto a los vientos regionales.

- Ser ligeros y firmes en sus bases (soportes de 2 a 3 m) para oponer una débil masa de inercia de una nave que llegará a influenciar (Fotografía V.7).
- Remitir el acceso a la baliza y a su lámpara para su bascular respecto al suelo, ya que la acción de mantenimiento en vehículo todo terreno es difícil y caro.



Fotografía V.7.- Unidades de luces de aproximación elevadas

Las luces de aproximación se construyeron en el extremo de la cabecera 15 de la pista, se dispusieron de acuerdo con el proyecto y la normatividad vigente: luces de color blanco en toda la franja central, de color rojo en ambas orillas de la primera parte, y de color ámbar en las orillas de la segunda parte, colocando luces de color blanco a lo largo de toda barra de luces transversal que se sitúa a los 300 m del umbral (Fotografías V.8 y V.9).



Fotografía V.8.- Unidad de aproximación de luz color ambar.



Fotografía V.9.- Unidad de aproximación de luz color rojo.

Para la construcción de este sistema, se requiere que la brigada de topografía realice el trazado de marcas para ubicar el lugar en que se alojarán las luces de aproximación. Se despalma el terreno y se excava para posteriormente construir la cimentación de las lámparas por medio de losas de concreto. En estas losas se colocarán tres lámparas en los módulos de las orillas y cinco lámparas en los módulos centrales, de manera que en una línea o barra de luces transversales se encuentran las lámparas en disposición de tres-cinco-tres, salvo la barra situada a 300 m del umbral en la que se cuenta con diecisiete lámparas. Se deben instalar las bases universales que sean necesarias con sus respectivos cimientos registros y realizar todas las instalaciones eléctricas y conexiones, las cuales deben ser verificadas para su correcto funcionamiento.

#### V.4 LUCES DE ZONA DE CONTACTO.

En situación de escasa visibilidad, sobre la pista se indica la zona de contacto con un sistema de luces, el cual consta de lámparas empotradas en series de tres a ambos lados del eje de pista con una separación entre ellas de 90 cm en sentido transversal y espaciadas a cada 30 m longitudinalmente hasta alcanzar 900 m

iniciando en el umbral de la pista. Es en esta zona donde el avión hace el primer contacto con la pista y dependiendo del tipo de aeronave, lo deberá realizar de manera que le permita recorrer la distancia necesaria para lograr frenar con seguridad.

Para el presente caso, la instalación de las lámparas de zona de contacto se efectuó en la cabecera 15 sobre una pista existente y en rehabilitación. Los trabajos iniciaban cuando las operaciones del aeropuerto habían finalizado, en horario nocturno y con tiempo restringido. Una vez concluido el turno de labores, la pista debe estar en condiciones de operación segura y para ello se toman en cuenta todas las medidas necesarias en cuanto a los acabados y la limpieza de obra.

Cada una de las lámparas debe contar con una base universal tipo ALB. Esp. FAA-L-867 empotrada en un cimiento registro. Los cimientos registros con la base universal se fabricaron por aparte, es decir, son prefabricados, para poder ser colocados de manera que se cumpliera con el horario de trabajo y los requisitos demandados por el aeropuerto. El cimiento registro se construye con concreto hidráulico de resistencia  $f'c = 300 \text{ kg/cm}^2$  y con un armado de varilla corrugada de acero de  $3/8''$  de diámetro y espaciada a cada 20 cm tanto vertical como horizontalmente. El cimiento registro debe soportar y resistir satisfactoriamente las cargas que le transmiten las aeronaves usuarias del aeropuerto.

Los trabajos de instalación de las lámparas inician con el trazo por parte de las brigadas de topografía para su ubicación. Enseguida se excava con una perfiladora de pavimentos del tipo Wirtgen W 600 DC y con una cortadora de piso del tipo Target ECII25KC con disco de borde de tungsteno o adiamantado, se cortan los bordes de la excavación para que se formen las paredes verticales que recibirán el cimiento registro y con el mismo equipo se realiza el corte para hacer el canal para

## **CAPÍTULO V: AYUDAS VISUALES PARA CATEGORÍA III-B**

---

el cableado. La demolición del material sobrante se hace con una pistola rompedora neumática de piso.

Se hace la limpieza necesaria y se coloca el cimiento registro prefabricado con la base universal, el cual se ha transportado en un camión plataforma con grúa del tipo HIAB de 3.87 Ton. Para su colocación se empleó un pórtico metálico con polipasto. La base universal que se emplea es, de una salida de cableado para la lámpara más cercana al eje de la pista y de dos salidas para las otras lámparas. Se realiza la colocación y conexión de los conductos de tubo tipo Conduit galvanizado con los coples necesarios, que guiarán al cableado.

Una vez colocado el cimiento registro se rellenan los huecos entre las paredes de excavación y este, con carpeta asfáltica y se coloca una tapa de placa de Fo.Fo., de 1/2" de espesor (brida ciega) sujeta con tornillería. La tapa de placa se empleó porque se realizaron trabajos de reencarpetado en la pista, por lo que se tendió carpeta asfáltica sobre la base universal. Previamente al tendido de la carpeta asfáltica se colocó una malla geotextil como se ha mencionado en el capítulo correspondiente a la rehabilitación de la pista. Cabe hacer mención que para compactar la mezcla asfáltica sobre la base universal se empleó un compactador de rodillo liso oscilatorio en tandem del tipo Hamm HD 09V, con el fin de lograr el grado de compactación requerido y evitar algún daño a la instalación. La brigada de topografía debe identificar el lugar en donde ha quedado ahogada la base universal.

Una vez que se ha colocado la capa de carpeta asfáltica se hace una perforación con taladro y broca para extraer la mezcla asfáltica y descubrir la tapa de la base universal, se retira la tapa de placa y se coloca un arillo adaptador de acero inoxidable, mismo que recibirá una extensión ajustable de acero inoxidable con cuello roscado de 12 cm de ancho, para alcanzar el nivel de pista que sea

requerido para la colocación de la lámpara fijándose al arillo adaptador por medio de tornillos. Se instala el cableado y si los conductos están obstruidos con mezcla o cualquier otra materia extraña, se limpian para que permita el libre paso del cable. Se aplica un sellador alrededor de la extensión ya nivelada con el propósito de evitar que el agua penetre y para que la extensión ajuste y no tenga movimiento. Sobre la extensión se coloca un anillo de neopreno como empaque hermético y se instala la unidad tipo rasante unidireccional Esp. FAA – L - 850 B con una lámpara de halógeno de 48 Watts y un transformador de aislamiento de 65 Watts – 6.6/6.6 Amps. La lámpara también cuenta con un cuello con rosca y se fija a la extensión por medio de tornillos de acero inoxidable (Fotografía V.10).

El cableado que sale de las bases universales se conecta a un registro colocado a la orilla de la pista, el cual forma parte de un circuito en serie. Este registro cuenta con transformadores y con un modulo sensor Brite (Fotografía V.34), para el monitoreo de cada una de las lámparas, el cual envía información por medio del cable de alimentación a una computadora en la que se puede consultar el comportamiento de las unidades, para tomar las medidas preventivas o correctivas que sean necesarias. Es necesario por lo tanto instalar el Sistema de Control y Monitoreo de Luces de Ayudas Visuales, ALCS (Airfield Ligthing Computer System)



Fotografía V.10.- Unidad de señalamiento luminoso rasante para la zona de contacto

## CAPÍTULO V: AYUDAS VISUALES PARA CATEGORÍA III-B

---

### SECUENCIA GRÁFICA DE LA COLOCACIÓN DE LUCES EN LA ZONA DE CONTACTO



Trazo sobre el pavimento.



Perfiladora Wirtgen W600.



Corte con la perfiladora.



Demolición y remoción del pavimento sobrante.



Corte y perfilado del lugar del cimiento registro y zanja de cableado para 3 unidades.



Compactación del piso de la excavación.



Cimientos registro con base universal.



Colocación del cemento registro empelado el portal con polipasto.



Alineación del cemento registro.



Se rellenan los bordes del cemento registro con grout para ajustar.



Se instala la tubería para el cableado y se impregna



Se coloca la malla geotextil y se rellena las zanja con carpeta asfáltica.

## CAPÍTULO V: AYUDAS VISUALES PARA CATEGORÍA III-B

---



Se coloca la tapa sobre la base universal y se efectúa la compactación con el compactador de rodillo oscilatorio.



Se realizan los trabajos de pavimentación cubriendo el cimiento registro



Se ubica el lugar del cimiento registro sobre la superficie pavimentada.



Se realiza la extracción del pavimento para descubrir la base universal del cimiento.



Se retira el tapón de carpeta asfáltica y se quita la tapa ó brida ciega.



Se descubre la base universal y se limpia de los residuos de carpeta asfáltica y malla.



Se coloca la extensión ó arillo adaptador.



Y se ajusta empleando la unidad rasante para que quede al nivel de la carpeta asfáltica.



Se sellan los bordes con grout, se realiza la instalación eléctrica y se realizan las pruebas para comprobar su funcionamiento.

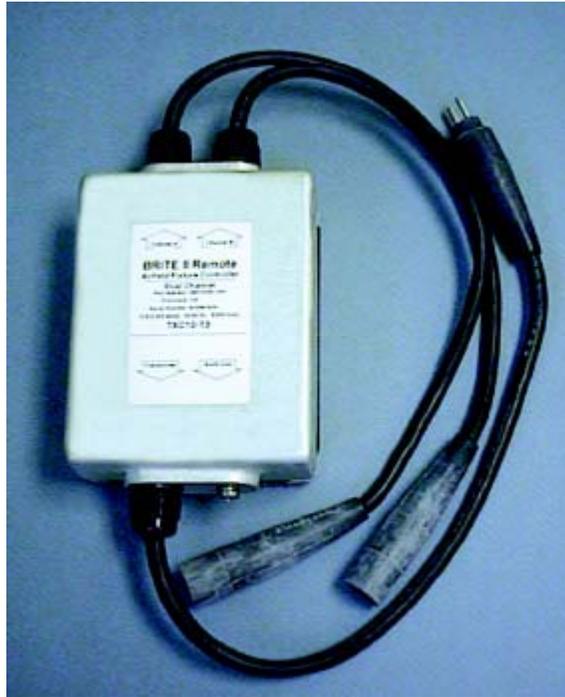


Finalmente se ajusta la unidad de señalamiento rasante fijándola con los tornillos.



Las luces se encuentran listas para su funcionamiento.

(Fotografías de la V.11 a la V.33)



Fotografía V.34.- Brite para el monitoreo de las unidades luminosas con el sistema ALCS

Como ya se mencionó cada una de las unidades luminosas está monitoreadas. El sistema ALCS, controla, supervisa y monitorea las condiciones de lámparas averiadas en forma automática, luces de eje de pista, luces del eje de rodaje, luces de zona de contacto, luces de borde de pista circuito 1, luces del sistema PAPI, bajo aislamiento en conductores eléctricos de todos los sistemas, condiciones de operación de todos los reguladores de corriente constante, selectores de circuitos, faro giratorio, indicador de dirección de viento, planta generadora de energía eléctrica (UPS) y otros dispositivos que deban controlarse a distancia y/o requieran monitoreo. Finalmente, el sistema tendrá la flexibilidad de expandirse a futuro para controlar y monitorear sistemas adicionales.

#### V.5 LUCES DE EJE DE PISTA.

Se utilizan para señalar los ejes de pista en condiciones de baja visibilidad, se encuentran instaladas generalmente, en las pistas para aproximaciones de precisión y en las de despegue con mínimos de utilización inferiores a un RVR de 400 m.

En general, para pistas de una longitud superior a 1800 m estas luces son de color blanco, desde el umbral hasta los 900m del extremo de pista, alternativamente de color rojo y blanco desde los 900 m hasta los 300 m del extremo de la pista y de color rojo desde los 300 m hasta el extremo de la pista (Fotografía V.35).



Fotografía V.35.- Unidad luminosa para eje de pista.

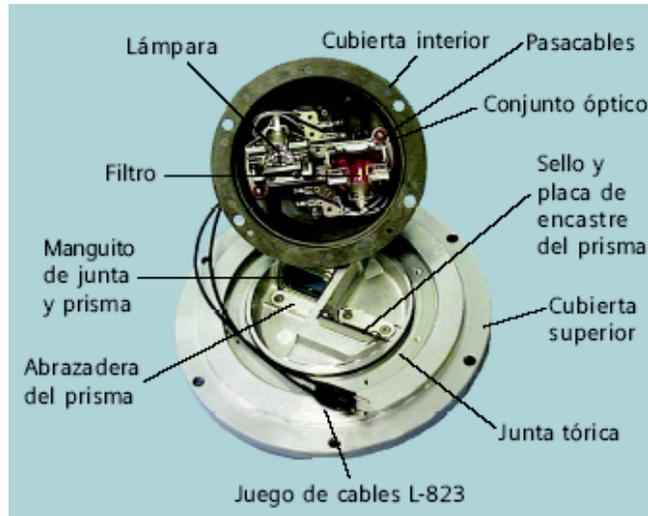
Al eje de pista se colocaron unidades rasantes bidireccionales Esp. L-850-A, con dos lámparas de halógeno de 48 Watts y un transformador de aislamiento de 65 Watts – 6.6/6.6 Amps., colocadas a cada 15 m (Fotografía V.36).

Se realizó el trazo para la ubicación e identificación de las unidades de iluminación y se ejecutó la excavación para el alojamiento de los cimientos registros y para el cableado, con una perfiladora de pavimento del tipo Wirtgen W 600 DC, el volumen de material sobrante se demolió con pistola rompedora neumática y se delimitó el borde de la excavación con cortadora de piso con disco de borde adiamantado. Se colocaron los cimientos registros de concreto hidráulico prefabricados con las bases, de la misma manera que las lámparas de la zona de contacto. En este caso se emplearon bases universales Esp. FAA-L-687 B, de una, dos y tres salidas: de una salida en el inicio del eje de la pista, de dos salidas en las unidades intermedias y de tres salidas en donde la unidad se conectaba además a los registros en las orillas de la pista. Por seguridad se emplean cuando menos dos circuitos en serie, independiente uno del otro y las unidades de iluminación se conectan a ellos de forma alternada, una al circuito uno y la siguiente al circuito dos; de esta manera si un circuito llegara a fallar, en un caso de emergencia, la operación es posible realizarla únicamente con las unidades conectadas al segundo. También se instala la tapa brida ciega para que se realice la colocación de la malla geotextil y se haga el tendido de la carpeta asfáltica.

Se extrae la carpeta asfáltica que se encuentra sobre la base universal, se retira la tapa de Fo.Fo., se sitúa el anillo de transición y se acopla la extensión, se introduce el cableado y se hacen las conexiones, para por último instalar la unidad rasante bi direccional.

Las unidades que se alojan en el eje de pista, cuentan con dos lámparas contrapuestas ya que sirven para que las operaciones se puedan realizar por ambos sentidos de la pista; en este caso por la pista 15 (iniciando en la cabecera 15) o por la pista 33 (iniciando en la cabecera 33) aunque cabe aclarar que el

aeropuerto podrá funcionar en la Categoría III B únicamente cuando las operaciones se ejecuten por la cabecera 15.



Fotografía V.36.- Vista interior de unidad luminosa de eje de pista

El piloto observará en primera instancia, luces de color blanco en eje de la pista y conforme se acerque al final de la misma, aproximadamente a partir de los últimos 900 m, se irán alternado los colores blanco y rojo, hasta ser rojas en su totalidad en la proximidad del borde, a partir de los 300 m finales. Esta disposición funciona de la misma manera en ambos sentidos de la pista, es por ello que las unidades son de dos direcciones. La luz roja se logra colocando un filtro a la lámpara.



Fotografía V.37.- Luces de eje de pista.

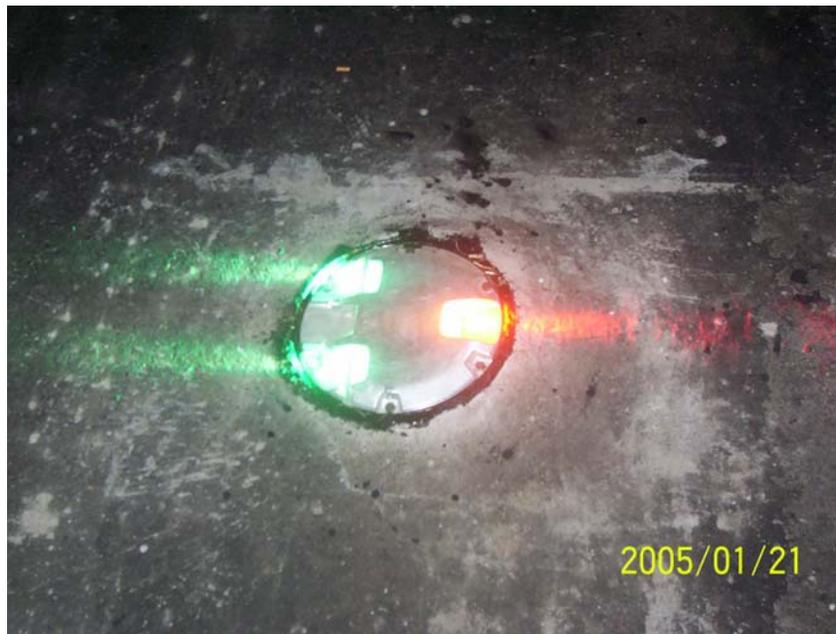
### V.6 LUCES DE UMBRAL, EXTREMO DE PISTA Y BARRAS DE ALA.

#### GENERALIDADES.

Luces de umbral y de barra de ala: Son luces unidireccionales, de color verde, visibles en la dirección de la aproximación, tanto las luces de umbral como las de barra de ala, se encuentran instaladas en el borde de pista o en el umbral desplazado, proporcionando las barras una indicación más visible del umbral.

Luces de extremo de pista: Son luces unidireccionales, de color rojo, visibles en la dirección de la pista situadas en el extremo de la pista para señalar esta situación.

El inicio y el fin de la pista están indicados con luces. Para en el umbral y extremo de pista se emplean unidades rasantes bidireccionales del tipo L-850 D que cuentan con tres lámparas de halógeno de 105 Watts, y un transformador de aislamiento de 300 Watts – 6.6/6.6 Amps.



Fotografía V.38.- Unidad rasante para umbral (luces color verde) y extremo de pista (luz color roja)

Las unidades que en un sentido funcionan como luces de umbral de pista en el otro sentido lo harán como luces de extremo. Para el umbral de pista se emplean dos luces de color verde por cada unidad de iluminación y una de color rojo por cada unidad para el extremo de pista (Fotografía V.38). Para ambos casos se cuentan con 17 unidades rasantes espaciadas transversalmente a cada 2.5 m.

La brigada de topografía marca sobre el pavimento el lugar en el que se instalarán las lámparas. Se delimita la zona de excavación con cortadora de piso tipo Target ECII25KC y se realiza la excavación con perfiladora de pavimentos tipo Wirtgen W 600, así mismo se excava la zanja para el cableado. Se coloca el cimientto registro y se tapa con la brida ciega. Se procede a tender la malla geotextil y se construye la capa de carpeta asfáltica. A continuación se corta la carpeta para descubrir y retirar la tapa del cimientto registro, se coloca el anillo adaptador y la extensión, se hacen las conexiones y se coloca la unidad rasante. Este procedimiento es idéntico al empleado en las lámparas de la zona de contacto. Se deben realizar las pruebas necesarias para comprobar el adecuado funcionamiento del sistema de luces. Estas unidades también se conectan alternadamente a dos circuitos.



Fotografía V.39.- Unidades luminosas de barra de ala en el umbral de la pista

## CAPÍTULO V: AYUDAS VISUALES PARA CATEGORÍA III-B

---

Las luces para las barras de ala indican los bordes de la pista, en el inicio de la misma. Se colocan a ambos lados del umbral de pista y están en línea con las unidades luminosas de este. La barra de ala cuenta con seis unidades del lado izquierdo y seis del lado derecho de la pista, y son de luz color verde, con la particularidad que una de las unidades indica el hombro de la pista y es bi direccional, con luz de color verde en un sentido y luz de color rojo en el otro sentido (Fotografía V.39). Estas unidades son del mismo tipo que las empleadas en las luces de aproximación, empleando postes frangibles cortos, con excepción de las utilizadas en el lado izquierdo de la cabecera 33, en donde las unidades son rasantes ya que, la barra de ala, abarca parte de la gota de la pista. En el Diagrama de Flujo V.2, se muestra la secuencia en la instalación de unidades luminosas rasantes en pista.



Fotografía V.40.-Luces de umbral de pista en color verde

## V.7 LUCES DE EJE DE RODAJE.

Estas luces son similares a las del eje de pista. Se emplea la unidad rasante bi direccional Esp. L-852 C, la cual cuenta con dos lámparas de halógeno de 48 Watts y un transformador de aislamiento de 100 Watts –6.6/6.6 Amps. Las lámparas son de menor intensidad luminosa ya que las aeronaves “carrean” por el rodaje a baja velocidad y son más fácil de percibir por el piloto. Estas luces lo guían hacia las plataformas, las pistas u otro rodaje (Fotografía V.41). El color de las luces es verde y cuando se encuentran cerca de la pista se alternan verde y ámbar.



Fotografía V.41.- Fijación con tornillos de unidad rasante para eje de rodaje

Para algunas luces de eje de rodaje el procedimiento constructivo presentó algunas variantes con respecto a lo mencionado anteriormente para las unidades de tipo rasante, sobretodo en el caso en que los rodajes eran de concreto hidráulico. Para esta situación se realiza la excavación, pero debido a que no se

tenderá carpeta asfáltica y para permitir el libre tránsito de las aeronaves, el hueco que queda se cubre con una placa de acero cuadrangular con las cuatro orillas en chaflán y con dimensiones mayores al área que ocupará el cimiento registro (Fotografía V.42). No se coloca membrana geotextil, pero después de instalar el cimiento registro con la base universal y tender la tubería tipo Conduit, se cubren todas las oquedades con carpeta asfáltica o con sello epóxico. Después se coloca el adaptador, la extensión si fuera necesario y por último la unidad luminosa.



Fotografía V.42.- Placa para cubrir hueco que alojará cimiento registro.

### V.8 LUCES DE BARRA DE PARADA.

Las luces de barra de parada juegan un papel muy importante cuando el aeropuerto se encuentra en condición de Categoría III inciso B. Se encenderán las luces de barras de parada que indicarán que todo el tránsito debe detenerse, y se apagarán para indicar que el tránsito pueda continuar.

Este dispositivo funciona como control de acceso de las aeronaves a la pista. El controlador aéreo, por medio de estas luces negará o aprobará el tránsito por el

rodaje hacia la pista, dependiendo de la etapa del aterrizaje o del despegue, en que se encuentre el avión que ocupa la pista.

A pocos metros antes de la barra de parada, fuera del acotamiento, se instala un sensor que funciona con microondas para detectar vehículos o aeronaves (Figura V.2). El detector de microondas es alimentado a un circuito serie por medio de un transformador de aislamiento de la capacidad requerida, cuenta con monitor remoto y todos los accesorios necesarios para su correcta operación en el sistema ALCS.

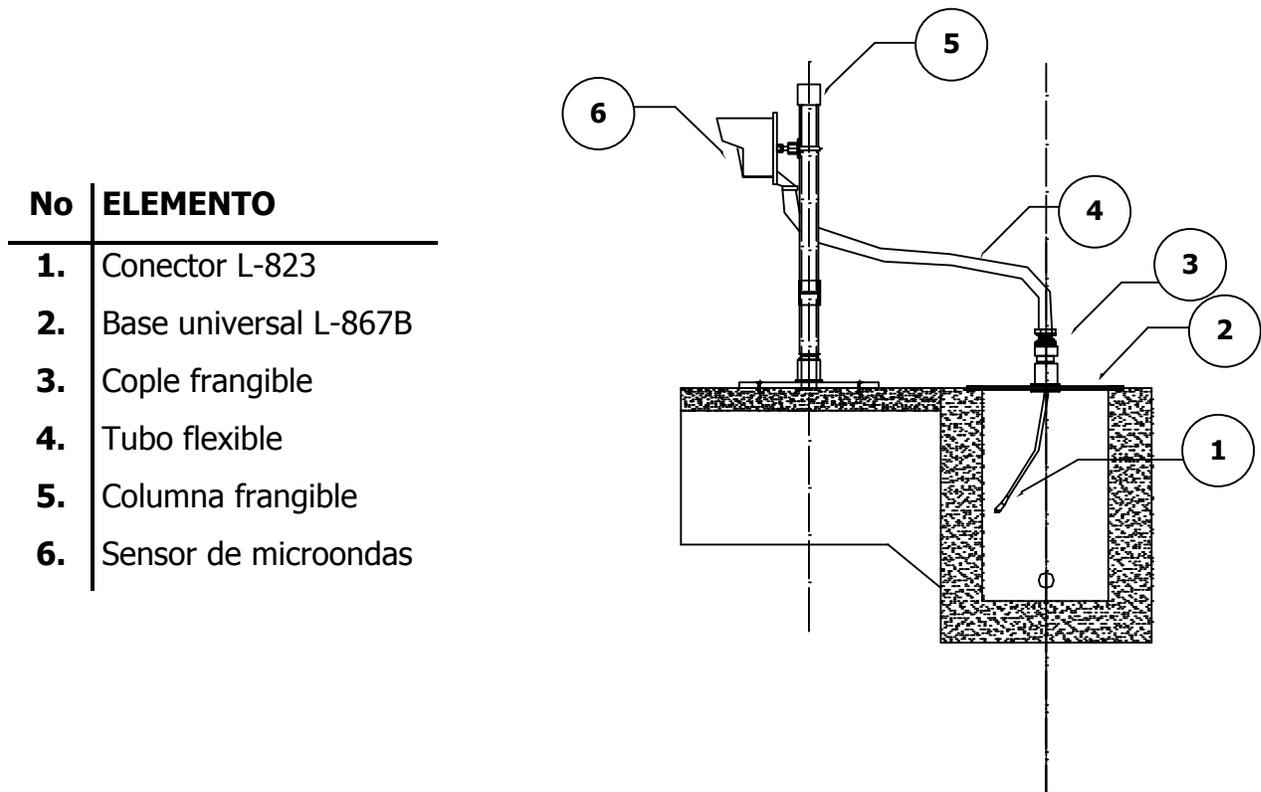


Figura V.2.- Sensor de microondas para vehículos aeronaves

El control de luces de eje de rodaje y barra de parada funciona de la siguiente manera:

---

## **CAPÍTULO V: AYUDAS VISUALES PARA CATEGORÍA III-B**

---

- 1.- Las luces de barras de parada de los rodajes deberán estar encendidas en color rojo.
- 2.- Al recibir una aeronave autorización de salir de la plataforma y dirigirse a un rodaje, un grupo de luces de eje de rodaje permanecerá encendido hasta la barra de parada, en el punto de espera sobre este mismo.
- 3.- Cuando la aeronave recibe la autorización de cruzar la barra de parada, se apagarán las luces rojas e inmediatamente se encenderán el grupo de luces de eje de rodaje situadas mas allá de la barra de parada.
- 4.- Cuando la aeronave cruza la barra de parada, nuevamente se deberá encender automáticamente la barra de parada en color rojo para proteger la pista.
- 5.- Cuando la aeronave comienza el recorrido de despegue, se apagarán las luces de eje de rodaje comprendidas entre la barra de parada y la pista.
- 6.- En caso de que una aeronave ó vehículo no autorizado cruce alguna barra de parada sin autorización, un sistema de alerta visual y sonoro dará aviso al controlador aéreo.
- 7.- En la llegada de una aeronave y al recibir autorización para rodar rumbo a la a la plataforma, se encenderán un grupo de luces de eje del rodaje indicado para ser guiada la aeronave a la plataforma.

Todo esto se realiza a través del sistema ALCS, dado que el controlador no ve la pista, los rodajes e incluso algunas de las plataformas.

En la barra de parada se emplean nueve unidades rasantes Esp. FAA-L-850 C con dos lámparas de halógeno de 105 Watts y un transformador de aislamiento de 200 Watts –6.6/6.6 Amps. Esta unidad será instalada en una base universal L-867. El color de las luces es rojo (Fotografía V.43).



Fotografía V. 43.- Luces de barra de parada.

El procedimiento de instalación es idéntico al de las unidades rasantes (Fotografía V.44).

Se instalaron barras de parada con sus respectivos sensores en los rodajes Alfa, Alfa paralelo, Bravo, Coca, Delta, Eco y Québec. Es importante indicar que cuando se presenta la condición de aeropuerto en Categoría III inciso B, se utilizará el rodaje Alfa paralelo, con posibilidad de ingreso a la pista por Alfa o Bravo. En los otros rodajes que cuentan con barra de parada, las unidades de iluminación tienen la particularidad de que el color de la luz de una de las lámparas es rojo, para el alto total y el de la otra es ámbar, cuando se permite el ingreso de la aeronave a la pista.



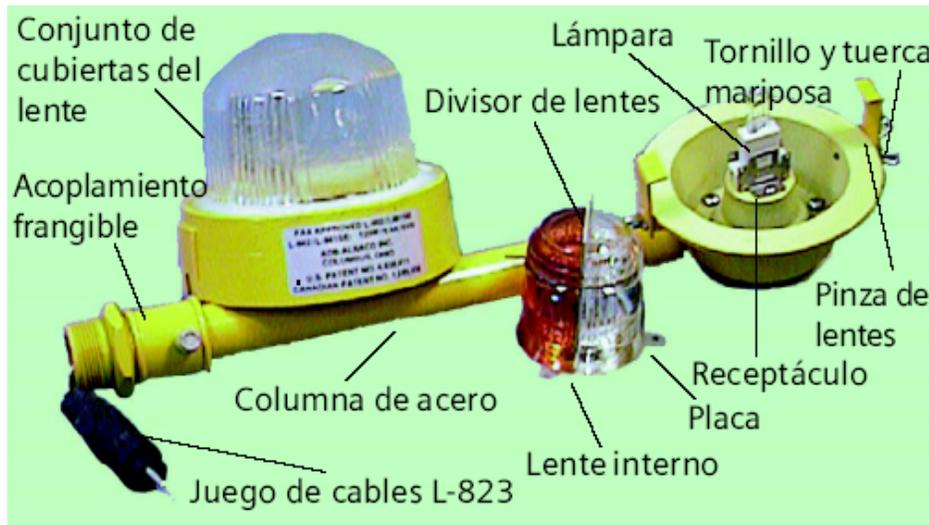
Fotografía V.44.- Instalación de cimientos registro para luces de barra de parada en rodajes.

### V.9 LUCES DE BORDE DE PISTA Y DE BORDE DE RODAJE.

En el borde de pista se emplean unidades luminosas de alta intensidad del tipo FAA L-862 HRLQ, con el fin de que sean visibles para el piloto a la altura y velocidad de descenso o ascenso del avión. Delimitan la pista a todo lo largo de ella en ambos extremos. Estas unidades de iluminación deben ser resistentes a las condiciones climáticas de la zona.

Las luces de borde de pista cuentan con una lámpara, un lente interno dividido en dos y un lente o globo externo, además como soporte un poste frangible, como lo marcan las normas de seguridad. El lente externo debe ser de filtro claro y el interno será de filtro blanco en sus dos partes a menos que se encuentre en los

últimos 300 m de la pista en el cual una parte del lente será de filtro color rojo y la otra blanco (Fotografía V.45). En este último caso, la parte de color rojo está dirigida de tal manera que el piloto pueda percibirla para estar avisado que se aproxima al fin de la pista.



Fotografía V.45.- Componentes de una lámpara de borde elevada.

Se sustituyeron las lámparas elevadas existentes por las de este tipo para lograr la intensidad de luz que requiere la categoría III-B y para modernizar el equipo además de tener la posibilidad de instalarle el equipo Brite para su monitoreo (Fotografías V.46 y V.47).



Fotografía V.46.- Unidad luminosa para borde de pista



Fotografía V.47.- Unidades de borde de pista instaladas.

## CAPÍTULO V: AYUDAS VISUALES PARA CATEGORÍA III-B

---

Las luces de borde de rodaje son balizas elevadas omnidireccionales de baja o media intensidad. Como complemento del balizaje de pista de "alta intensidad" Las balizas citadas, están destinadas especialmente a la limitación de las áreas y vías de circulación o rodaje, con lámpara de 6,6 A se alimenta en circuito serie (Fotografía V.48).

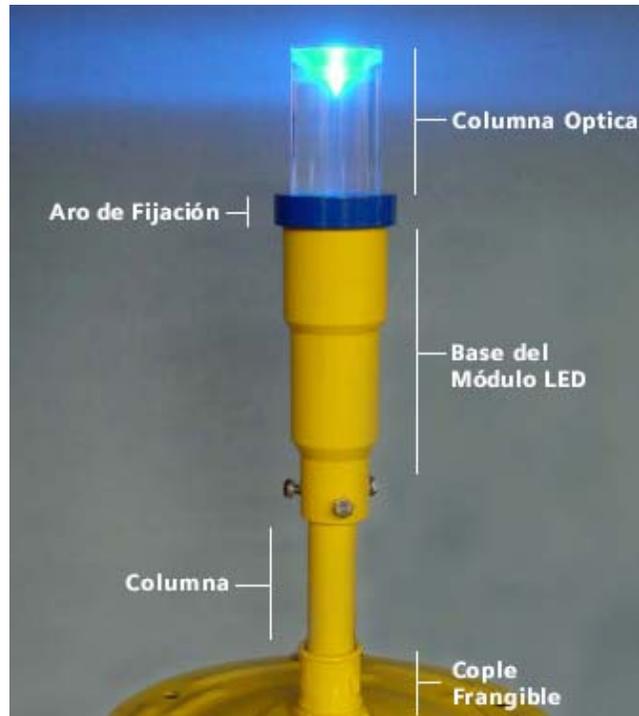


Fotografía V.48.- Instalación de unidad de borde de rodaje



Fotografía V.49.- Unidad luminosa instalada.

Dada su simplicidad resulta útil como baliza de obstáculos así como balizaje en barreras de protección de turbulencias (Fotografía V.49). En el aeropuerto de Toluca se colocaron lámparas con LEDs de color azul de especificación FAA L-861 que tienen un prisma para proporcionar la intensidad adecuada, con soporte de poste con cople frangible, instaladas sobre una base universal L-867B. Las luces de LEDs tienen un período de vida largo y no requieren de mucha energía eléctrica para su funcionamiento (Fotografía V.50). No requiere filtros y por consiguiente no se observan los desplazamientos de color cuando se ven las luces a diversos ángulos o temperaturas.



Fotografía V.50.- Lámpara de borde de rodaje de LED color azul.

Según prescripciones OACI Anexo 14 estas balizas se utilizan como delimitación de vías de circulación y áreas de estacionamiento.

Cómo ya se ha mencionado varios rodajes debieron ser ampliados a ambos lados del eje, por esto, las unidades de iluminación tipo elevadas de borde de rodaje, debieron ser desinstaladas por tramos de trabajo y reinstaladas en su sitio con una nueva altura, renivelando desde la base universal. Fue necesario implementar dispositivos auxiliares para iluminar los tramos en rehabilitación durante el periodo nocturno en el que se encontraba en operación el aeropuerto. Las unidades se desinstalaron desde el cimiento registro, demoliéndose en algunos casos y fabricando nuevos.

### V.10 SEÑALAMIENTO VERTICAL LUMINOSO (LETREROS).

Son ayudas visuales con mensajes fijos o mensajes variables elevados sobre el terreno que tiene como finalidad dar información al piloto por lo que han de colocarse tan cerca de los pavimentos como sea posible. Deben ser ligeros, con soportes tangibles y de altura tal que se guarde la distancia de seguridad con las aeronaves.

La forma a utilizar es rectangular con el lado mayor horizontal y pueden anclarse con cables o cadenas para que el viento, los chorros de los motores o las estelas no los arranquen.

Los letreros de información serán de fondo negro con inscripciones amarillas para uso nocturno o con mala visibilidad, se iluminara o se empleara material reflectante.

Serán obligatorias las instrucciones que se refieran a puntos que no puedan sobrepasarse sin autorización expresa de la torre de control, como son los de intersección de calles de rodadura, prohibida la entrada.

Los puntos de espera de pista de CATEGORIA II o III, puntos de espera en vía de vehículo, llevan señal y letreros con cara al sentido de aproximación hacia el área crítica; en ambos lados.

Los letreros de información son de fondo negro o con inscripciones amarillas. Para uso nocturno o con mala visibilidad se iluminarán o se emplearan materiales reflectantes.

Si los letreros no son de emplazamiento se utilizarán letras negras sobre todo amarillo.

El objetivo de estas señales es guiar a los pilotos hacia un punto particular del aeropuerto, identificar las posiciones de espera, identificar las intersecciones entre las calles de rodaje y la pista de aterrizaje y despegue y prohibir la entrada de aeronaves en las áreas restringidas.

El señalamiento se sujeta a lo indicado en el proyecto, apegándose totalmente a las "Especificaciones Generales y Normas para el Diseño, Construcción e Instalación de Señalamiento Vertical para Pista y Rodajes en Aeropuertos", y de acuerdo con lo especificado por la FAA, siendo nacional la aprobación de la Dirección General de Aeronáutica Civil de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

En esta obra se incluyen letreros de los siguientes tipos:

Tipo L-858Y Dirección, Destino y Límite – Leyenda en negro sobre fondo amarillo (Fotografía V.51).

Tipo L-858R Obligatorio – Leyenda en blanco sobre fondo rojo.

Tipo L-858L Localización en Rodaje y Pista – Leyenda y borde amarillo sobre fondo negro (Fotografía V.51).

Tamaños: Se incluyen letreros de los siguientes tamaños:

Tamaño 3 \* Placa frontal 80 cm con leyenda de 40 cm.

\* Aplicable solamente a los tipos L-858R, L-8558Y y L-858L.

Estilos Se incluyen letreros de los siguientes estilos:

## CAPÍTULO V: AYUDAS VISUALES PARA CATEGORÍA III-B

---

- ❖ Estilo 2. Iluminado Internamente, alimentado mediante un circuito serie (4.8 a 6.6 Amperes)
- ❖ Estilo 3. Iluminado Internamente, alimentado a través de un circuito serie (2.8 a 6.6 Amperes) o (8.5 a 20 Amperes con transformador de aislamiento 20/6.6 Amperes)
- ❖ Estilo 4. Sin iluminación (Aplicable solamente a los tipos L-858R, L-858Y y L-858L)



Fotografía V.51.-Letrero que indica el rodaje Delta y el rodaje Alfa

Cada letrero debe cumplir con todos los requisitos especificados y debe incluir: soportes de montaje y accesorios; conectores secundarios, cualquier unidad de adaptación al circuito serie requerido para letreros Estilo 2, y 3; y dos manuales de instrucciones.

Requisitos Ambientales: Los letreros, incluyendo todos los componentes requeridos, deberán ser diseñados para las condiciones siguientes de uso exterior continuo.

Temperatura: Un rango de temperatura ambiente de  $-20^{\circ}\text{C}$  a  $+55^{\circ}\text{C}$  para letreros Clase 1

Viento. Expuesto a vientos con velocidades hasta 322 km/h.

Lluvia. Expuesto a lluvias torrenciales.

Construcción del Letrero. Los letreros serán construidos de materiales ligeros no ferrosos y estarán diseñados para instalarse en estacas o bases de concreto. Todos los accesorios para montaje requeridos excepto las anclas deberán suministrarse con el letrero.

Tamaños. La longitud del letrero deberá seleccionarse para alojar solamente elementos con mensajes completos. Cuando sea requerido, un letrero podrá instalarse conteniendo múltiples leyendas del mismo tamaño (altura de montaje y altura de la placa) en línea recta. Cuando sean usados letreros múltiples, la distancia de separación entre leyendas, deberá ser de 10.00 a 20.00 cm. Letreros no iluminados e iluminados internamente, no se instarán conjuntamente (en el mismo letrero).

Soportes de Montaje. Los soportes de montaje para cada letrero deberán tener puntos frágiles a 5.1 cm o menos, arriba de la base o estaca. Los puntos frágiles resistirán cargas de vientos debido a los chorros de las turbinas de los aviones de 322 km/h pero se romperán antes de alcanzar una carga estática aplicada sobre el

## **CAPÍTULO V: AYUDAS VISUALES PARA CATEGORÍA III-B**

---

señalamiento de 0.091 kg/cm<sup>2</sup>, (1.3 Lb/pulg<sup>2</sup>). Los señalamientos y soportes de los mismos resistirán cuando menos la presión a la cual los puntos frágiles se rompan.

Cara del Letrero. Los letreros podrán ser de una cara (mensajes de un solo lado) o dos caras (mensajes en los dos lados).

Iluminación del Letrero. El fondo del letrero Tipo L-858Y y las leyendas de los letreros tipo L-858R y L-858L, deberán tener una luminancia promedio de 10 a 300 cd/m<sup>2</sup>. El tipo de señal deberá ser fácilmente identificable a una distancia de 244 m durante el día o la noche. Las lámparas deberán ser fácilmente accesibles para su reemplazo.

Componentes y Materiales. Todos los materiales usados en la fabricación de los letreros y los accesorios de montaje, deberán ser adecuados al letrero y protegidos adecuadamente contra la corrosión. Todos los accesorios para el armado del letrero, incluyendo tornillos, pernos, tuercas, roldanas y cerrojos deberán ser de acero inoxidable 18-8. Todo el cableado y sus componentes, deberán estar calculados adecuadamente y no excederán los límites de operación recomendados por el fabricante.

Acabado. Las superficies externas del letrero, excluyendo los soportes de montaje y la cara del tablero, deberá ser pintado con primer negro acabado mate. El tratamiento de color de las superficies no metálicas deberá ser igual en calidad que el obtenido en superficies metálicas.



Fotografía V.52.- Letrero que indica la pista 15-33 y el rodaje Delta.

Señalamiento vertical iluminado internamente Esp. FAA. L-858 con base de concreto hidráulico. Previo al montaje del letrero, se debe realizar trazo, nivelación del terreno y se construye una base de concreto armado  $f'c = 150 \text{ kg/cm}^2$ , de espesor por un metro de ancho y longitud variable en función del señalamiento vertical de acuerdo al plano de proyecto, el armado de la base con malla electro soldada de alta resistencia tipo 6-6/10-10 a todo lo largo y ancho de la losa, esto incluye en la parte lateral un registro eléctrico, con base universal Esp. L-867 D, con brida ciega, se colocan anclas de  $\frac{1}{4}$ " de diámetro y 0.40 cm de longitud, con un extremo roscado (Fotografía V.52). Esto comprende la instalación de letreros junto con todos sus accesorios, tales como: transformador de aislamiento de la capacidad necesaria para su iluminación uniforme, cables, conectores primarios, coples, extensiones, ancla, retenidas y demás accesorios.

Para los letreros debe construirse una cimentación de losa de concreto e instalarse los cimientos registro con las bases universales necesarias de acuerdo con su tipo.

### V.11 INDICADOR DE DIRECCIÓN DE VIENTO.

El indicador de dirección de viento, también conocido como manga de viento o cono de viento, proporciona información visual acerca de la velocidad y dirección del viento de superficie a los pilotos en vuelo o en la pista, en los aeropuertos y helipuertos (Fotografía V.53).

El funcionamiento del cono de viento depende totalmente de la dirección y la velocidad relativa del viento de superficie. El movimiento del viento por la boca abierta del armazón y dentro de la manga inflada indica la dirección real del viento para velocidades tan bajas como tres nudos (aproximadamente 5.56 km/hr), en un círculo de 360° alrededor del eje vertical.



Fotografía V.53.- Cono indicador de vientos.

El cono de viento está formado por una manga de poca masa, fabricada con tela de nylon tratada para repeler el agua y la humedad y resistir la descomposición. El color estándar del cono es el naranja de aviación. La manga cuenta con un

almazón interno que está montado a un poste por medio de unos baleros herméticos, los cuales permiten un movimiento preciso de veleta, para obtener la verdadera dirección del viento en todo tipo de clima y condiciones.

El cono de viento debe llevar una luz de obstrucción roja Esp. L-810 de 69 W y 120V montada en el punto más alto del conjunto.

Existen conos de viento iluminados externamente, iluminados internamente y no iluminados.

Los conos iluminados externamente cuentan con un juego de cuatro lámparas halógenos PAR38 de 120W montadas en una caja de conexión a intervalos de 90°. Los iluminados internamente tienen dos lámparas reflectantes de 100W y 120V AC en interior del cono de viento.

El cono de viento se coloca cerca de la pista, para que se tenga la referencia del viento más precisa para las operaciones de las aeronaves.

En el caso del aeropuerto de Toluca ya existía un cono de vientos y únicamente fue necesario adaptar la iluminación y conectarlos al ALCS.

#### V.12 FARO GIRATORIO.

El faro giratorio está diseñado principalmente para uso nocturno, como señal o marcador de identificación y de posición en el aeropuerto.

El faro giratorio que se instalará en el aeropuerto de Toluca debe cumplir con las especificaciones de la FAA. L-801A para alta intensidad con alcance visual arriba de 50 millas (80 Km) y está formado por dos lámparas de aditivos metálicos de 500W,

## CAPÍTULO V: AYUDAS VISUALES PARA CATEGORÍA III-B

---

127VCA, 60hz. Tiene una base de montaje en estructura metálica, para ser sujeto en la losa del techo de la torre de control. El faro estará controlado y operado por medio de la consola de ayudas visuales (Fotografía V.54).

Este faro produce 24 destellos a la velocidad de 12 RPM, requerida por la FAA y OACI, con las dos lámparas de haluro metálico de 500 Watts que están montadas a 180° una de otra y producen 33.100 lúmenes en total, desde una distancia de más de 50 millas (80 km)



Fotografía V.54.- Faro giratorio para aeropuertos

Tiene una caja de lámpara preajustada a un ángulo de 5° con un ajuste de 0° a 10° sobre la horizontal y faro con patas de montaje que se puedan adaptar para su montaje sobre cualquier superficie nivelada que pueda soportar su peso.

V.13 PLANTA DE CONTINUIDAD.

Para el caso de falta de suministro de energía al aeropuerto por parte de la Comisión Federal de Electricidad o de alguna falla en las tomas de corriente del exterior, se cuenta con una planta de luz de emergencia. Además de esta planta se instaló un Sistema de Energía Ininterrumpible (UPS por las siglas en inglés de Uninterruptible Power Supply). Este sistema es muy importante ya que suministra la energía necesaria para el aeropuerto funcione, sobretodo en la Categoría III inciso B, mientras que la planta de luz de emergencia, se enciende.

La planta de emergencia requiere de un tiempo para que sus motores arranquen, aun en encendido automático, lo cual podría ser de gran riesgo si un avión se encuentra ejecutando alguna operación; principalmente en el aterrizaje, por esto el UPS entra automáticamente para suplir la energía durante el tiempo que se requiera.

El UPS es de marca Caterpillar modelo UPS 300, con sistema antisísmico de 300 KVA, y eficiencia de 97%, con voltaje de entrada de 480VCA, + 10% de rango de ajuste, tres fases, tres hilos, 60 Hz, factor de potencia de 0.99 con carga y tensión nominal. Salida de 300 KVA/480VCA, tres fases tres hilos, regulación de voltaje continuo de +-2%, y regulación de voltaje de +-10% con cargas balanceadas y tiempo de recuperación abajo de 50 milisegundos, factor de potencia de 0.7 atrasado a 0.9 adelantado, el sistema puede operar a una altura de 2,600 m sobre el nivel medio del mar y mide 2.00 m por 1.50 m por 0.90 m de alto, ancho y profundidad respectivamente (Fotografía V.55).

El equipo consiste de un sistema UPS de mono-conversión, libre de baterías, compuesto de los principales elementos integrados en una sola unidad, nuevo de fábrica, de diseño actual.

El UPS proporciona un mínimo de 13.5 segundos de respaldo autónomo, sin asistencia de baterías electro-químicas.



Fotografía V.55.- UPS instalado para su utilización.

### CARACTERÍSTICAS DE LA PLANTA DE CONTINUIDAD.

- A. Con la excepción de paneles remotos o equipo de computación para monitoreo, el equipo de UPS está construido conforme normas NEMA-1 y su equivalente IEC.
- B. El UPS tiene las entradas de acceso para los cables de alimentación por la parte superior y por la parte inferior.
- C. La base del equipo queda separada del piso a una altura suficiente para permitir el uso de un montacargas para levantar y transportar el UPS.

- D. Ninguna materia tóxica, contaminante, peligrosa o dañina, especificada en las normas de transporte internacional, se usa en la fabricación o contenido de las placas electrónicas u otros componentes del UPS.

#### OPERACIÓN:

El UPS opera continuamente, manteniendo la calidad eléctrica de la alimentación de salida a las cargas mientras la fuente de suministro eléctrico se encuentre dentro de los límites especificados.

Si el suministro de energía no regresa dentro de los límites de tolerancia antes que el acumulador de energía cinética se haya agotado, el módulo UPS se desactiva sin fallo ni intervención de fusibles.

El UPS recarga el acumulador de energía cinética a plena carga en menos de 2.5 minutos. Este tiempo de recarga es programable por medio de software. El ajuste de fábrica es el más rápido posible, sin exceder 30% de la corriente nominal de entrada a plena carga.

Los circuitos del UPS son programables para arranque automático o manual.

1. El UPS no requiere espacio o acceso lateral o posterior para ventilación o servicio. Todos los componentes son accesibles, ajustables y removibles por el frente, por un técnico.

2. Las dimensiones del equipo permiten que sea movido a un lugar donde haya que pasar por puertas de medidas normales, cuyas dimensiones sean de un mínimo de 86 cm de ancho por 201 cm de altura.
3. Para facilitar el mantenimiento en sitio, los componentes electrónicos del UPS son modulares.
4. El área que ocupa el UPS es de 2.79 m<sup>2</sup> y la tolerancia estructural del piso necesaria para soportar el peso del UPS es de 10.54 kg por m<sup>2</sup> calculado en el área total que ocupa el UPS más la mitad del espacio libre mínimo requerido al frente.
5. El UPS tiene protección integral contra sobrecargas y cortos circuitos en la línea de salida de alimentación. Todos los semiconductores de potencia tienen protección de fusibles y limitadores de corriente para evitar fallos en cascada. El UPS incorpora monitoreo interno, diagnósticos y telemetría para prevenir daños por fallos internos.
6. El UPS tiene capacidad mínima de 65,000 amperios.

El UPS, en términos prácticos, tiene la misma función que los "No-breaks" empleados para respaldar el suministro de energía en las computadoras que se utilizan cotidianamente.

Diagrama de Flujo V.1.- FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA CATEGORÍA III-B

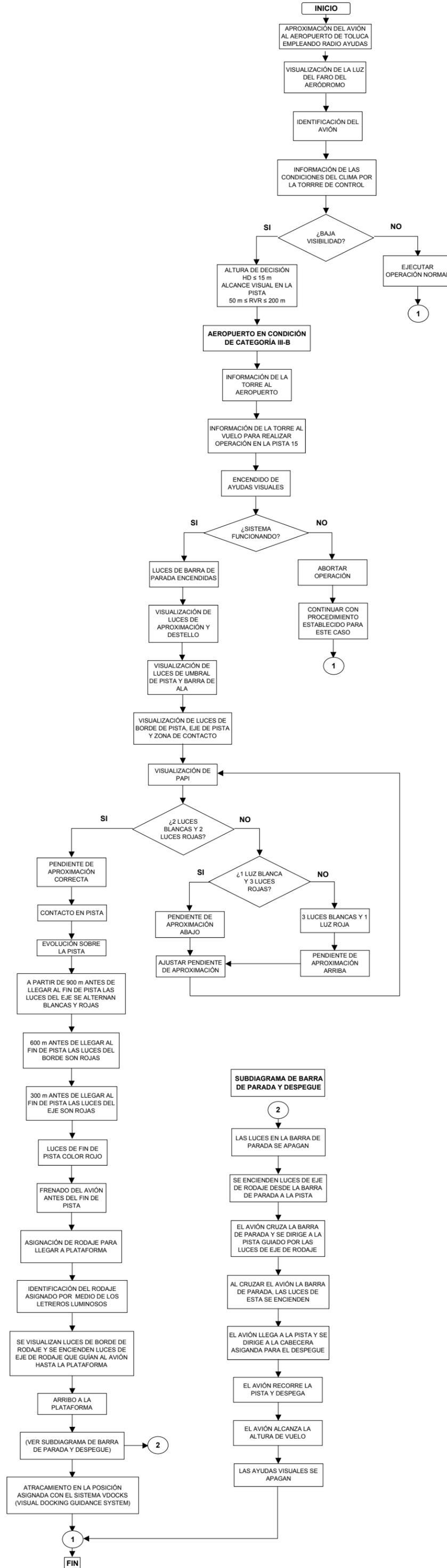
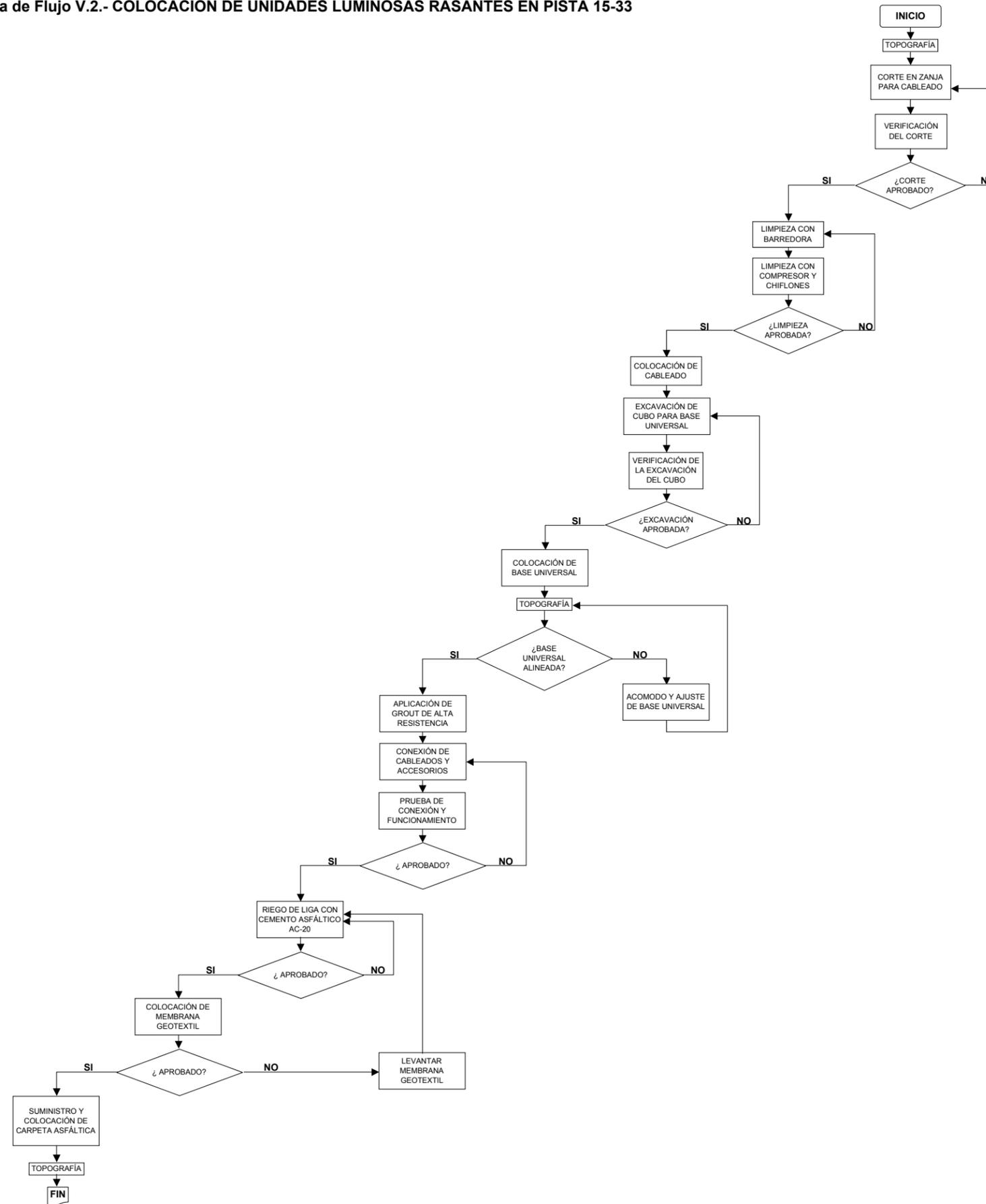


Diagrama de Flujo V.2.- COLOCACIÓN DE UNIDADES LUMINOSAS RASANTES EN PISTA 15-33





## CONCLUSIONES.

El desarrollo en el campo de la aviación, como en muchas otras áreas, es continuo, por lo tanto es importante que nuestro país prosiga en la adaptación de todo avance tecnológico a las necesidades propias que corresponden a esta materia, más aun, es necesario que la red aeroportuaria de la nación se modernice y se encuentre a la altura de nuestros principales socios comerciales y clientes en el mundo a la vez que preste los servicios adecuados a los usuarios nacionales.

Como ya se ha mencionado, desde hace algún tiempo se ha proyectado la actualización y mejor aprovechamiento de los aeropuertos cercanos a la capital del país, sobretodo por la gran demanda que tiene el Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México, la cual rebasa en muchas ocasiones a su capacidad. Es por esto que a la par de la modernización del aeropuerto capitalino, es de gran manera benéfico el impulso que se le empieza a dar a un aeropuerto cercano como es el caso del aeropuerto de la ciudad de Toluca, porque las mejorías se perciben desde

## CONCLUSIONES

---

prácticamente todos los puntos de vista; desde los comerciales hasta incluso los ambientales (para el caso de la Ciudad de México) y como factores de desarrollo de la localidad.

El que se haya pensado en el total aprovechamiento del aeropuerto de Toluca, como aeropuerto alternativo al de la Ciudad de México, es evidente, por su cercanía, sus adecuadas vías de comunicación, la ubicación de los parques industriales de Toluca y por el desarrollo constante de la zona de Santa Fe en el Distrito Federal, en donde viviendas, centros comerciales, educativos y corporativos han crecido grandemente y en este caso en especial, debido a que el traslado desde el aeropuerto de Toluca a esta parte de la ciudad, es más fluido y en muchas horas del día, significativamente menor en cuanto al tiempo de recorrido, que desde el Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México.

El principal obstáculo que se mostró para que los vuelos comerciales, de carga y de aviación general se incrementaran y se pudiera ofrecer un servicio constante y seguro, es el clima que impera en la zona en la mayor parte del año, en donde especialmente la neblina se hace presente de manera constante en las primeras horas de la mañana. Es por eso que, como resultado de los estudios realizados, se planteó la solución de hacer los trabajos e instalaciones necesarios para que el aeropuerto obtuviera la categoría III-B de la OACI. Las obras referidas en este trabajo y la descripción de los componentes del sistema de ayudas visuales y equipos correspondientes a la categoría mencionada, que forman parte de la primera etapa y la más importante para lograr esta certificación, demuestran que la ingeniería mexicana está capacitada para el desarrollo de este tipo de sistemas y que cuenta con los recursos necesarios, principalmente los recursos humanos, para responder a este tipo de retos tanto en el ámbito nacional como internacional ya que, aunque es la tercera vez que se efectúan estos trabajos en Latinoamérica, es la primera vez en el mundo que se realizan este tipo de obras con un aeropuerto en operación.

Además se aportó en el diseño y fabricación de una base para alojar tanto transformadores como dispositivos Brite, con materiales de relativo bajo costo y que cumplen con los requerimientos de seguridad.

Queda completar el conjunto de elementos que componen el sistema para categoría III-B, dentro de los cuales destaca la construcción de la nueva torre de control y la ampliación del edificio terminal con todas sus instalaciones. Se deberá programar la capacitación al personal que participa en las actividades del aeropuerto así como las pruebas para detectar las posibles fallas, la reacción del aeropuerto ante estas y la solución y procedimientos que se implementarán para lograr la certificación en esta categoría, por parte de los organismos competentes.

Estas obras ya son una referencia para futuros trabajos en aeropuertos con características similares, dentro de los cuales se puede poner en primer lugar al Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México, que con sus labores de modernización, ampliación y mantenimiento, dan oportunidad para que se realice el estudio que determine la mejor opción con la cual sus operaciones sean lo más constantes y seguras posibles, empleando este tipo de sistemas. Más aún cuando ya se está realizando los trabajos del drenaje para evitar la inundación de las pistas, lo que evitará los cierres que ocasionaban las lluvias de considerable intensidad y por lo tanto tener la oportunidad de operar con las ayudas visuales convenientes ante la presencia de climas adversos.



## GLOSARIO DE TÉRMINOS.

**AASHTO:** iniciales en inglés de la Sociedad Americana de Funcionarios de Carreteras Estatales y Transporte.

**Aeródromo:** área definida de tierra o de agua (que incluye todas sus edificaciones, instalaciones y equipos) destinada total o parcialmente a la llegada, salida y movimiento en superficie de aeronaves.

**Agregado pétreo:** material granular duro, sano y resistente clasificado por su tamaño como la grava, la arena y finos, obtenido de yacimientos naturales, por trituración de fragmentos de roca o como subproducto industrial.

**Alcance visual en la pista (RVR):** distancia hasta la cual el piloto de una aeronave que se encuentra sobre el eje de una pista puede ver las señales de superficie de la pista o las luces que delimitan o que señalan su eje.

## GLOSARIO

---

**Altura de decisión (DA/H):** altitud o altura (A/H) especificada en la aproximación de precisión, a la cual debe iniciarse una maniobra de aproximación frustrada si no se ha establecido la referencia visual requerida para continuar aproximación. La altitud de decisión (DA) se refiere al nivel medio del mar (MSL) y la altura de decisión (DH) se refiere a la elevación del umbral. La referencia visual requerida significa aquella sección de las ayudas visuales o del área de aproximación que debería haber estado a la vista durante tiempo suficiente para permitir que el piloto haga una evaluación de la posición de la aeronave y de la rapidez del cambio de posición en relación con la trayectoria de vuelo deseada.

**Amina:** compuesto orgánico de Nitrógeno, que puede considerarse como derivado del Amoniaco, formado a reemplazar uno o más átomos de Hidrógeno del Amoniaco por grupos orgánicos. Las aminas producen por descomposición de materia orgánica y ya saponificadas sirven para la fabricación de emulsificantes catiónicos.

**Baliza:** objeto expuesto sobre el nivel del terreno para indicar un obstáculo o trazar un límite.

**Cemento asfáltico:** Un asfalto fluxado o no, especialmente preparado de una calidad y consistencia para su uso directo en la construcción de pavimento asfáltico y teniendo una penetración a 25°C entre 5 y 300 bajo carga de 100 gramos, aplicados en 5 segundos y una viscosidad de 200 a 10,000 pises a 60°C. Asfalto con flujo o sin flujo, especialmente preparado en cuanto a calidad y consistencia para ser usado directamente en la producción de pavimentos asfálticos.

**Camino de acceso y servicio:** son estructuras por las cuales transitan los vehículos del personal que labora o trabaja para el aeropuerto con el fin de

obtener paso a las diferentes áreas de trabajo y servicio, los cuales se encuentran dentro del área de un aeródromo.

**Calles de rodaje:** son vías definidas en un aeródromo terrestre, establecidas para el rodaje de aeronaves y destinada a proporcionar enlace entre una y otra parte del aeródromo, incluyendo:

- a) Calle de acceso al puesto de estacionamiento de aeronave. La parte de una plataforma designada como calle de rodaje y destinada a proporcionar una vía de acceso a los puestos de estacionamiento de aeronaves solamente.
  
- b) Calle de rodaje en la plataforma. La parte de un sistema de calles de rodaje situada en la plataforma y destinada a proporcionar una vía para el rodaje a través de la plataforma.
  
- c) Calle de salida rápida. Calle de rodaje que se une a una pista en un ángulo agudo y está proyectada de modo que permita a los aviones que aterrizan virar a velocidades mayores que las que se logran en otras calles de rodaje de salida y logrando así que la pista esté ocupada el mínimo tiempo posible.

**Concreto asfáltico:** Mezcla asfáltica en caliente, muy bien controlada de cemento asfáltico de alta calidad y agregado bien graduado, también de alta calidad, compactada adecuadamente para formar una masa densa, uniforme y resistente.

**Emulsión asfáltica:** es la dispersión de una fase continua en una discontinua, en donde la fase continua es agua y la discontinua es cemento asfáltico. Además del

## GLOSARIO

---

cemento asfáltico se emplean aminas con el fin de modificar el comportamiento del material.

**Densidad:** grado de solidez que puede alcanzarse en una mezcla dada y que sólo está limitado por la eliminación total de los vacíos que se encuentran entre las partículas de la masa.

**Faro de aeródromo:** faro aeronáutico utilizado para indicar la posición de un aeródromo desde el aire.

**Impermeabilidad:** capacidad de un pavimento de asfáltico de resistir el paso de aire y agua dentro o a través del mismo.

**IRI:** Índice Internacional de Rugosidad. El Banco Mundial – 1986 – lo define como “Estándar de medida de la desigualdad superficial de un camino”. El cálculo matemático del IRI relaciona la acumulación del desplazamiento (en valor absoluto) de la masa superior con respecto a la inferior de un vehículo modelo, dividido entre la distancia recorrida en sobre un camino transitado por el vehículo a una velocidad de 80 km/hr. El IRI se expresa en unidades de mm/m, in/mile, etc. Para un camino pavimentado el rango de la escala del IRI es de 0 a 12 m/km, donde 0 representa una superficie perfectamente uniforme y 12 un camino prácticamente transitable.

**LED:** (Light Emitting Diode) Diodo emisor de luz ó diodo electroluminoso, es un dispositivo que emite la luz visible cuando una corriente eléctrica pasa a través de él, fabricado por lo regular, con nitrito de galio. Es de larga duración, permanece frío y tiene un bajo consumo de energía.

**Letreros:** Son ayudas visuales con mensajes fijos o mensajes variables elevados sobre el terreno que tiene como finalidad dar información al piloto por lo que han de colocarse tan cerca de los pavimentos como sea posible. Deben ser ligeros, con soportes tangibles y de altura tal que se guarde la distancia de seguridad con las aeronaves.

**Luces de barra de ala:** Se deberían instalar en las pistas para aproximaciones de precisión cuando se estime necesaria una indicación más visible del umbral. Se instalaran estas luces en pista de vuelo visual o para aproximaciones que no son de precisión cuando el umbral se encuentre desplazado y las luces de umbral sean necesarias pero no se hayan puesto.

**Luces de Barras de parada:** Se encenderán las barras de parada que indicaran que todo el tráfico debe detenerse, y se apagarán para indicar que el tránsito pueda continuar.

**Luces de calle de rodaje:** Las luces de calle de rodaje se utilizan para facilitar la visión de las aeronaves, de noche o en condiciones de baja visibilidad, de los límites laterales de las calles de rodaje, sus ejes entre las luces de calle de rodaje, en estas, están comprendidas las de borde, las de eje, de barra de parada y las de barra de cruces. Las luces de eje, que no sean de eje de salida, son fijas de color verde, y los de calle de salida alternadas fijas de color verde y amarillo. Las luces de borde son fijas de color azul.

**Luces de eje de pista:** Se utilizan para señalar los ejes de pista en condiciones de baja visibilidad, se encuentran instaladas generalmente, en las pistas para aproximaciones de precisión y en las de despegue con mínimos de utilización inferiores a un **RVR** de 400 m

## GLOSARIO

---

**Luces de entrada de pista:** El sistema lo integran un mínimo de tres luces de destello en línea o agrupadas, que emiten destellos en una secuencia que se desplaza hacia la pista, estos sistemas pueden ser rectos, curvos o mixtos y se utilizan para delimitar trayectorias de aproximación con el fin de: evitar obstáculos, sobre volar determinadas zonas, atenuación de ruidos, etc.

**Luces de extremo de pista:** Son luces unidireccionales, de color rojo, visibles en la dirección de la pista situadas en el extremo de la pista para señalar esta situación.

**Luces de pista:** El objetivo de las luces de pista es definir con claridad zonas esenciales del área de aterrizaje para que de noche y en condiciones de baja visibilidad, ayude a los pilotos a determinar su situación, principalmente, durante la aproximación, despegue y aterrizaje.

**Luces de umbral y de barra de ala:** Son luces unidireccionales, de color verde, visibles en la dirección de la aproximación, tanto las luces de umbral como las de barra de ala, se encuentran instaladas en el borde de pista o en el umbral desplazado, proporcionando las barras una indicación más visible del umbral.

**Luces de zona de toma de contacto:** Se instalan en pistas para operaciones de CATEGORÍA II y CATEGORÍA III. Consta de dos hileras de barras transversales de luces localizadas simétricamente a los lados del eje de pista, cada barra de luz estará formada por tres luces unidireccionales, iluminando hacia el umbral de aproximación.

**Luces de zona de parada:** Se encenderán las luces de zona de parada cuando funcionen las luces de pista correspondientes. Estas luces son unidireccionales de color rojo visibles en la dirección de la pista.

**Mezclas asfálticas:** es un material de pavimentación que consiste de un ligante asfáltico con agregados minerales. El ligante asfáltico, así como el cemento asfáltico o el cemento asfáltico modificado, actúan como un agente ligante pegando las partículas de los agregados en una densa masa haciendo la mezcla resistente al agua. Una vez mezclados los componentes, los agregados minerales actúan como una armazón de piedra para impartir fuerza y tensión al sistema. El desempeño de la mezcla es afectado por los dos componentes, tanto en forma individual como combinada.

**Marshall, método:** método de diseño para el proyecto y control de mezclas, elaboradas utilizando materiales pétreos con tamaño máximo de 25 mm y cemento asfáltico en caliente, asfaltos rebajados o emulsiones asfálticas. El procedimiento consiste en elaborar especímenes cilíndricos a los cuales se les determina su peso volumétrico, porcentaje de vacíos, estabilidad en sentido diametral y deformación al alcanzarse la máxima resistencia a las mezclas elaboradas con asfaltos, asfaltos rebajados o con emulsiones. También se les determina la influencia del agua en su comportamiento. El método se aplica al control de todas o alguna de las características que el mismo involucra, según establezca el proyecto. El método Marshall implica un laboratorio experimental que dirija el desarrollo de una mezcla asfáltica utilizando análisis de estabilidad/flujo y densidad/vacíos. Una ventaja del método Marshall es su atención a la densidad y las propiedades de los vacíos de las mezclas asfálticas. Este análisis asegura la apropiada proporción de porciones de la mezcla de materiales para una mezcla asfáltica elaborada y colocada en caliente durable. Otra ventaja es que el equipo requerido es relativamente barato y portable y de este modo, permite un control de calidad y operaciones en forma remota

## GLOSARIO

---

**Objeto frangible:** objeto de poca masa diseñado para quebrarse, deformarse o ceder al impacto, de manera que represente un peligro mínimo para las aeronaves.

**Organización de la Aviación Civil Internacional (OACI):** Es un organismo técnico especializado de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) por lo que representa una persona de derecho internacional. Fue establecido en Chicago, Illinois, Estados Unidos, el 7 de diciembre de 1944 y a cuyo cargo se encuentra el ordenamiento del desarrollo técnico y económico de la aviación mundial.

**Pista:** Es un área rectangular definida en un aeródromo terrestre preparada para el aterrizaje y el despegue de las aeronaves. Es la estructura principal con la que cuenta un aeropuerto y requiere que su proyección, construcción, mantenimiento, remodelación y utilización se encuentren apegadas a la normatividad en vigor.

**Plataforma:** es un área definida, en un aeródromo terrestre, destinada a dar cabida a las aeronaves para los fines de embarque o desembarque de pasajeros, correo o carga, abastecimiento de combustible, estacionamiento o mantenimiento. Es la superficie donde están estacionadas las aeronaves en espera, con dimensiones importantes según el tráfico que existe normalmente en el aeropuerto.

**Prueba de Los Ángeles:** permite valuar la dureza, fibrilidad y resistencia al desgaste del material pétreo.

**Rompimiento de una emulsión asfáltica:** Es la expulsión del agua de una emulsión, quedando el asfalto que trabajará como ligante.

**Umbral:** Comienzo de la parte de la pista utilizable para el aterrizaje.

**Umbral desplazado:** umbral que no está situado en el extremo de la pista

## **BIBLIOGRAFÍA.**

AEROPUERTO INTERNACIONAL DE LA CIUDAD DE MÉXICO (2005)  
Reestructuración del Sistema Aeroportuario Mexicano, en:  
<http://www.aicm.com.mx/Principal/Corporativo/SistAeropMex/Reestructuracion.htm>

AEROPUERTO INTERNACIONAL DE LA CIUDAD DE MÉXICO (2005) El AICM en cifras, en:  
<http://www.aicm.com.mx/Principal/Corporativo/AICMCifras/Pasajeros.htm>

ASOCIACIÓN MEXICANA DEL ASFALTO, A.C..- Glosario especializado de terminología asfáltica. (2002)

ESTADO DE MÉXICO (2000) Inventario de Emisiones a la Atmósfera del Aeropuerto Internacional de Toluca, en:  
<http://edomexico.gob.mx/se/aeropuerto.htm>

ORGANIZACIÓN DE LA AVIACIÓN CIVIL INTERNACIONAL (OACI).-Normas y Métodos Recomendados Internacionales, Aeródromos, Anexo 14 al convenio sobre Aviación Civil Internacional.- Tercera Edición.- Julio de 1999

SIEMENS AIRFIELDS SOLUTIONS.-2003 Airfield Lighting Systems and Products, New products: VDOCKS TM Visual Docking Guidance System, Signature Series LED L-86 1 T, Signature Series CCT Regulator