



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA ÚNICO DE ESPECIALIZACIONES DE INGENIERÍA**

**“Aspectos Generales a tomar en cuenta para el Proyecto de un
Aeropuerto para la Ciudad de México”**

TESINA

QUE PARA OBTENER EL:

GRADO DE ESPECIALISTA

EN:

ESPECIALISTA EN VÍAS TERRESTRES

PRESENTA:

Ing. Jesús Alexis López Valencia



DIRECTOR DE TESINA: **Ing. Manuel Zárate Aquino**

CIUDAD UNIVERSITARIA, CD. MX.

2022

Contenido

Contenido.....	1
Índice de tablas.....	10
Índice de imágenes.....	11
Abreviaturas y Símbolos.....	16
Abreviaturas.....	16
Símbolos.....	18
Explicación de los términos.....	19
Introducción.....	21
Objetivos.....	23
Objetivo General.....	23
Objetivo Particular.....	23
I. Antecedentes.....	24
I.1 Breve historia de la aviación y del desarrollo del transporte aéreo.....	24
I.2. Estadísticas de la aviación nacional y las dependencias nacionales encargadas de la actividad aeronáutica del país.....	28
Servicios a la Navegación en el Espacio Aéreo Mexicano (SENEAM).....	28
Agencia Federal de Aviación Civil (AFAC).....	29
Aeropuertos y Servicios Auxiliares (ASA).....	29
I.3 Estadísticas de la aviación internacional y los organismos regionales e internacionales que normalizan la actividad aeronáutica mundial.....	30
OACI (Organización de la Aviación Civil Internacional).....	30
CEAC (Conferencia Europea de Aviación Civil).....	31
EUROCONTROL.....	32
La IATA. Asociación Internacional del Transporte Aéreo.....	32
I.4. Clave de referencia del Aeródromo.....	33
II. Elementos del lado aire de un aeropuerto.....	35
II.1. Definición y pistas VFR, IFR.....	35
II.2. Número de pistas.....	41
Configuración de pistas.....	44
II.3. Definición y especificaciones de las calles de rodaje.....	47
II.4. Definición y tipos de plataformas.....	50
Plataforma terminal:.....	50

Plataforma de Carga	50
Plataforma de Estacionamiento	50
Plataforma de Servicio y Hangares	51
Plataforma de Aviación General	51
Plataforma temporal:.....	51
Plataformas o puntos de aparcamiento de aeronaves que tienen su base en un aeródromo:.....	51
Requisitos de diseño	51
II.5. Embarque de pasajeros.....	53
Tipo Simple Lineal.....	54
Tipo Finger o Espigón.....	54
Tipo Transporter	55
Tipo Satélite.....	55
Tipo Módulo Compacto	56
Tipo Centralizado.....	56
Semi-Centralizada.....	56
III. Instalaciones de apoyo, señalamiento e iluminación	57
III.1. Hangares.....	57
Tipos de Hangares	58
Hangar simple.....	58
Hangar a dos aguas.....	58
Hangar atirantado radial Archspan.....	58
Hangares de tipo guante	58
Hangar de cubierta inclinada	58
Hangar en voladizo	58
III.2. Zona de combustibles	58
Auto tanques	60
Dispensadores	60
Serv –A- plane.....	61
III.3. Cuerpo de rescate y extinción de incendios	61
Caminos de acceso de emergencia.....	65
Estaciones de servicios contra incendios	65
Número de vehículos de salvamento y extinción de incendios	65

III.4. Señalamiento de pistas, calles de rodaje y de plataforma	66
Señal designadora de pista	66
Interrupción de las señales de pista	66
Colores y perceptibilidad	67
Señal de eje de pista	67
Señal de umbral.....	68
Señal de punto de visada y toma de contacto	68
Señal de faja lateral de pista	68
Señal de punto de espera en pista	69
Calle de rodaje.....	69
Señal de eje de calle de rodaje.....	69
Señales mejoradas de eje de calle de rodaje	69
Señales de puesto de estacionamiento de aeronaves.....	69
Identificación de puesto de estacionamiento de aeronaves	70
Señal de Umbral	70
Faja Transversal	70
Flechas	70
Señal de Punto de Visada.....	71
Emplazamiento.....	71
Señal de Zona de Toma de Contacto	71
Señal de faja lateral de pista	72
Áreas de seguridad de extremo de pista (R.E.S.A.)	72
Zonas de parada (Z.P.)	73
Resistencia de las zonas de parada.....	73
Área anterior al umbral.....	73
Aplicación	73
Características	73
III.5. Iluminación de pistas, calles de rodaje y de plataformas.....	73
Luces de aproximación elevadas	74
Luces elevadas.....	74
Luces empotradas.....	74
Intensidad de las luces y su control	74

Iluminación de emergencia	75
Faros aeronáuticos	75
Faro de aeródromo	75
Faro de identificación	76
Sistemas de luces de entrada a la pista	76
Luces de identificación de umbral de pista	77
Luces de borde de pista	77
Luces de umbral de pista y de barra de ala	78
Aplicación de las luces de barra de ala	78
Luces de extremo de pista	78
Luces de eje de pista	79
Luces de zona de toma de contacto en la pista	80
Luces simples de zona de toma de contacto en la pista	80
Luces indicadoras de calle de salida rápida	80
Luces de zona de parada	81
Luces de eje de calle de rodaje	81
Luces de borde de calle de rodaje	82
Luces de plataforma de viraje en la pista	83
Barras de parada	83
Luces de punto de espera intermedio	84
Luces de salida de la instalación de deshielo/antihielo	84
Luces de protección de pista	85
Iluminación de plataforma con proyectores	85
Luces de guía para maniobras en los puestos de estacionamiento de aeronaves	85
Luces de punto de espera en la vía de vehículos	86
IV. Análisis de las condiciones aeroportuarias de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México	87
IV.1. Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México (MEX)	87
IV.1.1. Demanda del transporte aéreo	93
IV.1.2. Clave del aeródromo	95
IV.1.3. Elementos lado aire	95
IV.2. Aeropuerto Internacional de Toluca (TLC)	102
IV.2.1. Demanda del transporte aéreo	102

IV.2.2. Elementos lado aire	103
V. Alternativas de ubicación y construcción para un Aeropuerto dentro de la Zona Metropolitana del Valle de México.....	105
V.1. NAICM TEXCOCO	105
V.1.1. Antecedentes.....	105
V.1.2. Ubicación.....	109
V.1.3. Área de Influencia.....	111
V.1.4. Infraestructura lado aire	112
Pistas y calles de rodaje	112
Calles de Rodaje y Calles de Acceso.....	115
Rodajes de Entrada.....	115
Calles de Salida Rápida (RETS).....	115
Rodajes de Salida y de Cruce.....	116
Rodajes Perimetrales y de Extremos de Pista (EATS)	116
Rodajes de Cruce	117
Rodajes Paralelos.....	117
Plataformas	120
Estacionamiento de aeronaves, puentes y servicios de plataformas.....	122
Servicios para aeronaves.....	123
Superficies limitadoras de obstáculos	124
Ayudas a la Navegación	124
Instalaciones de apoyo	125
Carga.....	125
Aviación General.....	128
Centro para la administración de la seguridad y respuesta a actos ilícitos y emergencias (CCO/COE)	130
Centro de logística	131
Administración del aeropuerto	131
Planta Central de Servicios.....	133
Instalaciones Militares y Gobierno	133
Instalaciones de combustible	135
V.1.5. Infraestructura lado tierra.....	138
Edificio Terminal.....	139

Vialidades de Acceso.....	142
Conexiones a las calles externas y transito	142
Autopista Peñón – Texcoco	144
Circuito Exterior Mexiquense	145
Avenidas y Vialidades Internas	146
Red de Transporte Publico	149
Estacionamientos	150
Torre de Control	151
V.1.6. Retos y Soluciones del NAICM Texcoco	153
Geotecnia	153
Condiciones Geotécnicas Generales en la Zona del Lago	153
Geografía.....	153
Hidrografía	154
Geomorfología.....	156
Tectónica	156
V.1.7. Geología del Ex Lago de Texcoco	157
Tectónica	158
Estratigrafía	158
Geotecnia	159
Pistas y Plataforma	161
Precarga	163
Precarga con sistema de drenaje	163
Vacío	164
Vacío para la plataforma comercial	166
Salinidad.....	169
V.1.8. Cimentación de la Torre de Control (TCTA).....	170
Configuración estructural de la TCTA y del edificio de oficinas	170
Configuración de la cimentación de la TCTA.....	172
V.2. Aeropuerto Internacional Felipe Ángeles (AIFA).....	177
V.2.1. Antecedentes.....	177
V.2.2. Ubicación.....	183
V.2.3. Área de influencia	186

San Francisco de Coacalco	186
Cuautitlán Izcalli	186
Teoloyucan	187
Huehuetoca	188
Zumpango de Ocampo.....	189
Tecámac	189
Teotihuacán de Arista	190
V.2.4. Infraestructura lado aire	193
Pista y Plataforma Militar.....	193
Área Civil	193
Ayudas a la Navegación	196
Terminal de carga y aduana.	196
Planta y estación de combustible.....	201
Hangar de Mantenimiento, Reparación y Operación (MRO).....	205
Aviación General (FBO)	206
Zona de Helicópteros, Hangares M.R.O. y Edificio Terminal.....	209
V.2.5. Infraestructura lado tierra.....	210
Edificio Terminal.....	210
Instalaciones de Apoyo	215
Sistema de manejo de equipaje (BHS).....	217
Planta de Tratamiento	218
Estacionamientos	219
Estacionamiento para Usuarios.....	219
Estacionamiento de Alquiler	221
Estacionamiento de Espera de Autobuses y Automóviles	222
Estacionamiento para Empleados	223
Estacionamiento de taxis	224
Edificio de servicios aeroportuarios.....	225
Servicio de Extinción de Incendios (SEI).....	228
Ciudad Aeroportuaria	231
Hotel Principal del Aeropuerto.....	233
Torre de Control	234

Zona Comercial.....	237
Plaza Mexicana.....	237
V.2.6. Vialidades de Conexión con el AIFA.....	238
Vialidades de Acceso.....	238
Vialidad de Interconexión.....	239
Conexión Oriente.....	241
Entronque Acceso Principal AIFA.....	242
Conexión Viaducto Bicentenario – Circuito Exterior Mexiquense.....	245
Ruta México – Pachuca.....	246
Modernización Camino a San Jerónimo.....	247
Autopista Urbana Siervo de la Nación.....	248
Carretera Libre a Tonanitla.....	248
Red de Transporte Publico.....	250
Prolongación Tren Suburbano: Lechería - AIFA.....	250
Extensión Línea 1 del Sistema MEXIBÚS.....	250
Extensión Línea 2 del Sistema MEXIBÚS.....	252
Extensión Línea 4 del Sistema MEXIBÚS.....	252
MEXIBÚS Ruta MEXIPUERTO Ciudad Azteca – AICM.....	253
Tren Interurbano México-Toluca.....	254
V.3. Condiciones Geotécnicas Generales en la Zona del AIFA.....	258
V.3.1. Geomorfología.....	258
V.3.2. Geología Superficial.....	258
V.3.3. Estratigrafía.....	259
V.3.4. Geología Estructural.....	260
V.3.5. Sismicidad.....	262
VI. Razones por las cuales el NAICM- Texcoco fue abandonado y situación actual del Parque Ecológico Lago de Texcoco (PELT).....	268
Situación Actual del Predio donde se ubicaba el NAIM, ahora Parque Ecológico Lago de Texcoco.....	272
VII. Análisis de resultados de la interacción de los aeropuertos MEX-TLC-AIFA.....	275
Capacidad.....	275
Distancias.....	275
Conectividad terrestre.....	276
Aspectos aeronáuticos.....	276

Los Retos del AIFA.....	278
La conexión terrestre.....	278
Impacto Ambiental	278
La expansión de la mancha urbana	278
Operación combinada de un aeropuerto civil con un aeropuerto militar	279
VIII. Conclusiones	280
IX. Bibliografía.....	285

Índice de tablas

Tabla 1 Clave de referencia de aeródromo.....	34
Tabla 2 Clave de referencia de aeródromo.....	34
Tabla 3 Rosa de los Vientos.....	43
Tabla 4 Separación mínima por OACI.....	45
Tabla 5 Separación mínima para vuelo visual OACI.....	46
Tabla 6 Anchura de la calle de rodaje.....	48
Tabla 7 Distancia Libre.....	49
Tabla 8 Categoría del aeródromo a efectos del salvamento.....	63
Tabla 9 Cantidades mínimas utilizables de agentes extintores.....	64
Tabla 10 Número de vehículos de salvamento y extinción de incendios.....	66
Tabla 11 Características Señal del Umbral.....	70
Tabla 12 Emplazamiento y dimensiones de la señal de punto de visada.....	71
Tabla 13 Emplazamiento y características.....	72
Tabla 14 Operaciones del AICM 2013-2018.....	107
Tabla 15 Programa de requerimientos de carga para el periodo entre 2018-2062.....	126
Tabla 16 Programa para Aviación General NAICM.....	128
Tabla 17 Proyectos Viales para Conectar el NAICM.....	138
Tabla 18 Resumen de las vialidades dentro del NAICM.....	143
Tabla 19 Red de Transporte Publico Para Conectar al NAICM.....	144
Tabla 20 Criterios de la OACI para la resistencia del pavimento y asentamientos residuales.....	162
Tabla 21 Evaluación de Alternativas.....	162
Tabla 22 Matriz Evaluación de Alternativas Consolidación Suelo NAICM.....	165
Tabla 23 Descripción de Alcances AIFA.....	180
Tabla 24 Descripción de las fases del AIFA.....	181
Tabla 25 Posiciones en plataformas AIFA.....	197
Tabla 26 Cajones de Estacionamiento para Usuarios, AIFA.....	219
Tabla 27 Jerarquización de construcción de líneas de transporte público, AIFA.....	255

Índice de imágenes

Imagen 1 Pistas Cruzadas.....	44
Imagen 2 Pistas Paralelas.....	44
Imagen 3 Pistas Casi paralelas.....	44
Imagen 4 Operaciones Simultaneas	45
Imagen 5 Pistas Separación.....	46
Imagen 6 Pistas Separación Paralelas.....	46
Imagen 7 Casi Paralelas.....	46
Imagen 8 Terminal Tipo Simple Lineal	54
Imagen 9 Terminal TIPO FINGER O ESPIGÓN	54
Imagen 10 Terminal Tipo Transporter	55
Imagen 11 Terminal Tipo Satélite.....	55
Imagen 12 Terminal Tipo Compacto.....	56
Imagen 13 Características de Pistas AICM	95
Imagen 14 Distancias Declaradas Pistas AICM	95
Imagen 15 Mínimos meteorológicos techo y visibilidad.....	96
Imagen 16 Datos sobre plataforma, calles de rodaje AICM.....	97
Imagen 17 Luces de aproximación y pista AICM	100
Imagen 18 Otros sistemas de iluminación y fuente secundaria de energía eléctrica.	100
Imagen 19 Instalaciones de comunicación de los servicios de tránsito aéreo.....	101
Imagen 20 Radioayudas para la navegación y el aterrizaje. AICM.....	101
Imagen 21 Porcentaje de carga por grupo aeroportuario.	106
Imagen 22 Distribución de pasajeros por grupo aeroportuario.....	106
Imagen 23 Proyección de pasajeros por año AICM 2008-2062	107
Imagen 24 Edificio Terminal NAIM	108
Imagen 25 Porcentaje de pasajeros en conexión.....	109
Imagen 26 Ubicación NAIM.....	110
Imagen 27 Principales Componentes del NAICM en su primera etapa	111
Imagen 28 Pistas del Proyecto NAICM.....	114
Imagen 29 Diseño de calles de rodaje y calles de acceso, Máximo Desarrollo NAICM	118
Imagen 30 Longitud de posiciones para aeronaves-Código F.....	120

Imagen 31 Longitud de posiciones para aeronaves-Códigos E y C.....	121
Imagen 32 Dimensiones verticales e inclinaciones de los puentes de abordaje de pasajeros.	123
Imagen 33 Ubicación de las áreas de carga NAICM.....	127
Imagen 34 Ubicación de Rescate y Extinción de Incendios.....	130
Imagen 35 Ubicación de la Administración del Aeropuerto NAICM	132
Imagen 36 Ubicación de Planta Central de Servicios, Mantenimiento NAICM.....	133
Imagen 37 Instalaciones militares y de gobierno NAICM.	135
Imagen 38 Terminal de Almacenamiento de Combustibles NAICM.....	136
Imagen 39 Red de Distribución de Combustibles NAICM	137
Imagen 40 Edificio Terminal NAICM Máximo Desarrollo.....	141
Imagen 41 Vialidad Circuito Exterior Mexiquense (planta).	146
Imagen 42 Bulevar Principal NAICM.....	147
Imagen 43 Avenida Tipo 1 NAICM.....	147
Imagen 44 Avenida Tipo B NAICM.....	148
Imagen 45 Calle Tipo NAICM.....	148
Imagen 46 Camino Peatonal Tipo NAICM.....	149
Imagen 47 Centro de Transporte Terrestre (sección) NAICM.....	150
Imagen 48 Torre de Control NAICM	152
Imagen 49 Zonificación geotécnica de la zona del NAICM (Espesores y elevaciones de 2016, antes de precarga). 161	
Imagen 50 Aplicación de precarga y de vacío en el proyecto NAICM	166
Imagen 51 Capas adicionales de materiales de precarga (sobrecarga) para pistas 2 y 3.....	168
Imagen 52 Torre de Control NAICM	170
Imagen 53 Vista general de la forma arquitectónica (izq.) y del sistema estructural (der.) de la TCTA, NAICM	172
Imagen 54 Plano de los cimientos que muestra la ubicación de los soportes de aislamiento (en rojo) NAICM	173
Imagen 55 Imagen de los cimientos en sitio NAICM	173
Imagen 56 Sección transversal del cimiento de la TCTA. Incluye vigas de transferencia radial, ubicación de soplano de aislamiento (línea roja discontinua).....	174
Imagen 57 Sistema de distribución de pilotes de la TCTA,	175
Imagen 58 Vigas de transferencia radiales y concepto preliminar de aislado en la base, NAICM.....	176
Imagen 59 Vista transversal de la cimentación de la TCTA. Se muestran las vigas radiales de transferencia (en las ubicaciones de los soportes (en azul)	176
Imagen 60 Áreas que integran el AIFA, Plan Maestro	182

Imagen 61 Ubicación regional del Proyecto “Construcción de un Aeropuerto Mixto Civil / Militar con Capacidad Internacional en la Base Aérea Militar No. 1 (Santa Lucía, Edo. Méx.), su Interconexión con el AICM y Reubicación de Instalaciones Militares”	184
Imagen 62 Ubicación de la Base Aérea Militar No. 1 (AIFA) en Santa Lucía, Estado de México.	185
Imagen 63 Delimitación de las fronteras de los municipios donde pertenece la Base Aérea Militar No.1 / AIFA ..	191
Imagen 64 Área de influencia directa del Proyecto del AIFA	192
Imagen 65 Estructura de Pista AIFA.....	194
Imagen 66 Pista Militar AIFA	194
Imagen 67 Pistas, Plataforma y Rodajes AIFA.	195
Imagen 68 Terminal de Carga AIFA.....	197
Imagen 69 Terminal de Carga y Aduana AIFA	198
Imagen 70 Edificio de la Terminal de carga y aduana del AIFA, Proyecto arquitectónico. Planta.	199
Imagen 71 Edificio de la Terminal de carga y aduana del AIFA, Proyecto arquitectónico. Cortes y fachadas.....	200
Imagen 72 Estación de combustibles del AIFA, Proyecto arquitectónico. Planta.	202
Imagen 73 Estación de combustibles del AIFA, Proyecto arquitectónico. Cortes.....	203
Imagen 74 Estación de combustibles del AIFA. Ubicación propuesta por SEDENA.	204
Imagen 75 Posiciones en Plataforma Hangar de Mantenimiento, AIFA.....	205
Imagen 76 Ubicación del Hangar de Mantenimiento AIFA.....	205
Imagen 77 Aviación General (FBO) AIFA.	207
Imagen 78 Edificio de aviación general del AIFA, Proyecto arquitectónico. Planta y cortes.	208
Imagen 79 Zona de Helicópteros, Hangares M.R.O. y Edificio Terminal AIFA	209
Imagen 80 Edificio Terminal AIFA, Salones VIP	212
Imagen 81 Posiciones para Aeronaves en Plataforma Edificio Terminal AIFA.....	212
Imagen 82 Edificio Terminal AIFA (avance 2021).	213
Imagen 83 Servicios de Apoyo al AIFA.....	214
Imagen 84 Instalaciones de Apoyo AIFA.....	216
Imagen 85 Sistema de manejo de equipaje (BHS) AIFA.....	217
Imagen 86 Redes Hidráulicas, Sanitaria y Planta de Tratamiento, AIFA.	218
Imagen 87 Estacionamiento para Usuarios, AIFA.....	220
Imagen 88 Estacionamiento de Alquiler, AIFA.	221
Imagen 89 ESTACIONAMIENTO DE ESPERA DE AUTOBUSES Y AUTOMÓVILES, AIFA.....	222
Imagen 90 ESTACIONAMIENTO PARA EMPLEADOS, AIFA.	223

Imagen 91 ESTACIONAMIENTO DE TAXIS, AIFA.	224
Imagen 92 Edificio de servicios aeroportuarios del AIFA, Proyecto arquitectónico. Planta.	226
Imagen 93 Edificio de servicios aeroportuarios del AIFA, Proyecto arquitectónico. Cortes y fachadas.	227
Imagen 94 Edificio del Sistema de Extinción de Incendios (SEI) del AIFA, Proyecto arquitectónico. Planta baja. ...	229
Imagen 95 Edificio del Sistema de Extinción de Incendios (SEI) del AISL, Proyecto arquitectónico. Fachadas. AIFA.	230
Imagen 96 Parque Lineal de la Ciudad Aeroportuaria. AIFA.	231
Imagen 97 Ciudad Aeroportuaria. AIFA.	232
Imagen 98 Hotel Principal del Aeropuerto, AIFA.....	233
Imagen 99 Torre de Control, AIFA.	235
Imagen 100 Altura Torre de Control, AIFA.	235
Imagen 101 Plaza Mexicana, AIFA.	238
Imagen 102 Principales Vías de Acceso al AIFA.....	239
Imagen 103 Vialidad de Interconexión, AIFA.	240
Imagen 104 Conexión Oriente, AIFA.....	241
Imagen 105 Entronque CEM - AIFA.	242
Imagen 106 Eje Troncal de Circulación, AIFA.	243
Imagen 107 Eje Troncal AIFA.....	244
Imagen 108 CONEXIÓN VIADUCTO BICENTENARIO – CIRCUITO EXTERIOR MEXIQUENSE, AIFA.	245
Imagen 109 RUTA MÉXICO – PACHUCA, AIFA. Imagen 110 RUTA MÉXICO – PACHUCA.....	246
Imagen 111 CAMINO A SAN JERÓNIMO, AIFA.	247
Imagen 112 AUTOPISTA URBANA SIERVO DE LA NACIÓN, AIFA.	248
Imagen 113 CARRETERA LIBRE A TONANITLA, AIFA.	249
Imagen 114 Tren Suburbano Ramal Lechería - AIFA.	250
Imagen 115 Prolongación del Mexibús L1 (Terminal Ojo De Agua – AIFA).....	251
Imagen 116 EXTENSIÓN LÍNEA 4 MEXIBUS Tecámac – AIFA.....	253
Imagen 117 Conexión AIT con Tren Interurbano México-Toluca.....	254
Imagen 118 Red de Movilidad General SAM - Valle de México.	256
Imagen 119 Conexión AIT-AIFA	257
Imagen 120 Delimitación regional basada en la Carta Geológica Ciudad de México SIGEB INEGI (2018).	261
Imagen 121 Zonas sísmicas de la República Mexicana.	262
Imagen 122 Distribución de suelos en la zona metropolitana del Valle de México.....	267

Imagen 123 Esquema financiero NAICM, Agosto 2018.	270
Imagen 124 Zonas que integran el PELT	274
Imagen 125 Ubicación de los Aeropuertos del SAM.	275

Abreviaturas y Símbolos

Abreviaturas

ACN	Número de clasificación de aeronaves
AIP	Publicación de información aeronáutica
APAPI	Indicador simplificado de trayectoria de aproximación de precisión
aprox.	Aproximadamente
ARIWS	Sistema autónomo de advertencia de incursión en la pista
ASDA	Distancia disponible de aceleración-parada
ATS	Servicio de tránsito aéreo
AT-VASIS	Sistema visual indicador de pendiente de aproximación simplificado en T
C	Grados Celsius
CBR	Índice de soporte de California
cd	Candela
CIE	Comisión Internacional de Iluminación
cm	Centímetro
CRC	Verificación por redundancia cíclica
DME	Equipo radiotelemétrico
FOD	Objeto extraño
ft	Pie
ILS	Sistema de aterrizaje por instrumentos
IMC	Condiciones meteorológicas de vuelo por instrumentos
K	Grados Kelvin
kg	Kilogramo
km	Kilómetro
km/h	Kilómetro por hora
LDA	Distancia de aterrizaje disponible
LFFZ	Zona de vuelo sin rayos láser
LSFZ	Zona de vuelo sensible de rayos láser
m	Metro
máx	Máximo
mín	Mínimo
MLS	Sistema de aterrizaje por microondas
mm	Milímetro
MN	Meganewton
MPa	Megapascal
NMM	Nivel medio del mar
OCA/H	Altitud/altura de franqueamiento de obstáculos

OFZ	Zona despejada de obstáculos
OLS	Superficie limitadora de obstáculos
OMGWS	Anchura exterior entre ruedas del tren de aterrizaje principal
PAPI	Indicador de trayectoria de aproximación de precisión
PCN	Número de clasificación de pavimentos
RESA	Área de seguridad de extremo de pista
RVR	Alcance visual en la pista
SMS	Sistema de gestión de la seguridad operacional
TODA	Distancia de despegue disponible
TORA	Recorrido de despegue disponible
T-VASIS	Sistema visual indicador de pendiente de aproximación en T
VMC	Condiciones meteorológicas de vuelo visual
VOR	Radiofaro omnidireccional VHF
kt	Nudo
L	Litro
LCFZ	Zona de vuelo crítica de rayos láser
OACI	Organización de Aviación Civil Internacional
IATA	Asociación del Transporte Aéreo Internacional
CEAC	Conferencia Europea de Aviación Civil
EUROCONTROL	Organización Europea para la seguridad de la navegación aérea
SENEAM	Servicios a la Navegación en el Espacio Aéreo Mexicano
AFAC	Agencia Federal de Aviación Civil
AICM	Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México
MEX	Código IATA Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México
TLC	Código IATA Aeropuerto Internacional de Toluca
MMMX	Código OACI Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México
PCA	Código IATA Aeropuerto Internacional de Pachuca
CVJ	Código IATA Aeropuerto Internacional de Cuernavaca
NAICM	Nuevo Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México
AIFA	Aeropuerto Internacional Felipe Ángeles
FAM	Fuerza Aérea Mexicana
DGA	Dirección General de Aeropuertos
ASA	Aeropuertos y Servicios Auxiliares
SCT	Secretaría de Comunicaciones y Transportes
SEI	Servicio de Salvamento y extinción de incendios en Aeronaves
CREI	Cuerpo de Rescate y Extinción de Incendios
Z.P.	Zona de Parada
CDMX	Ciudad de México
DOF	Diario Oficial de la Federación
SAHOP	Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas

SAM	Sistema Aeroportuario Metropolitano
T1	Terminal 1 de Pasajeros en el AICM
T2	Terminal 2 de Pasajeros en el AICM
has	Hectárea
Blvd	Boulevard
GACM	Grupo Aeroportuario de la Ciudad de México, S.A. de C.V.
Av.	Avenida
SAGARPA	Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación
CONAGUA	Comisión Nacional del Agua
PEMEX	Petróleos Mexicanos
CEM	Circuito Exterior Mexiquense
Metro	Sistema de Transporte Público Masivo Metropolitano
D.F.	Distrito Federal
CS	Costra Superficial
FAS	Formación Arcillosa Superior
CD	Capa Dura
FAI	Formación Arcillosa Inferior
DP	Depósitos Profundos
CFE	Comisión Federal de Electricidad
TCTA	Torre de Control de Tráfico Aéreo
SEDENA	Secretaría de la Defensa Nacional
SEDATU	Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano
SAASCAEM	Sistema de Autopistas, Aeropuertos, Servicios Conexos y Auxiliares del Estado de México
PELT	Parque Ecológico Lago de Texcoco
TUA	Tarifa de Uso de Aeropuerto
SEMARNAT	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
ASF	Auditoría Superior de la Federación
SHCP	Secretaría de Hacienda y Crédito Público

Símbolos

° Grado

= Igual

μ Coeficiente de rozamiento

> Mayor que

< Menor que

% Porcentaje

\pm Más o menos

Explicación de los términos

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.

Área de aterrizaje. Parte del área de movimiento destinada al aterrizaje o despegue de aeronaves.

Área de maniobras. Parte del aeródromo que ha de utilizarse para el despegue, aterrizaje y rodaje de aeronaves, excluyendo las plataformas.

Área de movimiento. Parte del aeródromo que ha de utilizarse para el despegue, aterrizaje y rodaje de aeronaves, integrada por el área de maniobras y las plataformas.

Área de seguridad de extremo de pista (RESA). Área simétrica respecto a la prolongación del eje de la pista y adyacente al extremo de la franja, cuyo objeto principal consiste en reducir el riesgo de daños a un avión que efectúe un aterrizaje demasiado corto o un aterrizaje demasiado largo.

Elevación de aeródromo. La elevación del punto más alto del área de aterrizaje.

Franja de pista. Superficie definida que comprende la pista y la zona de parada, si la hubiese, destinada a:

- a) reducir el riesgo de daños a las aeronaves que se salgan de la pista; y
- b) proteger a las aeronaves que la sobrevuelan durante las operaciones de despegue o aterrizaje.

Margen. Banda de terreno que bordea un pavimento, tratada de forma que sirva de transición entre ese pavimento y el terreno adyacente.

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

Obstáculo. Todo objeto fijo (ya sea temporal o permanente) o móvil, o parte del mismo, que esté situado en un área destinada al movimiento de las aeronaves en la superficie o que sobresalga de una superficie definida destinada a proteger a las aeronaves en vuelo.

Pista. Área rectangular definida en un aeródromo terrestre preparada para el aterrizaje y el despegue de las aeronaves.

Pista de vuelo visual. Pista destinada a las operaciones de aeronaves que utilicen procedimientos visuales para la aproximación.

Pista(s) principal(es). Pista(s) que se utiliza(n) con preferencia

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

Umbral desplazado. Umbral que no está situado en el extremo de la pista.

Zona libre de obstáculos. Área rectangular definida en el terreno o en el agua y bajo control de la autoridad competente, designada o preparada como área adecuada sobre la cual un avión puede efectuar una parte del ascenso inicial hasta una altura especificada.

HUB. Aeropuerto que es un centro de conexiones entre rutas.

Introducción

En este trabajo se realizó un análisis a la solución de la saturación del Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México (AICM), ya que, como es sabido desde el 2004 se ha visto rebasado en la demanda para poder realizar las operaciones con servicios de calidad mínimos requeridos; partiendo de que los aeropuertos son un factor central para el crecimiento y el desarrollo económico, en la medida que disminuyen los costos de transporte, aumentan la conectividad y aceleran el comercio internacional.

Partiendo de esto se realizó la descripción de las dos propuestas presentadas y ejecutadas en el periodo 2012 -2024, teniendo en cuenta las consideraciones relevantes mínimas sobre las alternativas para solucionar la saturación del AICM, que son:

1. La seguridad debe ser la principal prioridad.
2. Mayor capacidad de transporte de pasajeros con visión de largo plazo.
3. Importancia de un hub para México.
4. Incidencia en el desarrollo regional.
5. Costos de equipamiento, operación y economías de escala para las aerolíneas y pasajeros.
6. Financiamiento y fuentes de ingresos.
7. Impacto ambiental y medidas de mitigación.

En el capítulo I tendremos un repaso a la historia no nada más del AICM sino de la aeronáutica a nivel nacional, se mencionará las dependencias encargadas de regular esta actividad.

En los capítulos II y III se proporciona información relevante y detallada de las especificaciones como parámetros mínimos a considerar para la planeación, plan maestro, construcción de este tipo de obras de infraestructura, según OACI.

En el capítulo IV se describe las condiciones de los siguientes aeropuertos MEX, TLC, como integrantes del Sistema Aeroportuario Metropolitano, la descripción son de las dos zonas principales de un aeropuerto, lado aire integrada por pistas, plataformas, calles de rodaje, plataformas y lado tierra integradas por edificio terminal, estacionamiento, vialidades de acceso, instalaciones de apoyo.

Capítulo III se describe el proyecto ejecutivo del NAICM, sus alcances, modificaciones; se describe y resalta la situación que actual del proyecto del AIFA.

Posteriormente se tiene un apartado donde se resalta alguna de las razones por las cuales se decidió abandonar el proyecto del NAICM, estos incluyen sus problemas de impacto ambiental, el tipo de suelo en el que estaba siendo construido, sus costos excesivos y los tiempos de ejecución no respetados y se describe la factibilidad de la opción propuesta por el Gobierno Federal, llamado Aeropuerto Internacional Felipe Ángeles "AIFA".

La aprobación y ejecución de este tipo obras no debe de estar sujeta al tipo de cambio, factores políticos, factores sociales, por la naturaleza de los proyectos sus costos y tiempos de construcción son elevados pero la factibilidad y viabilidad para el desarrollo de la nación y el bienestar de la sociedad son incuestionables.

Uno de los temas relevantes en la Planeación y Proyecto para un Aeropuertos se refiere a los accesos a este de los pasajeros del transporte aéreo y de los empleados del mismo.

Objetivos

Objetivo General

El objetivo del presente trabajo es exponer y analizar en forma respetuosa, proactiva, profesional e imparcial, a través de una metodología que sirva como punto de partida para comparar y analizar las dos alternativas diferentes que en su momento presento el Gobierno para la problemática que se pretende solucionar mediante la construcción del NAICM y posteriormente el AIFA.

Es importante subrayar que aquí no se sugiere alguna opción, únicamente se proporciona la información pertinente para que cada persona decida la que considere adecuada.

Objetivo Particular

- Descripción de las zonas del AIFA para dar solución a la saturación del AICM.
- Determinar algunas de las razones por las cuales el NAICM fue cancelado.
- Ambas tienen ventajas y desventajas, pero su análisis requiere de una visión integral que considere todos los temas que entran en juego.

I. Antecedentes

I.1 Breve historia de la aviación y del desarrollo del transporte aéreo

En la Nueva España se voló el primer vuelo en un globo de papel. Con la guerra de independencia se detuvo esta actividad, fue hasta 1835 que el francés Eullin Robertson voló un globo en la capital del país, en 1842 un mexicano vuela por primera vez un globo construido por él.

En 1907 los dirigibles se convirtieron en novedad, pero su principal función era de publicidad, posteriormente se enfoca todo a la construcción de aeroplanos, el mexicano Villasaña creó los primeros planeadores al igual que los hermanos Aldasoro Suárez.

En México fue el primer lugar de América latina donde voló un aeroplano efectuado por Alberto Braniff a bordo de un avión Voisin de fabricación francesa el 8 de enero de 1910, este acto se llevó a cabo en unos llanos de la Hacienda de Balbuena situados junto a la Ciudad de México., de ahí en adelante varios mexicanos realizaron grandes vuelos para su época incluso muertos en ellas, como ejemplo el piloto Emilio Carranza.

Los mexicanos se han destacados por sus hazañas ya sea volar a diferentes ciudades del país promoviendo aviones o en globo, hombres y mujeres, en competencias o por diversión los mexicanos se han destacado por estar presentes en grandes eventos.

Poco tiempo después, el deportista Miguel Lebrija, se había distinguido como piloto de globos y planeadores, obtuvo de la compañía cigarrera El Buen Tono un avión Blériot, así el 14 de mayo de 1910 Lebrija realizó el primero de una larga serie de vuelos, utilizando también los llanos de Balbuena.

Durante los meses de febrero y marzo de 1911, el grupo de pilotos, mecánicos y aviones que integraba la Moisant International Aviation efectuó vuelos de exhibición en las ciudades de México, Monterrey y Veracruz, entre los pilotos estaban: Roland Garros, Edmon Audemars y Rene Simón, estos emplearon aviones Blériot XI.

En Monterrey utilizaron como campo aéreo un llano junto al Parque Zambrano; en México en Balbuena y en Veracruz un terreno plano situado por el rumbo de Santa Fe.

Se ocupaban los campos de Balbuena por varias razones, estaban situados junto a la estación del ferrocarril de San Lázaro, los llanos ofrecían grandes áreas libres de obstáculos.

El 30 de noviembre de 1911 el presidente Francisco I. Madero realizó un vuelo con el piloto Dyott en un Deperdussin, convirtiéndose en el primer Jefe de Estado en el mundo que voló en un avión.

Antes de la decena trágica en México se realizaban exhibiciones aéreas incluso el presidente Madero fue el primero en volar, con el derrocamiento de Madero la aviación cambió de exhibición a militar, en la revolución mexicana.

Teniendo también como escenario los llanos de Balbuena, el 27 de abril de 1913 el general Manuel Mondragón, secretario de Guerra y Marina durante la gestión de Victoriano Huerta, organizó una prueba de bombardeo aéreo que estuvo a cargo de Miguel Lebrija como piloto y de Juan Guillermo Villasana como bombardero, quienes a bordo de un aeroplano Deperdussin lanzaron unas bombas Martin Hale que cayeron en el blanco, el cual era un círculo de cal de 10 m de diámetro.

El 13 de mayo de 1913 el piloto mercenario Didier Masón, acompañado del constitucionalista Joaquín Bauche Alcalde, lanzó unas bombas sobre los barcos de guerra huertistas en la bahía de Guaymas, aunque sin resultados prácticos. Para dicho vuelo emplearon un improvisado campo situado junto a Estación Moreno, Sonora, adonde habían llegado desde Hermosillo en ferrocarril.

Venustiano Carranza compró los primeros aviones conformada por 3 aviones del ejército constitucionalista y este biplano fue la primera guerra aeronaval registrada en México, esto sería el comienzo de otras batallas como la toma de Campeche y Yucatán por parte del ejército constitucionalista. Villa también quiso incluir aviones en sus tropas, pero sin éxito sus integrantes era aviones y pilotos estadounidenses.

El 14 de abril de 1914 tuvo lugar una acción de guerra aeronaval en Topolobampo, Sinaloa, en la que participaron los cañoneros Guerrero, por el lado huertista, y el Tampico, por el lado constitucionalista, además del avión Sonora tripulado por Gustavo Salinas y desde el cual su ayudante Madariaga lanzó varias bombas sobre el Guerrero —que combatía con el Tampico a cañonazos—, poniéndolo en fuga. Esta confrontación es considerada el primer combate aeronaval del mundo.

Acompañando a Venustiano Carranza en su desplazamiento hacia Veracruz con motivo de la división de las fuerzas constitucionalistas tras la Convención de Aguascalientes, los integrantes de la Flotilla Aérea Constitucionalista se establecieron en la Playa Norte, emplazando en ella su base de operaciones. Allí realizaron una serie de vuelos, el 5 de febrero de 1915 Venustiano Carranza, en su calidad de primer jefe del Ejército Constitucionalista y encargado del Poder

Ejecutivo de la nación, firmó un acuerdo mediante el cual se creaba el Arma de Aviación en el Ejército Constitucionalista.

El primer avión construido en México, en 1912, se llamó Latinoamérica.

Una vez que Venustiano Carranza se instaló definitivamente en la ciudad de México, el 15 de noviembre de 1915 y mediante una ceremonia especial, se inauguró el primer curso de la Escuela Nacional de Aviación en las instalaciones seleccionadas para tal efecto en el antiguo picadero de la Escuela de Tiro de Artillería, en San Lázaro, junto a los llanos de Balbuena, en los que se instaló el campo de operaciones de la incipiente aviación militar.

Allí se establecieron también los Talleres Nacionales de Construcciones Aeronáuticas que, al igual que la Escuela, dependían de la Secretaría de Guerra y Marina. Así, Balbuena fue también el sitio donde se inició y desarrolló la aviación militar mexicana, se fabricaron o repararon aviones. A partir de entonces y durante bastantes años, los acontecimientos aeronáuticos tuvieron por escenario los llanos de Balbuena, al cobrar forma oficial y práctica la aviación militar, recibe el nombre de Aeródromo Nacional de Balbuena.

El 16 de mayo de 1917 fue la primera vez que un piloto voló un avión construido en México, este era un biplano Serie A equipado con motor Aztatl y hélice Anáhuac, este fue tripulado por Horacio Ruiz, que servía como servicio postal.

La necesidad de controlar y normar las actividades de la aviación civil se lleva a cabo en 1920 la creación de la Sección Técnica de Navegación Aérea, era una dependencia de la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas, con un acuerdo presidencial en 1928 se transforma al Departamento de Aeronáutica Civil.

El 12 de julio de 1921 la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas otorga la primera concesión para el transporte de pasajeros aéreo, a la compañía Mexicana de Transportación Aérea, las rutas se establecieron entre las Ciudades de México, Tuxpan, Hammond y Lawson. Las rutas se establecieron entre las ciudades de México, Tuxpan y Tampico.

En 1924 la Compañía Mexicana de Transportación Aérea se convierte en Compañía Mexicana de Aviación.

En 1921 llegaron diferentes aviones de todo tipo para compra o checarlos para poder fabricarlos, en 1923 se crea el escuadrón de caza y toman el nombre de FAM con esto se da paso a la especialización para el servicio de México.

En 1926 se formaliza el departamento aeronáutico y se ocupó para combatir en la guerra cristera en México.

El 1 de julio de 1928 se crea el departamento de aeronáutica civil y se pretendía separar la civil de la militar.

En 1929 se inaugura la nueva ruta comercial Brownsville – Tampico – México, la aerolínea mexicana fue la primera en rutas internacionales, ocupar aviones con 4 motores, cabinas pasteurizadas, entre otras novedades en América latina. En 1930 se crea el servicio de aeronáutica encargado de formación de profesionistas para la aviación militar.

Durante los años 30's la aviación mexicana apoya en guerra o búsqueda a nivel nacional o internacional.

Con la segunda guerra se crea el escuadrón 201 donde tuvo un papel importante, también participando en la reconquista de Filipinas. En 1940 se hacen ajustes en la F.A.M. pero su nombre se reconoce hasta 1944 de Fuerza Aérea Mexicana.

El 6 de agosto de 1952 el Departamento de Aeronáutica Civil se transforma a la Dirección de Aeronáutica Civil en este recaería la responsabilidad de cumplir y garantizar las normas de seguridad que se exigía en los organismos internacionales.

Cuando termino la 2da guerra mundial México se concentró en actualizar y perfeccionar la aviación, en 1952 se inaugura la Base Aérea de Santa Lucia y se reacondicionaron las otras bases militares. 1959 se crea el colegio del aire, en los años 60's se integran los jets a la FAM, en los 80's se integran los supersónicos como son los F-5, aviones emblemáticos que hasta la fecha reconocemos fácilmente dentro de toda la flotilla que integra la FAM, en 1986 se crea el primer batallón aeronaval.

En 1959 se crea el sindicato de pilotos de México con el cual se termina la época de Aeronaves de México, en 1972 cambia a Aeroméxico, 1988 en huelga y quebró la empresa.

Debido al crecimiento de la industria de la aviación, el desarrollo de aeronaves y el incremento de la navegación aérea, el gobierno federal toma una serie de decisiones para solucionar los problemas que tenían los organismos que vigilaban los aeropuertos debido a que se vieron superados por los parámetros dichos., el gobierno crea los medios necesarios para garantizar el desarrollo de la actividad y la inversión requerida para consolidar la aviación.

En 1961 el Plan Nacional de Aeropuertos estableció la creación de dos entidades nuevas, la Dirección General de Aeropuertos (DGA) como dependencia de la S.O.P. el cual se encargaría

de planear, construir y equipar todos los aeropuertos de la república; y el organismo descentralizado Aeropuertos y Servicios Auxiliares (A.S.A.) como dependencia de la S.C.T. a esta se le asignó la responsabilidad de operar, administrar y conservar todos los aeropuertos civiles del país que fueron operados por la Dirección General de Aeronáutica Civil.

Por increíble que parezca en México se han desarrollado aviones o partes de los mismos como son:

Benito León Acosta voló su propio dirigible.

Joaquín de la Cantoya voló su propio globo con un depósito de alcohol.

Alfredo Robles Domínguez escribió el libro la locomotora aérea y prototipo de un helicóptero.

1912 Juan Villasaña la hélice Anáhuac.

Ángel Lascuráin diseño el avión e132 México se diseñaron diferentes aviones y motores en estos talleres.

Juan Azcarate 1930 fundó la empresa aviones Azcarate en la que construyo aviones para la FAM.

Miguel Carrillo construye un avión sin recursos ni estudios en 1936 el pinocho.

En México también invento cohetes espaciales y se creó la CNEE 1962 lanzando varios cohetes, pero en 1977 se disuelve la comisión y nada más creo satélites.

I.2. Estadísticas de la aviación nacional y las dependencias nacionales encargadas de la actividad aeronáutica del país

Servicios a la Navegación en el Espacio Aéreo Mexicano (SENEAM)

Esta debe de garantizar a través de servicios a la navegación, el transporte seguro y eficiente de personas y bienes en el espacio aéreo mexicano.

Su objetivo primordial, proporcionar con calidad los servicios de control de:

Tránsito Aéreo, debe de asegura la aplicación eficaz y eficiente de los Servicios de Tránsito Aéreo, Navegación e Información Aeronáutica, Meteorología, y Telecomunicaciones Aeronáuticas para mantener la Seguridad Aérea.

Navegación e Información Aeronáutica, asegurar el Servicio de Navegación e Información Aeronáutica a través de los procedimientos de precisión, de no precisión, de aproximación, de salidas y las rutas convencionales de Radioayudas y Navegación Basada en el Desempeño de las Aeronaves (PBN) dentro del espacio aéreo mexicano, para coadyuvar y garantizar la Seguridad Aérea.

Meteorología, participa en la planeación, organización, funcionamiento, desarrollo y aseguramiento de la calidad de los servicios de Meteorología, Climatología, a través del Centro de Análisis y Pronósticos Meteorológicos Aeronáuticos (CAPMA) para contribuir a la Seguridad Aérea, puntualidad y confiabilidad de las operaciones aéreas en México.

Sistemas Digitales Aeronáuticos, aplica y cumple con la normatividad técnica establecida en el desarrollo de los Sistemas para la Detección de Aeronaves, Control de Tránsito Aéreo y las Telecomunicaciones Aeronáuticas, así mismo, está encargada de integrar tecnologías de punta a fin de contar con la infraestructura, sistemas y equipos que garanticen brindar los servicios de forma ininterrumpida.

Ingeniería de Servicios, coordina la planeación e instalación de nuevos proyectos y modificaciones que se requieran en la infraestructura, para ampliar y modernizar los Sistemas de Comunicaciones, de Energía Eléctrica y Radioayudas a la Navegación Aérea.

Agencia Federal de Aviación Civil (AFAC)

El 16 de octubre de 2019, el Presidente de la República promulgó el Decreto de la creación de la Agencia Federal de Aviación Civil, la cual se transforma a la Dirección General de Aeronáutica Civil, con todos sus recursos, personal e infraestructura en un nuevo organismo desconcentrado, dependiente de la SCT.

La Agencia Federal de Aviación Civil (AFAC), tiene como propósito establecer, administrar, coordinar, vigilar, operar y controlar la prestación de los servicios de transporte aéreo nacional e internacional, aeroportuarios, complementarios y comerciales, así como aquellas expresamente otorgadas por el Titular de la SCT, de conformidad con las disposiciones jurídicas aplicables.

Entre las funciones de la nueva Agencia está la de proponer al Secretario de Comunicaciones y Transportes, previo conocimiento de la Subsecretaría de Transporte, las políticas y programas en materia de aviación civil y aeroportuaria, así como ejercer las actividades necesarias para llevarlas a cabo.

Aeropuertos y Servicios Auxiliares (ASA)

Es un organismo descentralizado del Gobierno Federal, creado en junio de 1965 para diseñar, construir y operar terminales aeroportuarias, administra, conserva aeropuertos; presta servicios de suministro de combustibles, ofrece asistencia técnica y consultoría, así como instrucción e

investigación en materia aeronáutica y aeroportuaria; participa en el desarrollo tecnológico y colabora con la Secretaría de Comunicaciones y Transportes en materia de regulación, verificación y supervisión de aeropuertos.

I.3 Estadísticas de la aviación internacional y los organismos regionales e internacionales que normalizan la actividad aeronáutica mundial

OACI (Organización de la Aviación Civil Internacional).

La Organización de Aviación Civil Internacional (OACI), organismo especializado de las Naciones Unidas, se creó con la firma en Chicago, el 7 de diciembre de 1944, del Convenio sobre Aviación Civil Internacional. La OACI es el órgano permanente encargado de la administración de los principios establecidos en el Convenio.

Los 96 artículos del Convenio de Chicago establecen los privilegios y restricciones de todos los Estados contratantes (191 en la actualidad). El Convenio reconoce el principio de que todo Estado tiene soberanía plena y exclusiva en el espacio aéreo sobre su territorio y establece que ningún servicio aéreo internacional no programado, puede operar sobre o dentro de un territorio de un estado contratante sin su consentimiento previo.

LA OACI como foro mundial para la cooperación entre sus Estados miembros y la comunidad mundial de la aviación, establece normas y métodos recomendados para el desarrollo seguro y ordenado de la aviación civil internacional. En su misión de fomentar un sistema de aviación civil global que funcione de manera permanente y uniforme con la máxima eficiencia y en condiciones óptimas de seguridad, protección y sostenibilidad, la OACI establece objetivos estratégicos:

Mejorar la seguridad de la aviación civil mundial. Este se centra en las capacidades de vigilancia de la reglamentación de los Estados. Aumentar la capacidad y mejorar la eficiencia del sistema de la aviación civil mundial, mejorando la navegación aérea, la infraestructura de los aeródromos y el desarrollo de nuevos procedimientos para optimizar el rendimiento del sistema de aviación.

Mejorar la facilitación y la protección de los usuarios de la aviación civil mundial.

Fomentar el desarrollo de un sistema de aviación civil económicamente viable.

Reducir al mínimo los efectos ambientales negativos de las actividades de aviación civil.

La OACI cuenta con un órgano soberano, la Asamblea, y un órgano rector, el Consejo.

La Asamblea se reúne al menos una vez cada tres años y es convocada por el Consejo.

Cada Estado contratante tiene derecho a un voto, y las decisiones de la Asamblea se tomarán por mayoría de los votos emitidos.

El Consejo es un órgano permanente, responsable ante la Asamblea y está integrado por representantes de 36 Estados contratantes para un mandato de tres años.

El Consejo y sus órganos subsidiarios fijan la dirección del trabajo de la Organización. Una de sus principales funciones es adoptar normas internacionales y métodos recomendados, e incorporarlos a los Anexos al Convenio sobre Aviación Civil Internacional, que cubren todos los aspectos de la aviación civil internacional.

El Consejo de la OACI está apoyado por una Secretaría General con sede en Montreal.

La OACI tiene oficinas regionales con el fin de facilitar el planeamiento e implementación de los servicios básicos para el transporte aéreo. Las distintas regiones en las que OACI las tiene establecidas son las siguientes: África-Océano Índico (AFI), Asia (ASIA), Caribe (CAR), Europa (EUR), Oriente Medio (MID), Norte América (NAM), Atlántico Norte (NAT), Pacífico (PAC) y Sudamérica (SAM).

CEAC (Conferencia Europea de Aviación Civil)

Fundada en 1955 como una organización intergubernamental cuyo objetivo es promover el desarrollo continuado de un sistema de transporte aéreo europeo seguro, eficiente y sostenible mediante la armonización de políticas y prácticas entre sus estados miembros, así como la difusión de éstas a otras partes del mundo. En la actualidad está integrada por 44 estados europeos.

La experiencia de la CEAC en asuntos de aviación, sus miembros Pan-Europeos, su estrecha colaboración con OACI y con las instituciones de la Unión Europea, su relación especial con EUROCONTROL, y sus relaciones de trabajo con un amplio círculo de las organizaciones que representan a todas las partes de la industria del transporte aéreo, incluidos los intereses de los consumidores, permiten a la CEAC ser un foro para la discusión entre las distintas autoridades de Aviación Civil de cada uno de los principales temas de la aviación civil.

Las principales actividades sobre las que trabaja la CEAC son: seguridad operacional, seguridad de las personas, medioambiente, asuntos económicos, relaciones externas y facilitación.

La CEAC busca y promueve, acuerdos y contactos con otros Estados y organizaciones regionales sobre cuestiones de la aviación civil de interés común.

EUROCONTROL

Es la Organización Europea para la seguridad de la navegación aérea, creada en 1963, es una organización intergubernamental civil y militar que cuenta actualmente con 41 estados miembros de toda Europa, (más Israel y Marruecos) y que da apoyo a la Aviación Europea. Su sede principal está en Bélgica, con oficinas especializadas en tres países europeos (Holanda, Luxemburgo y Francia).

Como principales actividades se pueden señalar:

El Gestor de la Red que gestiona el flujo de tráfico de la red ATM europea, en estrecha colaboración con los proveedores de servicios de navegación aérea (ANSPs), usuarios del espacio aéreo, los militares y aeropuertos.

La Oficina Central de Tarifas Ruta que se encarga de la facturación a las aerolíneas de las tasas de ruta en Europa y posterior distribución a los ANSPs. El centro de control de tráfico aéreo, "Maastricht Upper Área Control Centre" (MUAC), que proporciona el control de tráfico aéreo en Bélgica, Luxemburgo, Países Bajos y el noroeste de Alemania.

Coordinación de la aviación civil y militar en Europa.

Apoyo a la Comisión Europea.

La IATA. Asociación Internacional del Transporte Aéreo

El ordenamiento del tráfico y del transporte internacional requirió desde los primeros momentos de su desarrollo significativo, la formación de un ente empresario que buscara y consiguiera la solución de aquellos problemas que no podían resolverse individualmente por cada una de las empresas, y, asimismo, encontrar la forma de hacer más efectivos y económicos los esfuerzos combinados para la útil realización de los primeros. Con tal fin nació la Asociación del Tráfico Aéreo Internacional, según su primera denominación, el 29 de Agosto de 1929. La IATA comenzó en esa fecha su primer período, en el cual reunió principalmente a las empresas de transporte aéreo europeas.

El objeto principal fue la unificación de propósitos y de regulación del tráfico internacional, basado en los acuerdos que debían realizarse entre sus miembros.

Después de la Segunda Guerra Mundial, la IATA se recompone partiendo de la reunión de empresas, realizada en la Habana, en 1945. Comienza el segundo período, para el cual la Asociación se llama ya Asociación de Transporte Aéreo Internacional (IATA). Intervienen en ella

como socios o asociados los transportistas de todo el mundo que pertenezcan o sean nacionales de países miembros de la OACI. Se compone pues, de empresas internacionales de pasajeros o de carga o mixtas, las que en todo caso deben realizar servicios regulares (sujeto a itinerario y horario prefijado y conocido por el público con la debida anticipación). Estas pueden ser: miembros activos que son las que realizan servicios regulares entre el territorio de varios Estados, y también miembros asociados que son los que realizan servicios regulares dentro del territorio de un Estado.

La IATA tiene su sede principal en Montreal (Canadá) y se compone de una Asamblea General, un Comité Ejecutivo y Oficinas Regionales. Además, consta de cuatro Comités que realizan las labores específicas técnicas reservadas a la institución. La Asamblea se reúne una vez por año y cada miembro activo tiene un voto. El Comité Ejecutivo está compuesto por miembros que son elegidos por el tiempo de tres años. Funciona bajo la dirección de un Director General y otros oficiales ejecutivos que se designan por el Comité Ejecutivo y confirmados por la Asamblea.

IATA está sostenida enteramente por los aportes de sus miembros, los cuales están en proporción de la cantidad de tráfico aéreo internacional llevado por cada uno. Los Comités Técnicos especializados son cuatro: el financiero, el jurídico, el técnico y el de tráfico. Además, cuenta la IATA con un Banco Liquidador que se fundó en la segunda Reunión General (El Cairo, 1946), que tiene como propósito efectuar la compensación legal entre las deudas que mantengan entre sí las empresas.

[1.4. Clave de referencia del Aeródromo](#)

En el Manual de Diseño de Aeródromos de OACI, Parte 1, Pistas, indica el propósito de la clave de referencia de un aeródromo es proporcionar un método sencillo, para relacionar entre sí las numerosas especificaciones concernientes a las características de los aeródromos, a fin de suministrar una serie de instalaciones aeroportuarias que convengan a los aviones destinados a operar en el aeródromo.

La clave está compuesta de dos elementos que se relacionan con las características y dimensiones del avión. El número está basado en la longitud del campo de referencia del avión y la letra basada en la envergadura del avión y en la anchura exterior entre las ruedas del tren de aterrizaje principal.

Es decir, para determinar el número de clave se utiliza la mayor longitud de campo de referencia de todos los aviones que utilizan el aeródromo, y para determinar la letra de clave se toma la mayor envergadura y la mayor anchura entre ruedas de todos los aviones que usan el aeródromo, y se elige la letra mayor.

Tabla 1 Clave de referencia de aeródromo.

Elementos de clave 1	
Núm. De clave	Longitud de campo de referencia del avión
1	Menos de 800 m
2	Desde 800 m hasta 1200 m (exclusive)
3	Desde 1200 m hasta 1800 m (exclusive)
4	Desde 1800 m en adelante

Fuente: En Anexo 14 (OACI ed.), 2018.

Tabla 2 Clave de referencia de aeródromo.

Elementos de clave 2	
Núm. De clave	Envergadura del avión
A	Hasta 15 m (exclusive)
B	Desde 15 m hasta 24 m (exclusive)
C	Desde 24 m hasta 36 m (exclusive)
D	Desde 36 m hasta 52 m (exclusive)
E	Desde 52 m hasta 65 m (exclusive)
F	Desde 65 m hasta 80 m (exclusive)

Fuente: En Anexo 14 (OACI ed.), 2018.

II. Elementos del lado aire de un aeropuerto

II.1. Definición y pistas VFR, IFR

Es el elemento menos flexible del aeropuerto, el trazado y ubicación de los demás elementos que conforman el aeropuerto se ajustan a la medida de lo posible a las pistas.

El estudio de estas es de vital importancia, por ser el elemento de transición del transporte aéreo y terrestre.

Las pistas y el espacio aéreo se utilizan para realizar vuelos de aeronaves que pueden ser controladas y no controladas; los vuelos “incontrolados” se realizan mediante Reglas de Vuelo Visual: VFR que realizan los pilotos bajo su propia responsabilidad, en cuanto a su posición en el espacio y con relación al terreno, utilizando sus propios sentidos, principalmente el de la vista. Estos vuelos pueden ser observando y a estimas; están restringidos únicamente a las horas diurnas y condiciones de buen tiempo atmosférico, y a velocidades bajas de aviones deportivos o similares, o los conocidos como no compatibles, que son las propulsadas por motores de pistón y turbohélice, con velocidades de crucero menores a 250 nudos.

Los vuelos controlados se pueden realizar a cualquier hora del día o de la noche, con poca o con mucha visibilidad, con buen o con mal tiempo, mediante Reglas Vuelo por Instrumentos: IFR cuyos datos esenciales para la navegación y para el manejo del avión proceden del tablero de instrumentos del avión y del funcionamiento de los equipos en tierra; se desarrollan en un espacio aéreo controlado, dividido en espacios y niveles, delimitado en tres dimensiones: largo, alto y ancho, que proporcionan tres tipos de separación: vertical, por espacios y por tiempos, para que las aeronaves puedan realizar sus regímenes de ascenso y descenso, al tomar o dejar una aerovía en sus vuelo total. La operación crítica se presenta en los puntos de intersección entre aerovías en la definición de rutas y en la asignación de niveles en los ascensos y descensos de las aeronaves. Por la instrumentación que pueden utilizar, estos vuelos pueden ser mediante radionavegación, astronómicos y con el uso de GPS.

Existen diferente clasificación de pistas según la OACI:

1. Pista de vuelo visual (VFR): pista destinada a las operaciones de aeronaves que utilicen procedimientos visuales para la aproximación.
2. Pista de vuelo por instrumentos (IFR): pista destinada a las operaciones de aeronaves que utilizan procedimientos de aproximación por instrumentos. Las pistas de vuelo por instrumentos suelen subdividirse en cuatro tipos:

- 1.1 Pistas para aproximaciones que no sean de precisión, servidas por ayudas visuales y una no visual que proporcione por lo menos una guía direccional adecuada para la aproximación directa.
- 1.2 Pistas para aproximación de precisión de Categoría I: pista de vuelo por instrumentos servida por ILS o MLS y por ayudas visuales destinadas a operaciones con una altura de decisión no inferior a 60 m y con una visibilidad de no menos de 800 m, o con un alcance visual (RVR) en la pista no inferior a 550 m.
- 1.3 Pista para aproximaciones de precisión de Categoría II: Pista de vuelo por instrumentos servida por ILS o 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.
- 1.4 Pista para aproximaciones de precisión de Categoría III: Son pistas de vuelo por instrumentos servidas por ILS hasta la superficie de la pista y a lo largo de la misma. En la Categoría III se distinguen a su vez tres subcategorías:
 - III.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.
 - III.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 50 m.
 - III.C - destinada a operaciones sin altura de decisión y sin restricciones de alcance visual en la pista.

Pista principal

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

Pista secundaria

La longitud de toda pista secundaria debería determinarse de manera similar a la de las pistas principales, excepto que necesita ser apropiada únicamente para los aviones que requieran usar

dicha pista secundaria además de la otra pista o pistas, con objeto de obtener un coeficiente de utilización de por lo menos el 95%.

VFR. – Reglas de Vuelo Visual (Visual Flight Rules)

Son el conjunto de normas contenidas en el Reglamento de Circulación Aérea que establecen las condiciones suficientes para que el piloto pueda dirigir su aeronave, navegar y mantener la separación de seguridad con cualquier obstáculo con la única ayuda de la observación visual.

Bajo reglas VFR, el piloto dirige su aeronave manteniendo en todo momento contacto visual con el terreno, aunque le está permitido utilizar los instrumentos de vuelo a bordo como ayuda suplementaria.

Reglas de Vuelo Visual (VFR).

Para realizar vuelo VFR las aeronaves se mantendrán a una distancia de las nubes y en condiciones de visibilidad igual o superior a las indicadas a continuación:

I.- Dentro de aerovías y espacios aéreos controlados:

- a) Visibilidad en vuelo: 9 kilómetros (5 millas náuticas); y
- b) Distancia de nubes: 610 metros (2,000 pies) por encima y 305 metros (1,000 pies) por debajo, verticalmente y 1.8 kilómetros (1 milla náutica) horizontalmente de las nubes.

II.- Fuera de aerovías y áreas de control:

- a) Visibilidad en vuelo: 5.5 kilómetros (3 millas náuticas); y
- b) Distancia de nubes: 610 metros (2,000 pies) por encima y 305 metros (1,000 pies) por debajo, verticalmente y 1.8 kilómetros (1 milla náutica) horizontalmente de las nubes.

III.- Fuera de aerovías y áreas de control, operación a/o abajo de 305 metros (1,000 pies) de altura sobre el terreno:

- a) Visibilidad en vuelo: 1.8 Kilómetros (1 milla náutica);
- b) Libre de nubes y con referencia visual con la superficie del terreno; y
- c) Los helicópteros quedan exceptuados y pueden operar con una visibilidad en vuelo menor a 1.8 kilómetros (1 milla náutica), si maniobran a una velocidad adecuada para observar el tránsito o cualquier obstáculo con tiempo suficiente para evitar colisiones.

Excepto cuando lo autorice la dependencia de Control de Tránsito Aéreo apropiada, las aeronaves en vuelo VFR no despegaran o aterrizaran en un aeródromo, ni entraran al circuito de tránsito del mismo, cuando en dicho aeródromo:

- I. El techo sea inferior a 457 m (1,500 ft) o;
- II. La visibilidad en tierra sea menor a 9 km (5 millas náuticas).

A menos que la autoridad competente autorice lo contrario, las aeronaves en vuelo VFR no operaran:

- I. Entre la puesta y salida del sol;
- II. Durante cualquier otro periodo de tiempo que sea prescrito por la autoridad competente; y
- III. A/o arriba del nivel de vuelo 200.

Los vuelos VFR efectuados en vuelo horizontal de crucero a/o arriba de 610 m (2,000 ft) sobre tierra o agua.

Toda aeronave que opere de acuerdo con las reglas de vuelo visual y pretenda cambiar a las reglas de vuelo por instrumentos deberá:

- I. Si ha presentado un plan de vuelo, comunicar los cambios necesarios que hayan de efectuarse en su plan de vuelo actualizado; o
- II. Someter un plan de vuelo a la dependencia de los servicios de tránsito aéreo y obtener una autorización o permiso, antes de proseguir IFR cuando se encuentre dentro o vaya a penetrar a un espacio aéreo controlado.

Solamente se autoriza y se realiza el vuelo VFR en ruta, cuando las condiciones de techo y visibilidad, notificados en el aeródromo de destino cumplan con lo antes mencionado y las condiciones meteorológicas, pronosticadas o notificadas a lo largo de la trayectoria de vuelo, sean de cielo medio nublado o mejor, y la visibilidad igual o superior a las ya mencionadas.

El piloto al mando de la aeronave será responsable de conservar su propia separación de otro tránsito aéreo, cuando vuele en condiciones meteorológicas visuales, dentro o fuera de áreas o zonas de control, aun cuando este conduciendo la aeronave conforme a un Plan de Vuelo IFR aprobado.

[IFR. – Reglas de Vuelo por Instrumentos \(Instruments Flight Rules\)](#)

Es el conjunto de normas y procedimientos recogidos en el Reglamento de Circulación Aérea, que regulan el pilotaje de aeronaves en condiciones de visibilidad reducida. Se trata del método de navegación alternativo a las Reglas de Vuelo Visual o VFR.

Reglas de Vuelo por Instrumentos (IFR).

Toda aeronave operando dentro de espacios aéreos ATS bajo la jurisdicción de México, deberá hacerlo de acuerdo con las reglas de vuelo por instrumentos (IFR), en los siguientes casos:

- a) Al operar a/o arriba de 6100 m (20000 pies), espacio aéreo Clase A, o los espacios que determine la autoridad aeronáutica;
- b) Entre la puesta y salida del sol, excepto que la autoridad aeronáutica autorice lo contrario;
- c) A velocidades de crucero iguales o superiores a 250 IAS.

En cualquier caso, en que no se puedan observar las Reglas de Vuelo Visual (VFR), el piloto está obligado a seguir las Reglas de Vuelo por medio de Instrumentos (IFR).

Todas las aeronaves que operen como vuelo IFR deberán estar dotadas de los instrumentos adecuados y de los sistemas de navegación y comunicación apropiados a la ruta propuesta de vuelo.

Todo piloto que opere una aeronave con plan de vuelo IFR, será responsable de cumplir con las Reglas de Vuelo por Instrumentos (IFR) indicadas en esta sección.

Los vuelos IFR se ajustarán a los siguientes mínimos meteorológicos:

- a) A los valores mínimos de visibilidad y techo publicados, iguales o superiores, para los procedimientos IFR de llegada en los aeródromos civiles;
- b) Para los despegues, al valor RVR o visibilidad reportada igual o superior a los mínimos publicados o la distancia equivalente mediante el conteo de luces de pista en el sentido del despegue y desde el puesto de mando de la aeronave;
- c) Cuando a la aeronave se le hayan autorizado previamente o requiera de mínimos meteorológicos superiores a los publicados, especificados en su manual de operación, se podrá ajustar a los mismos y deberán comunicarlo oportunamente a la dependencia de ATS correspondiente, antes de iniciar el procedimiento IFR de que se trate.

Excepto para el despegue o aterrizaje, las aeronaves en vuelo IFR se ajustarán:

- a) A lo largo de rutas ATS, a las altitudes mínimas IFR (MEA) establecidas y publicadas. Cuando sea necesario efectuar un cambio de altitud para cumplir con las altitudes mínimas IFR, este se iniciará:
 - inmediatamente después de haber pasado el punto de cambio; o,

- antes del punto de cambio de altitud, cuando exista una altitud mínima de cruce (MCA) publicada, a fin de cumplir con la misma;
- b) Fuera de rutas ATS, a una altitud igual o superior a 610 m (2000 pies) sobre el obstáculo más alto dentro de un radio de 10 millas náuticas, siempre y cuando se encuentre dentro del alcance de las radioayudas que le permitan verificar con frecuencia y precisión su posición.

Las aeronaves que operen IFR a 610 metros (2,000 pies) o más sobre el terreno o agua en vuelo nivelado fuera de espacio aéreo controlado, deberán volarse a un nivel de crucero apropiado a su derrota en la forma especificada.

Las aeronaves que operen IFR dentro de espacio aéreo controlado deberán volarse al nivel de crucero especificado por los Servicios de Control de Tránsito Aéreo.

Para efectuar un vuelo de ruta IFR, el piloto del mismo deberá cumplir con las disposiciones del Plan de Vuelo presentado y aprobado.

Para cancelar su Plan de Vuelo IFR, dentro de espacios aéreos controlados, el piloto de la aeronave deberá informar previamente a los Servicios de Control de Tránsito Aéreo correspondiente, a menos que ocurra una falla de comunicaciones y pueda completar el vuelo de acuerdo con las reglas de vuelo visual.

Cuando una aeronave opere de acuerdo con las Reglas de Vuelo por Instrumentos, y se encuentre en condiciones VMC, no cancelara su vuelo IFR, a menos que prevea que el vuelo continuara por un periodo de tiempo razonable en condiciones meteorológicas de vuelo visual y se tenga el propósito de proseguir en estas condiciones.

Toda aeronave que este conduciendo de acuerdo con un Plan de Vuelo IFR, y se vea precisada a desviarse de la ruta proyectada, deberá:

- I. Si está operando fuera de espacios aéreos controlados, pedir autorización al control de Tránsito Aéreo correspondiente; y
- II. Si está operando fuera de espacios aéreos controlados; notificarlo a la estación aeronáutica más cercana con que se encuentre en comunicación.

Los cambios de vuelo VFR a IFR o viceversa fuera de espacio aéreo controlado, deberán notificarse a la estación aeronáutica más próxima, con la cual se encuentre en comunicación.

En aquellos casos en que sea necesario efectuar un descenso o ascenso por medio de instrumento se observaran los procedimientos aprobados por la autoridad competente para los aeródromos de que se trate.

Todas las aeronaves en vuelo IFR, que operen dentro de áreas o a lo largo de rutas, fuera de espacio aéreo controlado, deberán observar los procedimientos especificados por la autoridad competente, publicados a través de los medios de información respectivos.

Además, deberán mantenerse a la escucha en las frecuencias apropiadas y establecer cuando sea necesario comunicación en ambos sentidos con los Servicios de Tránsito Aéreo correspondientes o con las estaciones aeronáuticas que se encuentren a lo largo de su ruta de vuelo.

Todas las aeronaves que operen con Plan de Vuelo IFR, fuera de espacio aéreo controlado y dentro de las regiones de información de vuelo con servicios de asesoramiento de tránsito aéreo, deberán cumplir con los mismos procedimientos que se aplican en los vuelos controlados, excepto que:

- I. El Plan de Vuelo y los cambios al mismo no están sujetos a permisos; y
- II. El servicio de asesoramiento sólo se proporcionará con respecto al tránsito esencial por medio de sugerencia acerca de las posibles medidas aplicables al caso.

Será responsabilidad del piloto al mando de la aeronave decidir si seguirá o no el asesoramiento sugerido, así como el comunicar su decisión sin demora.

Deberá establecer comunicación directa con la dependencia autorizada de suministrar los servicios de asesoramiento de tránsito aéreo de que se trate.

Es de observancia obligatoria para todos los vuelos IFR, hacer uso de los servicios de asesoramiento de tránsito aéreo dentro de las regiones de información de vuelo que correspondan.

II.2. Número de pistas

Son numerosos los factores que influyen en la determinación de la orientación, del emplazamiento y del número de pista.

Un factor importante es el coeficiente de utilización, determinado por la distribución de los vientos, otro factor importante es la alineación de la pista que permite obtener la provisión de

aproximaciones que se ajusten a las especificaciones sobre superficies de aproximación, indicadas en el Capítulo 4. En el Adjunto A, Sección 1, se da información sobre éstos y otros factores.

Cuando se elija el emplazamiento de una nueva pista de vuelo por instrumentos, es necesario prestar especial atención a las áreas sobre las cuales deben volar los aviones cuando sigan procedimientos de aproximación por instrumentos y de aproximación frustrada, a fin de asegurarse que la presencia de obstáculos situados en estas áreas u otros factores no restrinjan la operación de los aviones a cuyo uso se destine la pista.

El número y orientación de las pistas de un aeródromo deberían ser tales que el coeficiente de utilización del aeródromo no sea inferior al 95% para los aviones que el aeródromo esté destinado a servir.

El número de pistas que haya de proveerse en cada dirección dependerá del número de movimientos de aeronaves que haya que atender.

En términos generales, las pistas deben estar orientadas de manera que las aeronaves no tengan que pasar sobre zonas pobladas y eviten los obstáculos. Siempre que todos los demás factores no varíen, deberían estar orientadas en la dirección del viento predominante.

Por regla general, la pista principal de un aeropuerto debería estar orientada, en la mayor medida posible, en la dirección del viento predominante. Durante el aterrizaje y el despegue, las aeronaves pueden maniobrar en una pista siempre que la componente del viento en ángulos rectos a la dirección del movimiento de la aeronave (definida como viento transversal) no sea excesiva. El viento transversal máximo permisible depende no solamente del tamaño de la aeronave, sino también de la configuración alar y también del estado de la superficie pavimentada. Las aeronaves de transporte pueden maniobrar en vientos transversales de una velocidad máxima de 56 km/h (30 nudos), pero es bastante difícil hacerlo, por lo que, en la planificación de aeropuertos, se utilizan valores inferiores. Como se puede observar, la **OACI (Organización de Aeronáutica Civil Internacional)**, a través de diferentes documentos, nos sugiere que para determinar la orientación del emplazamiento de una pista, se debe realizar un estudio de la incidencia de los vientos (Estudio Eólico) en el emplazamiento del aeródromo, tomando en consideración los vientos sostenidos, los vientos en racha, la performance de las aeronaves que conforman la flota aérea a servir, así como la componente secante y transversal de resistencia estructural a carga máxima de despegue y de aterrizaje de las mismas.

Para entender más claramente como se realiza este estudio, debemos de partir del concepto de Rosa de Vientos. La Rosa de Vientos o Rosa Náutica, es un círculo marcado con los rumbos magnéticos en que se divide el horizonte, permitiendo la navegación de acuerdo al punto cardinal que se desee. Se divide en 4, 8, 16 y 32 puntos cardinales:

Tabla 3 Rosa de los Vientos

Dirección Cardinal	Símbolo	Rumbo Magnético
Norte	N	0° (360°)
Nornoroeste	NNE	22.5°
Noreste	NE	45°
Este noreste	ENE	67.5°
Este	E	90°
Estesudeste	ESE	112.5°
Sureste	SE	135°
Sursureste	SSE	157.5°
Sur	S	180°
Sursuroeste	SSO (SSW)	202.5°
Suroeste	SO (SW)	225°
Oeste suroeste	OSO (WSW)	267.5°
Oeste	O (W)	290°

Fuente: En *Anexo 14* (OACI ed.), 2018.

La Rosa de Vientos en Aeronáutica, se divide en 16 rumbos magnéticos, de 22.5° cada sector, correspondiendo los 0° al Norte, partiendo de este a la derecha o dextrógiro, se localizan los rumbos magnéticos correspondientes a las demás orientaciones cardinales.

Configuración de pistas

El área de operación de un aeropuerto puede tener una pista única o varias, si hay varias puede ser:

- Cruzadas: cuando sus ejes se cortan no necesariamente de manera física.

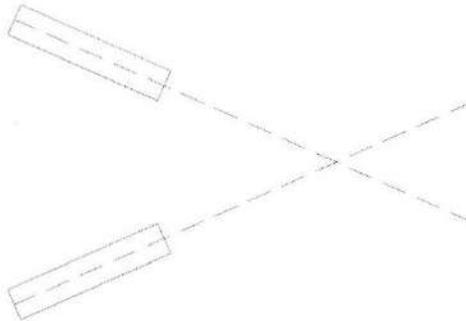


Imagen 1 Pistas Cruzadas

Fuente: Pistas Cruzadas. (2018). [Imagen]. En Anexo 14 (OACI ed.).

- Paralelas: Cuando lo son sus ejes

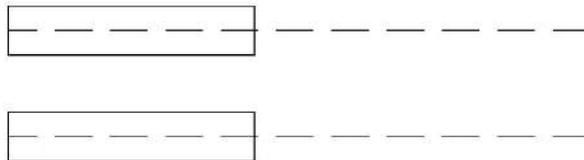


Imagen 2 Pistas Paralelas

Fuente: Pistas Paralelas. (2018). [Imagen]. En Anexo 14 (OACI ed.).

- Casi paralelas: Cuando sin cortarse las pistas sus ejes forman un ángulo de hasta 15°

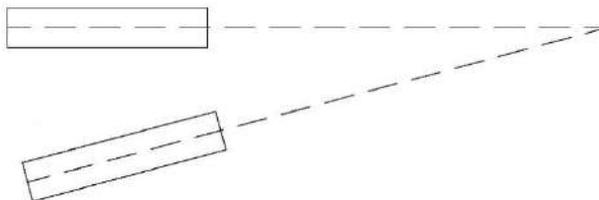


Imagen 3 Pistas Casi paralelas

Fuente: Pistas Casi paralelas. (2018). [Imagen]. En Anexo 14 (OACI ed.).

Las operaciones en pista múltiple son:

- Independientes: Cuando no existe condicionamiento entre ellas.
- Segregadas: Cuando unas se utilizan exclusivamente para salida y otras para llegadas.

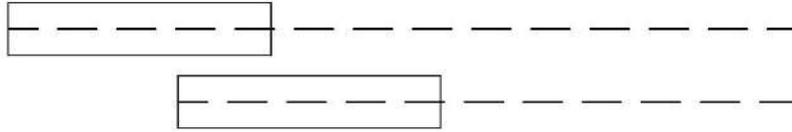


Imagen 4 Operaciones Simultaneas

Fuente: Operaciones Simultaneas. (2018). [Imagen]. En Anexo 14 (OACI ed.).

Paralelas segregadas: paralelas o casi paralelas, que operan por instrumentos utilizándose una, solo para llegadas y otra para salidas.

De salidas paralelas independientes: pistas paralelas o casi paralelas instrumentales con salidas simultaneas.

De aproximación paralelas independientes pistas paralelas o caso paralelas, instrumentales con llegadas simultaneas cuando no se prescriben mínimos de separación radar entre aeronaves en ejes adyacentes.

De aproximaciones paralelas dependientes cuando si se establece separación radar.

Separación mínima por OACI

Tabla 4 Separación mínima por OACI

aproximaciones paralelas independientes mínimo	1035 m
aproximaciones paralelas dependientes mínimo	915 m
salidas paralelas independientes mínimo	750 m
operaciones paralelas segregadas mínimo	750 m

Fuente: En Anexo 14 (OACI ed.), 2018.

Separación para vuelo visual

Tabla 5 Separación mínima para vuelo visual OACI

CAT		
1	mínimo	120 m
2	mínimo	150 m
3 o +	mínimo	210 m

Fuente: En Anexo 14 (OACI ed.), 2018.

5 millas de separación mínima de radar.

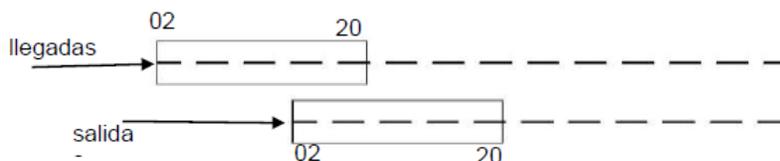


Imagen 5 Pistas Separación

Fuente: Pistas Separación. (2018). [Imagen]. En Anexo 14 (OACI ed.).

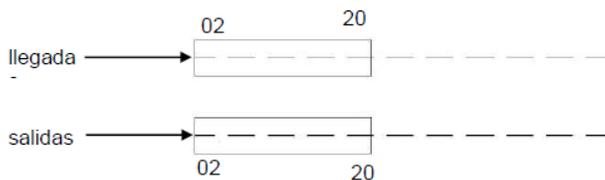


Imagen 6 Pistas Separación Paralelas

Fuente: Pistas Separación Paralelas. (2018). [Imagen]. En Anexo 14 (OACI ed.).

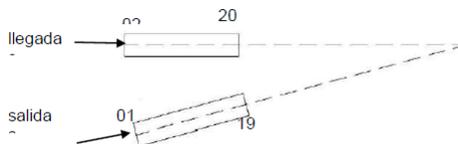


Imagen 7 Casi Paralelas

Fuente: Casi Paralelas. (2018). [Imagen]. En Anexo 14 (OACI ed.).

II.3. Definición y especificaciones de las calles de rodaje

Las calles de rodaje son los elementos de transición de las distintas funciones del aeródromo y son necesarias para alcanzar la utilización óptima del mismo; por tanto, el diseño debe realizarse de forma que se reduzcan al mínimo las restricciones a los movimientos de aviones entre pista y plataforma.

Además, deben atender el volumen de tráfico que puedan aceptar las pistas. También deben permitir que los aviones entren y salgan de la pista tan pronto como sea posible.

El número y tipo de las calles de rodaje necesario en un aeropuerto dependerá del número de operaciones que tenga el aeropuerto, deben estar localizadas siempre que sea posible, de modo que no crucen con otras pistas y otras calles que sean transitadas. La capacidad de una pista depende en gran medida del sistema de calles de rodaje, ya que mientras más rápido un avión desaloje la pista se podrán realizar más operaciones.

La localización de las calles de rodaje depende en gran medida de la mezcla de los aviones que utilizan el aeropuerto, la aproximación a la pista y velocidad del avión cuando este toca la pista, el punto de toque, la velocidad de salida, el promedio de desaceleración, y también el número de salidas. Otro factor que es muy importante y que influye en la localización de las calles de rodaje es que tan rápido y en qué forma, el control de tránsito aéreo, puede manejar la llegada y salida de los aviones.

La ubicación de la pista y el edificio de pasajeros influyen también en la localización y podemos clasificarlas en dos tipos:

- Calles de rodaje de entrada.
- Calles de rodaje de salida.

Las pistas y calles de rodaje son los elementos menos flexibles del aeródromo y, por lo tanto, deben tenerse en cuenta en primer lugar cuando se planifica la construcción de un aeródromo.

Los pronósticos sobre las actividades futuras deberían identificar las variaciones en el ritmo de los movimientos de aeronaves, la modalidad del tráfico, el tipo de aeronaves y otros factores que inciden en la configuración y las dimensiones de los sistemas de pistas y calles de rodaje.

Por lo tanto, debemos de considerar lo siguiente:

Desplazamientos: Reducir al mínimo los desplazamientos.

Sencillez: Trazado sencillo para no confundir a los pilotos.

Cambios de dirección: Utilizar al máximo los tramos rectos sin cambiar de dirección.

Acuerdos: Cuando sean necesarios los cambios de dirección se diseñarán curvas con radio adecuado para permitir la máxima velocidad.

Cruces: Las calles de rodaje no deben cruzar pistas de vuelo; siempre que sea posible por razones de seguridad y por posibles demoras.

Expansiones: Deben proyectarse teniendo en cuenta futuras expansiones y evitar posibles puntos conflictivos.

Interferencias: Que no causen interferencias a las ayudas a la navegación, sistema ILS, etc.

Visibilidad: Todas las calles deben ser visibles desde la Torre de Control.

Chorro de gases: Tener en cuenta el chorro de gases de los motores para proteger pavimentos o estructuras.

Número de calles de rodaje: En el tramo de entrada y salida de una pista de vuelo a una calle de rodaje deberán tenerse en cuenta que el número de calles de rodaje de entrada y salida que sirvan a una pista deben ser las necesarias para atender el tráfico más intenso de aviones que despeguen y aterricen en un momento dado.

Anchuras de las calles de rodaje: Como las velocidades de los aviones en las calles de rodaje son menores que en las pistas de vuelo, la anchura de las calles de rodaje son inferiores a las de aquellas.

La parte rectilínea de una calle de rodaje debería tener una anchura no inferior a la indicada en la tabla siguiente:

Tabla 6 Anchura de la calle de rodaje.

Letra de clave	Anchura de la calle de rodaje
A	7.5 m
B	10.5 m
C	15 m
D	18 m si la calle de rodaje está prevista para aviones cuya distancia entre las ruedas exteriores del tren de aterrizaje principal sea inferior a 9 m 23 m si la calle de rodaje está prevista para aviones cuya distancia entre las ruedas, exteriores del tren de aterrizaje principal, sea igual o superior a 9 m
E	23 m

Los tramos rectilíneos de las calles de rodaje que sirvan a pistas de letra de clave C, D, E o F deberían tener márgenes que se extiendan simétricamente a ambos lados de la calle de rodaje, de modo que la anchura total de la calle de rodaje y sus márgenes en las partes rectilíneas no sea menor de:

- 60 m cuando la letra de clave sea F;
- 44 m cuando la letra de clave sea E;
- 38 m cuando la letra de clave sea D; y
- 25 m cuando la letra de clave sea C.

En las curvas, uniones e intersecciones de las calles de rodaje en que se proporcione pavimento adicional, la anchura de los márgenes no debería ser inferior a la correspondiente a los tramos rectilíneos adyacentes de la calle de rodaje.

El diseño de una calle de rodaje será tal que, cuando el puesto de pilotaje de los aviones para los que está prevista permanezca sobre las señales de eje de dicha calle de rodaje, la distancia libre entre la rueda exterior del tren principal del avión y el borde de la calle de rodaje no sea inferior a la indicada en la siguiente tabla:

Tabla 7 Distancia Libre

LETRA CLAVE	DISTANCIA LIBRE
A	1.5 m
B	2.25 m
C	3 m en tramos rectos;
	3 m en tramos curvos, si la calle de rodaje está prevista para aviones con base de ruedas inferior a 18 m;
	4.5 m en tramos curvos, si la calle de rodaje está prevista para aviones con base de ruedas igual o superior a 18 m;
D	4.5 m
E	4.5 m
F	4.5 m

Fuente: En Anexo 14 (OACI ed.), 2018.

II.4. Definición y tipos de plataformas

Las plataformas son espacios específicos del campo aéreo para el ascenso y descenso de pasajeros y carga, el estacionamiento de aeronaves, así como para maniobras de abastecimiento de combustible y mantenimiento y servicio a las aeronaves.

Los equipos de apoyo en tierra utilizan vías de servicio en las plataformas para llegar a las aeronaves en llegada o en salida. La rápida, segura y confiable operación de los equipos de apoyo en tierra permite el cumplimiento de los itinerarios de vuelo, minimiza la estancia de las aeronaves en las plataformas, y mantiene la eficiencia en las operaciones.

La plataforma suele estar pavimentada; en algunos casos, una plataforma provista de césped puede ser adecuada para aeronaves pequeñas.

Existen diferentes tipos de plataforma:

Plataforma terminal:

Es aquella destinada a las maniobras y estacionamiento de aeronaves situada junto a las instalaciones de la Terminal de Pasajeros o próxima a ella, de manera que los pasajeros que salen de la Terminal puedan embarcar fácilmente en las aeronaves, o viceversa.

Además de facilitar el movimiento de pasajeros, la Plataforma Terminal se utiliza para:

- Las operaciones de Handling del avión
- El aprovisionamiento de combustible
- El mantenimiento fin de etapa.

Plataforma de Carga

Es una zona, próxima a la Terminal de Carga, destinada a las aeronaves que sólo transportan mercancías o correo. Se separa de la anterior por facilidades del handling de los aviones cargueros.

Plataforma de Estacionamiento

Se utiliza cuando las aeronaves deben estacionar durante largos periodos, bien sea por avería o por descanso de la tripulación. Aunque está separada de la Plataforma Terminal de Pasajeros, conviene emplazarla lo más próxima.

Plataforma de Servicio y Hangares

Una plataforma de servicio es aquella zona adyacente a un hangar de reparaciones en la que puede efectuarse mantenimiento de aeronaves, mientras que una plataforma de hangar es un área desde la cual la aeronave entra y sale de un hangar de mantenimiento.

Plataforma de Aviación General

Estas plataformas se dividen en las categorías siguientes:

Plataforma temporal:

Es la que utilizan las aeronaves de la Aviación General para estacionar temporalmente o para acceder a las instalaciones terrestres (combustible, servicios y transporte) cuando realizan vuelos de carácter transitorio.

Plataformas o puntos de aparcamiento de aeronaves que tienen su base en un aeródromo:

Las aeronaves de Aviación General con base en el aeropuerto necesitan un espacio destinado a aparcamiento. Si se trata de un hangar, se debe situar enfrente del mismo una zona para realizar maniobras. También puede ser una zona al descubierto, pero se procurará que esté alejada de la plataforma utilizada por las aeronaves que realizan vuelos de carácter temporal.

Requisitos de diseño

➤ Seguridad operacional

Todas las plataformas deben diseñarse de forma que las aeronaves mantengan las distancias de seguridad recomendadas, y observen las especificaciones de todo tipo relacionadas con seguridad, tanto en lo que se refiere a carga de combustible como al resto de los servicios.

También debe mantenerse una separación física de las zonas de acceso al público con las zonas de aparcamiento de aviones.

➤ Eficacia

El diseño de la plataforma debería contribuir a un elevado grado de eficacia en los movimientos de las aeronaves y en el suministro de servicios en la plataforma. La libertad de movimiento, las distancias de rodaje mínimas y la mínima demora en la iniciación de los movimientos de las aeronaves en la plataforma son medidas de la eficacia de cualquiera de los tipos de plataformas.

El elevado costo inicial general de estos sistemas quedará compensado con el mayor rendimiento del puesto de estacionamiento, lo que permitirá una mayor utilización de la plataforma. El logro de estas medidas de eficacia asegurará el máximo valor económico de la plataforma.

➤ **Configuración geométrica**

La planificación y el diseño de cualquier tipo de plataforma dependen de diversas consideraciones geométricas.

Por ejemplo, la longitud y anchura de la parcela de terreno disponible para el establecimiento de plataformas puede imposibilitar determinados conceptos. En el caso de un nuevo aeródromo, quizá sea posible adoptar la disposición más eficaz, basándose en la naturaleza de la demanda, y entonces reservar una zona de terreno perfectamente adecuada.

➤ **Flexibilidad**

La plataforma debe poder recibir el mayor número posible de aviones de todo tipo. La solución más flexible es la de establecer puestos de estacionamiento que sirvan para una combinación de distintos tamaños de aviones, de acuerdo con la prognosis que se haya realizado.

También deben estudiarse las posibilidades de ampliaciones futuras.

Variedad en los tamaños de aeronaves.

El número y dimensiones de los puestos de estacionamiento de aeronaves debería ajustarse al número y tamaño de los tipos de aeronaves que se espera que utilicen la plataforma.

Debe hallarse una solución intermedia entre las dos condiciones extremas siguientes:

- a) utilizar un puesto de estacionamiento de aeronaves de dimensiones suficientes para atender al tipo de aeronaves más grandes; y
- b) utilizar distintos estacionamientos de aeronaves con dimensiones específicas para cada tipo de aeronave.

➤ **Pavimento**

La elección de la superficie de un pavimento se determina evaluando la masa de las aeronaves, la distribución de la carga, el estado del suelo y el costo relativo de otros materiales que se elijan.

El concreto suele utilizarse en los aeródromos en que operan las aeronaves comerciales más grandes, donde se precisa una mayor resistencia y duración; además de ser resistente al derrame de combustible en áreas de plataforma, los pavimentos deberían tener un declive a partir de los edificios de la terminal y otras estructuras para impedir la propagación de incendios resultantes

de los vertidos de combustible en la plataforma. En cada puesto de estacionamiento deberían instalarse tomas de agua para regar periódicamente la superficie de la plataforma.

En la elección del tipo de pavimento del estacionamiento deben considerarse varios factores:

1. Los fluidos usados en los sistemas del avión pueden verterse sobre el suelo y actuar como disolventes de los betunes de los pavimentos flexibles dañando su superficie con fallos prematuros que reducen la resistencia del pavimento e incluso llegan a dañar las ruedas de los aviones.
2. Los pavimentos rígidos resultan menos afectados y permiten limpiar con mayor facilidad los posibles vertidos.
3. Los pavimentos rígidos, sin embargo, pueden agrietarse y si las condiciones ambientales son fuertes o los terrenos de cimentación son débiles se debe prestar una esmerada atención al diseño y cálculo de los mismos.

II.5. Embarque de pasajeros

La Terminal de Pasajeros para los explotadores de aeropuertos no es sólo un edificio, esa es su apariencia externa; y así OACI, FAA, IATA, etc., consideran que el primer concepto que debe atribuirse a un terminal de pasajeros, es la de ser un elemento de transferencia de pasajeros y equipajes de un transporte aéreo a un transporte de superficie y viceversa con la máxima eficiencia posible.

Se considera el Edificio Terminal como un diseño arquitectónico puro.

Los Edificios Terminales necesitan un diseño interdisciplinario, y como lo más importante es el correcto funcionamiento de estos y su perfecta conexión a la plataforma de aviones, resulta necesario que el director funcional del Proyecto sea un especialista en aeropuertos y tráfico.

Con esto en mente podemos tener tres clasificaciones de terminal.

1. Geometría
 - Lineal Simple
 - Finger o Espigón
 - Transporter
 - Satélite
 - Módulo Compactado
2. Niveles

- Nivel Único
 - 1 Nivel Y ½
 - 2 Niveles
3. Distribución
- Centralizada
 - Semi-Centralizada
 - Descentralizada

Tipo Simple Lineal

Edificio paralelo a plataforma, las aeronaves estacionan en forma perpendicular.

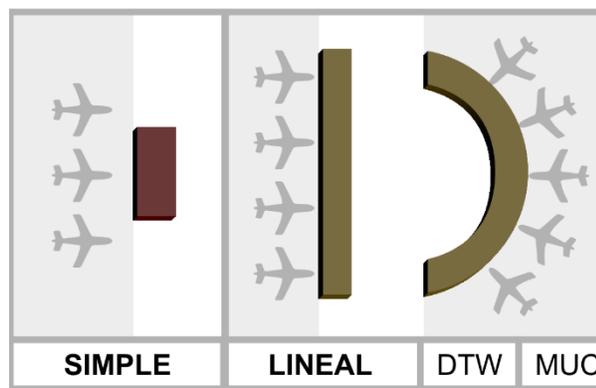


Imagen 8 Terminal Tipo Simple Lineal

Fuente: Terminal Tipo Simple Lineal. (2012, 23 agosto). [Imagen]. <https://es.m.wikipedia.org/wiki/Archivo:Terminal-Configurations-es.png>

Tipo Finger o Espigón

Edificio central para proceso de pasajeros, conectado a espigón para embarques.

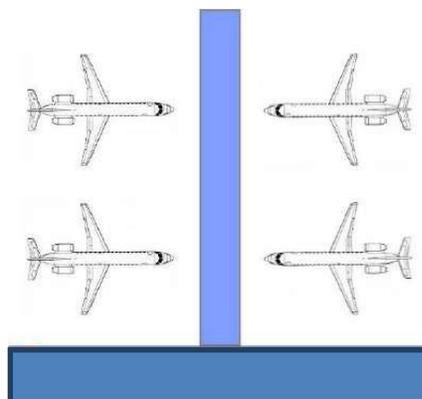


Imagen 9 Terminal TIPO FINGER O ESPIGÓN

Fuente: Terminal Configurations. (2012, 23 agosto). [Imagen]. <https://es.m.wikipedia.org/wiki/Archivo:Terminal-Configurations-es.png>

Tipo Transporter

Edificio central para proceso de pasajeros, que son transportados a las aeronaves mediante vehículos que funcionan como puentes aéreos móviles.

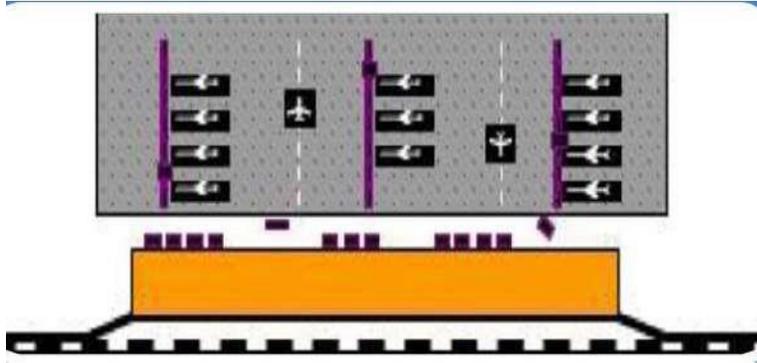


Imagen 10 Terminal Tipo Transporter

Fuente: : Terminal Configurations. (2012, 23 agosto). [Imagen]. <https://es.m.wikipedia.org/wiki/Archivo:Terminal-Configurations-es.png>

Tipo Satélite

Edificio central para proceso de pasajeros y satélite para embarque. El satélite puede estar vinculado mediante un túnel o medios mecánicos.

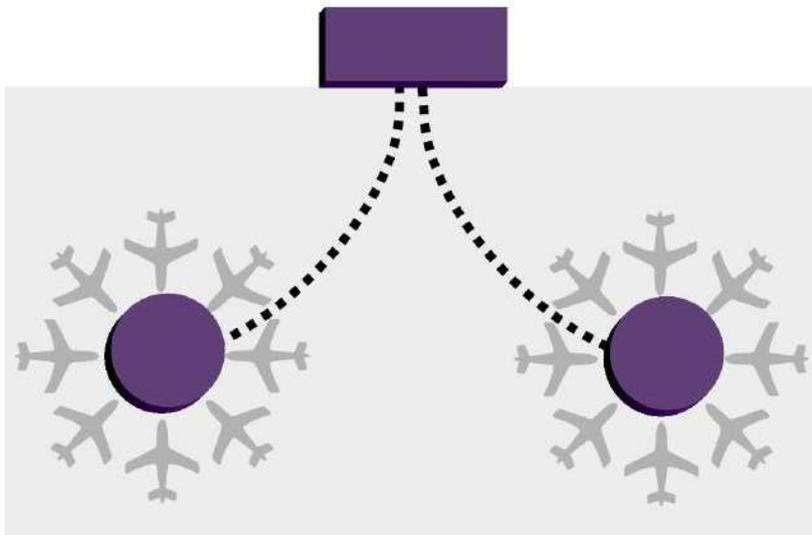


Imagen 11 Terminal Tipo Satélite

Fuente: Terminal Configurations. (2012, 23 agosto). [Imagen]. <https://es.m.wikipedia.org/wiki/Archivo:Terminal-Configurations-es.png>

Tipo Módulo Compacto

Edificios modulares construidos en etapas a medida que el aeropuerto se desarrolla.

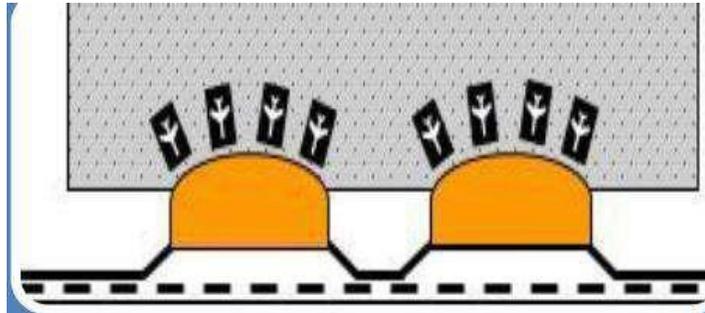


Imagen 12 Terminal Tipo Compacto

Fuente: Terminal Configurations. (2012, 23 agosto). [Imagen]. <https://es.m.wikipedia.org/wiki/Archivo:Terminal-Configurations-es.png>

Tipo Centralizado

Este sistema muy utilizado en los aeropuertos medios adopta geometrías diferentes en función del número de aviones simultáneos que deben aparcar.

El flujo de pasajeros y equipajes de salidas y llegadas se realiza a través de un edificio central conectado con unos muelles donde se aparcan los aviones.

Los pasajeros de salida acceden a los aviones a través de pasarelas (fingers) colocados en los muelles.

Los pasajeros de llegadas acceden mediante un cambio inmediato de nivel a la sala de recogida de equipajes situada en el edificio central.

Semi-Centralizada

Es un sistema muy utilizado en aeropuertos de tipo medio. Consiste en un edificio de desarrollo horizontal con posibilidad de ampliación a cada lado.

Los aviones se aparcan en el lado Aire del Terminal, conectados al mismo por pasarelas móviles.

En las Salidas el sistema permite desde una centralización total de la facturación de pasajeros hasta una descentralización total por vuelos. Lo mismo ocurre con los equipajes.

Las llegadas suelen centralizarse en una o dos salas de recogida de equipajes.

III. Instalaciones de apoyo, señalamiento e iluminación

III.1. Hangares

El hangar es un lugar utilizado para guardar aeronaves, generalmente de grandes dimensiones y situado en los aeródromos.

También se denomina hangar, en los portaaviones, al lugar en el que, con similar fin, pernoctan y se arman los aviones. Éste puede estar blindado, para protegerse de los ataques aéreos, o puede prescindirse de él para ganar espacio, como fue el caso de los portaaviones japoneses, siendo estos más vulnerables a los ataques aéreos. En todo caso es una parte altamente funcional de los portaaviones, ya que es donde se hace el mantenimiento de las aeronaves.

Los hangares Archspan normales con patente REIDsteel pueden tener una anchura de hasta 200 m., sin columnas en el interior ni en las puertas, mientras que los hangares en voladizo alcanzan los 1000 m., de longitud sin columnas. Estos últimos necesitan un contrapeso considerable en la parte de atrás, para lo cual lo mejor es poner dos o más pisos de talleres y oficinas que ocupen aproximadamente 1/3 de la profundidad total del hangar.

Los hangares de cubierta inclinada pueden resultar económicos si tienen una gran anchura (hasta 150 m.) y la longitud es pequeña (menos de 1/3 de la anchura). El uso de columnas dentro del hangar o en las puertas hace que la estructura sea más económica, pero limita considerablemente la flexibilidad de uso.

Lo mejor es dedicar toda la longitud de la pista de estacionamiento a hangar, y no a salientes voladizos para la puerta.

Si la puerta se debe abrir a todo lo ancho y no se dispone de espacio para salientes voladizos, recomendamos usar puertas levadizas de tela.

Procure evitar pendientes superiores a 16 o 17° en el tejado, ya que resultaría demasiado peligroso caminar sobre él durante la construcción y el mantenimiento.

También hay que evitar las pendientes inferiores a 6°, puesto que se podrían producir fugas que redujeran la vida útil.

Tipos de Hangares

Hangar simple

Hasta 30 m., de anchura. Los edificios con estructura porticada simple de acero son ideales para hangares pequeños de hasta 30 m., de ancho. Los arcos atirantados se pueden desplegar hasta 85 m. Los arcos de varios tramos y con puntales pueden alcanzar cualquier anchura.

Hangar a dos aguas

Entre 30 y 100 m. de ancho. Hangares sencillos y económicos de REIDsteel para aviones hasta Boeing 747/ Airbus A380.

Estructura emperrada adecuada para instalaciones en todo el mundo.

Hangar atirantado radial Archspan

Anchuras de 200 m. o más. Las estructuras atirantadas radiales de REIDsteel permiten construir hangares con anchuras de 200 m. o más para los aviones de mayor tamaño.

Hangares de tipo guante

Los hangares de tipo "guante" permiten economizar, ya que su anchura y sus puertas están adaptadas a un tipo concreto de avión y se reduce el tamaño de la parte delantera del hangar para el morro/fuselaje. Son un poco más baratos de calentar o enfriar.

Hangar de cubierta inclinada

En el caso de muy corto, hangares una gran viga columna vertebral puede ser rentable.

La cubierta inclinada puede ser una solución rentable en el caso de hangares anchos y muy cortos. La cubierta inclinada puede ser una solución rentable en el caso de hangares muy anchos y cortos.

Hangar en voladizo

Los hangares en voladizo son ideales para ampliaciones futuras. Pueden ser tan largos como se desee (hasta 1 kilómetro), pero en la parte de atrás tiene que haber una zona bastante grande de talleres/oficinas que funcione como contrapeso.

III.2. Zona de combustibles

Es el conjunto de instalaciones o equipos que permiten almacenar, controlar, conducir y suministrar combustibles de aviación.

La zona de combustibles debe cumplir con una serie de especificaciones y normas nacionales e internacionales, tanto en las características físicas de los combustibles, como en su operación y conservación.

Para su estudio se puede dividir en:

- Zona de almacenamiento.
- Sistemas de distribución.
- Equipo de suministro de los combustibles.

Tomando en cuenta su ubicación y zona de operación en los aeropuertos.

Las zonas de combustibles se localizarán de acuerdo a la dirección del viento, pero en el extremo de la pista, procurando que los gases que emanan los combustibles se alejen del aeropuerto, hacia zonas despobladas.

Los combustibles de aviación son elaborados dentro de la refinería de Petróleos Mexicanos, certificados por una compañía oficial acreditada internacionalmente que sea la responsable de que los productos lleguen a su destino con la pureza, calidad y propiedades requeridas en los métodos de análisis American Standard of Testing and Materials (ASTM).

Los tipos de combustibles que se utilizan para la aviación son:

- Gasavión 80/87.- Es de color verde turquesa con un rango de peso específico de 0.66 a 0.722 kg/lit.
- Gasavión 100/130.- Es de color azul claro con un rango de peso específico de 0.66 a 0.722 kg/lit.
- Turbosina Jet A o Keroseno. - Se obtiene por destilación del petróleo a presión atmosférica y presenta una volatilidad intermedia entre la de la gasolina y el gasóleo. Está compuesto, principalmente por hidrocarburos de 10 a 12 átomos de carbono, es incoloro, ámbar o amarillo paja y tiene un peso específico de 0.772 a 0.837 kg/lit.

El significado de los números 80/87 y 100/130 se refiere al octanaje (que es una comparación de un combustible con ciertas mezclas de iso—octano y n heptano), que contiene cada uno de ellos. El iso—octano tiene un valor muy alto de antidetonancia mientras que el heptano detona libremente en un motor de cilindro. Una mezcla de esos líquidos da un valor intermedio, dependiendo del porcentaje relativo de cada uno de los líquidos de la mezcla.

Esta zona debe de estar cercada con malla ciclónica 2.40 metros de altura incluyendo alambre de púas, para obstaculizar el paso a cualquier persona ajena al sistema, colocando rótulos en

lugares estratégicos que indiquen que es zona de alto riesgo. Se destinarán zonas perimetrales de seguridad interior y exterior, mismas que permanecerán perfectamente limpias.

En el interior del cercado perimetral se localizarán tanques para el almacenamiento de combustibles de aviación (turbosina o gasavión). Contará con camino de acceso a vehículos y vialidades interiores debidamente urbanizadas.

La puerta de acceso a vehículos será tubular de malla ciclónica, misma que debe de permanecer cerrada con cadena y candado, además de acceso peatonal custodiado por un vigilante al igual que el acceso vehicular.

Su construcción y material a utilizar dependen del tipo de aeropuerto, tránsito del mismo, topografía y geología del terreno, los hay de concreto y metálicos los cuales pueden ser superficiales o enterrados.

Los tanques de concreto deben de tener un revestimiento interior especial para evitar el ataque del combustible al concreto y los metálicos superficiales se construyen de forma cilíndrica basándose en la demanda, capacidad, volumen a manejar y tipo de combustible.

Auto tanques

Cuenta con una bomba de servicio, filtro coalescedor/separador, Dead—Man Control, válvula interlok, para frenar la unidad durante el servicio, válvula shut—off; que activa el corte de paso del combustible en alguna emergencia y contador de combustible.

Para turbosina se tienen capacidades de 45,000, 30,000 y 12,000 litros.

Para gasavión se tienen auto tanques con capacidad de 12,000 y 2,000 litros.

Dispensadores

Para proporcionar el servicio del suministro de combustible en las plataformas se cuentan con los dispensadores, estas unidades carecen de tanques de almacenamiento; así como de bomba de servicio.

Se tienen equipos de 2,800, 2,200, 100, 800 y 680 litros por minuto.

Los dispensadores de 2,800 y 2,200 cuentan con una canastilla levadiza que permite dar el servicio a las aeronaves de ala alta, cuenta con mangueras laterales para suministrar cualquier otra aeronave.

Con este tipo de equipos se economiza el gasto de carburante, además el bombeo del combustible se realiza con las bombas que operan en la planta de combustibles sustrayendo el producto directamente de tanque de servicio.

Serv –A- plane

Este equipo es estacionario y se tiene instalado en aeropuertos donde las aeronaves que operan son de poco desplazamiento, cuenta con un motor eléctrico, filtro separador y el controlador del producto que se suministra, para dar el servicio se requiere de un tanque elevado que se encuentre cerca de la instalación.

El procedimiento de servicio tanto para gas—avión como para turbosina es el mismo, a diferencia de que este último puede abastecerse bajo el ala (single point), por inyección a presión, efectuándose ésta por medio de una boquilla, la que requiere de una presión en el sistema de bombeo lbs., para que accione la válvula de apertura; sobre el ala, por gravedad, esta se realiza por la parte superior de los tanques, sobre las alas o el fuselaje del avión.

III.3. Cuerpo de rescate y extinción de incendios

La Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) y la Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC) establecen que cada aeropuerto deberá contar con un servicio de Salvamento y Extinción de Incendios (SEI).

El objetivo principal del servicio de salvamento y extinción de incendios es salvar vidas en caso de accidentes o incidentes que ocurran en el aeródromo o sus inmediaciones. El servicio de salvamento y extinción de incendios se presta para crear y mantener condiciones que permitan la supervivencia, establecer vías de salida para los ocupantes e iniciar el salvamento de los ocupantes que no puedan escapar sin ayuda directa.

Para el salvamento puede requerirse equipo y personal distintos a los previstos primordialmente para fines de salvamento y extinción de incendios.

No todos los aeropuertos prestan el mismo nivel de servicio, el SEI se categoriza de acuerdo con dos variables fundamentales: tipos de aeronaves que operan y frecuencia de las operaciones.

Para establecer la categoría del aeropuerto:

Primeramente, se conocerá la aeronave de mayores dimensiones, por longitud y ancho del fuselaje (aeronave crítica) que opera en el aeropuerto. Posteriormente, con estos datos, en la primera columna de la tabla siguiente se establece la categoría del aeropuerto.

En el caso de que la categoría indicada por anchura del fuselaje sea mayor a la categoría indicada por la longitud total, se designará una categoría inmediata superior a la indicada por la longitud total.

Cuando el número de operaciones (despegue o aterrizaje) de la aeronave crítica sea inferior de setecientos durante los tres meses consecutivos de mayor actividad, se designará una categoría inmediata inferior a la establecida.

En los aeropuertos de categorías 1 a 4 podrá sustituirse hasta el 100% de agua para producir espuma por agentes complementarios.

En los aeropuertos de categorías 5 a 9 los agentes complementarios pueden reemplazar hasta un 30% de la cantidad de agua para producir espuma.

En los aeropuertos de categorías 1 a 4 se puede reemplazar hasta un 50% del agente complementario, por agua para producir espuma.

En los aeropuertos de categorías 6 y 7 podrán utilizarse dos vehículos.

En los aeropuertos de categorías 8 y 9 podrán emplearse tres vehículos pesados si su régimen de descarga satisface.

En los aeropuertos donde se utilicen 2 o más vehículos de salvamento y extinción de incendios, se deberá asegurar la aplicación continua del agente a un régimen adecuado, interviniendo cada vehículo a intervalos no superiores a 60 segundos a partir de la intervención del primer vehículo.

Tabla 8 Categoría del aeródromo a efectos del salvamiento

Categoría del aeródromo a efectos del salvamiento y extinción de incendios		
Categoría del aeródromo	Longitud total del avión	Anchura máxima del fuselaje
1	de 0 m a 9 m exclusive	2 m
2	de 9 m a 12 m exclusive	2 m
3	de 12 m a 18 m exclusive	3 m
4	de 18 m a 24 m exclusive	4 m
5	de 24 m a 28 m exclusive	4 m
6	de 28 m a 39 m exclusive	5 m
7	de 39 m a 49 m exclusive	5 m
8	de 49 m a 61 m exclusive	7 m
9	de 61 m a 76 m exclusive	7 m
10	de 76 m a 90 m exclusive	8 m

Fuente: En Anexo 14 (OACI ed.), 2018.

Equivalencias entre agentes extintores:

1 Kg. de polvo químico = 1 L de agua para producir espuma proteínica.

1 Kg. de Halón = 1 L de agua para producir espuma proteínica.

2 Kg. de Bióxido de Carbono = 1 L de agua para producir espuma proteínica.

1 Kg. de Polvo Químico = 0.66L de agua para producir espuma de película o flavoproteína

2 Kg. de Bióxido de Carbono = 0.66L de agua para producir espuma de película o flavoproteína

1 Kg. de Polvo Químico = 1 Kg. de Halón

1 Kg. de Polvo Químico = 2 Kg. de Bióxido de Carbono

1 L de agua para producir espuma proteínica = 0.66 L de agua para producir espuma de película acuosa o fluoproteínica

En aeropuertos con reducido número de operaciones aéreas, el personal del CREI que permanezca en el cuartel de acuerdo con la categoría del aeropuerto, podrá ser reducido previa aprobación de la autoridad aeronáutica local, basado en las operaciones del día y tipo de aeronave. En la inteligencia de que 30 minutos antes y después de cada despegue o aterrizaje de la aeronave crítica, todo el cuerpo se encuentre en sus puestos.

Tabla 9 Cantidades mínimas utilizables de agentes extintores

Categoría del aeródromo	Espuma de eficacia de nivel A		Espuma de eficacia de nivel B		Espuma de eficacia de nivel C		Agentes complementarios	
	Agua (L)	Régimen de descarga solución de espuma/min (L)	Agua (L)	Régimen de descarga solución de espuma/min (L)	Agua (L)	Régimen de descarga solución de espuma/min (L)	Productos químicos secos en polvo (kg)	Régimen de descarga (kg/s)
1	350	350	230	230	160	160	45	2.25
2	1000	800	670	550	460	360	90	2.25
3	1800	1300	1200	900	820	630	135	2.25
4	3600	2600	2400	1800	1700	1100	135	2.25
5	8100	4500	5400	3000	3900	2200	180	2.25
6	11800	6000	7900	4000	5800	2900	225	2.25
7	18200	7900	12100	5300	8800	3800	225	2.25
8	27300	10800	18200	7200	12800	5100	450	4.5
9	36400	13500	24300	900	17100	6300	450	4.5
10	48200	16600	32300	11200	22800	7900	450	4.5

Fuente: En Anexo 14 (OACI ed.), 2018.

Objetivo operacional del servicio SEI: Tiempo de respuesta

Tiempo de respuesta: Periodo entre la llamada inicial al SEI y el 1er. vehículo que interviene.

- En condiciones de aplicar espuma a un ritmo mín. del 50% del régimen de descarga (categoría del aeropuerto).
- Debe ser de dos minutos, pero nunca superior a tres, hasta el extremo de cada pista, así como hasta cualquier otra parte del área de movimiento.
- La determinación del tiempo de respuesta debe hacerse con los vehículos de salvación y extinción de incendios a partir de sus posiciones normales.

El objetivo operacional del servicio de salvamento y extinción de incendios debería ser lograr un tiempo de respuesta que no exceda de tres minutos hasta cualquier otra parte del área de movimiento, en condiciones óptimas de visibilidad y superficie.

Camino de acceso de emergencia

En un aeródromo donde las condiciones topográficas permitan su construcción, deberían proveerse caminos de acceso de emergencia para reducir al mínimo el tiempo de respuesta. Debería dedicarse especial atención a la provisión de fácil acceso a las áreas de aproximación hasta una distancia de 1 000 m del umbral o, al menos, dentro de los límites del aeródromo. De haber alguna valla, debería tenerse en cuenta la necesidad de contar con acceso conveniente a las zonas situadas más allá de la misma.

Los caminos dentro de una distancia de 90 m de una pista deberían tener un revestimiento para evitar la erosión de la superficie y el aporte de materiales sueltos a la pista. Se debería prever una altura libre suficiente de los obstáculos superiores para que puedan pasar bajo los mismos los vehículos más altos.

Cuando la superficie del camino de acceso no se distinga fácilmente del terreno circundante, o en zonas donde la nieve dificulte la localización de los caminos, se deberían colocar balizas de borde a intervalos de unos 10 m.

Estaciones de servicios contra incendios

La estación de servicios contra incendios debería estar situada de modo que los vehículos de salvamento y extinción de incendios tengan acceso directo, expedito y con un mínimo de curvas, al área de la pista.

Número de vehículos de salvamento y extinción de incendios

El número mínimo de vehículos de salvamento y extinción de incendios proporcionados en un aeródromo se debe de ajustarse a la categoría del aeropuerto.

Tabla 10 Número de vehículos de salvamento y extinción de incendios

Categoría del aeródromo	Vehículos de salvamento y extinción de incendios
1	1
2	1
3	1
4	1
5	2
6	2
7	3
8	3
9	3
10	3

Fuente: En Anexo 14 (OACI ed.), 2018.

III.4. Señalamiento de pistas, calles de rodaje y de plataforma

Mediante una adecuada señalización:

- ✓ Se proporciona información a las tripulaciones de vuelo.
- ✓ Se ofrece información visual a los pilotos.
- ✓ Se facilita la precisión en los aterrizajes.
- ✓ Se reduce la solicitud de instrucciones progresivas de rodaje.
- ✓ Se evitan errores y conflictos durante las operaciones de aeronaves en tierra.

Señal designadora de pista

Los umbrales de una pista pavimentada tendrán señales designadoras de pista.

Una señal designadora de pista consistirá en un número de dos cifras, y en las pistas paralelas este número irá acompañado de una letra.

Interrupción de las señales de pista

En una intersección de dos (o más) pistas, conservará sus señales la pista más importante, con la excepción de las señales de faja lateral de pista, y se interrumpirán las señales de las otras pistas. Las señales de faja lateral de la pista más importante pueden continuarse o interrumpirse en la intersección.

En la intersección de una pista y una calle de rodaje se conservarán las señales de la pista y se interrumpirán las señales de la calle de rodaje; excepto que las señales de faja lateral de pista pueden interrumpirse.

Orden de importancia de las pistas a efectos de conservar sus señales.

1. Pista para aproximaciones de precisión
2. Pista para aproximaciones que no son de precisión
3. Pista de vuelo visual

Colores y perceptibilidad

Las señales de pista serán blancas. Se ha observado que, en superficies de pista de color claro, puede aumentarse la visibilidad de las señales blancas bordeándolas de negro.

Para reducir hasta donde sea posible el riesgo de que la eficacia de frenado sea desigual sobre las señales, es preferible emplear un tipo de pintura adecuado.

Las señales pueden consistir en superficies continuas o en una serie de fajas longitudinales que presenten un efecto equivalente al de las superficies continuas.

Las señales de calle de rodaje, las señales de plataforma de viraje en la pista y las señales de los puestos de estacionamiento de aeronaves serán amarillas.

Las señales de pista deben ser blancas.

Las señales de calles de rodaje deben ser amarillas.

Puestos de estacionamiento deben ser amarillos.

En aeródromos con operaciones nocturnas, las señales de la superficie de los pavimentos deberían ser de material reflectante.

Señal de eje de pista

Trazos uniformemente espaciados, la longitud de un trazo más el intervalo no será menor a 50 m, ni mayor a 75 m.

La longitud de cada trazo será igual a la longitud del intervalo o 30 m.

Se dispondrá una señal de eje de pista en una pista pavimentada

La anchura de los trazos no será menor de: 0.90 m en las pistas para aproximación de precisión de Categorías II y III; 0.45 m en pistas para aproximaciones que no sean de precisión cuyo número de clave sea 3 o 4, y en pistas para aproximaciones de precisión de Categoría I; y 0.30

m en pistas para aproximaciones que no sean de precisión cuyo número de clave sea 1 o 2, y en pistas de vuelo visual.

Señal de umbral

Se dispondrá una señal de umbral en las pistas pavimentadas de vuelo por instrumentos y en las pistas pavimentadas de vuelo visual cuyo número de clave sea 3 o 4 y estén destinadas al transporte aéreo comercial internacional.

Una señal de umbral de pista consistirá en una configuración de fajas longitudinales de dimensiones uniformes, dispuestas simétricamente con respecto al eje de la pista.

El número de fajas estará de acuerdo con la anchura de la pista.

Señal de punto de visada y toma de contacto

Se proporcionará una señal de punto de visada en cada extremo de aproximación de las pistas pavimentadas de vuelo por instrumentos cuyo número de clave sea 2, 3 o 4.

Se dispondrá una señal de zona de toma de contacto en la zona de toma de contacto de una pista pavimentada para aproximaciones de precisión cuyo número de clave sea 2, 3 o 4.

Señal de faja lateral de pista

En pistas para aproximaciones de precisión es recomendable disponer una señal de faja lateral de pista.

La señal consiste de 2 fajas dispuestas a cada lado o largo del borde de la pista, excepto cuando la pista sea de más de 60 m de ancho, en cuyo caso las fajas deberían estar dispuesta a 30 m del eje de pista.

Se dispondrá una señal de faja lateral de pista entre los umbrales de una pista pavimentada cuando no haya contraste entre los bordes de la pista y los márgenes o el terreno circundante.

En todas las pistas para aproximaciones de precisión debería disponerse una señal de faja lateral de pista, independientemente del contraste entre los bordes de la pista y los márgenes o el terreno circundante.

Señal de punto de espera en pista

Se dispondrá una señal de punto de espera de la pista en todo punto de espera de la pista. En la intersección de una calle de rodaje con una pista de vuelo visual, de aproximación que no sea de precisión, o de despegue, cuando se proporcione un solo punto de espera de la pista en la intersección de una calle de rodaje con una pista de aproximación de precisión de Categorías I, II o III, la señal de punto de espera de la pista será de la forma indicada.

Calle de rodaje

Señal de eje de calle de rodaje

Se dispondrán señales de eje en calles de rodaje, instalaciones de deshielo/antihielo y plataformas pavimentadas cuando su número de clave sea 3 o 4, de manera que suministren guía continua entre el eje de la pista y los puestos de estacionamiento de aeronaves.

Señales mejoradas de eje de calle de rodaje

Cuando sea necesario para indicar la proximidad de un punto de espera de la pista, debería ponerse una señal mejorada de eje de calle de rodaje.

La instalación de una señal mejorada de eje de calle de rodaje podrá formar parte de las medidas.

Señales de puesto de estacionamiento de aeronaves

Características:

Depende de la configuración de estacionamiento (autónoma, asistida, combinada) y pueden complementar otras ayudas de estacionamiento.

Deberían incluir elementos tales como:

- 1) identificación del puesto
- 2) línea de entrada
- 3) barra de viraje
- 4) línea de viraje
- 5) barra de alineamiento
- 6) línea de parada
- 7) línea de salida.

Identificación de puesto de estacionamiento de aeronaves

Es una letra o número emplazado después del comienzo de la línea de entrada y a corta distancia de ésta.

Señal de Umbral

Una señal de umbral de pista consistirá en una configuración de fajas longitudinales de dimensiones uniformes, dispuestas simétricamente con respecto al eje de la pista para una pista de 45 m de anchura. El número de fajas estará de acuerdo con la anchura de la pista, del modo siguiente:

Tabla 11 Características Señal del Umbral

ANCHURA DE LA PISTA	NUMERO DE FAJAS
18 m	4
23 m	6
30 m	8
45 m	12
60 m	16

Fuente: En Anexo 14 (OACI ed.), 2018.

Faja Transversal

Cuando el umbral esté desplazado del extremo de la pista o cuando el extremo de la pista no forme ángulo recto con el eje de la misma, debería añadirse una faja transversal a la señal de umbral.

Una faja transversal no tendrá menos de 1,80 m de ancho.

Flechas

Cuando el umbral de pista esté desplazado permanentemente se pondrán flechas, en la parte de la pista delante del umbral desplazado.

Cuando el umbral de pista esté temporalmente desplazado de su posición normal y se cubrirán todas las señales situadas antes del umbral desplazado con excepción de las de eje de pista, que se convertirán en flechas.

Señal de Punto de Visada

Emplazamiento

La señal de punto de visada comenzará en un lugar cuya distancia al umbral no será inferior a la indicada en la columna apropiada de la siguiente tabla, excepto que, en una pista con sistema visual indicador de pendiente de aproximación, el comienzo de la señal coincidirá con el origen de la pendiente de aproximación visual.

Tabla 12 Emplazamiento y dimensiones de la señal de punto de visada

Tabla 8 Emplazamiento y dimensiones de la señal de punto de visada				
Emplazamiento y dimensiones	Distancia disponible para aterrizaje			
	Menos de 800 m	800 m hasta 1200 m (exclusive)	1200 m hasta 2400 m (exclusive)	2400 m y mas
Distancia entre el umbral y el comienzo de la señal	150 m	250 m	300 m	400 m
Longitud de la faja	30 - 45 m	30 - 45 m	45 - 60 m	45 - 60 m
Anchura de la faja	4 m	6 m	6 - 10 m	6 - 10 m
Espacio lateral entre los lados internos de las fajas	6 m	9 m	18 - 22.5 m	18 - 22.5 m

Fuente: En *Anexo 14* (OACI ed.), 2018.

- Está previsto utilizar las dimensiones mayores, dentro de la gama especificada, cuando se necesite una mayor visibilidad.
- El espacio lateral puede variar dentro de los límites indicados, a efectos de minimizar la contaminación de la señal por los depósitos de caucho.
- Se han calculado estas cifras mediante referencia a la anchura exterior entre ruedas del tren de aterrizaje principal, que constituye el elemento 2 de la clave de referencia de aeródromo.

Señal de Zona de Toma de Contacto

Una señal de zona de toma de contacto consistirá en pares de señales rectangulares dispuestas simétricamente con respecto al eje de la pista; y el número de pares de señales será el que se indica a continuación, teniendo en cuenta la distancia de aterrizaje disponible, y teniendo en cuenta la distancia entre umbrales cuando la señal deba colocarse en ambos sentidos de aproximación de una pista, a saber:

Tabla 13 Emplazamiento y características

Distancia de aterrizaje disponible o distancia entre umbrales	Pares de señales
menos de 900 m	1
de 900 a 1 200 m exclusive	2
de 1 200 a 1 500 m	3

Fuente: En Anexo 14 (OACI ed.), 2018.

Señal de faja lateral de pista

Una señal de faja lateral de pista debería consistir en dos fajas, dispuestas una a cada lado a lo largo del borde de la pista, de manera que el borde exterior de cada faja coincida con el borde de la pista, excepto cuando la pista tenga más de 60 m de ancho, en cuyo caso las fajas deberían estar dispuestas a 30 m del eje de la pista.

Cuando hay una plataforma de viraje en la pista, las señales de faja lateral de pista deberían continuarse entre la pista y la plataforma de viraje en la pista.

Áreas de seguridad de extremo de pista (R.E.S.A.)

El área de seguridad de extremo de pista debería extenderse, en la medida de lo posible, desde el extremo de una franja de pista hasta una distancia de por lo menos:

- 240 m cuando el número de clave sea 3 o 4; o una longitud menor cuando se instale un sistema de parada;
- 120 m cuando el número de clave sea 1 o 2 y la pista sea de vuelo por instrumentos; o una longitud menor cuando se instale un sistema de parada; y
- 30 m cuando del número de clave sea 1 o 2 y la pista sea de vuelo visual.

Recomendación La RESA debería estar preparada o construida de modo que reduzca el riesgo de daño a la aeronave que efectúe un aterrizaje demasiado corto o que se salga del extremo de la pista.

Zonas de parada (Z.P.)

La zona de parada tendrá la misma anchura que la pista con la cual esté asociada.

Resistencia de las zonas de parada

Las zonas de parada deberían prepararse o construirse de manera que, en el caso de un despegue interrumpido, puedan soportar el peso de los aviones para los que estén previstas, sin ocasionar daños estructurales a los mismos.

Área anterior al umbral

Aplicación

Cuando la superficie anterior al umbral esté pavimentada y exceda de 60 m de longitud y no sea apropiada para que la utilicen normalmente las aeronaves, toda la longitud que preceda al umbral debería señalarse con trazos en ángulo.

Características

El color de una señal de trazo en ángulo debería ser de un color bien visible y que contraste con el color usado para las señales de pista; debería ser preferiblemente amarillo y la anchura de su trazo debería ser de 0,9 m por lo menos.

III.5. Iluminación de pistas, calles de rodaje y de plataformas

Tipo de Luces:

- Fijas de intensidad variable, intensidad no variable.
- De destello.

Dirección:

- Visibles desde todo ángulo.
- Unidireccionales.
- Bidireccionales.

Clasificación de sistemas:

- Baja intensidad lumínica. - Luces pista de vuelo visual.
- Media intensidad lumínica. - Luces pista aproximaciones no – precisión.
- Alta intensidad lumínica.

Luces de aproximación elevadas

Las luces de aproximación elevadas y sus estructuras de soporte serán frangibles salvo que, en la parte del sistema de iluminación de aproximación más allá de 300 m del umbral:

- a) cuando la altura de la estructura de soporte es de más de 12 m, el requisito de frangibilidad se aplicará a los 12 m superiores únicamente; y
- b) cuando la estructura de soporte está rodeada de objetos no frangibles, únicamente la parte de la estructura que se extiende sobre los objetos circundantes será frangible.

Cuando un dispositivo luminoso de luces de aproximación o una estructura de soporte no sean suficientemente visibles por sí mismos, se marcarán adecuadamente.

Luces elevadas

Las luces elevadas de pista, de zona de parada y de calle de rodaje serán frangibles. Su altura será lo suficientemente baja para respetar la distancia de guarda de las hélices y barquillas de los motores de las aeronaves de reacción.

Luces empotradas

Los dispositivos de las luces empotradas en la superficie de las pistas, zonas de parada, calles de rodaje y plataformas estarán diseñados y dispuestos de manera que soporten el paso de las ruedas de una aeronave sin que se produzcan daños a la aeronave ni a las luces.

La temperatura producida por conducción o por radiación en el espacio entre una luz empotrada y el neumático de una aeronave no debería exceder de 160°C durante un período de 10 minutos de exposición.

Intensidad de las luces y su control

En el crepúsculo o cuando hay poca visibilidad durante el día, las luces pueden ser más eficaces que las señales.

Para que las luces sean eficaces en tales condiciones o en condiciones de mala visibilidad durante la noche, tienen que ser de intensidad adecuada. A fin de obtener la intensidad necesaria, es preciso generalmente que la luz sea direccional, que sea visible dentro de un ángulo apropiado y que esté orientada de manera que satisfaga los requisitos de operación. El sistema de iluminación de la pista tiene que considerarse en conjunto, para cerciorarse de que las intensidades relativas de las luces están debidamente adaptadas para el mismo fin.

La intensidad de la iluminación de pista deberá ser adecuada para las condiciones mínimas de visibilidad y luz ambiente en que se trate de utilizar la pista, y compatible con la de las luces de la sección más próxima del sistema de iluminación de aproximación, cuando exista este último. Si bien las luces del sistema de iluminación de aproximación pueden ser de mayor intensidad que las de iluminación de pista, es conveniente evitar cambios bruscos de intensidad, ya que esto podría dar al piloto la falsa impresión de que la visibilidad está cambiando durante la aproximación.

Iluminación de emergencia

En un aeródromo provisto de iluminación de pista y sin fuente secundaria de energía eléctrica, debería disponerse de un número suficiente de luces de emergencia para instalarlas por lo menos en la pista primaria en caso de falla del sistema normal de iluminación.

La iluminación de emergencia también puede ser útil para señalar obstáculos o delinear calles de rodaje y áreas de plataforma.

El color de las luces de emergencia debería ajustarse a los requisitos relativos a colores para la iluminación de pista, si bien donde no sea factible colocar luces de color en el umbral ni en el extremo de pista, todas las luces pueden ser de color blanco variable o lo más parecidas posible a este color.

La iluminación de emergencia puede ser útil para señalar obstáculos o delinear calles de rodaje y áreas de plataforma.

Faros aeronáuticos

Los aeródromos previstos para ser utilizados de noche estarán dotados de un faro de aeródromo o de un faro de identificación, cuando sea necesario para las operaciones.

Faro de aeródromo

Los aeródromos previstos para ser utilizados de noche estarán dotados de un faro de aeródromo, cuando se cumplan una o más de las condiciones siguientes:

- a) las aeronaves vuelen predominantemente con la ayuda de medios visuales;
- b) la visibilidad sea a menudo reducida; o

- c) sea difícil localizar el aeródromo desde el aire debido a las luces circundantes o a la topografía.

El faro de aeródromo dará ya sea destellos de color alternados con destellos blancos, o destellos blancos solamente. La frecuencia del total de destellos será de 20 a 30 por minuto. Cuando se usen destellos de color, serán verdes en los faros instalados en aeródromos terrestres y amarillos en los faros instalados en hidro aeródromos. Cuando se trate de un aeródromo mixto (aeródromo terrestre e hidro aeródromo), los destellos de color tendrán las características colorimétricas correspondientes a la sección del aeródromo que se designe como instalación principal.

Faro de identificación

Un aeródromo destinado a ser utilizado de noche que no pueda identificarse fácilmente desde el aire por las luces existentes u otros medios estará provisto de un faro de identificación.

El faro de identificación de los aeródromos terrestres será visible en cualquier ángulo de azimut. La distribución vertical de la luz se extenderá hacia arriba desde un ángulo no superior a 1° hasta un ángulo de elevación que la autoridad competente determine como suficiente para proporcionar guía hasta la elevación máxima a la que se prevé utilizar el faro, y la intensidad efectiva de los destellos no será inferior a 2 000 cd.

Sistemas de luces de entrada a la pista

Debería instalarse un sistema de luces de entrada a la pista cuando se desee proporcionar guía visual a lo largo de una trayectoria de aproximación determinada, para evitar terrenos peligrosos o para fines de atenuación del ruido.

Los sistemas de luces de entrada a la pista deberían estar integrados por grupos de luces dispuestos de manera que delimiten la trayectoria de aproximación deseada y para que cada grupo pueda verse desde el punto en que está situado el grupo precedente. La distancia entre los grupos adyacentes no debería exceder de 1 600 m aproximadamente.

Las luces de identificación de umbral de pista deberían ser luces de destellos de color blanco, con una frecuencia de destellos de 60 a 120 por minuto.

Las luces serán visibles solamente en la dirección de la aproximación a la pista.

Luces de identificación de umbral de pista

Deberían instalarse luces de identificación de umbral de pista:

- a) en el umbral de una pista para aproximaciones que no son de precisión, cuando sea necesario hacerlo más visible o cuando no puedan instalarse otras ayudas luminosas para la aproximación; y
- b) cuando el umbral esté desplazado permanentemente del extremo de la pista o desplazado temporalmente de su posición normal y se necesite hacerlo más visible.

Las luces de identificación de umbral de pista se emplazarán simétricamente respecto al eje de la pista, alineadas con el umbral y a 10 m, aproximadamente, al exterior de cada línea de luces de borde pista.

Las luces de identificación de umbral de pista deberían ser luces de destellos de color blanco, con una frecuencia de destellos de 60 a 120 por minuto.

Las luces serán visibles solamente en la dirección de la aproximación a la pista.

Luces de borde de pista

Se instalarán luces de borde de pista en una pista destinada a uso nocturno, o en una pista para aproximaciones de precisión destinada a uso diurno o nocturno.

Deberían instalarse luces de borde de pista en una pista destinada a utilizarse para despegues diurnos con mínimos de utilización inferiores a un alcance visual en la pista del orden de 800 m.

Las luces de borde de pista se emplazarán a todo lo largo de ésta, en dos filas paralelas y equidistantes del eje de la pista.

Las luces de borde de pista se emplazarán a lo largo de los bordes del área destinada a servir de pista, o al exterior de dicha área a una distancia que no exceda de 3 m.

Las luces estarán espaciadas uniformemente en filas, a intervalos no mayores de 60 m en una pista de vuelo por instrumentos, y a intervalos no mayores de 100 m en una pista de vuelo visual.

Las luces a uno y otro lado del eje de la pista estarán dispuestas en líneas perpendiculares al mismo. En las intersecciones de las pistas, las luces pueden espaciarse irregularmente o bien omitirse, siempre que los pilotos sigan disponiendo de guía adecuada.

Las luces de borde de pista serán fijas y de color blanco variable, excepto que:

- a) en el caso de que el umbral esté desplazado, las luces entre el comienzo de la pista y el umbral desplazado serán de color rojo en la dirección de la aproximación; y

- b) en el extremo de la pista, opuesto al sentido del despegue, las luces pueden ser de color amarillo en una distancia de 600 m o en el tercio de la pista, si esta longitud es menor.

Luces de umbral de pista y de barra de ala

Ubicadas a una distancia no mayor de 3 m del umbral.

Pueden ser orientadas o de circulares con lentes separados.

Pista visual o de aproximación no precisa: por lo menos seis luces ya sea uniformemente repartidas a lo largo del extremo de la pista o en dos grupos de 3 simétricamente dispuestas.

Precisión Categoría I: número de luces que se necesitan si las luces estuviesen espaciadas a 3 m o en dos grupos simétricamente espaciados según el eje de la pista. La distancia entre las luces interiores es igual a las luces de toma de contacto o no mayor a la mitad de la distancia entre las filas de luces de borde Precisión Categorías II y III: luces espaciadas a intervalos NO mayores a 3 m.

Se pueden añadir luces de barra de alas en pista de aproximación precisa cuando se estime conveniente.

Aplicación de las luces de barra de ala

Deberían instalarse luces de barra de ala en las pistas para aproximaciones de precisión cuando se estime conveniente una indicación más visible del umbral.

Se instalarán luces de barra de ala en una pista de vuelo visual o en una pista para aproximaciones que no sean de precisión, cuando el umbral esté desplazado y las luces de umbral de pista sean necesarias, pero no se hayan instalado.

Las luces de umbral de pista y de barra de ala serán luces fijas unidireccionales, de color verde, visibles en la dirección de la aproximación a la pista, y su intensidad y abertura de haz serán las adecuadas para las condiciones de visibilidad y luz ambiente en las que se prevea ha de utilizarse la pista.

Luces de extremo de pista

Se instalarán luces de extremo de pista en una pista dotada de luces de borde de pista.

Cuando el umbral se encuentre en el extremo de la pista, los dispositivos luminosos instalados para las luces de umbral pueden servir como luces de extremo de pista.

Las luces de extremo de pista se emplazarán en una línea perpendicular al eje de la pista, tan cerca del extremo como sea posible y en ningún caso a más de 3 m al exterior del mismo.

La iluminación de extremo de pista debería consistir en seis luces por lo menos. Las luces deberían estar:

- a) espaciadas uniformemente entre las filas de luces de borde de pista; o
- b) dispuestas simétricamente respecto al eje de la pista en dos grupos, con las luces uniformemente espaciadas en cada grupo y con un espacio vacío entre los grupos no mayor que la mitad de la distancia entre las filas de luces de borde de pista.

En las pistas para aproximaciones de precisión de Categoría III, el espaciado entre las luces de extremo de pista, excepto entre las dos luces más interiores si se utiliza un espacio vacío, no debería exceder de 6 m.

Las luces de extremo de pista serán luces fijas unidireccionales de color rojo, visibles en la dirección de la pista, y su intensidad y abertura de haz serán las adecuadas para las condiciones de visibilidad y de luz ambiente en las que se prevea que ha de utilizarse.

Luces de eje de pista

Se instalarán luces de eje de pista en todas las pistas para aproximaciones de precisión de Categoría II o III.

Deberían instalarse luces de eje de pista en una pista para aproximaciones de precisión de Categoría I, particularmente cuando dicha pista es utilizada por aeronaves con una velocidad de aterrizaje elevada, o cuando la anchura de separación entre las líneas de luces de borde de pista sea superior a 50 m.

Se instalarán luces de eje de pista en una pista destinada a ser utilizada para despegues con mínimos de utilización inferiores a un alcance visual en la pista del orden de 400 m.

Deberían instalarse luces de eje de pista en una pista destinada a ser utilizada para despegues con mínimos de utilización correspondientes a un alcance visual en la pista del orden de 400 m o una distancia mayor cuando sea utilizada por aviones con velocidad de despegue muy elevada, especialmente cuando la anchura de separación entre las líneas de luces de borde de pista sea superior a 50 m.

Las luces de eje de pista serán luces fijas de color blanco variable desde el umbral hasta el punto situado a 900 m del extremo de pista; luces alternadas de colores rojo y blanco variable desde

900 m hasta 300 m del extremo de pista, y de color rojo desde 300 m hasta el extremo de pista, excepto que, en el caso de pistas de longitud inferior a 1800 m, las luces alternadas de colores rojo y blanco variable se extenderán desde el punto medio de la pista utilizable para el aterrizaje hasta 300 m del extremo de la pista.

Luces de zona de toma de contacto en la pista

Se instalarán luces de zona de toma de contacto (TDZ) en la zona de toma de contacto de una pista para aproximaciones de precisión de Categoría II o III.

Las luces de zona de toma de contacto se extenderán desde el umbral hasta una distancia longitudinal de 900 m, excepto en las pistas de longitud menor de 1800 m, en cuyo caso se acortará el sistema, de manera que no sobrepase el punto medio de la pista. La instalación estará dispuesta en forma de pares de barretas simétricamente colocadas respecto al eje de la pista. Los elementos luminosos de un par de barretas más próximos al eje de pista tendrán un espaciado lateral igual al del espaciado lateral elegido para la señal de la zona de toma de contacto. El espaciado longitudinal entre los pares de barretas será de 30 m o de 60 m.

Las luces de zona de toma de contacto serán luces fijas unidireccionales de color blanco variable.

Luces simples de zona de toma de contacto en la pista

El objeto de las luces simples de la zona de toma de contacto en la pista es dar a los pilotos una mejor conciencia de la situación en todas las condiciones de visibilidad y que puedan decidir si comienzan un motor y al aire si la aeronave ha llegado a un cierto punto de la pista y no ha aterrizado. Es fundamental que los pilotos que realizan operaciones en aeródromos con luces simples de la zona de toma de contacto en la pista conozcan el objeto de estas luces.

Las luces simples de la zona de toma de contacto en la pista deberán ser luces fijas unidireccionales de color blanco variable, alineadas de modo que sean visibles para el piloto de un avión que aterriza en la dirección de aproximación a la pista.

Luces indicadoras de calle de salida rápida

Las luces indicadoras de calle de salida rápida (RETIL) tienen la finalidad de proporcionar a los pilotos información sobre la distancia hasta la calle de salida rápida más cercana a fin de aumentar la conciencia situacional en condiciones de poca visibilidad y permitir que los pilotos

deceleren para velocidades más eficientes de rodaje y de salida de la pista. Es esencial que los pilotos que lleguen a una pista con luces indicadoras de calle de salida rápida conozcan la finalidad de las luces.

Se deberían proporcionar luces indicadoras de calle de salida rápida en las pistas destinadas a utilizarse en condiciones de alcance visual inferiores a un valor de 350 m o cuando haya mucha densidad de tránsito.

Las luces indicadoras de calle de salida rápida serán fijas unidireccionales de color amarillo, alineadas de modo que sean visibles para el piloto de un avión que esté aterrizando en la dirección de aproximación a la pista.

Luces de zona de parada

Se instalarán luces de zona de parada en todas las zonas de parada previstas para uso nocturno. Las luces de zona de parada serán luces fijas unidireccionales de color rojo visibles en la dirección de la pista.

Luces de eje de calle de rodaje

Se instalarán luces de eje de calle de rodaje en las calles de salida de pista, calles de rodaje, instalaciones de deshielo/antihielo y plataformas destinadas a ser utilizadas en condiciones de alcance visual en la pista inferiores a 350 m, de manera que proporcionen una guía continua entre el eje de la pista y los puestos de estacionamiento de aeronaves, pero no será necesario proporcionar dichas luces cuando haya reducida densidad de tránsito y las luces de borde y las señales de eje de calle de rodaje proporcionen guía suficiente.

Deberían instalarse luces de eje de calle de rodaje en las calles de rodaje destinadas a ser utilizadas de noche en condiciones de alcance visual en la pista iguales a 350 m o más, y especialmente en las intersecciones complicadas de calles de rodaje y en las calles de salida de pista, pero no es necesario proporcionar estas luces cuando haya reducida densidad de tránsito y las luces de borde y las señales de eje de calle de rodaje proporcionen guía suficiente.

Deberían instalarse luces de eje de calle de rodaje en las calles de salida de pista, calles de rodaje, instalaciones de deshielo/antihielo y plataformas en todas las condiciones de visibilidad cuando se especifiquen como componente de un sistema avanzado de guía y control del

movimiento en la superficie, de manera que proporcionen una guía continua entre el eje de pista y los puestos de estacionamiento de aeronaves.

Se instalarán luces de eje de calle de rodaje en las pistas que formen parte de rutas normalizadas para el rodaje y estén destinadas al rodaje en condiciones de alcance visual en la pista con valores inferiores a 350 m, pero no será necesario proporcionar estas luces cuando haya reducida densidad de tránsito y las luces de borde y las señales de eje de calle de rodaje proporcionen guía suficiente.

Las luces de eje de calle de rodaje de una calle de salida serán fijas. Dichas luces serán alternativamente de color verde y amarillo desde su comienzo cerca del eje de la pista hasta el perímetro del área crítica/sensible ILS/MLS o hasta el borde inferior de la superficie de transición interna, de ambas líneas la que se encuentre más lejos de la pista; y seguidamente todas las luces deberán verse de color verde. La primera luz de eje de calle de salida será siempre verde y la luz más cercana al perímetro será siempre de color amarillo.

Hay que limitar con cuidado la distribución luminosa de las luces verdes en las pistas o cerca de ellas, a fin de evitar su posible confusión con las luces de umbral. Cuando sea necesario indicar la proximidad de una pista, las luces de eje de calle de rodaje deberían ser fijas, alternativamente de color verde y amarillo desde el perímetro del área crítica/sensible ILS/MLS o el borde inferior de la superficie de transición interna, de ambas líneas la que se encuentre más lejos de la pista, hasta la pista y continuar alternando verde y amarillo hasta:

- a) su extremo cerca del eje de la pista; o
- b) en caso de que las luces de eje de calle de rodaje crucen la pista, hasta el perímetro opuesto del área crítica/sensible ILS/MLS o el borde inferior de la superficie de transición interna, de ambas líneas la que se encuentre más lejos de la pista.

Luces de borde de calle de rodaje

Se instalarán luces de borde de calle de rodaje en los bordes de una plataforma de viraje en la pista, apartaderos de espera, instalaciones de deshielo/antihielo, plataformas, etc., que hayan de usarse de noche, y en las calles de rodaje que no dispongan de luces de eje de calles de rodaje y que estén destinadas a usarse de noche. Pero no será necesario instalar luces de borde de calle de rodaje cuando, teniendo en cuenta el carácter de las operaciones, puede obtenerse una guía adecuada mediante iluminación de superficie o por otros medios.

Las luces de borde de calle de rodaje serán luces fijas de color azul. Estas luces serán visibles por lo menos hasta 75° por encima de la horizontal y desde todos los ángulos de azimut necesarios para proporcionar guía a los pilotos que circulen en cualquiera de los dos sentidos. En una intersección, salida de pista o curva, las luces estarán apantalladas en la mayor medida posible, de forma que no sean visibles desde los ángulos de azimut en los que puedan confundirse con otras luces.

Luces de plataforma de viraje en la pista

Se instalarán luces de plataforma de viraje para proporcionar una guía continua en las plataformas que se destinan a ser utilizadas en condiciones de alcance visual en la pista menores de 350 m, para permitir a una aeronave completar un viraje de 180° y alinearse con el eje de la pista.

Deberían instalarse luces de plataforma de viraje en la pista en plataformas de viraje en la pista que se prevé utilizar durante la noche.

Las luces de plataforma de viraje en la pista serán luces fijas unidireccionales de color verde y con las dimensiones del haz, de forma que la luz se vea solamente desde los aviones en la plataforma de viraje en la pista o en aproximación a la misma.

Barras de parada

Las barras de parada están destinadas a ser controladas manual o automáticamente por los servicios de tránsito aéreo.

Las incursiones en la pista pueden tener lugar en todas las condiciones de visibilidad o meteorológicas. El suministro de barras de parada en los puntos de espera de la pista y su utilización en horas nocturnas y en condiciones de visibilidad superior a un alcance visual en la pista de 550 m puede formar parte de medidas eficaces de prevención de incursiones en la pista. Deberá instalarse una barra de parada en cada punto de espera de la pista asociado a una pista destinada a ser utilizada en condiciones de alcance visual en la pista inferiores a un valor de 350 m, salvo si:

- a) se dispone de ayudas y procedimientos apropiados para suministrar asistencia a fin de evitar que inadvertidamente haya tránsito en la pista; o

b) se dispone de procedimientos operacionales para que, en aquellos casos en que las condiciones de alcance visual en la pista sean inferiores a un valor de 550 m, se limite el número:

- 1) de aeronaves en el área de maniobras a una por vez; y
- 2) de vehículos en el área de maniobras al mínimo esencial.

Deberá instalarse una barra de parada en cada punto de espera de la pista asociado a una pista destinada a ser utilizada en condiciones de alcance visual en la pista con valores comprendidos entre 350 m y 550 m, salvo si:

- a) se dispone de ayudas y procedimientos apropiados para suministrar asistencia a fin de evitar que inadvertidamente haya tránsito en la pista; o
- b) se dispone de procedimientos operacionales para que, en aquellos casos en que las condiciones de alcance visual en la pista sean inferiores a un valor de 550 m, se limite el número:
 - 1) de aeronaves en el área de maniobras a una por vez; y
 - 2) de vehículos en el área de maniobras al mínimo esencial.

Las barras de parada consistirán en luces de color rojo que serán visibles en los sentidos previstos de las aproximaciones hacia la intersección o punto de espera de la pista, espaciadas a intervalos uniformes de no más de 3 m, y colocadas transversalmente en la calle de rodaje.

Luces de punto de espera intermedio

Las luces de punto de espera intermedio consistirán en tres luces fijas unidireccionales de color amarillo, visibles en el sentido de la aproximación hacia el punto de espera intermedio, con una distribución luminosa similar a las luces de eje de calle de rodaje, si las hubiere. Las luces estarán dispuestas simétricamente a ambos lados del eje de calle de rodaje y en ángulo recto respecto al mismo, con una separación de 1,5 m entre luces.

Luces de salida de la instalación de deshielo/antihielo

Deberían instalarse luces de salida de la instalación de deshielo/antihielo en el límite de salida de una instalación de deshielo/antihielo distante contigua a una calle de rodaje.

Las luces de salida de la instalación de deshielo/antihielo consistirán en luces fijas unidireccionales en el pavimento espaciadas a intervalos de 6 m, de color amarillo hacia la dirección de la aproximación al límite de salida, con una distribución de luz similar a la de las luces de eje de calle de rodaje.

Luces de protección de pista

El objetivo de las luces de protección de pista consiste en advertir a los pilotos, y a los conductores de vehículos, cuando están circulando en calles de rodaje, que están a punto de ingresar a una pista.

Las luces de protección de pista, configuración A, consistirán en dos pares de luces de color amarillo.

Iluminación de plataforma con proyectores

Debería suministrarse iluminación con proyectores en las plataformas, en las instalaciones de deshielo/antihielo y en los puestos designados para estacionamiento aislado de aeronaves, destinados a utilizarse por la noche.

Cuando las instalaciones de deshielo/antihielo están situadas muy cerca de la pista y la iluminación permanente con proyectores pudiera resultar confusa para los pilotos, podrían requerirse otros medios de iluminación de la instalación.

La distribución espectral de los proyectores para iluminación de plataforma será tal que los colores utilizados para el señalamiento de aeronaves relacionados con los servicios de rutina y para las señales de superficie y de obstáculos puedan identificarse correctamente.

Luces de guía para maniobras en los puestos de estacionamiento de aeronaves

Deberían suministrarse luces de guía para maniobras en los puestos de estacionamiento de aeronaves, para facilitar el emplazamiento preciso de las aeronaves en un puesto de estacionamiento en una plataforma pavimentada o en una instalación de deshielo/antihielo que esté destinado a usarse en malas condiciones de visibilidad, a no ser que se suministre guía adecuada por otros medios.

Las luces de guía para el estacionamiento en los puestos de estacionamiento de aeronaves que no sean las que indican una posición de parada, serán luces fijas de color amarillo, visibles en todos los sectores dentro de los cuales está previsto que suministren guía.

Luces de punto de espera en la vía de vehículos

Se proporcionarán luces de punto de espera en la vía de vehículos en todo punto de espera en la vía asociado con una pista que se prevea utilizar en condiciones de alcance visual en la pista inferior a un valor de 350 m.

Deberían proporcionarse luces de punto de espera en la vía de vehículos en todos los puntos de espera en la vía asociados con una pista que se prevea utilizar en condiciones de alcance visual en la pista con valores comprendidos entre 350 m y 550 m.

Las luces de punto de espera en la vía de vehículos constarán de:

- a) un semáforo controlable rojo (pare) y verde (siga); o
- b) una luz roja de destellos.

IV. Análisis de las condiciones aeroportuarias de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México

IV.1. Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México (MEX)

El actual AICM, construido en 1928, se encuentra ubicado al oriente de la Ciudad de México en territorio de la Delegación Venustiano Carranza, el proyecto del aeropuerto figuro como un elemento determinante en el Plano Regulador elaborado por Carlos Contreras en 1934., tal fue la importancia que se atribuyó al nuevo equipamiento que se decidió formar una nueva delegación, Venustiano Carranza, se tomaron terrenos tomados principalmente de la Delegación Iztacalco para facilitar su operación y funcionamiento, su construcción fue en el km. 3 de la carretera a Puebla, sobre terrenos del ex vaso de Texcoco, este proyecto alentó la urbanización de los terrenos cercanos y con esto marcó el inicio de la expansión periférica de la zona oriente. La ordenación territorial en torno al aeropuerto, es decir la zona aledaña a éste, no es resultado de la generación espontánea y desordenada. Es resultado de una combinación de acciones, o falta de éstas.

La ubicación del aeropuerto en relación con otras delegaciones (alcaldías) y municipios es también significativas. El polígono que comprende el terreno del AICM se encuentra definido por las alcaldías Gustavo A. Madero, al norte e Iztacalco, al sur; y los municipios de Nezahualcóyotl, Ecatepec y Texcoco, al oriente.

Como se mencionó el AICM inicio su construcción en 1928. Para finales de 1929 y principios de 1930 contaba con la pista 05-23, posteriormente se construyeron la 14-32 y la 13-31. Iniciando operaciones como Puerto Central Aéreo.

El primer edificio terminal se inauguró el 11 de abril de 1939, con nueva torre de control.

El 1° de Junio de 1945 se inauguró la primera Torre de Control operada por Aeronáutica Radio de México, la inauguración de lo que es el actual edificio terminal fue el 20 de noviembre de 1952, inicio operaciones el 1° de julio de 1954, para diciembre de 1959 fue necesario hacer la primera ampliación.

El 2 de Diciembre de 1963 el AICM es declarado oficialmente como “Aeropuerto Internacional de Ciudad de México” mediante decreto presidencial, expedido por el presidente Lic. Adolfo Lopez Mateos. El 2 de Octubre de 1964 inician los sistemas de radar y aproximación de precisión ILS (Instrumental Landing System) en el AICM.

A finales de la década de los sesenta, se plantea la necesidad de construir un nuevo aeropuerto para la Ciudad de México y cierre del actual, habiendo propuesto el aérea de Zumpango Estado de México para tal fin. Los operadores aéreos encabezados por la S.C.T. plantearon ampliar las instalaciones construyendo nuevas pistas paralelas a las existentes y una terminal de pasajeros adicional.

El 20 de Octubre de 1974 un Concorde aterriza en el AICM, este avión tenía la característica que rompía la barrera del sonido en vuelos comerciales.

El 11 de Diciembre de 1975 se inaugura el edificio de estacionamiento del AICM.

La superficie del terreno del AICM, ha disminuido por expropiaciones que se han hecho a favor del Departamento del Distrito Federal y del gobierno federal, estos decretos están publicados en el DOF.

En 1970 se dice que el aeropuerto está totalmente saturado y que no era posible ya aumentar la capacidad del espacio aéreo, del sistema de pistas y calles de rodaje, terminales, plataformas y estacionamientos; que no era posible alargar las pistas por falta de disponibilidad de terreno, y las afectaciones por niveles de ruido y graves riesgos de accidentes sobre la ciudad.

En 1978 la Secretaria de Asentamientos Humanos y Obras Públicas (SAHOP) insistió en la construcción de un nuevo aeropuerto también en el lecho de las instalaciones existentes y la S.C.T mantuvo su posición de construir nuevas instalaciones en el lago, integradas a las actuales sin cerrar las existentes.

En 1980 ASA establece que la capacidad del sistema pistas era de 60 operaciones por hora y la demanda de 75 operaciones por hora, y planteo cambiar la aviación general del aeropuerto, distribuyéndola en otros existentes del área metropolitana del Valle de México, como: la Base Militar de Santa Lucia, Atizapán, Toluca.

Otra propuesta planteada en su momento fue El Sistema Aeroportuario Metropolitano (SAM) del régimen gubernamental 1988-1994, integrado por AICM, Toluca (TLC), Cuernavaca (CVJ), Pachuca (PCA). Se pensó en trasladar la aviación internacional comercial al aeropuerto de Toluca, la aviación de carga al aeropuerto de Puebla, la aviación general al aeropuerto de Cuernavaca y Pachuca como estación de combustible y escuelas de aviación y el AICM que manejara toda la aviación comercial nacional.

Se replanteo el SAM debido a la negativa de diferentes actores para esta propuesta y se consideró trasladar del AICM la aviación general y reubicarla en los otros aeropuertos del sistema:

los aviones tipo Jet, al TLC, en el CVJ se atendería la aviación general de pistón y turbohélice, el resto de la demanda la atendería el PCA y el AICM continuaría atendiendo el grueso de la aviación comercial.

Los recursos económicos con los que contaban las autoridades para reacondicionar los aeropuertos del SAM no fueron suficientes para ponerlos en operación, lo que motivo que se hicieran programas de operación a mediano y largo plazo.

Conservando el SAM como tal, se elaboró en agosto de 1991 “La actualización de las Estrategia de Desarrollo” (ASA-SCT), que se basaban en dos premisas:

1. Conservar la solución de largo plazo consistente en contar con dos aeropuertos para la atención de la aviación comercial en la zona metropolitana.
2. Adelantar el desarrollo máximo del AICM incrementando la capacidad para la atención de la aviación comercial.

Ninguna de las acciones anteriores se llevó a cabo en su totalidad, la solución que tomaron fue la ampliación del AICM.

El 11 de abril de 1994, se inauguró la nueva terminal internacional del aeropuerto capitalino, en una superficie total de 135,000 m², de estos 36% fueron destinados a servicios aeroportuarios, 50% a estacionamientos y 14% restaurante a las zonas comerciales, en tres edificios, el A, B y C, con una capacidad para atender a 6 millones de pasajeros al año.

En el año 2000 se realizó un análisis de la demanda del AICM y se concluyó que, para atender la demanda a largo plazo, se requería de un aeropuerto con tres pistas paralelas que permitieran realizar operaciones simultaneas independientes con un potencial operativo de 50 años. Las opciones de dicho aeropuerto fueron: Tizayuca y Texcoco. El estudio concluyo que la opción Texcoco permita satisfacer con un solo aeropuerto la demanda esperada de largo plazo y era técnicamente factible. Su desarrollo era sustentable económica, social y ambientalmente. Minimizaba el costo para los usuarios y cumplía ampliamente con todos los criterios en ese tiempo adoptados. Esta decisión despertó la oposición radical, gobierno y población en especial de San Salvador Atenco, apoco tiempo de su anuncio el proyecto se derivó a un conflicto cuyo mal manejo de la crisis social que esta decisión ocasiono el gobierno decidió cancelarlo.

Después de la cancelación, ASA presento un programa en el 2003, el objetivo era cubrir la demanda de servicios aeroportuarios del centro del país en los próximos 25 años.

Este plan se propuso aumentar la capacidad de atención del sistema a 58 millones de pasajeros: 30 millones en el AICM, 10 millones en el aeropuerto de Toluca, 14 millones en el de Puebla, 4 millones de los Aeropuertos de Guadalajara, Monterrey y Cancún, estos como centros distribuidores de tránsito.

El programa de Atención a la Demanda de Servicios Aeroportuarios en el Centro del País comprende dos subprogramas, los cuales a su vez contaban con proyectos:

- Ampliación del AICM

El objetivo general era aumentar, al máximo, la capacidad del AICM, para transportar 30 millones de pasajeros anuales, contribuyendo así a atender la demanda de servicios aeroportuarios del centro del país para los próximos 25 años.

Este subprograma contiene a su vez los siguientes proyectos:

- Ampliación y modernización de la Terminal 1
- Complementación del Sistema de Pistas y Rodajes
- Acciones complementarias del AICM.
- Construcción de la Terminal 2
- Reubicación de Dependencias.
- Desarrollo de los aeropuertos de Toluca, Puebla, Querétaro y Cuernavaca

El propósito de este subprograma es impulsar la desconcentración a mediano plazo de la demanda del AICM y la integración de un Sistema Metropolitano de Aeropuertos. El desarrollo de estos cuatro aeropuertos es complementario a la Ampliación del AICM y de los Programas de Descentralización de Tráfico Aéreo, con base en centros de distribución regional en que se convertirán los aeropuertos de Guadalajara, Monterrey y Cancún.

De esta forma, a través de la SCT y ASA y AICM, se realizaron obras de ampliación y remodelación en la Terminal 1, en una superficie total de 90 mil m², de los cuales 48 mil fueron de construcción nueva y 42 mil de remodelación, lo que equivale a la superficie total de los aeropuertos que administra ASA. Para estas obras se destinó una inversión superior a 1,400 millones de pesos.

En 2006 el DOF publicó el decreto mediante el cual se cambiaba de nombre al AICM por Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México Benito Juárez.

El programa de ampliación y remodelación del AICM a su máxima capacidad, incluyo la construcción de la Terminal 2, la cual inicio operaciones en el 2007 y cuenta con una superficie de 242,496 m2.

Ampliación de la terminal 1 del AICM

En la T1, se contemplaba mejoras en el área de movimientos como la reestructuración de los rodajes Eco 1, Coca 2 y Golfo.

La construcción del drenaje para vialidades y de un drenaje profundo en todo el aeropuerto y la rehabilitación del cárcamo de bombeo 4.

En el actual Edificio, T1, se ampliaron la sala de reclamo de equipaje y el pasillo ambulatorio; y se instalaron dos bandas más en la zona de reclamo de equipaje.

Se demolió el edificio que utilizaba el SENEAM para aumentar posiciones en plataforma y a éste se le construyó un nuevo edificio y estacionamiento en las proximidades del edificio de ASA.

Del lado internacional se construyó una nueva zona de migración y aduana y tres bandas para reclamo de equipaje.

Se remodelo en general el Edificio Terminal mediante demoliciones, desinstalaciones y reforzamiento de estructuras, de acuerdo al proyecto, ampliando el ambulatorio.

En vialidades, se construyó un puente vehicular y accesos a documentación en la parte alta de edificio terminal y se corrigieron accesos y sentidos de circulación.

Para la separación de flujos se mejoró el acceso vial de la salida internacional, la zona de vehículos y autobuses de servicio público.

Construcción de la Terminal 2 del AICM

Se construyo de un nuevo edificio terminal al sur del AICM, denominado Terminal 2, bajo los Principios de Ecuador, conjunto de directrices de carácter social y medioambiental que dan sustentabilidad, impulsadas por 40 entidades bancarias lideres en grandes proyectos de inversión a nivel internacional, en coordinación con La Corporación Financiera Internacional, agencia del Banco Mundial, a los cuales se sujeta la banca de desarrollo de México.

La Terminal 2 con sus edificios, estacionamientos, plataformas, rodajes y demás instalaciones se proyectaron para atender de 10 a 12 millones de pasajeros, demanda muy significativa, si se considera que el segundo aeropuerto que mueve el mayor volumen de tráfico aéreo en México después del AICM es el aeropuerto de Cancún, que ha llegado a transportar 12 millones de pasajeros.

El proyecto de la Terminal 2, donde operará el nuevo avión Airbus 380; consta de un conjunto arquitectónico de 229,000 m², con un edificio terminal de 88 mil m² para 23 posiciones de contacto directas al edificio y 7 remotas, concebido bajo el principio de “Edificio Inteligente”, cuenta con gestión de voz, datos y video.

El edificio de la T2, cumple con la normatividad internacional establecida por la OACI para la separación de flujo de pasajeros; utilizando la planta alta para servicio a los pasajeros de salida, mientras que la planta baja para los pasajeros de llegada.

La Nueva Terminal 2 está diseñada para beneficiar en comodidad, rapidez y seguridad al usuario, ya que sus salas de última espera están proyectadas para minimizar el desplazamiento de los usuarios, desde el área de documentación hasta el avión sin que interfieran los comercios que se proyectaron en la misma.

Las 23 posiciones de contacto están equipadas con aeropasillos telescópicos computarizados para el embarque de pasajeros. La nueva Terminal 2 cuenta con dos posiciones que podrán dar servicio al avión más grande del mundo: el Airbus 380.

La T2 cuenta con un kilómetro de bandas de equipaje y con equipo de alta tecnología para mejorar la documentación y el proceso de equipaje, desde el mostrador de documentación, hasta su arribo el avión y viceversa, desde el avión hasta las bandas de reclamo de equipaje.

La plataforma de la T2 consta con 426,000 m², tipo dedos, con dos muelles o escantillones: el norte y sur, para 23 posiciones simultaneas de contacto y 7 posiciones remotas, con sus respectivos rodajes.

En la T2 se construyó un edificio torre para servicio como Centro Control de Operaciones (CCO) en el que se instalaron sistemas informáticos para la administración de la plataforma y la asignación de posiciones para aeronaves, con el objeto de disminuir los tiempos de operación tanto en el despegue como en el aterrizaje.

Transporte de pasajeros Inter terminales.

Para conectar ambos edificios se proyectó un sistema férreo de transporte entre las dos terminales con sus respectivas estaciones.

El aerotrén, inicia su recorrido de forma elevada a una altura de 10 m frente a la T1, para después seguir elevándose hasta llegar a 13 m y bajar posteriormente para circular al nivel de la calle,

volverse a elevar a 10 m y llegar a la T2 a una altura de 6.50 m, haciendo el recorrido entre ambas cada 12 minutos.

Para facilitar el acceso vial a la T2, evitar congestionamientos en la zona, agilizar el tráfico en la misma, se mejoraron las vialidades, mediante dos sistemas de distribución que permitieran facilitar el acceso a la T2 y así poder desahogar vialidades primarias como el Circuito Interior Norte, el Eje 1 Norte, Economía, Viaducto y Calzada Ignacio Zaragoza, y con la construcción de dos distribuidores viales.

El Distribuidor Vial 1, consta de dos puentes colgantes que conecta la vialidad de la T1 y el Circuito Interior Norte hacia la T2 y un paso elevado, con una longitud de 1.5 km con estructuras de 42 m de alto y cimentación a 30 m de profundidad, para facilitar el acceso de los vehículos provenientes el Circuito Interior Sur evitando el cruce con los taxis.

El Distribuidor Vial 2, con una longitud de 3.7 km une el viaducto Miguel Alemán con la T2 mediante una vialidad elevada directa por Avenida Economía y un paso elevado para cruzar la AV. Ignacio Zaragoza en sentido contrario y mejoramiento de las vialidades existentes próximas a los terrenos del AICM, al oriente, sur y poniente, mediante distribuidores viales.

Datos Técnicos del AICM

El AICM, lleva por nombre “Aeropuerto Internacional Benito Juárez”, es actualmente el aeropuerto más importante del país.

El código IATA del aeropuerto es MEX, el código OACI es MMMX.

El AICM se encuentra ubicado en Av. Capitán Carlos León s/n, Col. Peñón de los Baños, C.P. 15620, Alcaldía Venustiano Carranza, Ciudad de México. El punto de referencia de aeródromo es: latitud 19°26'11" Norte y longitud 99°04'20" Oeste, con una elevación: 2230 MSNM, y una temperatura de referencia 27°C.

IV.1.1. Demanda del transporte aéreo

El AICM cuenta 746.43 has, con 2 terminales de pasajeros:

Terminal 1 con 33 posiciones de contacto y 32 posiciones remotas y la Terminal 2 con 23 posiciones de contacto y 7 posiciones remotas.

El AICM tiene en total con 56 puertas de embarque y 18 salas móviles, con un total de 74 salas de operaciones aéreas.

Terminal 1, construida en 1958, con ampliaciones en 1970, 1989, 1998, 2000 y 2004.

Superficie/pasajero (niveles de servicio): 17 m²/pasajero.

La terminal internacional 1 del AICM fue dividida en dos secciones, la primera para vuelos con Norteamérica, Europa, Asia, Oceanía y África, y la segunda para vuelos con Centroamérica, Sudamérica y Caribe. Cuenta con 44 posiciones de contacto (33 puertas de embarque directo y 11 posiciones para salas móviles 7^a/B/C, 14A/B, 16^a, 19A/B/C/D Y 36A).

Tiene una superficie total de 548,000 m², en la que tiene 32 pasarelas de acceso a aeronaves, 10 (A, B, C, D, E, F, G, H, I, J)., salas lado aire: 9 (A1, A2, B, C, D, D1, F1, F2, F3)., salas lado tierra (salas de documentación).

El número de salas móviles= 11 (A7-A, A7-B, A7-C, A9-A, A9-B, A9-C, A9-D, A9-E, F19-A, F19 C, F19-D). 22 bandas de reclamo de equipaje.

Salones Premium: Salón Premier Internacional T1 (Aeroméxico), Red Carpet Club (United Airlines), Admirals Club (American Airlines), Centurion Club (American Express).

Servicio de estacionamiento: 3,100 vehículos en el estacionamiento del área nacional, 2,400 vehículos en el estacionamiento del área internacional.

Se dispone de hoteles y medios de transporte en las proximidades del aeropuerto, restaurantes, medios de transporte, oficinas bancarias, oficina de turismo e instalaciones y servicios médicos.

Terminal 2, Construida en 2004, inaugurada el 15 de noviembre, superficie total de edificaciones de la terminal: 242,000 m².

Cuenta con 23 salas de embarque directo con sus pasarelas de acceso a aeronaves para las posiciones de contacto en la plataforma y 7 salas móviles para sus posiciones remotas, superficie de plataforma: 426,000 m².

Número de salas lado aire: 2 (doméstica e internacional)

Número de salas lado tierra, salas de documentación.

Espacio por pasajero (nivel de servicio) en la T2: 22 m²/pasajeros.

Número de bandas de reclamo de equipaje 15.

Servicio de estacionamiento 3,000 vehículos.

Se dispone de medios de transporte en las proximidades del aeropuerto: hotel, restaurantes, medios de transporte, oficinas bancarias, oficina de turismo e instalaciones y servicios médicos dentro de la misma terminal.

IV.1.2. Clave del aeródromo

La infraestructura con la que cuenta corresponde a una clave de referencia OACI, 4E, definida en función del avión de proyecto: B747-400; el avión comercial máximo operable es el A-380, además pueden operar el B777-300, el ANTONOV 124-100 (carga), C-5, C- 141 (militar), como máximo operable.

IV.1.3. Elementos lado aire

El AICM tiene 2 pistas: la 05R (derecha)- 23L (izquierda) de 3,985 m x 45, y la 05L (izquierda)- 23R (derecha) de 3,730 m x 45 m.

Designadores NR RWY	BRG GEO y MAG	Dimensiones de RWY (M)	Resistencia (PCN) y superficie de RWY y SWY	Coordenadas THR	Elevación THR y elevación máxima de TDZ de RWY APP precisión
1	2	3	4	5	6
05L	059.34 GEO 055.35 MAG	3920 x 45	PCN 112/F/B/X/T ASPH	192547.05N 0990512.01W	THR 2223.36 M (7295 FT) TDZ 2222.03 M (7290 FT)
23R	239.35 GEO 235.36 MAG	3920 x 45	PCN 112/F/B/X/T ASPH	192636.20N 0990344.54W	THR 2223.72 M (7296 FT) TDZ 2223.64 M (7295 FT)
05R	059.40 GEO 055.40 MAG	4094 x 45	PCN 112/F/B/X/T ASPH	192544.78N 0990455.64W	THR 2222.55 M (7292 FT) TDZ 2222.04 M (7290 FT)
23L	239.41 GEO 235.41 MAG	4094 x 45	PCN 112/F/B/X/T ASPH	192641.78N 0990314.01W	THR 2223.63 M (7295 FT) TDZ 2224.30 M (7298 FT)
Pendiente de RWY-SWY	Dimensiones SWY (M)	Dimensiones CWY (M)	Dimensiones de franja (M)	OFZ	Observaciones
7	8	9	10	11	12
1%	05L: 266	NIL	3602 x 150	NIL	RESA 240 M X 90 M
1%	23R: 142	NIL	3602 x 150	NIL	RESA 240 M X 90 M
1%	05R: 0	NIL	4097 x 280	NIL	RESA 240 M X 90 M
1%	23L: 80	NIL	4097 x 280	NIL	RESA 240 M X 90 M

Imagen 13 Características de Pistas AICM

Fuente: Características de Pistas AICM. (2021, 25 marzo). [Imagen]. En AIP DE MÉXICO.

MMM AD 2.13 - DISTANCIAS DECLARADAS

Designador RWY	TORA (M)	TODA (M)	ASDA (M)	LDA (M)	Observaciones
1	2	3	4	5	6
05L	3414	3414	3680	2964	NIL
23R	3580	3580	3722	3074	NIL
05R	4094	4094	4094	3522	NIL
23L	3897	3897	3977	3817	NIL

Imagen 14 Distancias Declaradas Pistas AICM

Fuente: Distancias Declaradas Pistas AICM. (2021, 25 marzo). [Imagen]. En AIP DE MÉXICO

Cuenta con 32 calles de rodaje.

Tiene 6 plataformas de uso normal para la aviación comercial, una plataforma paraaduanana, una plataforma de pernocta y fletamento, una plataforma de helicópteros y una plataforma de emergencia.

MINIMOS METEOROLOGICOS TECHO EN FT Y VISIBILIDAD EN SM y (M)		
D E S P E G U E		
EQUIPO	DIA y NOCHE	DIA y NOCHE
	PISTAS 05 L/R	PISTAS 23 L/R
1 y 2 MOTORES	500 - 1 (1600 M)	700 - 1 (1600 M)
3 O MAS MOTORES	1 / 2 (800 M)	500 - 1 (1600 M)
AVIACION COMERCIAL REGULAR MINIMOS DE DESPEGUE		
EQUIPO	DIA y NOCHE	
	PISTAS 05 L/R	
1 y 2 MOTORES	1 / 4 (400 M)	
3 O MAS MOTORES		
A L T E R N O		
APROXIMACION ILS		OTRAS APROXIMACIONES
600 - 2 (3200 M)		1000 - 3 (4800 M)

Imagen 15 Mínimos meteorológicos techo y visibilidad.

Fuente: Mínimos meteorológicos techo y visibilidad (2021, 25 marzo). [Imagen]. En AIP DE MÉXICO

Imagen 16 Datos sobre plataforma, calles de rodaje AICM

MMM AD 2.8 - DATOS SOBRE PLATAFORMAS, CALLES DE RODAJE Y EMPLAZAMIENTOS/POSICIONES DE VERIFICACIÓN DE EQUIPO			
1	Superficie y resistencia de la plataforma:	Plataforma Sur:	PCN 55/R/B/W/T Concreto
		Plataforma Central PSN 1-24	PCN 72/R/A/X/T Concreto
		Plataforma Central PSN 25-36	PCN 100/R/C/X/T Concreto
		Plataforma Norte	PCN 95/R/A/X/T Concreto
		Plataforma Aduana	PCN 99/R/A/X/T Concreto
		Plataforma Oriente PSN 48-51	PCN 100/F/C/X/T ASPH
		Plataforma Oriente PSN EA-EB	PCN 58/F/B/X/T ASPH
		Plataforma Tango	PCN 43/F/B/X/T ASPH
		Plataforma Tango Sur 1	PCN 42/R/C/X/T Concreto
		Plataforma T2	PCN 83/R/A/X/T Concreto
	Plataforma Tango Sur 2	PCN 37/R/B/W/T Concreto	
2	Anchura, superficie y resistencia de las calles de rodaje	TWY A: 23 M ASPH PCN 53/F/B/X/T /RWY 05L – TWY B1 & 23m ASPH PCN 79/F/B/X/T / TWY B1 – TWY B3	TWY C1: 23M ASPH PCN 93/F/B/X/T
		TWY A1: 25M ASPH PCN 80/F/B/X/T	TWY C2: 23M ASPH PCN 98/F/B/X/T
		TWY A2: 23M ASPH PCN 73/F/B/X/T	TWY C3: 23M ASPH PCN 66/F/B/X/T
		TWY A4: 25M ASPH PCN 81/F/B/X/T	TWY D: 23M ASPH PCN 75/F/B/X/T / RWY 23L – TWY E2 & 25M ASPH PCN 91/F/B/X/T / TWY E2 – TWY A5
		TWY A5: 25M ASPH PCN 85/F/B/X/T	TWY D1: 23M ASPH PCN 75/F/B/X/T
		TWY B: 23M ASPH PCN 100/F/B/X/T	TWY E: 23M ASPH PCN 66/F/B/X/T / RWY 23R – RWY 23L & 23M ASPH PCN 85/F/B/X/T / RWY 23L – TWY B3
		TWY B1: 23M ASPH PCN 70/F/B/X/T / TWY B – RWY 05L & 23M ASPH PCN 73/F/B/X/T / TWY A – RWY 05R	TWY E1: 23M ASPH PCN 66/F/B/X/T
		TWY B2: 23M ASPH PCN 81/F/B/X/T	TWY E2: 23M ASPH PCN 81/F/B/X/T
		TWY B3: 23M ASPH PCN 83/F/B/X/T	TWY F: 23M ASPH PCN 69/F/B/X/T
		TWY B4: 23M ASPH PCN 43/F/B/X/T	TWY G: 23M ASPH PCN 100/F/C/X/T / RWY 05R – TWY D & 25M ASPH PCN 96/F/B/X/T / RWY 05L – RWY 05R
		TWY B5: 23M ASPH PCN 67/F/B/X/T	TWY H: 25M ASPH PCN 79/F/B/X/T
		TWY B6: 23M ASPH PCN 79/F/B/X/T	TWY H1: 25M ASPH PCN 90/F/B/X/T
		TWY B7: 23M ASPH PCN 75/F/B/X/T	TWY J: 25M ASPH PCN 77/F/B/X/T
		TWY B8: 23M ASPH PCN 66/F/B/X/T	TWY K: 25M ASPH PCN 79/F/B/X/T
TWY B9: 23M ASPH PCN 66/F/B/X/T	TWY L: 25M ASPH PCN 79/F/B/X/T		
	TWY C: 23M ASPH PCN 75/F/B/X/T	TWY PH: 25M ASPH PCN 77/F/B/X/T	
3	Emplazamiento y elevación ACL:	NIL	
4	Puntos de verificación VOR/INS:	NIL	
5	Observaciones:	<ul style="list-style-type: none"> - Rodaje H1 no podrán transitar aeronaves con envergadura mayor a 38M (B-757). - Rodaje A entre pistas 05L/05R cerrado cuando las operaciones de despegue y aterrizaje se efectúen por cabeceras pistas 23L/23R. - Rodaje B tramo paralelo a pista 05L-23R no podrán transitar aeronaves clave de referencia E y F cuando se tengan operaciones de despegue y aterrizaje de aeronaves clave de referencia E en pista 05L-23R. - No podrán transitar aeronaves con envergadura mayor a 36M (B737-900 Winglets): Rodaje A. Rodaje B1 entre pista 05R y rodaje A. Rodaje B4 entre pista 05R y rodaje A5. Rodaje E entre rodaje PH y A4. Calles de acceso LC, BB, SS - Apartadero de espera en rodaje B2 entre pistas 05L/05R utilizable para aeronaves con envergadura igual o menor a 36M (B737-900 Winglets) 	

MMM AD 2.9 - SISTEMA DE GUÍA Y CONTROL DEL MOVIMIENTO EN LA SUPERFICIE Y SEÑALES

1	Uso de signos ID en los puestos de aeronaves Líneas de guía TWY y sistemas de guía visual de atraque y estacionamiento de los puestos de aeronaves	Si
2	Señales y LGT de RWY y TWY:	Si
3	Barras de parada:	No disponible
4	Observaciones:	NIL

MMM AD 2.10 - OBSTÁCULOS DEL AERÓDROMO

En las áreas de aproximación/TKOF			En el área de circuito y en el AD		Observaciones
1			2		
RWY/área afectada	Tipo de obstáculo Elevación Señales y LGT	Coordenadas	Tipo de obstáculo Elevación Señales y LGT	Coordenadas	3
a	b	c	d	e	f
NIL					

Fuente: (2021, 25 marzo). [Imagen]. En AIP DE MÉXICO

La zona de aterrizaje para helicópteros tiene como coordenadas latitud: 19°25'55" Norte y longitud: 99°03'54" Oeste, con una elevación: 2,223 MSNM.

Las dimensiones de esta zona son de 100 x 18 m., con una distancia declarada de 100 m. La zona de combustibles se ubica al norte del aeropuerto, y tiene tanques contenedores con capacidad para 100,000 lts de Gasavion 100/130 y 22,000,000 lts de Turbosina Jet A-1, para abastecer a las diferentes aeronaves.

El suministro de turbosina a las aeronaves, se realiza mediante intervención de unidades móviles o auto tanques, que se conectan mediante coples rápidos, las mangueras a los hidrantes de combustible.

El combustible de aviación se almacena en tanques metálicos horizontales para gasavión y verticales para turbosina. Los tanques tienen capacidad de 22.5 millones de litros en ocho tanques seis tanques de 2 millones de litros cada uno, uno de 12,5 millones de litros y un tanque con 100,000 litros de gasavión.

Se cuenta con instalaciones para manipulación de la carga.

La categoría del aeropuerto para salvamento para la extinción de incendios es nivel IV. El Cuerpo de Rescate y Extinción de Incendios (CREI) se ubica en la zona noroeste del AICM, cercano a la zona de almacenamiento de combustibles.

La terminal 2 cuenta con una subestación del CREI.

El equipo de salvamento con que cuenta el CREI, son: 5 unidades de ataque, 1 unidad escala, 4 unidades de evacuación, 3 cisternas de 45,000 lts y 2 cisternas de 10,000 lts.

La capacidad que se tiene para retirar aeronaves inutilizadas es el equipo de levante y arrastre, con capacidad máxima de recuperación de aeronaves hasta B767.

En la zona de hangares el gobierno federal tiene 9 hangares en el AICM, también cuentan con un hangar compartido la SCT y SAGARPA.

De acuerdo a datos del AICM las instalaciones más grandes las tiene el hangar presidencial, ubicado en la zona B, a un costado de la T2, que era utilizado por el jefe del Ejecutivo Federal para abordar el Boeing 787-8 Dreamliner, conocido como TP-01, el hangar también se resguarda y se les da mantenimiento a los helicópteros Black Hawk que usa el Ejecutivo Federal.

En esa misma zona B está el hangar de la FAM para realizar algunas operaciones, ya que la mayoría las realiza en la Base Aérea de Santa Lucía (AIFA).

Para la remoción de obstáculos en la superficie se tiene prioridad en pistas, calles de rodaje y plataforma; el equipo de limpieza es: 5 barredoras de succión, 2 barredoras mecánicas, 1 barredora magnética y 2 molotes de arrastre.

No cuenta con instalaciones de descongelamiento, espacio de hangar para aeronaves visitantes e instalación para reparación de aeronaves visitantes.

El AICM las ayudas con las que cuentan los pilotos son ayudas visuales para el despegue y aterrizaje de las aeronaves y con sistemas de comunicación que proporciona la posición y/o distancia del avión respecto a la estación del aeropuerto en las diferentes etapas de vuelo como: despegue, ascenso, crucero, ruta, descenso, aproximación y aterrizaje.

Dentro del AICM se cuenta con las siguientes instalaciones y elementos que ayudan en la correcta navegación de aeronaves:

El AICM cuenta con uso de signos ID en los puestos de aeronaves, líneas de guía TWY (calle de rodaje) y sistemas de guía visual de atraque y estacionamiento de los puestos de aeronaves.

Se tienen señales y luces (LGT) de pistas y calles de rodaje.

La oficina meteorológica asociada a este aeropuerto es la Oficina de Servicios e Información de Vuelo (OSIV).

La oficina responsable de la preparación del pronóstico del aeródromo es el Centro de Análisis y pronósticos Meteorológicos Aeronáuticos (CAPMA).

La documentación del vuelo es mediante la información alfanumérica (METAR, TAF, Avisos CT y SIGMETS).

Se cuenta con mapas de tiempo significativo, de vientos y temperaturas en altura, como referencias para poder dar el aleccionamiento. Además, se tiene un monitor para presentar imágenes y graficas como equipo suplementario disponible para proporcionar la información.

A continuación, se presentan distintas tablas, en las que se da la configuración de los sistemas de ayudas al piloto:

Designador RWY	Tipo LGT APCH LEN INTST	Color LGT THR WBAR	PAPI VASIS (MEHT)	LEN, LGT TDZ	Longitud, espaciado, color, INTST LGT eje RWY	Longitud, espaciado, color, INTST LGT borde RWY	Color WBAR LGT extremo RWY	LEN (M) color LGT SWY	Observaciones
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
05L	SALS 420 M Variable	Verde	PAPI 3.2° IZQ	NIL	NIL	3920 M 60 M Blanco y Ámbar variable	WBAR Verde END Rojo	266 M Rojo	THR con RTIL
23R	SALS 480 M Variable	Verde	PAPI 3.0° IZQ	NIL	NIL	3920 M 60 M Blanco y Ámbar variable	WBAR Verde END Rojo	142 M Rojo	THR con RTIL
05R	PALS 780 M Variable	Verde	PAPI 3.1° IZQ	NIL	3530 M 15 M Blanco y Rojo Variable	4094 M 60 M Blanco y Ámbar Variable	WBAR Verde END Rojo	NIL	NIL
23L	PALS 900 M Variable	Verde	PAPI 3.0° IZQ	NIL	3825 M 15 M Blanco y Rojo variable	4094 M 60 M Blanco y Ámbar variable	WBAR Verde END Rojo	80 M Rojo	NIL

Imagen 17 Luces de aproximación y pista AICM

Fuente: (2021, 25 marzo). [Imagen]. En AIP DE MÉXICO

1	Emplazamiento, características y horas de funcionamiento ABN/IBN:	NIL
2	Emplazamiento WDI y LGT:	1 cercano a TWY B4 entre pistas iluminado. 1 cercano a TWY E2 entre pistas iluminado. 1 cercano a THR 23L entre 23L y TWY D iluminado.
3	Luces de borde y de eje de TWY:	De borde azul / No disponible en eje de rodaje
4	Fuente auxiliar de energía/Tiempo de conmutación:	4 UPS, 4 plantas de emergencia /sin corte de energía
5	Observaciones:	Doble circuito en luces de borde de ambas pistas.

Imagen 18 Otros sistemas de iluminación y fuente secundaria de energía eléctrica.

Fuente: (2021, 25 marzo). [Imagen]. En AIP DE MÉXICO

MMMX AD 2.18 - INSTALACIONES DE COMUNICACIÓN DE LOS SERVICIOS DE TRÁNSITO AÉREO

Designación del servicio	Distintivo de llamada	Frecuencia	Horas de funcionamiento	Observaciones
1	2	3	4	5
PDC	Autorización México	122.1MHZ	H24	NIL
SMC	Terrestre México Norte	121.85 MHZ	H24	NIL
SMC	Terrestre México Sur	121.0 MHZ	H24	NIL
RMP	Servicio de guía en plataforma	122.80 MHZ	H24	NIL
TWR	Torre México	118.55 MHZ	H24	NIL
TWR	Torre México	118.7 MHZ	H24	NIL
TWR	Torre México	118.15 MHZ	1300/0300 TSC 1200/0200 TVC	Información de vuelo para helicópteros
APP	Salidas México	120.50 MHZ	H24	NIL
APP	Salidas México	129.10 MHZ	1300/0300 TSC 1200/0200 TVC	NIL
APP	Llegadas México	129.65 MHZ	H24	NIL
APP	Llegadas México	119.10 MHZ	1300/0300 TSC 1200/0200 TVC	NIL
APP	Aproximación México	121.20 MHZ	1200/0500 TSC 1100/0400 TVC	NIL
APP	Aproximación México	119.75 MHZ	1300/0300 TSC 1200/0200 TVC	NIL
FIS	Información México	126.9 MHZ	H24	NIL
FPQ	Información de Vuelo México	126.90 MHZ	H24	Plan de Vuelo Grabado Tel: (55) 55 58 92 66
D – ATIS	Información México	127.650 MHZ	H24	NIL
EMERG	Emergencia México	121.5 MHZ	H24	NIL

Imagen 19 Instalaciones de comunicación de los servicios de tránsito aéreo.

Fuente: (2021, 25 marzo). [Imagen]. En AIP DE MÉXICO

MMMX AD 2.19 - RADIOAYUDAS PARA LA NAVEGACIÓN Y EL ATERRIZAJE

Tipo de ayuda, CAT de ILS/MLS (Para VOR/ILS/MLS, se indica VAR)	ID	Frecuencia	Horas de funcionamiento	Coordenadas del emplazamiento de la antena transmisora	Elevación de la antena transmisora del DME	Observaciones
1	2	3	4	5	6	7
VOR/DME 4° E (2020)	MEX	115.9 MHZ	H24	192617.58 N 0990407.68 W	2230 M	NIL
VOR/DME 4° E (2020)	SMO	112.1 MHZ	H24	193320.00 N 0991342.00 W	NIL	NIL
ILS/DME CAT 1						Angulo 3.1 DEG RDH 16.45 M (54 FT) Altura de Intersección DH: 284 FT FAF: 1510 FT
LOC 05R 4° E (2020)	IMWX	109.1 MHZ	H24	192648.23 N 0990302.66 W	NIL	
GP 05R		331.4 MHZ	H24	192545.66 N 0990444.01 W	NIL	
ILS/DME CAT 1						Angulo 3.0 DEG RDH 17.67 M (58 FT) Altura de Intersección DH: 200 FT FAF: 1353 FT
LOC 23L 4° E (2020)	IMEX	109.7 MHZ	H24	192531.61 N 0990519.14 W	NIL	
GP 23L		333.2 MHZ	H24	192640.36 N 0990326.52 W	NIL	

Imagen 20 Radioayudas para la navegación y el aterrizaje. AICM

Fuente: (2021, 25 marzo). [Imagen]. En AIP DE MÉXICO

IV.2. Aeropuerto Internacional de Toluca (TLC)

El Aeropuerto Internacional de Toluca (TLC) se encuentra localizado en la capital del Estado de México, ubicado a 16 km de la ciudad de Toluca y a 43 km del distrito financiero de Santa Fe, el centro financiero y de negocios más importante México. El TLC se ha convertido en una excelente alternativa al AICM, con más de tres décadas de operación, es un elemento indispensable para el crecimiento de la economía, el incremento de la competitividad y mejora de las condiciones de vida en la región.

Los accesos que ofrece son:

- Desde Santa Fe, por la autopista México Toluca, Paseo Tollocan, Blvd. Miguel Alemán.
- Desde Satélite, Naucalpan, Interlomas, por la autopista Chamapa La Venta y la autopista México Toluca, Paseo Tollocan, Blvd. Miguel Alemán.
- Desde Toluca, por Paseo Tollocan, Blvd. Miguel Alemán.
- Desde Naucalpan, por la carretera Toluca Naucalpan, Blvd. Miguel Alemán.

El TLC podría llegar atender una demanda en el corto plazo de 5 millones de pasajeros al año, movimiento que lo ubica como la terminal aérea dentro del Sistema Metropolitano de Aeropuertos con el mayor crecimiento en la atención de la demanda de servicio aéreo en la zona centro del país.

Las obras que se han llevado a cabo, para apuntalar este aeropuerto se reforzó la pista 15-33, los rodajes, las plataformas comercial y general, se ampliaron y reforzaron los rodajes en zona de hangares y el rodaje paralelo, se construyó un camino de servicios, y se edificó la nueva torre de control.

Paralelamente a estas obras, se instaló el Sistema ILS CAT III, el cual permite a las aeronaves realizar sus operaciones de aproximación y aterrizaje en condiciones climática desfavorables como en época de neblina que se presenta en determinadas épocas del año, sin que esto represente un riesgo para los pasajeros.

IV.2.1. Demanda del transporte aéreo

El Aeropuerto Internacional de Toluca es el más importante de América Latina en términos de Aviación General, realizando aproximadamente 226 operaciones por día, a cargo de 45 empresas además de contar con escuela de aviación y talleres de mantenimiento.

Entre las empresas más importantes de Aviación General que operan en el AIT se encuentran: Aerolíneas Ejecutivas (ALE), Avemex, Universal Aviation, Asertec, Servicios Aéreos Across, EOLO y Servicios Aéreos Estrella (SAE), entre otras, que agrupan una flota superior a las 240 aeronaves.

Demanda del aeropuerto TLC

- Operaciones comerciales 18,500
- Operaciones aviación general 50,000
- Pasajeros en las horas pico 1,000
- Posiciones de aeronaves en plataforma 7 Categoría C y D.
- Posiciones por hora 20.

IV.2.2. Elementos lado aire

El Aeropuerto Internacional Adolfo López Mateos (TLC), cuenta con una pista de 4,200 m la más larga del país, es también el primer aeropuerto en México que cuenta con aproximaciones ILS, CAT II/IIIA y el único de categoría III en Latinoamérica.

Tiene una superficie de 259.8 Ha., elevación sobre el mar 2,575 m.

En la zona terminal tiene una capacidad 600 pasajeros por hora.

El 7 de septiembre de 2005, la Administradora Mexiquense de Aeropuerto Internacional de Toluca S.A de C.V. (AMAIT) se convierte en la figura encargada de la operación y dirección de aeropuerto.

Como parte de esto se programaron obras de ampliación en sus instalaciones e infraestructura, tales como la torre de control, el ILS CAT III, la plataforma, y el edificio terminal; la implementación de un sofisticado equipo de seguridad para el equipaje, 84 600 metros cuadrados de estacionamiento para 2 040 vehículos, y la adecuación de la pista de aterrizaje y el Rodaje Alfa; la construcción de la subestación eléctrica, la ampliación territorial, conectividad, y la estación de combustibles. Salvamento y Extinción de Incendios (SEI).

El programa de obras comprendió cuatro etapas que responden a las proyecciones de demanda que han expresado las líneas aéreas que operan desde este punto.

Se amplió en 16 000 metros cuadrados el edificio terminal, por lo que pasó de tener cuatro terminales a sólo dos, en las que se manejan las operaciones domésticas.

Pista 15-33 con 4 200 metros de longitud por 45 metros de ancho, con sistema de luces de aproximación y eje de pista.

Cuenta con el rodaje Alfa (A) paralelo a toda la longitud de la pista, conectado por los rodajes Bravo (B), Charly (C), Delta (D), Eco (E), Fox (F) y Quebec (Q) en la cabecera 33 de la pista.

Su plataforma tiene capacidad para 12 posiciones simultáneas para aeronaves comerciales y tres posiciones para aeronaves de aviación general.

El AIP o PIA (publicación de información del aeropuerto) de México emite, para el aeropuerto de Toluca, las siguientes recomendaciones:

- Precaución por haber cruce de aves por la trayectoria de la pista.
- Toda la aviación general deberá reportar la operación de salida y/o llegada a la oficina de información de vuelo en frecuencia 122.3 MHz.
- Para operar ILS pista 15 CAT II y CAT IIIA deberán estar las aeronaves y tripulaciones certificadas por la Dirección General de Aeronáutica Civil.
- Las posiciones 1A y 1B son utilizables únicamente por aeronaves para revisión de las autoridades.

Una vez concluidas las ampliaciones, el Aeropuerto Internacional de Toluca adquirió la capacidad de atender a ocho millones de pasajeros al año.

La Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) y la Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC) establecen que cada aeropuerto deberá contar con un servicio de Salvamento y Extinción de Incendios (SEI).

En el Aeropuerto Internacional de Toluca, el SEI está conformado por un comandante de estación y 20 bomberos, quienes integran o forman tres turnos, con horario de 24 por 48 horas. Para realizar su labor, el SEI cuenta con dos camiones Oshkosh Global Striker 6x6, equipado con diversos agentes extintores como espuma, polvo químico seco y agua (11 mil litros por descarga). Clasificado con la categoría 7, su objetivo principal es salvar vidas en caso de accidentes o incidentes en el aeropuerto y sus inmediaciones; para lograrlo, cuenta con personal capacitado para la evacuación y reacción inmediata en caso de emergencias; se coordina con distintas instancias y áreas operativas para brindar una atención inmediata y realizan prácticas continuas conforme protocolos de seguridad y aplicación de procedimientos y medidas extremas de seguridad.

El SEI se encuentra ubicado en el lado norte del edificio terminal, zona estratégica para la atención de cualquier emergencia en el AIT.

Pista y calles de rodaje 20 operaciones/hora.

Plataforma comercial 2 posiciones simultaneas

Plataforma aviación general 5 posiciones simultaneas.

V. Alternativas de ubicación y construcción para un Aeropuerto dentro de la Zona Metropolitana del Valle de México

V.1. NAICM TEXCOCO

V.1.1. Antecedentes

El Nuevo Aeropuerto es el proyecto de infraestructura más ambiciosos y complejo del país en las últimas seis décadas. Se trataba del segundo aeropuerto más grande en el mundo en construcción y, si se hubiera concluido sería uno de los tres más grandes a nivel mundial.

Desde hace más de dos décadas es patente la necesidad de ampliar la capacidad del Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México para que sea acorde al crecimiento del país. El incremento en transporte de pasajeros y mercancías ha generado que, al día de hoy, la capacidad del aeropuerto sea insuficiente.

El Aeropuerto Internacional Benito Juárez es la piedra angular del transporte aéreo en México. Es el punto nodal que conecta el país con el resto del mundo y las diversas regiones al interior de la nación. Es puerta de entrada del turista y del viajero de negocios, atendiendo a una tercera parte de los pasajeros en México. En materia comercial, concentra el 53% de las mercancías que se comercian vía aérea con el resto del mundo, lo que lo convierte en pieza clave para la competitividad.

El NAIM, incrementaba cuatro veces la capacidad aeroportuaria actual, no sólo habrá de atender el grave problema de saturación aérea que existe en el AICM, a necesidad de construir un nuevo aeropuerto se basa en la saturación del Aeropuerto Internacional Benito Juárez, tanto de pasajeros como de mercancías.

De acuerdo con datos del Foro Económico Mundial, México ocupa la posición 51 y 62 en competitividad e infraestructura respectivamente, en calidad de transporte aéreo ocupa la posición 67 de 137 países evaluados en 2019.



Imagen 21 Porcentaje de carga por grupo aeroportuario.

Fuente: Nuevo Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México. (2013). [Imagen]. En GACM.

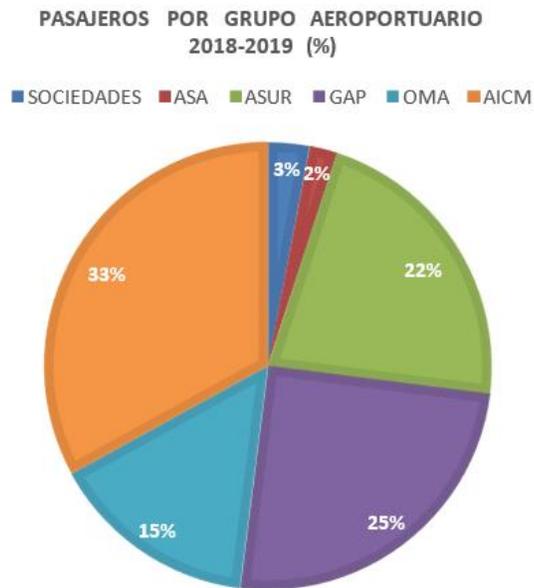


Imagen 22 Distribución de pasajeros por grupo aeroportuario.

Fuente: Nuevo Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México. (2013). [Imagen]. En GACM.

Tabla 14 Operaciones del AICM 2013-2018

Año	Operaciones	Pasajeros	Carga (toneladas)
2013	392,566	31,534,638	376,590
2014	409,954	34,255,739	398,556
2015	426,761	38,433,012	446,915
2016	448,150	41,710,254	483,433.40
2017	449,664	44,732,418	537,263
2018	458,588	47,700,547	581,675.28

Fuente: AICM, 2019.

Imagen 23 Proyección de pasajeros por año AICM 2008-2062



Fuente: DGAC: 2015. Banco de Información Económica (INEGI, 2015) SCT 2015

Con la finalidad de solucionar las necesidades aeroportuarias y fomentar la competitividad, y crecimiento económico el gobierno federal propuso construir el NAICM, de forma colateral porque el aeropuerto transformará la Zona Oriente del Valle de México para convertirla en nuevo polo de desarrollo, según la visión del Grupo Aeroportuario de la Ciudad de México (GACM), para lo cual se consideró la zona federal del Ex lago de Texcoco.

El diseño arquitectónico del NAICM estuvo a cargo de los Arquitectos Fernando Romero, fundador del despacho de arquitectura FR-EE y Norman Foster, ganador del Premio Pritzker (reconocimiento equivalente al Nobel de Arquitectura).



Imagen 24 Edificio Terminal NAIM

Fuente: SCT, GACM, Avances del Proyecto Nuevo Aeropuerto de la Ciudad de México, México.

El estudio sobre la visión integral del NAICM elaborada por el GACM lo plantea como un proyecto aeroportuario icónico porque estará entre los tres más grandes del mundo sustentables y estaría considerado como patrimonio de los mexicanos. De los aspectos sobresalientes destacan la localización estratégica para el desarrollo; la mitigación de inundaciones y riesgos sanitarios; funcionará como nuevo pulmón para el Valle de México, con mayores opciones de conectividad y movilidad lo que provocará un equilibrio urbano para la Zona Metropolitana de la ciudad de México y será un polo generador de desarrollo y empleo.

Una vez que inicie operaciones el NAICM el actual AICM dejaría de operar debido a que técnicamente es incompatible tener dos aeropuertos operando de manera simultánea en una distancia inferior a 18.5 km.

La Ciudad de México tiene una localización estratégica para conectar flujos entre países y regiones de América, Europa y Asia.

Sin embargo, la saturación operativa del AICM provoca que el comercio y los pasajeros circulen por otros nodos, generando derrama económica en otros países.

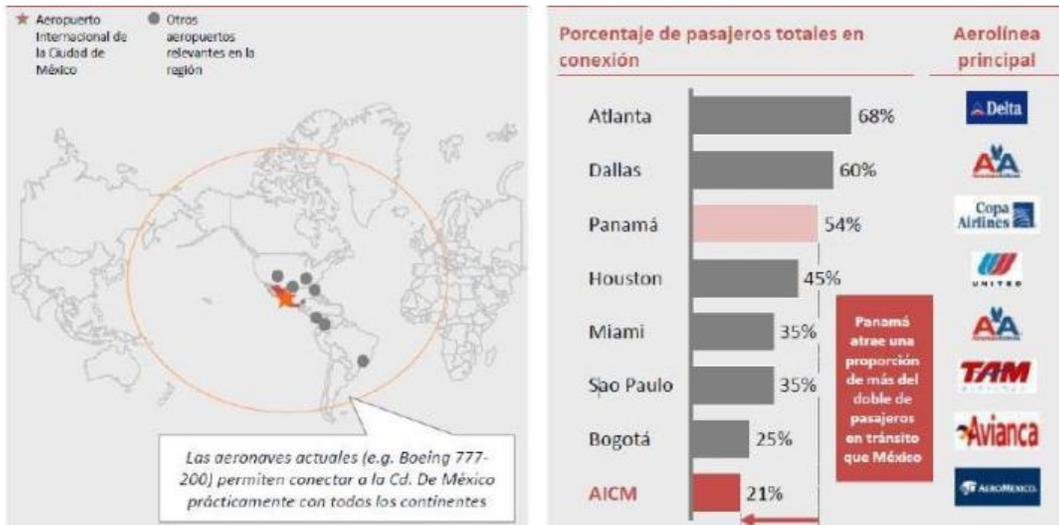


Imagen 25 Porcentaje de pasajeros en conexión

Fuente: SCT, GACM, Avances del Proyecto Nuevo Aeropuerto de la Ciudad de México, México.

El NAICM sería un Hub regional (Interconexión), para unir centro y Suramérica, con Norte América y otros continentes. Sin embargo, se atendería a las líneas aéreas en los segmentos nacionales y de corto recorrido.

La vida útil del proyecto es de 100 años.

V.1.2. Ubicación

El NAICM ocuparía una superficie de casi 5 mil hectáreas que están ubicadas al oriente de la ciudad de México, en los terrenos del Ex-Vaso de Texcoco.

En una primera fase contraría con una sola terminal de 743 mil metros cuadrados, el equivalente a 12 veces el tamaño de la plancha del zócalo de la ciudad de México.

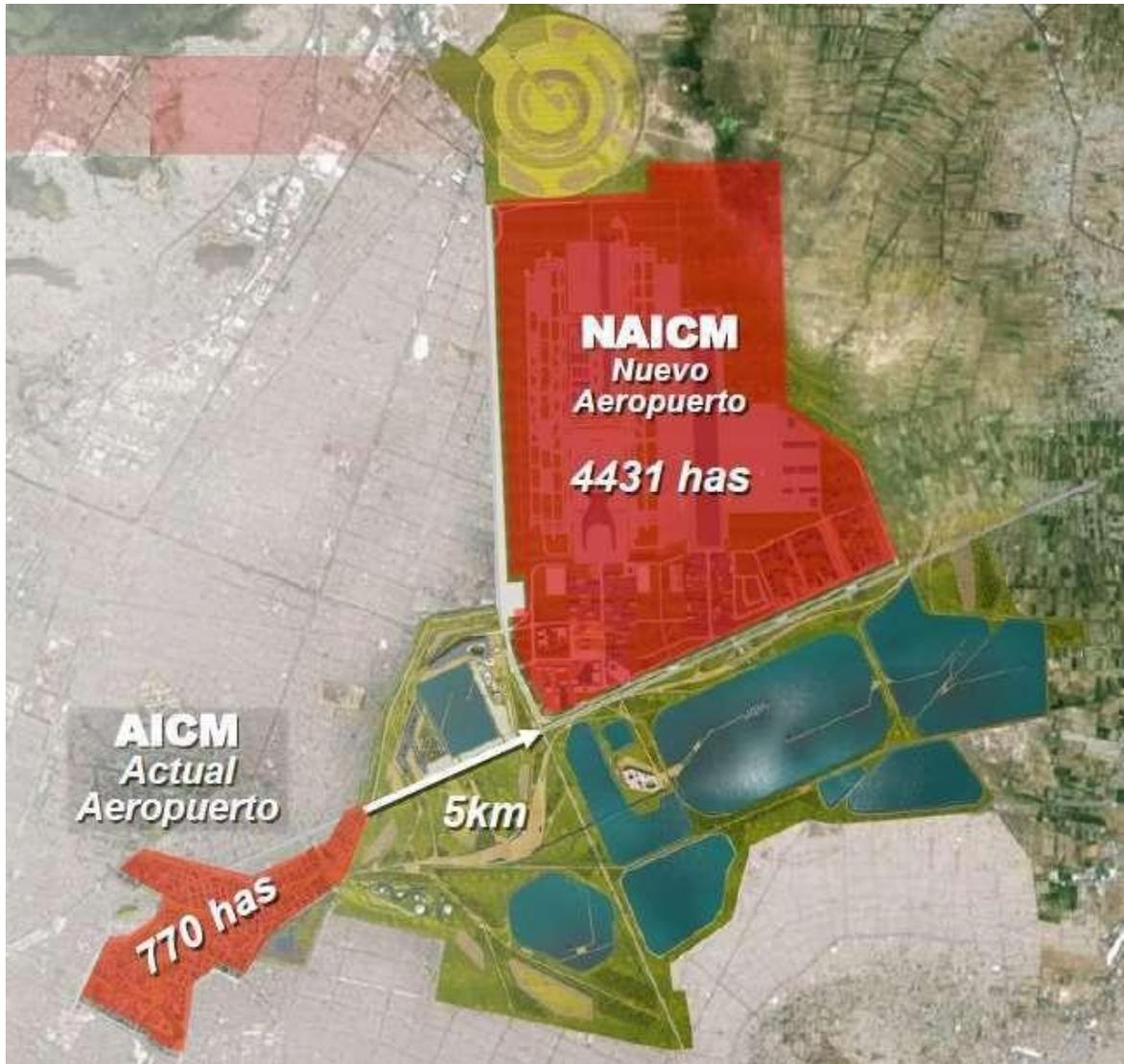


Imagen 26 Ubicación NAIM

Fuente: SCT, GACM, Nuevo Aeropuerto de la Ciudad de México, México.

El sitio está limitado al norte con el depósito de evaporación solar “El Caracol”, al sur por la carretera Peñón–Texcoco, al este por tierras salitrosas y algunas de cultivo, al oeste por el Circuito Exterior Mexiquense (Dren General del Valle).

La construcción de este aeropuerto sería uno de los 3 mayores proyectos de infraestructura aeroportuaria a nivel mundial en la actualidad. El proyecto contraría en su etapa de máximo desarrollo con 6 pistas y transportaría cerca de 120 millones de pasajeros al año, incrementando cuatro veces la capacidad actual.

En su primera etapa tendría capacidad para recibir hasta 50 millones de pasajeros cada año, lo que se traduce en cerca de 440 mil vuelos. En su máximo desarrollo tendría dos terminales y seis pistas que permitirán que puedan aterrizar y/o despegar hasta tres aviones al mismo tiempo, y podrá recibir hasta un millón de vuelos al año, que equivaldría a 120 millones de pasajeros, aproximadamente cuatro veces más que el actual aeropuerto.

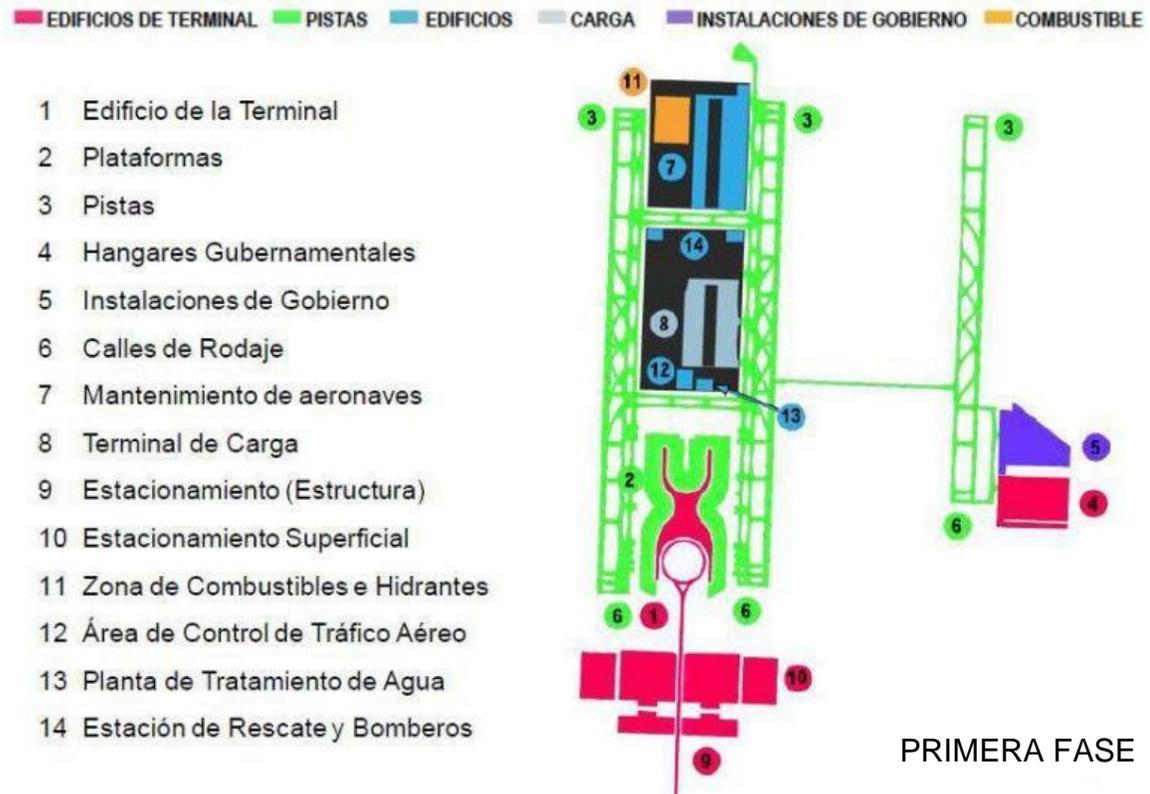


Imagen 27 Principales Componentes del NAICM en su primera etapa

Fuente: Landrum & Brown Plan Maestro NAICM, 2018

V.1.3. Área de Influencia

Es la extensión geográfica en la que necesariamente viven los usuarios potenciales del aeropuerto; está conformada por dos zonas, delimitadas de la siguiente manera: zona I, de 0 a 40 minutos de recorrido y zona II, de 40 a 60 minutos de recorrido, con velocidades de operación promedio en la vía principal de: 100 km/h en autopista o carreteras federales de cuatro carriles 75 km/h en carreteras federales de dos carriles, 60 km/h en carreteras de menores especificaciones.

El fundamento de estas delimitaciones se basa en recomendaciones internacionales y en la experiencia nacional, ya que se ha comprobado en la red aeroportuaria del país que difícilmente un pasajero está dispuesto a recorrer más de 100 km por carretera o a viajar más de una hora para abordar un avión. Ahora bien, el 95% de los usuarios del aeropuerto se localizan dentro de su área de influencia y el 5% restante a mayor distancia; de ese 95% se asigna un factor de reducción de 0.80 a la zona I y de 0.20 a la zona II, lo que indica que en esas superficies se localizaran respectivamente el 80% y el 20% de la demanda de transporte aéreo del aeropuerto. Para analizar los diferentes factores que inciden en el transporte aéreo de Valle de México es necesario delimitar el área de influencia de la Ciudad de México y sus ciudades periféricas (que tengan aeropuerto). Uniendo los puntos extremos de esas áreas de influencia formando una envolvente de la Región Metropolitana. En la Ciudad de México su área de influencia limitada al norte con Tizayuca, Hidalgo, Apaxco y Otumba, México con Tlaxcala por Calpulalpan y con Puebla en Santa Rita Tahuapan, sigue por Amecameca, México., llegando a los límites de Cuernavaca en Morelos y Toluca, Tlazala y Villa Nicolas Romero en Edo. México, para continuar por Tepeji del Rio y cerrar la poligonal en Tizayuca Hidalgo.

V.1.4. Infraestructura lado aire

Pistas y calles de rodaje

Las pistas son una sección larga, plana y rectangular lineal de pavimento dedicado al aterrizaje y despegue de aeronaves. La posición y la orientación de la pista tomaran en cuenta los obstáculos circundantes y el terreno, de modo que las trayectorias de aproximación y de despegue tengan distancias adecuadas libres de obstáculos, se orientaran de manera apropiada con las condiciones predominantes del viento, de manera que el aeródromo albergara a la flota mixta de aeronaves pronosticada, tomando en cuenta las tolerancias máximas para vientos cruzados (las direcciones de viento varían entre el 30% y 90% de la pista de aterrizaje) para los diferentes tipos de aeronaves.

El diseño de las pistas propuesto para la configuración definitiva tiene seis pistas paralelas en una orientación de norte a sur, estas estarán muy cercanas la una de la otra, al Este, Centro y Oeste del sitio.

Dentro de cada par, las dos pistas serán dependientes operacionalmente la una de la otra.

Entre los diferentes pares, las pistas estarán espaciadas lo suficiente para que sean operativamente independientes. Por lo tanto, serán posibles los aterrizajes independientes simultáneos triples en fases posteriores, cuando haya al menos una pista de aterrizaje en cada uno de los pares.

Este diseño funciona bien con las autorizaciones de espacio aéreo, maximiza el espacio disponible dentro del límite del predio.

La separación entre las pistas da como resultado dos campos centrales que se pueden desarrollar: el campo central al este y al oeste.

Las pistas se construirían en fases en base de la demanda operacional del aeródromo y en cada fase de desarrollo del aeropuerto.

Desarrollo por fases:

Fase 1:

Las pistas 2, 3 y 6 se construirán primero en la fase 1, estas pistas serán asignadas a tráfico comercial definiendo así la Zona de Operaciones Oeste, la plataforma inicial para el desarrollo. Estas pistas serán paralelas con una separación de 1.,708 m, espacio suficiente para permitir las operaciones totalmente independientes. La pista 2 será de 5,000 m de largo por 45 m de ancho y la pista 3 de 5,000 m x 60 m.

Fase 2:

La pista 4 será construida con 4,500 m de largo x 45 m de ancho.

Fase 3:

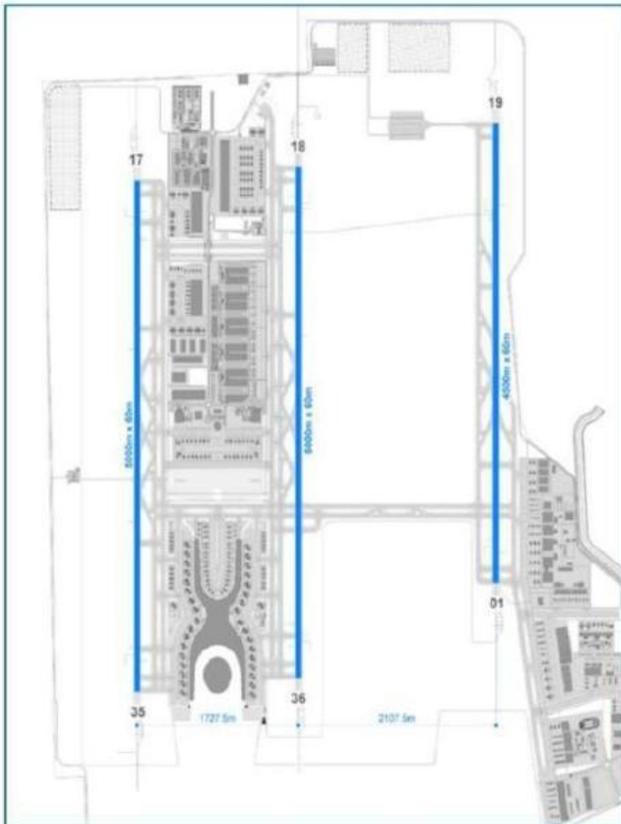
La pista 1 será construida con 4,500 m de largo x 45 m de ancho.

Fase 4:

La pista 5 será construida con 4,500 m de largo x 45 m de ancho.

El máximo desarrollo del proyecto tendría seis pistas en operación

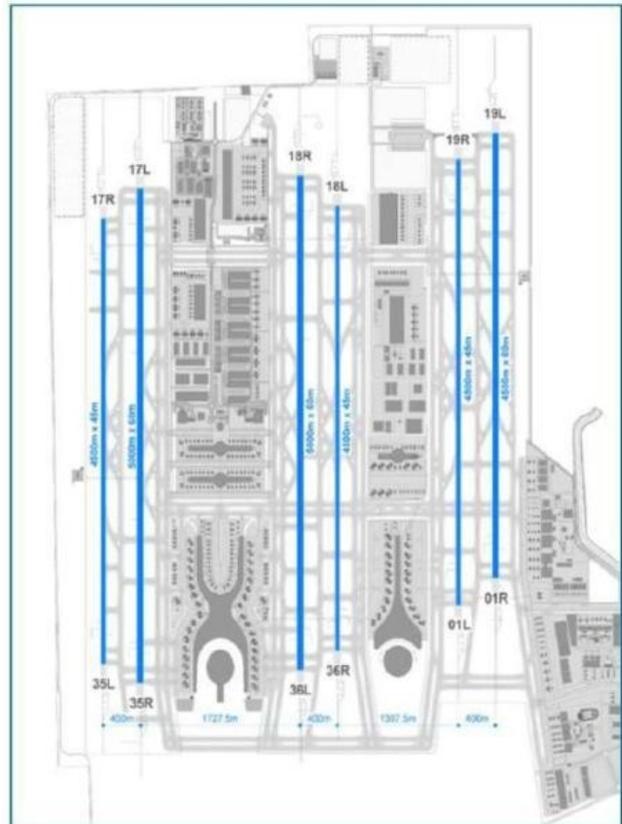
Fase 1



98 MAP y 690,000 operaciones anuales de aeronaves.

PRIMERA FASE

Máximo desarrollo



137 MAP y 1,125,200 operaciones anuales de aeronaves.

MÁXIMO DESARROLLO

Imagen 28 Pistas del Proyecto NAICM

Fuente: Landrum & Brown, 2018

Las pistas tienen las siguientes características:

- Pista 1 (17L/35R) con dimensiones de 4,500 x 45 metros
- Pista 2 (17R/35L) con dimensiones de 5,000 x 60 metros
- Pista 3 (18R/36L) con dimensiones de 5,000 x 60 metros
- Pista 4 (18L/36R) con dimensiones de 4,500 x 45 metros
- Pista 5 (01L/19R) con dimensiones de 4,500 x 45 metros
- Pista 6 (01R/19L) con dimensiones de 4,500 x 60 metros

Dentro de cada par, las dos pistas serán dependientes operacionalmente la una de la otra. Entre los diferentes pares, las pistas están espaciadas lo suficiente para que sean operativamente independientes. Acomodando, por lo tanto, los aterrizajes independientes simultáneos triples en fases posteriores, cuando haya al menos una pista de aterrizaje en cada uno de los tres pares.

Calles de Rodaje y Calles de Acceso

Las calles de rodaje y calles de acceso son segmentos de pavimento dedicados al rodaje de aeronaves, formando una red para conectar las pistas con sus diversas áreas de estacionamiento de manera segura y eficiente.

Las calles de acceso se encuentran en una zona conocida como el área de no movimiento, las calles de acceso conectan las calles de rodaje con las áreas de estacionamiento de las aeronaves y son parte de una plataforma de estacionamiento de aeronaves.

Las calles de rodaje son parte del área de movimiento del aeródromo, bajo la dirección del personal de control de tráfico aéreo en la torre de control del aeropuerto. El personal dirige el rodaje de los aviones a lo largo de las pistas con seguridad y prontitud y no permiten que las aeronaves se estacionen o esperen de manera excesiva en las calles de rodaje; excepto para los despegues.

En general, la trayectoria de una aeronave que esta será desde la pista de aterrizaje a la calle de rodaje, a la calle de acceso o a la posición de estacionamiento. Una aeronave que va a despegar sigue el camino inverso.

Los elementos representativos son:

Rodajes de Entrada

Para la Pista 18L/36R, el número de rodajes de entrada a cada lado se reduce a dos en comparación con los tres propuestos en el Plan Maestro 2015. Las Pistas 17R/35L y 01R/19L mantienen dos rodajes de entrada.

Calles de Salida Rápida (RETS)

La geometría del Plan Maestro 2015 consideraba cuatro RETs para cada pista, excepto en el lado Este de la Pista 01R/19L. El análisis REDIM y el modelo de simulación validaron la ubicación de los RET en el diseño de la Fase 1 para cumplir con los ROT mínimos. Sin embargo, la coordinación y las posteriores propuestas de las partes interesadas resultaron en modificaciones adicionales.

Las aerolíneas del AICM solicitaron la reubicación en unos 100m de las RETs para ser utilizadas por aeronaves pesadas en sus aterrizajes. En la Actualización del Plan Maestro se reconocen las condiciones especiales de operación en el NAIM dada su altitud, así como la importancia de tomar en cuenta la experiencia de los operadores del AICM. En consecuencia, en la medida de lo posible, se desplazó la ubicación de las RETs 100m en cada sentido. En el caso de la Pista 18R, 18L y 19L la última RET no se pudo reubicar debido a la proximidad de los rodajes de cruce principales, para evitar riesgos potenciales en esa intersección. Se propone un RET adicional para la Pista 01R para manejar el aumento del tráfico en la Pista 01R/19L, en comparación con el Plan Maestro 2015.

Rodajes de Salida y de Cruce

En el diseño de la Fase 1 se actualizaron varios rodajes de salida y de cruce con respecto a los del Plan Maestro 2015. El número de rodajes de salida y de cruce se optimizó en el proceso de diseño, reduciendo los pavimentos del lado aire de la Fase 1.

Como resultado de la modelación de las simulaciones de la Fase 1 se identificó la necesidad de un rodaje adicional en el punto de cruce de la Pista 18R/36L, al Sur del rodaje de cruce que atraviesa el lado aire, para atender la demanda de 2025. El tercer punto de cruce puede ser utilizado para cruzar en cualquier dirección.

Rodajes Perimetrales y de Extremos de Pista (EATS)

El Plan Maestro 2015 proponía un solo rodaje de extremo de pista (EAT) al Sur de la Pista 01R en la Fase 1. Los movimientos de las aeronaves de gobierno y militares utilizaban el EAT para cruzar la Pista 01R, a solicitud del Hangar Presidencial, para evitar rodajes simultáneos e interacción con el Avión Presidencial en los rodajes. En el programa de la Fase 1 no se incluye el diseño de este EAT, lo que ha sido aceptado por la Comandancia General de Transportes Aéreos Presidenciales (CGTAP).

Después de la Fase 1, los rodajes perimetrales y los EATs son un importante componente del lado aire del NAIM y deben preservarse hasta el Máximo Desarrollo. Los EATs reducen los cruces de pistas en un ambiente de alto volumen de tráfico, mejoran la capacidad de las pistas, reducen las demoras, reducen las cargas de trabajo de los controladores de tránsito aéreo, y también reducen el tiempo de rodaje ininterrumpido bajo condiciones normales de operación. Dadas las grandes dimensiones de las plataformas de la Terminal 1, los EATs harán más cortos los tiempos de rodaje y reducirán los costos de operación para las aerolíneas del NAICM, en la medida en

que la demanda crezca y las aeronaves sean dirigidas a utilizar pistas que no sean las más cercanas a sus posiciones asignadas de estacionamiento. Los EATs también reducirán el volumen del tráfico en los rodajes de cruce principales, entre la plataforma de la Terminal 1 y los edificios satélites.

La distancia de separación de los EATs fue optimizada para las operaciones con flujos hacia el Norte, que se presentan durante un 85 por ciento del año, considerando un EAT al Sur de la Terminal 1 con una elevación no mayor a 7 metros, que disminuye hacia el nivel del terreno para permitir el máximo gradiente permitido. Se prevé que el sistema EAT recomendado permitirá el rodaje de aeronaves Clase C sin interrupciones alrededor de las pistas 01R, 01L y 36R.

Rodajes de Cruce

Los resultados del modelado de las simulaciones identificaron deficiencias de capacidad en el rodaje de cruce que conecta las Pistas 18R/36L and 01R/19L. En la Fase 1, se requiere un sistema de rodajes doble para que las aeronaves comerciales puedan utilizar la Pista 01R/19L para operaciones de llegada y de salida. El Plan Maestro 2015 y la Fase 1 del diseño incluían una sola calle de rodaje de cruce para conectar las Pistas 18R/36L y 01R/19L.

Rodajes Paralelos

En el Plan Maestro 2015 y en el diseño de la Fase 1 se propuso un rodaje paralelo en el lado Este de la Pista 01R/19L. Sin embargo, debido al incremento en el pronóstico de la demanda, se espera que las operaciones de aeronaves comerciales en la Pista 01R/19L sea del 88 por ciento. La Actualización del Plan Maestro recomienda que se construya un rodaje paralelo a todo lo largo del Oeste de la Pista 01R/19L para evitar la necesidad de cruzarla. También se recomienda conservar a todo lo largo de la longitud de la pista el rodaje Este para apoyar las llegadas en el flujo al Sur. Un segmento del rodaje Este paralelo a la Pista 01R/19L se incluirá en la Fase 1. Cuando se adquiera la propiedad, se recomienda la construcción de la totalidad del rodaje.

Máximo desarrollo

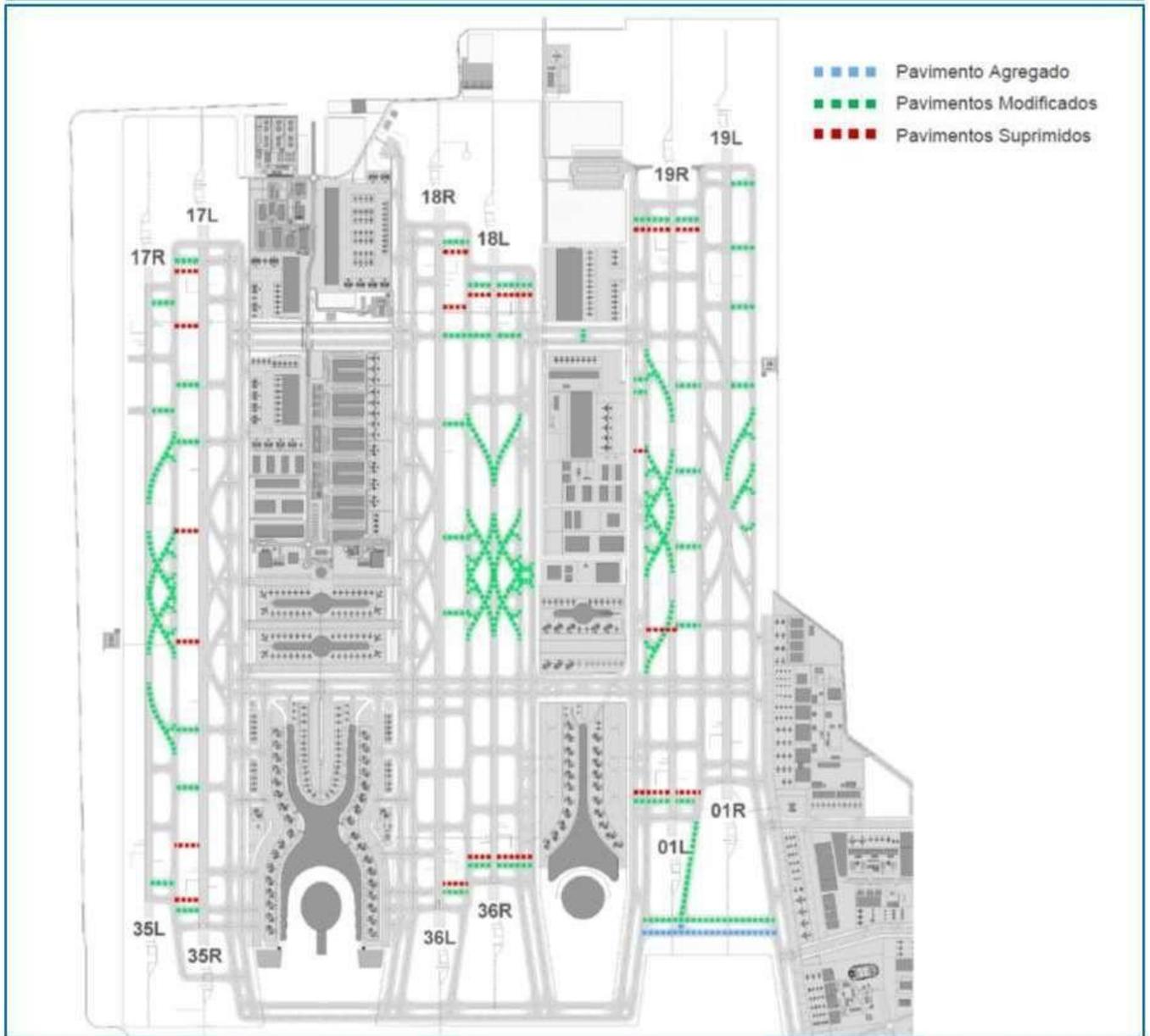


Imagen 29 Diseño de calles de rodaje y calles de acceso, Máximo Desarrollo NAICM

Fuente: Landrum & Brown, 2018

Cada pista está provista de dos calles de rodaje paralelas con una longitud igual a la de la pista, las calles de rodaje están enlazadas por varios tipos de calles de rodaje:

Calles de rodaje de entrada: ubicadas al final de cada pista para permitir que las aeronaves que despegan entren a la pista. Se prevén tres en las pistas de despegue para las salidas, dos están previstas para ser utilizadas principalmente para llegadas, pero podrían ser utilizados para salidas.

Calle de salida rápida: ubicadas cerca de la mitad de cada pista. Estas permiten a las aeronaves salir con rapidez de la pista, minimizando el tiempo de ocupación de la misma (tiempo que la aeronave usa la pista de aterrizaje). Cuando se reduce al mínimo el tiempo de ocupación de pista, la capacidad de la pista aumentada porque hay menos tiempo entre operaciones. Basándose en las características de desaceleración de las distintas aeronaves en una composición de flota mixta, se proporcionan cuatro calles de salida rápida para cada pista, por cada lado cuales serán utilizadas por las aeronaves que arriban.

Calle de rodaje de cruce: en la calle de rodaje paralela más cercana a la pista, se colocarán deliberadamente los puntos de cruce de las calles de rodaje para poder desacelerar la aeronave y/o redirigirla para reducir el riesgo de que una aeronave cruce accidentalmente una pista activa, lo que se conoce como una incursión de la pista de aterrizaje.

Calles de rodaje de aislamiento de emergencia: una calle de rodaje será designada para aislamiento de emergencia, para ser usada por las aeronaves en casos excepcionales de secuestro o amenazas terroristas. Esta localización estará apartada de cualquier edificio.

Las calles de rodaje paralelas están unidas entre sí por calles de rodaje de cruce, al norte, centro y sur. Las calles de cruce proporcionan circulación entre los cuadrantes del aeródromo. Están dispuestas en pares, de modo que cada una puede ser unidireccional, lo que permite un flujo sin obstáculos de tráfico. En el lado opuesto de las pistas, las calles de rodaje paralelas y las calles de cruce están unidas a las áreas de estacionamiento de aeronaves por calles de acceso. Las calles de acceso están planeadas para proporcionar circulación, así como los lugares para arranque de motor, y otras actividades de corta duración.

Plataformas

Las configuraciones geométricas de las plataformas que dan servicio al procesador de la terminal y los satélites en los campos Este y Oeste, se disponen por el diseño e las instalaciones de la terminal y las separaciones de las calles de rodaje adyacentes.

Todos los espacios libres de la plataforma y sus separaciones se basan en las recomendaciones de la OACI y las normas según el tipo de aeronaves y sus códigos (C, E y F).

Las profundidades totales de las posiciones de estacionamientos en plataforma son de aproximadamente 125 m para aviones del código E y F, y 95 m para los del código C.

Estas dimensiones incluyen los 10 m típicamente usados para las vías de cabeza de plataforma y 10 m para la vía de cola, así como una separación de 10 m entre los edificios de la terminal y las vías de cabeza de plataforma.

La mayoría de las posiciones para aviones de fuselaje, se han previsto en una configuración MARS (sistema de rampas para múltiples aeronaves), para optimizar la flexibilidad, el ancho de 80 m permitirá posicionar una aeronave de código E y F, o dos de código C. Las longitudes totales de las posiciones se muestran en las siguientes figuras.

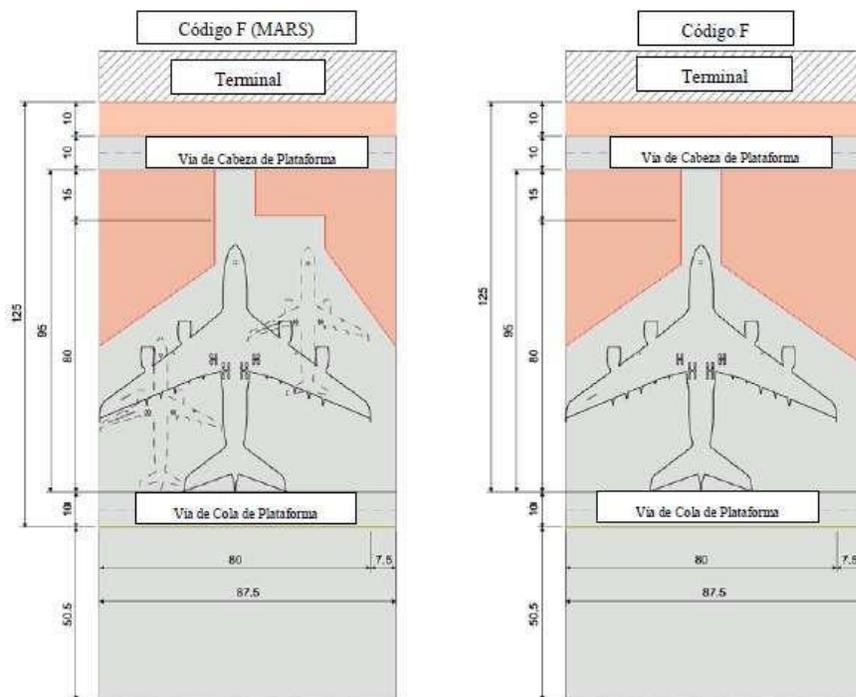


Imagen 30 Longitud de posiciones para aeronaves-Código F.

Fuente: Landrum & Brown, 2018

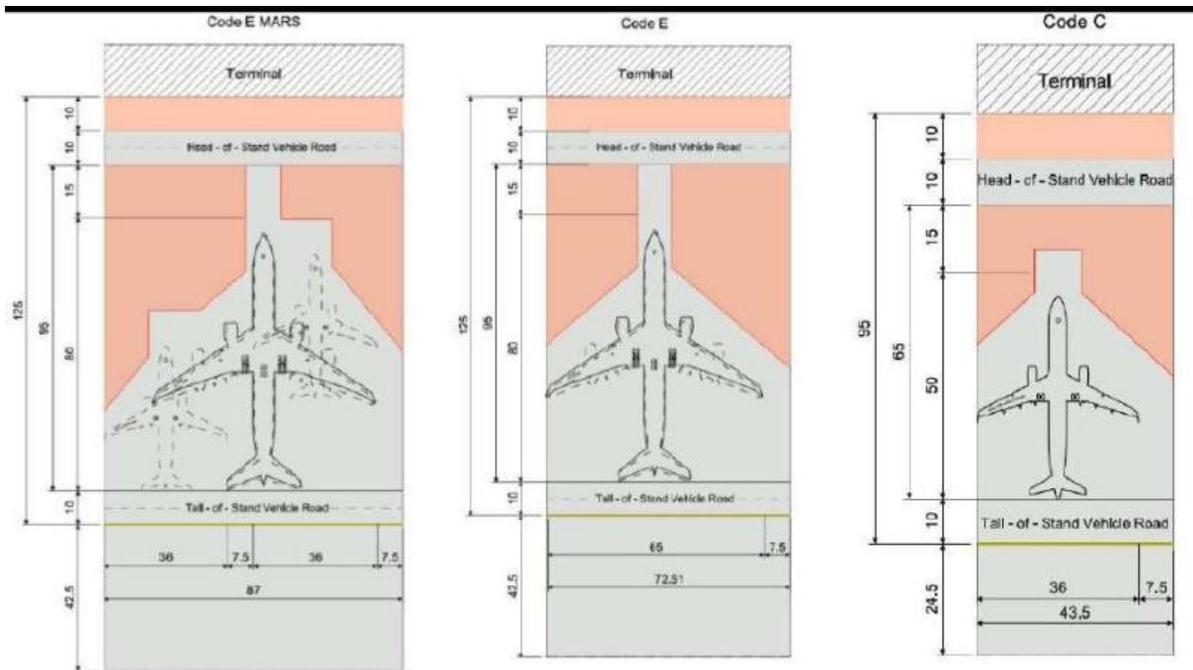


Imagen 31 Longitud de posiciones para aeronaves-Códigos E y C.

Fuente: Landrum & Brown, 2018

Las plataformas que sirven al procesador de la terminal están dimensionadas para adaptarse a la demanda del 2062 para la futura operación transfronteriza entre México y EUA. Las plataformas Este y Oeste están restringidas a aeronaves de Código C y se accederá a ellas desde el sistema de calles de rodaje paralelas, así como, desde el punto de cruce de doble Código F al procesador norte. La plataforma central entre las posiciones de embarque de la terminal está planeada para tener una configuración MARS (sistema de rampas para múltiples aeronaves) y tiene calles de rodaje duales de Código C con Código F central.

Se provee un total de 34 posiciones de estacionamiento de contacto transfronterizo equivalente al Código C cuando todas las posiciones MARS se activan para estos aviones de fuselaje estrecho. El diseño indica una capacidad máxima de 8 aviones de fuselaje ancho en las puertas MARS, sin embargo, puede aumentar a 9 (con una disminución en las puertas de Código C) si es necesario.

Seis posiciones remotas de Código C estarán convenientemente ubicadas en la isla, la cual forma parte de la plataforma central.

Las plataformas que dan servicio al satélite la zona de operaciones Oeste dará servicios a aviones nacionales y todas las aeronaves internacionales, excepto las que van hacia los E.U.A. Los

aviones de fuselaje ancho (Código E y F) que estarán posicionados en los extremos norte y sur de los satélites son típicamente internacionales, y se han planeado en disposiciones MARS (sistema de rampa para múltiples aeronaves) que permitirá dos aviones de Código C. Se accederá a estas posiciones de contacto desde la plataformas norte y sur que están equipadas con calles de acceso duales de Código C y que tienen una calle de acceso central de Código F. Se proveen calles de rodaje de cruce dobles de Código F tanto al norte como al sur del satélite y el procesador de la terminal.

Las posiciones de aeronaves en la columna central de los satélites son para vuelos nacionales, usualmente Código C, sin embargo, todas las puertas de embarque proporcionarían flexibilidad para las aeronaves que llegan a un sector y requieren salir en otro, así como para cualquier cambio futuro en la demanda del sector. Se accederá a estas posiciones desde la plataforma Este y Oeste, las cuales estarán equipadas con calles de rodaje dobles de Código C, cada una con tres puntos de entrada del sistema de calle de rodaje paralela de Código F.

En la plataforma del satélite Oeste se prevén 88 posiciones de contacto Código C. Este número se reduce cuando se activan las 18 posiciones de fuselaje ancho en las posiciones MARS. La siguiente figura muestra la Plataforma Oeste, la cual indica el pico de sector combinado del 2062 de 31 aviones nacionales Código C y 45 internacionales, 4 Código F, 8 Código E y 33 Código C. El diseño de la plataforma del satélite Este es similar en concepto a la plataforma del satélite Oeste, pero a menor escala. Las posiciones MARS para aviones de fuselaje ancho se encuentran en las plataformas norte y sur, las cuales cuentan con una calle de rodaje dual de código C o una sola de Código F. Las posiciones de contacto de Código C en las plataformas Este y Oeste cuentan con una calle de acceso Código C con 2 puntos de entrada del sistema de calle de rodaje paralela Código F.

[Estacionamiento de aeronaves, puentes y servicios de plataformas.](#)

La longitud total de las posiciones para aeronaves es de 125 m para aeronaves de Código D/E/F y 95 m para los aviones Código C. El ancho de las posiciones de estacionamiento se basa en las recomendaciones de la OACI para aeronaves de Código F (80 m), Código E (65 m) y el Código C (36 m), con espacios de seguridad entre puntas de alas de 7.5 m. Típicamente se proveerán vías de 10 m de ancho que unen las vías de cabeza de plataforma y vía de cola cada 5 o 6 puertas.

Las posiciones de Código C serán provistas con un puente de abordaje de pasajeros y las posiciones de Código E individuales sean provistas preferiblemente con dos puentes de abordaje de pasajeros. La configuración MARS para código E/F serán provistas con dos puentes de abordajes de pasajeros y las posiciones de código F serán provistas preferiblemente con tres. La pendiente máxima del piso cuando se esté dando servicio a las aeronaves excluyendo las rampas de transición entre el piso del túnel será de 1:10. Los máximos y mínimos de las pendientes para todos los puentes incluyendo los que dan servicio a las cabinas superiores de las aeronaves código F estarán fijos con los enlaces de interfaz de la terminal y los satélites. El diseño de los puentes de abordaje de pasajeros cumplirá con la sección NFPA415 de pasarela de carga “Estándar para edificios de terminales de aeropuerto, drenaje de rampa de combustible y pasarelas de carga” para la protección contra incendios.

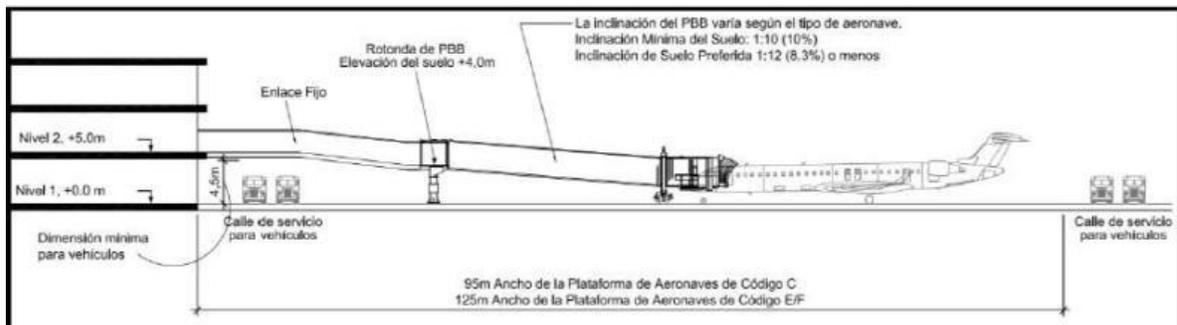


Imagen 32 Dimensiones verticales e inclinaciones de los puentes de abordaje de pasajeros.

Fuente: Landrum & Brown, 2018

Servicios para aeronaves

Los servicios para las puertas de Código C de fuselaje estrecho incluirán un punto de uso instalado en los puentes de abordaje de pasajeros para una unidad terrestre de generación de energía con capacidad de 90 KVa, sistema de entrega y elevación de cable; un punto de uso instalado para una unidad de aire acondicionado con capacidad entre 30 y 60 ton., al igual que una unidad de agua potable.

Los servicios para las puertas de Código E/F de fuselaje amplio incluirán un sistema anticolidión (si se instalan dos o más puentes de abordaje de pasajeros), un punto de utilización instalado para una unidad terrestre de generación de energía con dos conexiones y capacidad para 180 kVa, para aeronaves Código E, con sistema de entrega y elevación de cable, una unidad de aire

acondicionado con dos conexiones con capacidad entre 90 y 100 ton, y una unidad de agua potable.

Los servicios para las posiciones MARS (una posición Código E/F o dos posiciones Código C), incluirán un sistema anticolidión en los puentes de abordaje de pasajeros, dos puntos de utilización para una unidad terrestre de generación de energía con capacidad de 90 kVa (Código E) y dos unidades de 180 kVa para Código F. Una unidad de aire acondicionado con dos conexiones con capacidad entre 45 y 60 ton para Código E y dos unidades con capacidad entre 90 y 100 ton para Código F, y dos unidades de agua potable.

Superficies limitadoras de obstáculos

Los dos elementos de infraestructura más importante son las pistas de aterrizaje y el espacio aéreo necesario para que las aeronaves utilicen las pistas.

Se tendrá una separación adecuada de los obstáculos tanto en terrenos del aeropuerto como fuera de la propiedad.

Dentro del predio del aeropuerto, la mayoría del terreno es plano y este vacío, sin ninguna obstrucción de superficies limitadoras de obstáculos excepto por la grúa de CONAGUA cerca de la estación de bombeo en el cuadrante Sur-Oeste. Empero se acordó entre las dos partes sustituir esta estructura por una menor, misma que no obstruirá las superficies limitadoras de obstáculos. Los edificios contemplados en el proyecto mantendrán una altura por debajo de las superficies limitadoras de obstáculos, excepto la torre de control de tráfico aéreo.

Ayudas a la Navegación

El sistema de navegación aérea equipado para el proyecto, incluye los sistemas de comunicación, navegación, vigilancia, así como de gestión de tráfico aéreo, sistemas meteorológicos y sistemas de iluminación del aeródromo, para asegurar un flujo seguro, ordenado y eficiente del tránsito aéreo que operara continuamente las 24 hrs de los 365 días del año. El equipo incluye tanto las instalaciones terrestres convencionales, así como sistemas de navegación satelital.

El aeropuerto contara con el siguiente equipo de vigilancia:

- Sistemas de control de movimiento en la superficie y orientación.
- Monito de precisión en la pista o sistemas similares.
- Vigilancia dependiente automática-trasmisión.

- Sistema de Modo S.
- Multilateración.
- Herramientas de gestión de tráfico aéreo.
- El aeropuerto contará con los siguientes apoyos a la navegación:
- Un radio omnidireccional con equipo telemétrico.
- Cada pista, en ambos sentidos, tendrá un sistema de precisión de aterrizaje.
- Sistema de aumentación basado en tierra para el sistema de posicionamiento global.

El aeropuerto proporcionará los siguientes sistemas de monitorización climática:

- Sistemas automatizados de monitoreo climático.
- Rango visual de pista (tres por cada pista)

El aeropuerto contará con los siguientes sistemas de iluminación para todas las pistas y calles de rodaje:

- Sistema de iluminación de aproximación de la pista.
- Indicadores de precisión de trayectoria de aproximación.
- Iluminación de línea central de la pista, borde, zona de contacto, umbrales e iluminación del extremo final.
- Eje de la calle de rodaje, iluminación en los bordes incluyendo calles de salida rápida.
- Iluminación de la barreta de parada en las calles de rodaje, iluminación en puntos de espera, luces de protección de la pista.

Instalaciones de apoyo

Carga

En la tabla a continuación se resume el programa de requerimientos para el periodo entre el 2018 y 2062, y señala los requerimientos para las áreas de los edificios de carga y aduana estimadas, así como las de la plataforma de aeronaves y el lado tierra relacionados. La tabla también indica la estimación del tonelaje de carga y la capacidad de procesamiento de esta por cada uno de los años de planeación, en términos de toneladas anuales por metro cuadrado, lo que constituye la base para los cálculos del área del edificio de carga.

Tabla 15 Programa de requerimientos de carga para el periodo entre 2018-2062

Programa de carga						
		Existente	2018	2023	2028	2062
Estimación de los datos y las hipótesis fundamentales	Toneladas anuales de carga	N/A	518,694	518,694	716,862	1,264,494
	promedio de ATSM terminal de carga	N/A	5	5.3	5.8	7
	promedio de ATSM de los edificios de representantes	N/A	50	50	50	50
Áreas totales del lugar de carga	área total del sitio (m2)	194,190	383,250	420,950	478,700	671,200
	edificios (m2)	82,250	115,500	127,100	145,100	205,100
	zona de aeropuerto (m2)	60,190	162,750	178,850	203,600	286,100
	plataforma (m2)	51,750	105,000	115,000	130,000	180,000
Edificios de carga de los representantes	área total del sitio (m2)	N/A	21,000	24,200	30,200	50,200
	edificios (m2)	N/A	10,500	12,100	15,100	25,100
	zona de aeropuerto (m2)	N/A	10,500	12,100	15,100	25,100
Carga Edificio Terminal	área total del sitio (m2)	194,190	62,250	396,750	448,500	621,000
	edificios (m2)	82,250	105,000	115,000	130,000	180,000
	zona de aeropuerto (m2)	60,190	152,250	166,750	188,500	261,000
	plataforma (m2)	51,750	105,000	115,000	130,000	180,000

Fuente: En NAIM-GACM, 2015.

Se considera dos áreas para el desarrollo de las instalaciones de carga, la primera en la zona de operaciones Oeste y la segunda en la zona de operaciones Este.

Los principales elementos de la zona de carga incluirán:

- El edificio de carga o recinto fiscal.
- La plataforma de la zona de cargas para recibir aeronaves de carga con código E/F.
- El área del lado tierra debe dar cabida a los muelles de camiones, estacionamiento, viales internos y de circulación.

- Los edificios específicos para los agentes de carga/servicios de cargamento de mercancías deben estar ubicados sino cerca, en el lado tierra de los edificios de la terminal de carga con el fin de facilitar el acceso a la terminal de carga para estas funciones.

El crecimiento de las instalaciones de carga del 2028 al 2062 se adapta en la zona de operaciones Este. La distribución general del lado tierra, edificios e instalaciones del lado aire en el sitio serán por tanto muy similares incluirán las siguientes disposiciones:

- El área de carga es accesible desde el lado tierra por una carreta Norte/Sur al Este del sitio que entra en el aeropuerto desde el Norte.
- El lado tierra tiene un ancho de 204 m incluyendo el área asociada con los dos edificios para agencia de aduanas.

La plataforma del lado aire, con una profundidad de 145 m, da servicio a una calle de acceso para aeronaves código F y se accede desde, el sistema de calles de rodaje, al este de la pista 18L-36R. La longitud de la plataforma es suficiente para 5 aeronaves de carga código E.

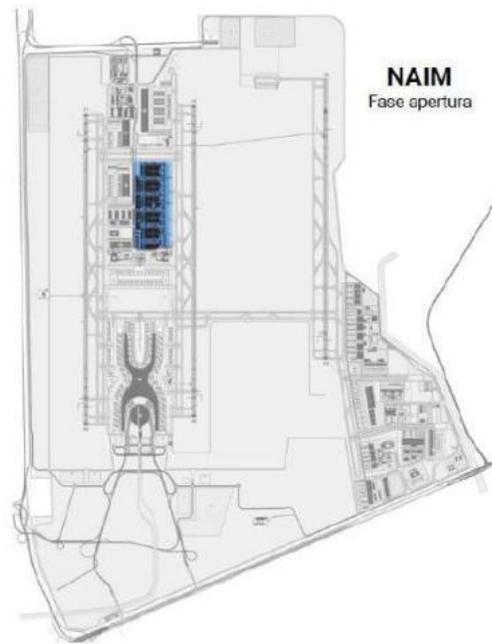


Imagen 33 Ubicación de las áreas de carga NAICM

Fuente: Plan Maestro Landrum & Brown, 2018

Aviación General

La siguiente tabla muestra los requerimientos para los años de planificación, los cuales se basan en los pronósticos anuales de movimientos de aviación general, así como en otros elementos comparativos identificados mediante el punto de referencia con respecto a otros aeropuertos y la disposición en AICM. La operación en el NAICM no será restringida únicamente a helicópteros.

Tabla 16 Programa para Aviación General NAICM

Tabla 10 Programa para aviación general							
		Existente	2013	2018	2023	2028	2062
Datos y suposiciones Clave de pronóstico	Movimientos de aviación general por año	27,866 (2012)	35,191	360,709	36,981	37,916	45,169
Únicamente Aviación General / Helipuertos	área total del sitio (m2)	72,545	72,545	72,545	72,545	72,545	72,545
	edificios (m2)	21,200	21,200	21,200	21,200	21,200	21,200
	lado tierra (m2)	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000
	plataforma (m2)	26,345	26,345	26,345	26,345	26,345	26,345
	FATO incl. Acercamientos/superficies de despegue	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000
Aviación General/ Ala Fija	área total del sitio (m2)	-	12,837	14,613	16,417	18,286	32,793
	edificios (m2)	-	3,209	3,653	4,104	4,571	8,198
	lado tierra (m2)	-	3,209	3,653	4,104	4,571	8,198
	plataforma (m2)	-	6,419	7,307	8,207	9,144	16,397

Fuente: En NAICM-GACM, 2015.

Los diseños del plan y las etapas para los años son:

Las instalaciones para aviación general se encuentra la parte del Este del sitio, al Este de la pista 01R-19L.

Las operaciones de helicópteros y aeronaves de ala fija están localizados juntos y separados por un área intermediaria de 100 m. Esto permitirá los acercamientos de helicópteros y operaciones de despegue desde el Este y el Oeste, así como también la provisión de la expansión de instalaciones futuras.

Acceso por el lado aire a la plataforma es por una calle de rodaje que se conecta a la calle de rodaje por el lado Este de la pista 01R-19L.

Las instalaciones de helicópteros proveen áreas similares de plataforma, hangares y áreas de lado tierra a aquellas que actualmente operan en el AICM. El área total provista en el 2018 es de 74.5 ha, lo cual se mantiene constante hacia el 2062.

La línea de hangares de helicópteros tiene una profundidad de 60 m, lo cual es más profundo que la anchura típica de los hangares en el AICM, pero puede ser variada para acomodarse en función de los arrendatarios. El área total de hangar provista es de 21,000 m².

La plataforma de aeronaves de ala fija tiene una profundidad de 120 m y una anchura de 110 m en el 2018, lo cual incrementa a 160 m en el 2062. El área de la plataforma incrementa en el 2018, resultando en un área de sitio de 22,800 m², e incrementando a 35,000 m² en el 2062.

Un hangar único de aeronave de ala fija con una profundidad de 50 se indica, sin embargo, una serie de hangares más pequeños pueden ser provistos, en dependencia de lo que se discuta con los usuarios.

El lado tierra de ambos helicópteros y aeronaves de ala fija tienen una anchura de 40 m, y son accedidos por el lado Este del final de la av. A-A.

Centro para la administración de la seguridad y respuesta a actos ilícitos y emergencias (CCO/COE)

Esta instalación necesitara operar en cercana coordinación con el Centro de Control de Operaciones del Aeropuerto (CCOA), localizado en el nivel 4 de la terminal de pasajeros.

Un área preliminar para el edificio es propuesta para el 2018 y el 2062 de 1,600 m², para acomodar las bahías de os vehículos de respuesta de emergencia, oficinas, almacenamiento, instalaciones para el personal, recarga de radio e instalaciones de comunicación y perreras caninas. El parque del personal del lado tierra también será provisto.

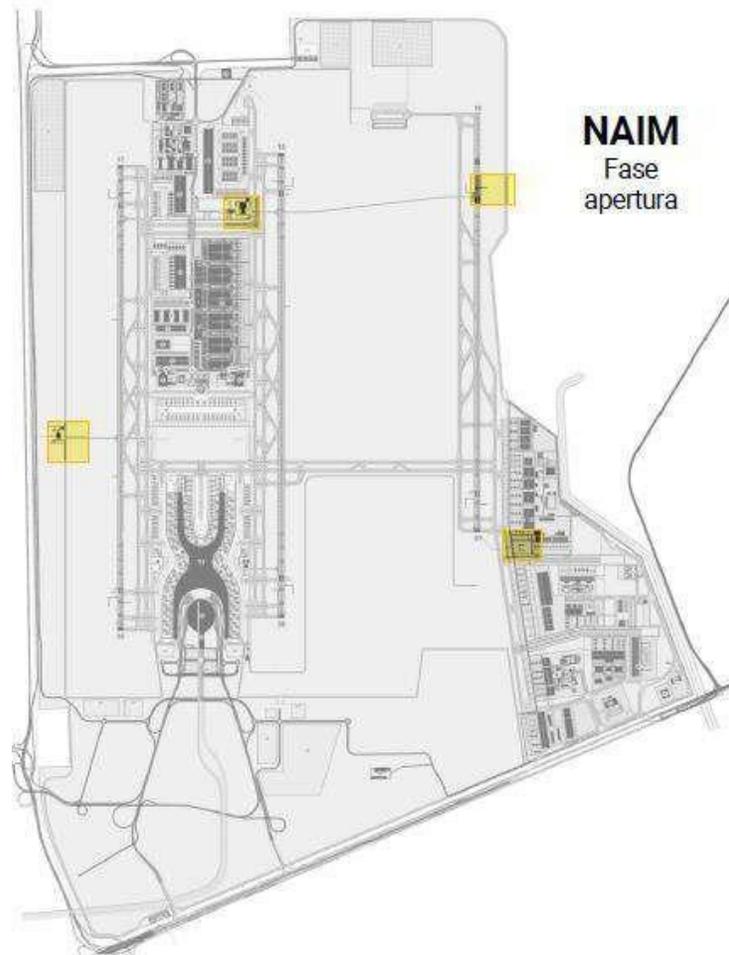


Imagen 34 Ubicación de Rescate y Extinción de Incendios

Fuente: Plan Maestro Landrum & Brown, 2018

Centro de logística

Se tendrán dos áreas para el desarrollo de las instalaciones del centro de logística; la primera en la zona de operaciones Oeste, y la segunda en la zona de operaciones Este.

Los diseños del plan y las etapas para los años de planificación:

El desarrollo para la fase 1 2018 para logística se encuentra en la zona de operaciones Oeste en el área de apoyo, al norte del satélite de la terminal y provee una superficie de edificio de 10,000 m².

Esta instalación está planeada para expandirse después del 2028 y dar cabida a hasta dos tercios (67%) del total del sitio en el 2062 y los requerimientos del diseño del edificio es de 20,000 m².

Tiene acceso terrestre desde la calle de servicio que entra al sitio del aeropuerto desde el norte.

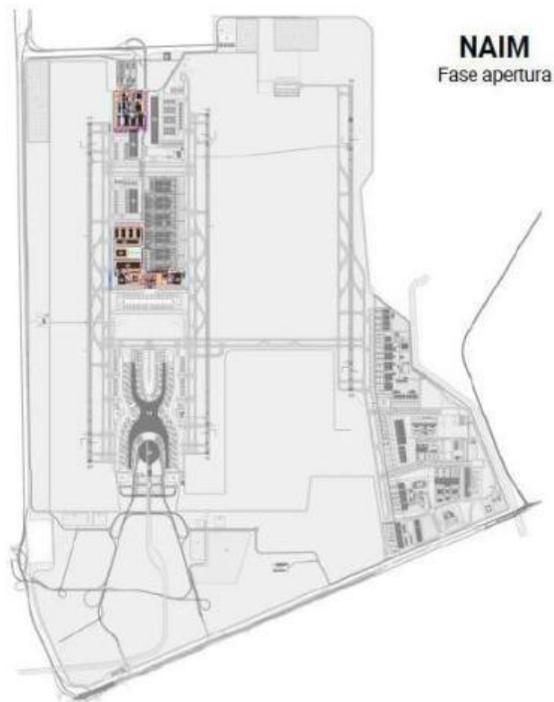
Un segundo centro logístico, previsto para alojar el tercio restante de la demanda de servicios de logística, se encuentra en la parte sur de la zona de operaciones Este, y esta provista de un terreno con una superficie del edificio de 10,000 m².

Administración del aeropuerto

El aeropuerto contara con un área para el desarrollo de las instalaciones de administración del aeropuerto. Las instalaciones de administración del aeropuerto asumen que el 30% de los requerimientos se ubicaran en la nueva terminal y el 70% restante en un edificio de administración separado este 70% equivale a las zonas netas de edificios de 8,000 m² en el 2018; 10,600 m² en el 2023; 12,500 m² en 2028; 26,000 m² en 2062.

El plan para el 2062 propone un sitio de 50,000 m² en aerotrópolis, inmediatamente al sur de la terminal de pasajeros.

Esta área del sitio se mantiene constante a través de los años de planificación, pero se podrá aumentar en tamaño si es necesario para acomodar los requerimientos más allá del 2062.



NAIM
Fase apertura

Imagen 35 Ubicación de la Administración del Aeropuerto NAICM

Fuente: Plan Maestro Landrum & Brown, 2018

Planta Central de Servicios

El aeropuerto tendrá un área para el desarrollo, ocupará aproximadamente un área de sitio 30,000 m2. El edificio de la planta central de servicios será de aproximadamente 10,000 m2 e incluye una sala de quipos en planta baja, oficinas

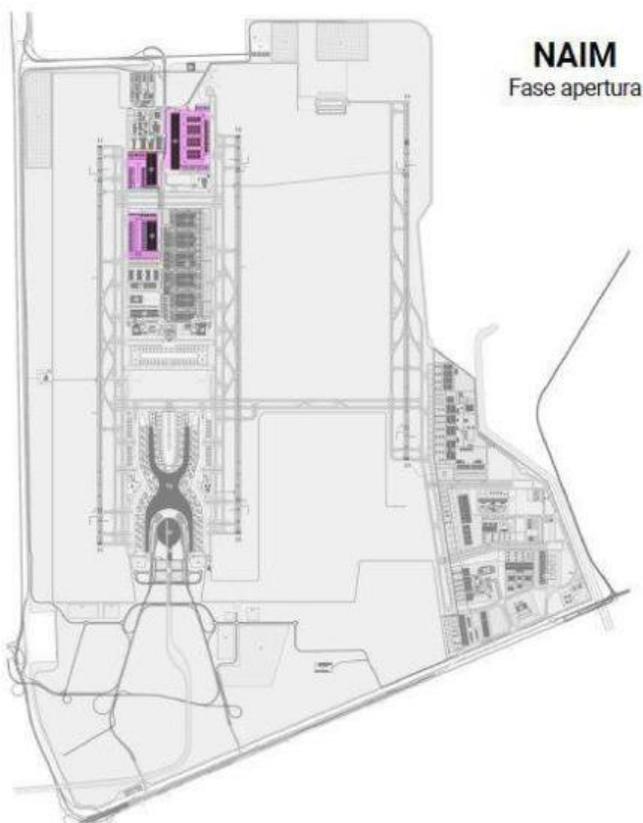


Imagen 36 Ubicación de Planta Central de Servicios, Mantenimiento NAICM.

Fuente: Plan Maestro Landrum & Brown, 2018

Instalaciones Militares y Gobierno

Esta provista un área de tierra de 30 ha en la parte sureste del sitio NAICM (al norte del centro logístico) para la reurbanización de instalaciones similares, esto está sujeto a discusión detallada con los organismos implicados.

El acceso de la calle de rodaje al sitio es a través del sistema de pistas.

El acceso al lado tierra del aeropuerto será por la parte Este de la avenida A-A. La calle de acceso estará controlada por seguridad en la parte que entra hacia el área de hangar de gobierno.

La construcción de las nuevas instalaciones se considera parte del desarrollo del aeropuerto en el 2018.

La consolidación de las nuevas instalaciones de NAICM a un número reducido de hangares más grandes es recomendada por razones de flexibilidad y economía.

Se provee también un espacio para expansión hacia el norte, cerca de las instalaciones militares, en caso de que así se requiera.

Se asume que las instalaciones militares serán construidas para la fase 1 en el 2018 y no serán expandidas durante las fases subsecuentes del desarrollo del aeropuerto, sin embargo, una franja de 100 m de ancho es provista entre las áreas militares y de los hangares de gobierno para acomodar el crecimiento futuro de cualquiera de estas instalaciones si así se requiere.

- El acceso será directo a la pista 1R-19L (pista 6), vía una calle de rodaje paralela parcial.
- Se asume que esta pista estará dedicada para el uso militar y de gobierno siguiendo la fase inicial de desarrollo del aeropuerto del 2018, pero también acomodará tráfico comercial durante las fases de expansión subsecuentes.
- Una sola calle de rodaje de cruce conectado las pistas 18R-36L y 01R-19L (pista 3 y 6) es provista para el 2018, incrementando a una conexión dual en el 2023 para así manejar la demanda comercial adicional.
- Todas las calles de rodaje de salida rápida propuesta para la pista 01R-19L serán provistas para el 2018, sin embargo, algunas de estas podrán ser demoradas hasta el 2023, con la correspondiente disrupción operacional que ocurre cuando estas son construidas.
- El área total de sitio será de 408,200 m², lo cual excede el área de plataforma y de hangar en Santa Lucia combinadas que son de aproximadamente 238,000 m², y provee una concesión para la circulación e instalaciones de lado tierra.
- El plano del sitio que incluye posiciones de parqueo de aeronaves indicativas, calles de rodajes de plataforma y hangares. El área combinada de los dos hangares será de 68,300 m².

El acceso al lado tierra se encuentra en una calle norte/sur que se conecta a la parte este de la avenida A-A. Esta calle estará controlada por seguridad donde entra a la zona de hangares gubernamentales y hacia el sur del complejo de edificios militares.

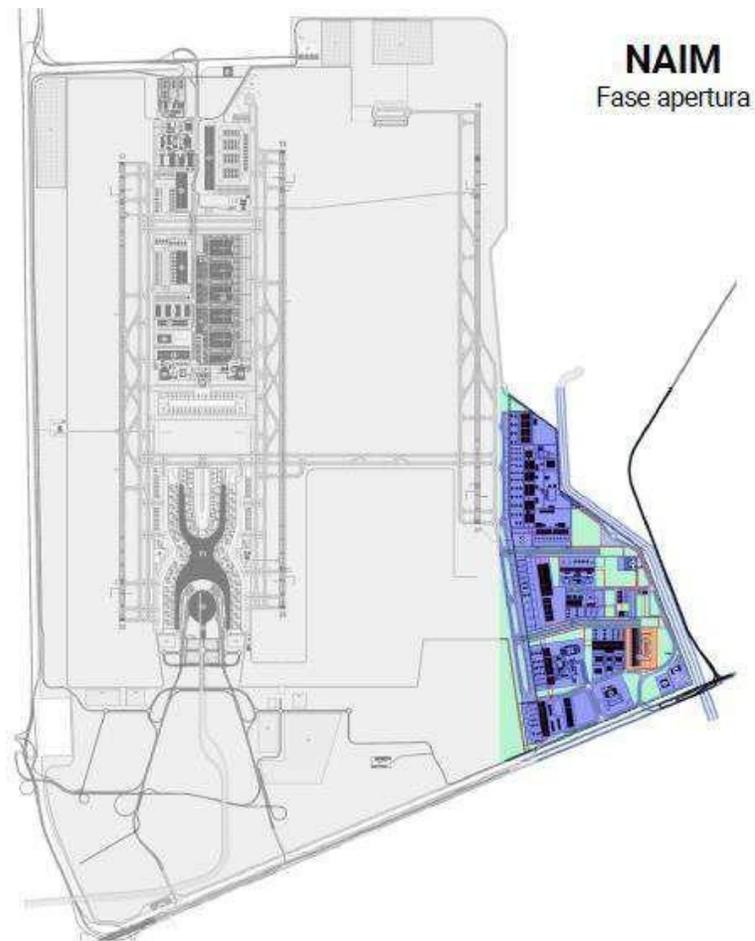


Imagen 37 Instalaciones militares y de gobierno NAIM.

Fuente: Plan Maestro Landrum & Brown, 2018

Instalaciones de combustible

Las instalaciones de combustible son una parte crítica de la infraestructura del NAIM ya que el combustible de aviación es un producto altamente inflamable. Las instalaciones se apegarán a las normas aplicables de la industria y de seguridad operacional.

La entrega de combustible será por parte de PEMEX, para determinar la entrega se realizará de forma mensual.

El sistema de recepción, almacenamiento y distribución de turbosina a la instalación se realizará de la siguiente manera:

- Llegada del turbosinoducto de PEMEX proveniente de Tula: se considera la llegada del trubosinoducto de PEMEX de 12 pulgadas de diámetro, proveniente de la refinería de Tula.

- Almacenamiento de turbosina en el NAICM: se considera la instalación de 6 tanques de almacenamiento de turbosina en la fase 1, con una capacidad de 66,600 barriles cada uno y al finalizar se tendrán 12 tanques.
- Suministro de turbosina al sistema de abastecimiento en plataforma: se considera el bombeo y la salida de combustible del área de tanques de almacenamiento al sistema de suministro de turbosina a plataformas, mediante dos ductos de 24 pulgadas de diámetro.

Las plataformas y puestas de estacionamiento contarán con un sistema de abastecimiento de combustible, dos tuberías de combustible de 600 mm que saldrán del área de los tanques de almacenamiento abastecerán turbosina a la tubería de combustible de la plataforma y los puestos de la terminal.

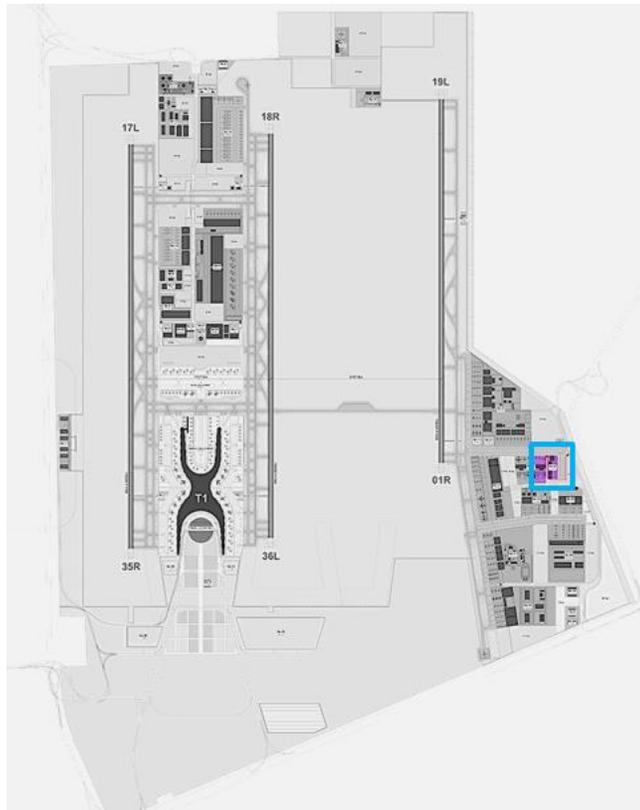


Imagen 38 Terminal de Almacenamiento de Combustibles NAICM.

Fuente: Plan Maestro Landrum & Brown, 2018

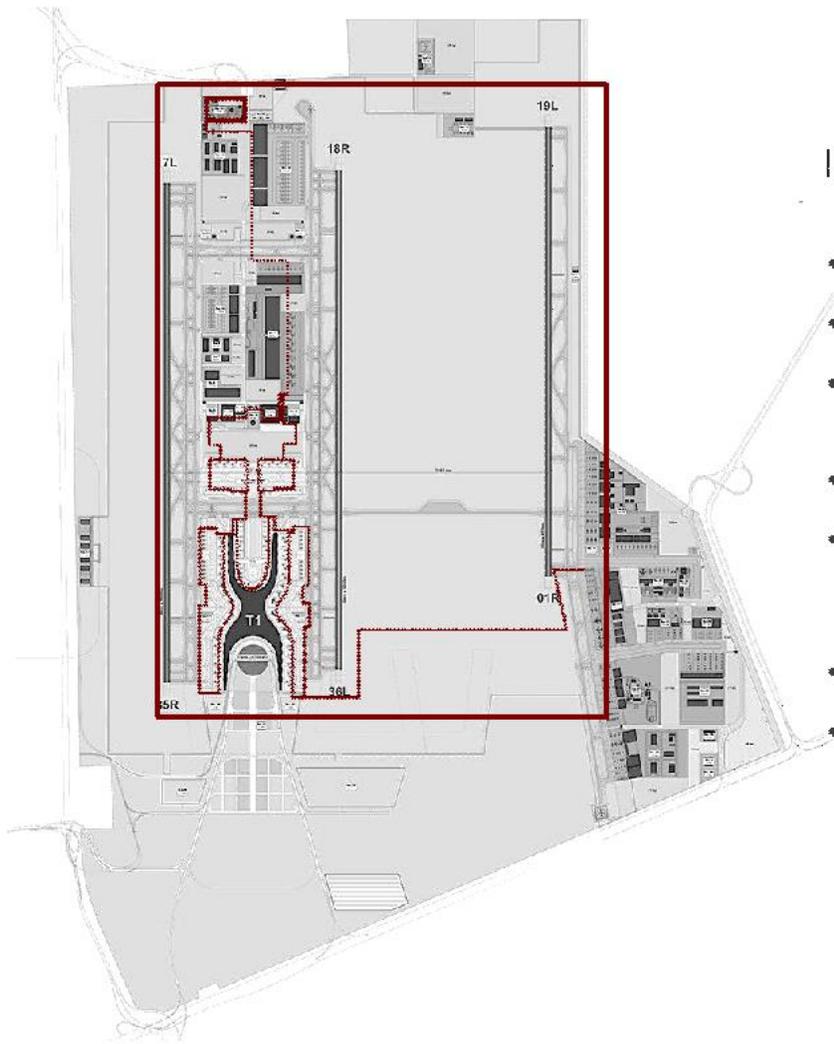


Imagen 39 Red de Distribución de Combustibles NAICM

Fuente: Plan Maestro Landrum & Brown, 2018

V.1.5. Infraestructura lado tierra

En materia de conectividad y movilidad, la creación de este nuevo motor de desarrollo estará acompañada de programas en infraestructura que mejorarán la calidad de la vida de la zona.

A través de nuevas obras de gran dimensión, se promoverá una mejor y mayor movilidad que beneficie a los habitantes del Distrito Federal, así como de estados colindantes, y se facilitará el uso de transporte público.

Se analizan proyectos viales para mejorar la red de conectividad y movilidad existente.

Tabla 17 Proyectos Viales para Conectar el NAICM.

Proyectos Viales		
Proyecto	Longitud (km)	Impacto
Acceso Av. 602 Av. 508	4	Conexión desde Oceanía y T1 con el Nuevo Aeropuerto
Viaducto Rio de la Piedad	18	Conexión desde Toluca y sector poniente con el Nuevo Aeropuerto
Ampliación Circuito Exterior Mexiquense (CEM)- Nuevo Aeropuerto	7.3	Enlace entre Eje Metropolitano y Circuito Exterior Mexiquense
Vía perimetral al Nuevo Aeropuerto	18.6	Acceso alternativo al Nuevo Aeropuerto y reducción del impacto regional del NAICM
Arco Oriente (Periférico)	25	Conexión desde Cuernavaca, Acapulco y sector sur con el Nuevo Aeropuerto
Modernización del Circuito Exterior Mexiquense	53	Conexión desde Puebla y Veracruz con el Nuevo Aeropuerto
Eje Metropolitano-Edo. Mex.	14.5	Conexión desde Pachuca, Querétaro y Región del Bajío con el NAIM
Eje Metropolitano-CDMX	10	Conexión del Eje Metropolitano Edo. Mex. Con el NAIM
Prolongación Naucalpan-Ecatepec	13	Conexión de la zona norte del Valle de México (Naucalpan, Atizapán) con el NAIM
Vasco de Quiroga	10	Conexión desde Santa Fe, Lomas y sector Poniente con el NAIM
Vía de acceso controlado al Nuevo Aeropuerto	17	Enlace entre Viaducto Rio de la Piedad y el NAIM
Mejora de 12 intersecciones en la CDMX		Solución de cuellos de botella de vialidades de acceso al NAIM

Fuente: Plan Maestro Landrum & Brown, 2018

Edificio Terminal

El Edificio Terminal del NAICM representa el núcleo principal de las operaciones del aeropuerto. Éste es considerado como la infraestructura clave para el procesamiento de pasajeros y será la obra que defina en gran medida la experiencia que quedará marcada en cada uno de los viajeros y visitantes del NAICM.

Para la cimentación del Edificio Terminal se determinó que la técnica recomendable es la de compensación parcial por pilotes de fricción, la cual considera una losa de concreto de 1.5 m. de espesor, con paredes de acero y concreto, e hincado de pilotes.

Su objetivo es lograr que la nueva carga total bajo la losa sea igual a la carga total del suelo antes de la construcción.

Se definieron dos áreas para el desarrollo de las terminales, la primera en la zona de operación Oeste, y la segunda en la zona de operación Este. Estas áreas proveen el espacio para el desarrollo de los edificios, su plataforma de aeronave asociada, el estacionamiento, las vías de acceso y las vías de trenes.

La Terminal 1 puede satisfacer hasta la demanda de 2030 al nivel de servicio objetivo para todos los procesadores, con la excepción de reclamo de equipaje de transbordo nacional e internacional. Además, las funciones de procesamiento de documentación y seguridad necesitarán equipos adicionales para satisfacer la demanda de 2030 al nivel de servicio óptimo. El reclamo de equipaje nacional podría posiblemente utilizar de manera conjunta algunos de los dispositivos de reclamo de equipaje internacional para satisfacer la demanda de 2030, ya que la cantidad total de dispositivos es suficiente para satisfacer la demanda nacional e internacional total. El reclamo de equipaje y el control de seguridad para los pasajeros internacionales de transbordo también requieren capacidad adicional para satisfacer la demanda del 2030, pero esto podría lograrse en las instalaciones de la terminal satélite de la Terminal 1.

Para atender la demanda del 2030 se requieren un total de 267 mostradores de documentación de pasajeros y equipaje; así como 104 quioscos.

Después del 2030, el reclamo de equipaje para pasajeros de llegada (destino final) es el elemento crítico en términos de satisfacción de demanda. No hay diferencia en los requerimientos de reclamo de equipaje, Óptimo o Subóptimo, porque el número de dispositivos de reclamo de equipaje requerido se basa en el número de vuelos que se producen al mismo tiempo. El NDS en reclamo de equipaje se mide por el espacio disponible para que los pasajeros esperen, y el

tiempo que le toma al primer pasajero y a la primera maleta llegar al dispositivo de reclamo de equipaje. Sin el número apropiado de dispositivos de reclamo de equipaje, el equipaje que llegue en ciertos vuelos se retrasaría hasta que esté disponible un dispositivo de reclamo de equipaje; esto produciría una congestión sustancial en el área de reclamo de equipaje y tiempos de espera considerables.

La capacidad máxima de la Terminal 1, que es de 23 dispositivos de reclamo de equipaje, y corresponde al requisito para el año 2036.

Se podrían incluir dispositivos adicionales de reclamo de equipaje para pasajeros de transbordo internacional en la terminal satélite de la Terminal 1. Esto requiere que el satélite se diseñe para incluir esta función, y que haya una concentración suficiente de pasajeros de conexión internacional usen el satélite.

No hay espacio adicional disponible para la expansión de reclamo de equipaje nacional o internacional en la Terminal 1. La única oportunidad para aumentar la capacidad de reclamo de equipaje nacional después del 2030 es si se convierten algunos de los dispositivos de reclamo de equipaje internacional en nacionales. Antes del 2045 se requerirán dispositivos adicionales de reclamo de equipaje, lo que probablemente suscitará el desarrollo de la Terminal 2.

La capacidad general de las instalaciones de la Terminal 1 se puede determinar utilizando el análisis de capacidad de la Terminal 1 presentado en las secciones anteriores. La capacidad total, expresada en términos de pasajeros anuales, junto con el análisis de requerimientos de posiciones de estacionamiento de aeronaves, que se presenta en la sección siguiente, identifica los posibles puntos que desencadenan la expansión de la terminal.

La capacidad de la Terminal 1 es de 98 MAP; esto es suficiente hasta 2036. Esta cifra se ha determinado en función de la capacidad de las funciones de reclamo de equipaje nacional e internacional. La capacidad de 98 millones de pasajeros anuales requiere que se proporcionen 187 posiciones activas de aeronaves (NBE) entre la Terminal 1 y las instalaciones satélites.

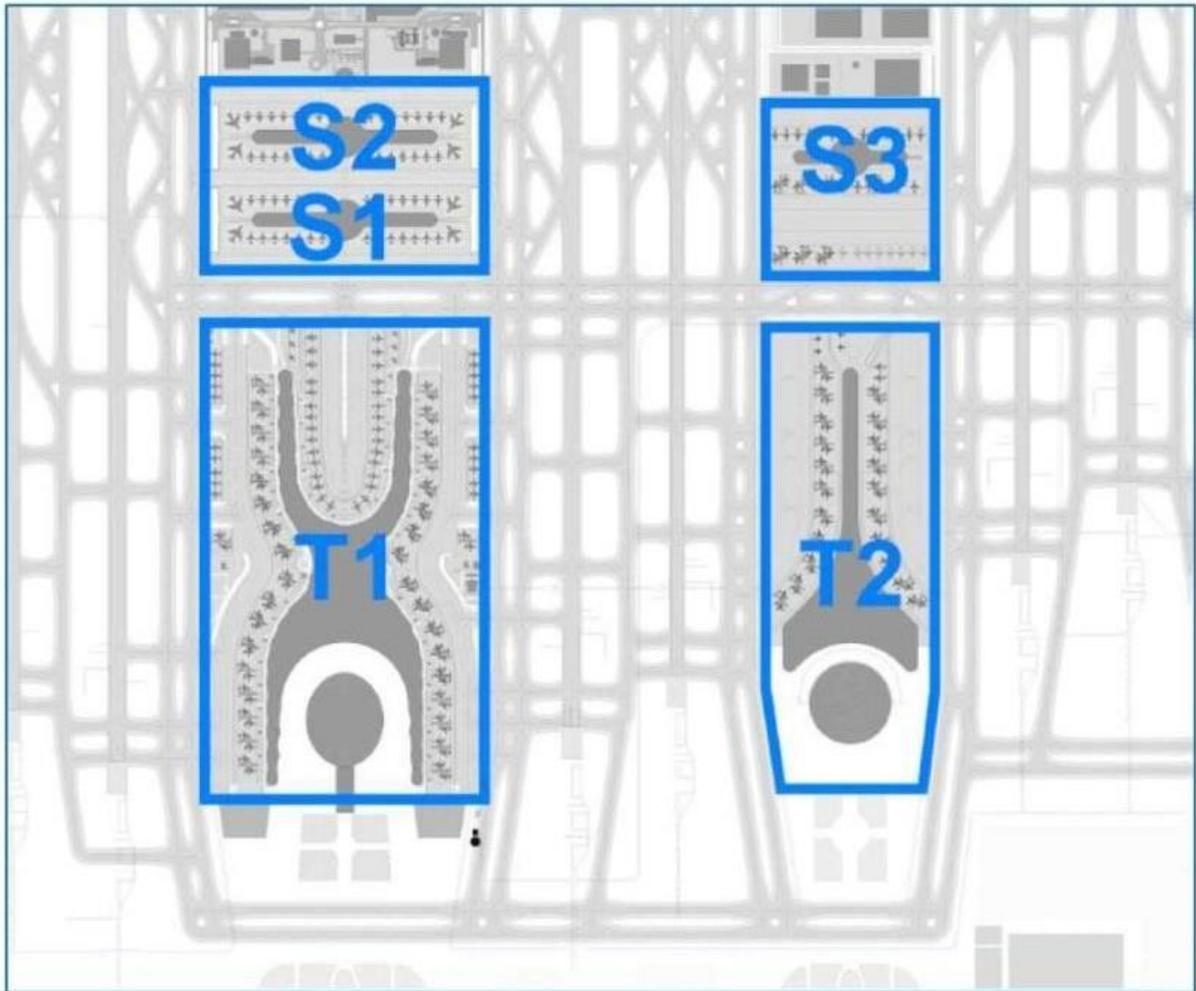


Imagen 40 Edificio Terminal NAICM Máximo Desarrollo

Fuente: Plan Maestro Landrum & Brown, 2018

Los requerimientos mínimos para la terminal son:

- Requerimientos de hora pico: es la relación entre la demanda anual esperada, el pico en términos de pasajeros y la demanda de movimientos de aeronaves. Los requerimientos pueden utilizarse como guía al momento de dimensionar las instalaciones.
- Requerimientos posicionales: son estimaciones aproximadas de la cantidad total de posiciones de estacionamiento que serán necesarias para despachar el volumen provisto de vuelos.
- Requerimientos de procesamiento de pasajeros: determinaran el número de posiciones por tipo de proceso necesarias para satisfacer la demanda en cada año de planeación.

Estos requerimientos de la terminal se deberán utilizar como una guía para el desarrollo y para la toma de decisiones operativas.

Los requerimientos de los procesos que ocurrirán en la terminal se presentan a manera de directrices para el diseño del edificio terminal, como se señala a continuación:

- El número de posiciones de estacionamiento necesarias para satisfacer la demanda esperada en cada uno de los procesos de la terminal será de particular importancia para el cumplimiento de los niveles deseados de servicios.
- Se necesitará la cantidad de pasajeros esperada, para así poder proporcionar el espacio adecuado donde se harán las filas.

Los requerimientos totales de espacio en cada área pueden estimarse teniendo en cuenta las necesidades de espacio para acomodar al personal, los muebles y otros equipos, además de la acumulación prevista de pasajeros.

Las dimensiones de la zona de operaciones Oeste toma en cuenta la capacidad del sistema de pista del Oeste. Para lograr un balance entre la plataforma de la terminal y la capacidad de las pistas, la zona Oeste de la terminal se ha planteado para acomodar la demanda de posiciones de estacionamiento. En la fase 1, la demanda de posiciones de contacto quedaría cubierta por la terminal y por el edificio satelital que está al Oeste.

Vialidades de Acceso

Las operaciones de lado tierra abarcarán la provisión de acceso de transporte terrestre a las terminales de pasajeros del aeropuerto, a las instalaciones de carga y flete, así como a los edificios y a los sitios auxiliares del aeropuerto.

El acceso de transporte terrestre se proporciona a través de vialidades y carreteras, así como las instalaciones y los servicios de transporte público, incluyendo el Metro de la CDMX, Metro suburbano / tren rápido, autobuses interurbanos y servicios de contratación.

Conexiones a las calles externas y tránsito

Se construirían una red de conexiones regionales y calles locales para dar servicio al nuevo aeropuerto. La capacidad inicial desde vialidades externa hacia el nuevo aeropuerto sería cerca de 8,000 vehículos por hora y la capacidad eventual será de 30,000 vehículos por hora. La capacidad de tránsito se estima alrededor de 70,000 viajes por hora (unos 20,000 viajes en cada

una de dos líneas de metro y cerca de 30,000 viajes en múltiples rutas de sistema de transporte rápido (Metrobús y trenes suburbanos).

Inicialmente se tenía planeado desarrollar un número limitado de calles de acceso para entrar a las instalaciones del aeropuerto. Esto incluía calzadas arboladas, partes de circunvalaciones la Avenida principal. Las carreras internas para tener acceso a los sitios en desarrollo.

Se muestran un resumen de las vialidades para el proyecto.

Tabla 18 Resumen de las vialidades dentro del NAICM

Red de vialidades			
Tipo de Vialidades	Designación	Descripción	Total, de carriles
Calzada Arbolada	CA Oeste, CA Central, CA Este	Calzadas arboladas de acceso limitado que se conectan a la carretera Texcoco	4
Bulevar Principal	Bulevar Principal	Ceremonial calle principal de aerotrópolis	6
Avenida Tipo 1	Av. De Circunvalación Av. AA, BB, etc.	Circulación arterial en el límite del sitio con tránsito rápido	6
Avenida Tipo 2	Av. A, B, C, etc.	Circulación arterial al interior del sitio sin tránsito rápido y con estacionamiento	6
Calle este-oeste	Calle 101, 102, 103, etc.	Calles de acceso cuadra por cuadra	3
Calle Norte-Sur	Calle 201, 202, 203, etc.	Calles de acceso cuadra por cuadra	3
Camino peatonal	500	Calle de circulación local compartida junto al parque medio	2
Callejones	N/A	Calle compartida-circulación de calle compartida- circulación interna por cuadras	2

Fuente: Plan Maestro Landrum & Brown, 2018

Se realizarían mejoras para acceder a las autopistas (incluyendo Circuito Exterior Mexiquense y la Autopista Peñón-Texcoco).

Tabla 19 Red de Transporte Público Para Conectar al NAICM

Red de transporte público y la jerarquía del sistema			
Sistema de Transporte	Designación	Descripción	Estaciones
Tren exprés	Tren	Tren de servicio suburbano expreso desde el centro de la ciudad hasta el NAICM	Centro de Transporte Terrestre de la terminal del aeropuerto.
Metro	Metro	2023: Ampliación de una ruta de metro al Centro de Transporte Terrestre de la Terminal del aeropuerto. 2035: Extensión de la segunda línea del metro al Centro de Transporte Terrestre a través de la ruta de Aerotrópolis.	Centro de Transporte Terrestre de la terminal del aeropuerto.
Autobús de tránsito rápido	Metrobús / Mexibús	2018: Ampliación de Metrobús por la Av. De Circunvalación y luego al Bulevar Principal Ampliación del Mexibús Ruta 1 al centro de transporte terrestre en la terminal del aeropuerto a través del Circuito Exterior Mexiquense a Peñón Texcoco y después al Bulevar Principal. 2028: Ampliación de Metrobús por la Av. de AA y BB. Ampliación del Mexibús a sur.	Av. AA en la Av. D, en el Blv Principal y en el aeropuerto. Av. BB en la Av. D, el Blv. Principal en el aeropuerto.

Fuente: NAICM Conectividad Terrestre, SCT, 2018

Autopista Peñón – Texcoco

Fase 1:

Se construiría un nuevo paso a desnivel en las conexiones a la calzada arbolada norte – sur que conducen al complejo de la terminal. Esta calzada arbolada se desarrollaría dentro de un espacio abierto de 850 m de ancho bajo las trayectorias de vuelo de las pistas 35 (calzada arbolada Oeste) y serían de unos 3 km de largo. La calzada arbolada sería una vialidad dual con dos carriles en cada sentido, con capacidad para unos 3,500 vehículos por hora en cada dirección. La calzada

arbolada estaría completamente separada mediante pasos a desnivel y desembocarían en el complejo de la terminal. Se proporcionarían conexiones a la red de calles locales en el externo sur de la calzada arbolada; puentes sobre la calzada arbolada conectarán a las calles locales al Este y al Oeste de las calzadas.

Fase 2:

Dos calzadas adicionales serían conectadas al complejo de la terminal. La Calzada Central sería construida debajo de la ruta de vuelo de las pistas 36 y un tercer intercambio sería desarrollado hacia el final de la parte Este del recinto del aeropuerto, y la tercera calzada (Calzada Este) proveerá acceso a las zonas industriales al Este del complejo de la terminal. La ubicación de la terminal estaría conectada con una futura carretera de paga que se planea para conectar con la Autopista Peñón – Texcoco con la carretera 142, cerca de la esquina noreste del nuevo aeropuerto. Cuando la nueva autopista este abierta, se proporcionaría una nueva conexión de esta a la Av. de Circunvalación.

Circuito Exterior Mexiquense

Con la reconstrucción del drenaje del sitio y otras mejoras a la infraestructura a lo largo del lado Oeste del sitio del aeropuerto, y con la necesidad de mejorar las instalaciones del Mexibús, la vialidad Circuito Exterior Mexiquense se reubicará hacia el Este y se operará en forma adyacente a una nueva alineación separada y dedicada para tránsito rápido (ubicada en el oeste), junto con una vida continua para peatones y bicicletas.

Fase 1:

Se construiría un nuevo paso a desnivel donde el Circuito Exterior Mexiquense se encuentra con el ángulo noroeste del sitio del aeropuerto. Este paso a desnivel permitirá el acceso desde el norte hacia la zona de carga en el lado norte. La construcción de un nuevo intercambio resulta en la creación de un parque en la esquina noreste del sitio.

Un nuevo intercambio sería desarrollado entre el Circuito Exterior Mexiquense y Río de los Remedios para proveer acceso directo de este – oeste a la nueva aérea de la terminal conectándose a la Av. A-A y Av. B-B.

Fase 2:

Se construirá un paso a desnivel nuevo entre el Circuito Exterior Mexiquense al sur de Río de los Remedios para permitir el acceso directo de este a oeste hacia aerotrópolis.



Imagen 42 Bulevar Principal NAICM

Fuente: Plan Maestro Landrum & Brown, 2018

Avenida Tipo 1

La Av. A tiene 36 m de ancho e incluirá camellón pequeño, dos carriles de circulación en cada dirección para el Metrobús. También tendrá banquetas amplias y un carril separado para bicicletas.

Fase 1 de las extensiones norte y sur del desarrollo en aerotrópolis estarán limitadas por Av. De Circunvalación y la Av. A-A. El acceso al blv. principal será también a través de la av. de Circunvalación, que en un futuro bordera el sitio.

En la fase 2, se proporcionarán av. adicionales. Estas incluyen prolongación de la av. A-A y la av. B-B, de tal manera que cruce todo el sitio.

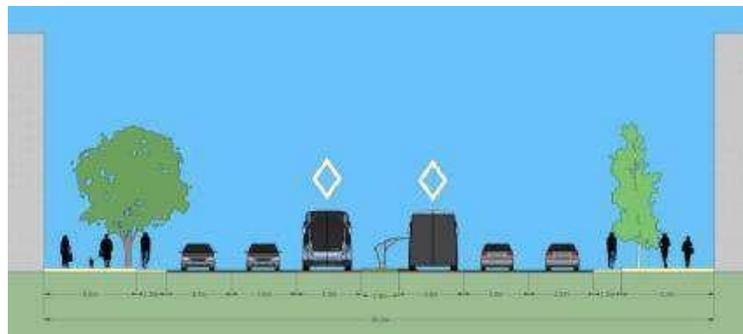


Imagen 43 Avenida Tipo 1 NAICM

Fuente: Plan Maestro Landrum & Brown, 2018

Avenida Tipo 2

Designadas como av. A, B, C, E. La av. B será de 24 m de ancho e incluye pequeño camellón y dos carriles de circulación en cada sentido. También se proporcionarán banquetas amplias y un carril separado para bicicletas.



Imagen 44 Avenida Tipo B NAICM

Fuente: Plan Maestro Landrum & Brown, 2018

Calles

Designadas como calle 101, 102, 103 para las calles del oeste – este; y 201, 202, 203 para las calles norte-sur. Las calles proporcionaran acceso secundario a las cuadras interiores. Estas calles serán de 20 m de ancho con estacionamiento en un lado de la calle, con un carril separado para bicicletas y banquetas de 4.5 m de ancho.

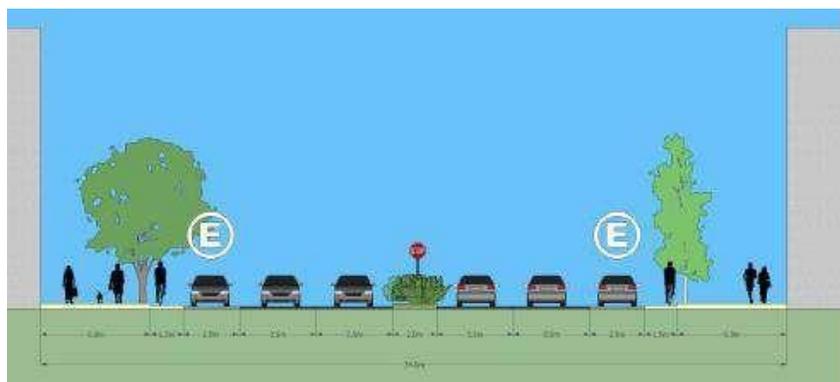


Imagen 45 Calle Tipo NAICM

Fuente: Plan Maestro Landrum & Brown, 2018

Camino Peatonal

Este representara un acceso secundario en cuadras interiores que construirán los amplios camellones de 34 m que se colocaran a lo largo de sitio. Estas calles son de 8 m de ancho y permitirán un estacionamiento al lado del parque y pavimento se comparte entre automóviles, peatones y ciclistas.

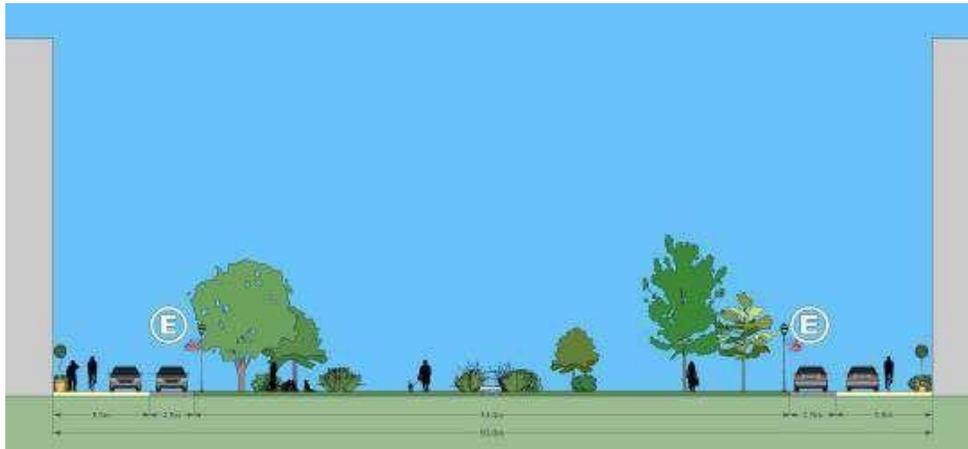


Imagen 46 Camino Peatonal Tipo NAICM

Fuente: Plan Maestro Landrum & Brown, 2018

Red de Transporte Publico

Conexiones recomendadas transporte publico hacia el nuevo aeropuerto.

Tren Expreso

El servicio de tren proporcionara una conexión expresa con paradas limitadas entre el centro de la Ciudad de México y el nuevo aeropuerto. La distancia entre el centro de la ciudad y el aeropuerto es de unos 25 km y el supuesto para el tiempo de viaje es de unos 20 minutos. El tren terminara en el centro de transporte terrestre del aeropuerto.

S.T.C. Metro

Este servicio conectara el nuevo aeropuerto con las rutas que termina cerca del aeropuerto (líneas 1, 5, 9, B).

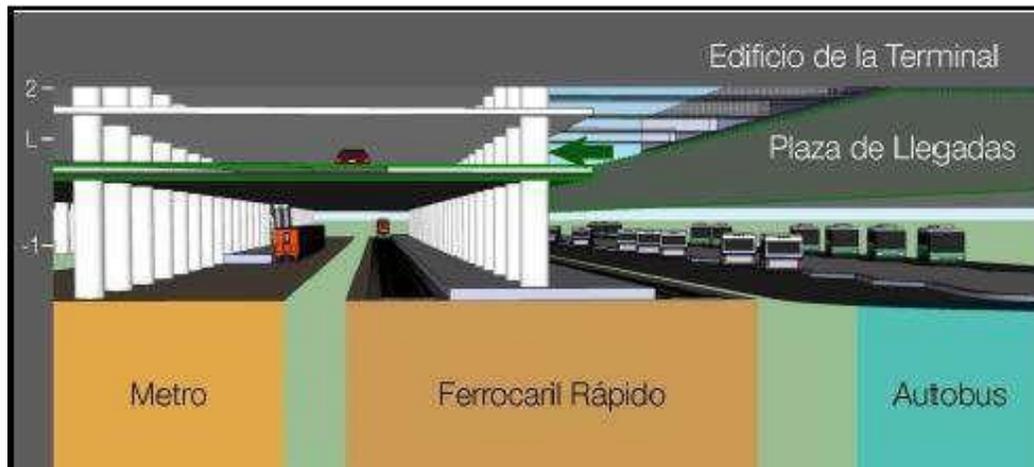


Imagen 47 Centro de Transporte Terrestre (sección) NAICM

Fuente: Plan Maestro Landrum & Brown, 2018

Estacionamientos

Estructura de estacionamiento de corto plazo para automóviles. Tradicionalmente los aeropuertos han construido vialidades para las terminales que proporcionaban acceso adyacente en forma de bahías al edificio de la terminal. Normalmente los garajes de estacionamiento suelen ser estructuras independientes.

Para el NAICM se pretendía utilizar el modelo de la Terminal 5 de Heathrow, donde una plaza de llegadas independiente separa la Terminal Aérea de la estructura de estacionamiento. Las actividades de las bahías (tales como dejar a personas y servicios de taxis) se encuentran dentro de la estructura del estacionamiento.

La estructura de estacionamiento contara con 5 niveles; los niveles 2, 3 y 4 estarán dedicados al estacionamiento de automóviles. La superficie de la estructura es de una anchura de 75 m y una longitud total de unos 500 m, con una separación en el punto medio para integrar el bulevar principal en el CTT y en la terminal del aeropuerto. La altura total es de aproximadamente 12 m. Cada nivel tendrá la capacidad para estacionar cerca de 1,500 automóviles, sumando un total de cerca de 5,000 vehículos.

El nivel 5 estaría reservado para las salidas de pasajeros con dos carriles de bahías para dejar pasajeros de uno 900 m. Los puentes conectan al nivel 5 y la estructura del estacionamiento con el nivel de salidas de la terminal del aeropuerto. El nivel 1 reservado para recoger a los pasajeros de llegadas y permite tanto a taxis como a automóviles recoger pasajeros. Se accede desde la terminal del aeropuerto a través de la plaza de llegadas.

Estacionamiento de largo plazo (en superficie) para automóviles.

Esta área se desarrollaría inicialmente para alrededor de 5,000 automóviles y requería alrededor de 15 ha. para el 2028, el área total de estacionamiento de largo plazo en superficie proporcionaría 10,000 espacios en 30 ha.

Estaciones de autobús y almacenamiento, esta instalación sería desarrollada al este del centro de transporte terrestre y permitirá un almacenaje a corto plazo y estaciones de aproximadamente 250 autobuses en 4 ha.

Instalación de alquiler consolidado de autos, los automóviles de alquiler permitidos usarían un sitio consolidado de 4 ha al que prestaría servicio el sistema de autobús del aeropuerto.

Instalación de estación de taxis, junto a la estación de autobuses y del servicio de alquiler de autos, una estación de un lote de taxis se desarrollaría y proporcionara las operaciones de estos, en un sitio de 4 ha.

Estacionamiento de automóviles de los empleados, junto al lote de estacionamiento a largo plazo, se proporcionará un estacionamiento con la capacidad de 2,500 automóviles en 8 ha.

Torre de Control

El personal deberá tener una visibilidad libre de obstáculos hacia las pistas de aproximación, a los umbrales y la longitud total de todas las pistas, así como de todas las calles de rodaje. Las pistas de aterrizaje y las calles de rodaje bajo control del tráfico aéreo se conocerán como el aérea de movimiento en la superficie o el área de movimiento.

Se pretendía construir la torre de 90 m de altura, con una altura del punto de vista situado a 83 m, cerca del punto medio del campo al Oeste. Esta localización sería adecuada para visualizar el par de pistas de aterrizaje/despegue al Oeste y Centro del área de intervención (pistas 1,2,3 y 4), así como toda el área de movimiento, incluidas las calles de rodaje que cruzan del este al oeste, situadas a ambos extremos norte y sur del campo al Este. Cuando el futuro campo Este sea desarrollado y las pistas 4 y 5 fueran construidas, se necesitaría de una nueva torre en el centro de la zona de operaciones Este. La altura de la segunda torre estará limitada por la superficie de acercamientos fallidos.

El área destinada para la torre de control de tráfico aéreo sería de 10,000 m² y tendría la capacidad para acomodar la torre y un centro de operaciones administrativo de dos niveles en la base.

La torre de control es el centro de procedimientos fundamentales para el funcionamiento del Nuevo Aeropuerto Internacional de México (NAICM) ya que alojará los servicios operacionales y de navegación; además de llevar a cabo el pronóstico y observación meteorológica; la supervisión de plataformas y la asignación de aparcamiento de las aeronaves.

Esta construcción tendría una altura de 90 m y se ubicará entre las pistas 2 y 3, al norte del Edificio Terminal. Consta de dos edificios: el Edificio Base de Soporte, que será rectangular en la base de toda la Torre; y la Torre de Control, que será de forma concéntrica y geometría monolítica.

En conjunto, esta infraestructura se compone de: edificio Base para el Acceso Principal y Áreas de Soporte, el edificio Base para Oficinas; un área llamada de Amortiguadores; un nivel donde se ubican los Equipos Mecánicos; otro para los Equipos Eléctricos; una más para los Servidores; y en la parte superior, tres cabinas: la de Control de Plataforma; la de Soporte y la de Control de Tráfico Aéreo.



Imagen 48 Torre de Control NAICM

Fuente: Foster y Partners (2016).

V.1.6. Retos y Soluciones del NAICM Texcoco

Entre otros podríamos mencionar que el NAICM, requiere atender adecuadamente los siguientes retos:

1. Factibilidad Aeronáutica y operativa
2. Geotécnicos
3. Hidráulicos
4. Energéticos
5. Constructivos
6. Movilidad Interna
7. Conectividad
8. Tecnológicos
9. Sustentabilidad

Geotecnia

El terreno se localiza en la zona del Ex lago de Texcoco. Se sabe que en toda esa zona existen suelos lacustres compresibles y de baja resistencia, que requieren precauciones especiales para la construcción de instalaciones aeroportuarias. Se sabe así mismo que en el sitio existe una alta concentración salina, principalmente, cloruros y sulfatos, que atacan en forma importante a las estructuras de concreto.

Condiciones Geotécnicas Generales en la Zona del Lago

- Suelos arcillosos con compresibilidad alta a muy alta.
- Suelos arcillosos con resistencia cortante baja a muy baja.
- Suelos con alto contenido salino.
- Asentamiento regional.
- Sismos intensos.

Geografía

La superficie del territorio de la cuenca cubre unos 11 000 km², los cuales en su región SW contienen al Distrito Federal, capital del país, que tiene un área de casi 1,500 km² y está dividida

en 16 delegaciones políticas. Al norte, poniente y oriente el DF colinda con el Estado de México, y al sur con el de Morelos.

Una gran parte de su territorio está conformado por una extensa planicie que ocupa las tierras bajas; en la antigüedad estas planicies estuvieron ocupadas por un sistema de lagos cuya altitud promedio alcanzaba los 2,240 msnm; la máxima elevación de la cuenca está representada por la cima del Popocatepetl con sus casi 5500 msnm, pero dentro del D.F. el Ajusco en la Delegación Tlalpan constituye la máxima elevación con un poco más de 3,950 msnm.

Hidrografía

Antiguamente, el centro de la Cuenca de México fue ocupado por el sistema de lagos; la cuenca se formó hace unos 700 mil años con la aparición de la Sierra del Chichinautzin donde se represaron los azolves de los ríos que corrían hacia el sur, produciendo una acumulación paulatina de sedimentos en el flanco norte de esta sierra, rellenando parcialmente la cuenca hasta los niveles que conocemos hoy en día; la porción superior de este relleno fue ocupada por el sistema de lagos mencionados.

El 17 de marzo de 1900, el presidente Porfirio Díaz inauguró el Gran Canal del Desagüe con el primer túnel de Tequisquiác, que continúa en funciones e impide el crecimiento de los cuerpos de agua en el suelo capitalino; los últimos remanentes de los cuerpos de agua son los sistemas de canales que riegan las chinampas de Xochimilco y Tláhuac, así como los humedales de Tláhuac.

En 1962 se puso en servicio el Emisor poniente; en 1975 el presidente Luis Echeverría inauguró el Emisor Central de 50 km, componente principal del actual Drenaje Profundo.

La explotación de los recursos hídricos para consumo humano e industrial provocó la desaparición de los manantiales de las zonas aledañas; durante el siglo XIX, desaparecieron los manantiales de Chapultepec; en el siglo XX, muchos de los manantiales de Xochimilco y Atlapulco fueron canalizados para abastecer de agua al centro de la ciudad hasta que se agotaron; desde de la década de 1980, los canales de Xochimilco, Tláhuac y Mixquic son alimentados con aguas tratadas de la planta del cerro de la Estrella.

El agua de los ríos que aún baja al Distrito Federal es conducida al lago de Texcoco o al Gran Canal del Desagüe para ser drenada hacia el Golfo de México, a través del sistema Tula

Moctezuma-Pánuco. Los únicos cursos de agua que sobreviven en la entidad federativa nacen en la sierra de las Cruces y son de poco caudal.

La porción meridional de la cuenca recibe de la Sierra de las Cruces y Monte Alto, entre los más importantes, los ríos:

1. Hondo
2. Tacubaya
3. Mixcoac
4. Tarango
5. Magdalena

de la Sierra Nevada la cuenca recibe los ríos:

6. Xalapango
7. Coaxcacoaco
8. Texcoco
9. Chapingo
10. San Bernardino
11. Santa Mónica
12. Coatepec
13. Ixtapaluca
14. Tezoquipan

Los ríos 1 a 12 alimentan el Lago de Texcoco; los ríos 13 y 14, que se unen en el Río de la Compañía, alimentaban al Lago de Chalco, mientras que el Lago de Xochimilco era alimentado por los abundantes manantiales que brotaban al pie de la Sierra del Chichinautzin.

La porción septentrional de la cuenca recibe desde el poniente a los ríos:

15. Cuautitlán
16. Tepozotlan

Los cuales bajan de la Sierra de Monte Alto y nutren a los antiguos lagos de Zumpango y Xaltocan. Estos mismos lagos reciben desde el noreste también las aportaciones de los ríos:

17. Las Avenidas de Pachuca
18. Tezontepec

Geomorfología

El paisaje de la Cuenca de México está caracterizado por dos geoformas fundamentales, por un lado, las montañas que la rodean son de origen volcánico, mientras que la planicie en su porción baja debe su formación a procesos erosivos y acumulativos.

Estas sierras volcánicas crecieron sobre un basamento sedimentario marino cretácico y están formadas por alineaciones de volcanes que marcan además rasgos tectónicos por donde suben los magmas producidos a profundidad y ligados al calor generado por la fusión de la placa hundida en la subducción y a tensión cortical asociada, lo que da lugar al arco volcánico del Eje Neovolcánico.

Se distinguen en este relieve volcánico grandes estratovolcanes coronados por domos, así como los abanicos volcánicos que forman los importantes volúmenes de piroclastos que suelen emitir y que forman extensos abanicos volcánicos.

En cuanto a la planicie que ocupa el centro de la cuenca se formó a partir de la acumulación gradual y progresiva de sedimentos aluviales, fluviales y lacustres; en efecto, los numerosos ríos que bajaban desde las serranías transportaban importantes cantidades de sedimentos y con la cuenca cerrada, estos se fueron depositando a los pies de las serranías en forma de lenguas, abanicos y lentes hasta formar la extensa planicie.

En la cima de este proceso de acumulación de sedimentos y en el centro de la cuenca se encuentran importantes capas de arcillas lacustres formados a partir de extensos lagos someros. Tanto, depósitos aluviales como lacustres fueron influenciados de manera importante por las manifestaciones volcánicas más recientes, cenizas, pómez y tobas en general, los cuales enriquecieron dichos depósitos y en ocasiones formaron una proporción importante de ellos.

Tectónica

En la formación de la cuenca de México intervienen tres fases de actividad tectónica.

Primera Fase

El basamento sedimentario marino sufrió la orogenia Laramídica a principios del Terciario; esto es cuando se formó en un primer ciclo (Paleoceno-Eoceno) de plegamiento ligero dando lugar a estructuras orientadas en general NNW-SSE. Poco tiempo después (Eoceno superior) ocurrió un segundo ciclo de plegamiento que se conoce como Oaxaqueño; este originó nuevos pliegues paralelos, empujados al cabalgar la Masa de Oaxaca al norte.

Segunda Fase

A principios del Oligoceno inicia un vulcanismo que obedece a esfuerzos tectónicos originados en el Pacífico Oriental. Así, a lo largo de la Costa del Pacífico Mexicano se desarrolla la subducción de la placa marina Farallón, produciendo en la parte poniente y central de México una primera faja volcánica antigua con rocas ácidas e intermedias dispuestas en fosas dirigidas al NNW.

La Fosa Mixhuca, de gran desplazamiento, que se formó contemporánea a las vulcanitas del Terciario medio inferior, es producto del tectonismo tensional asociado a estos esfuerzos. Una segunda fosa similar y contemporánea, aunque de menor dimensión se encuentra en la región de Texcoco.

Tercera Fase

Comprende esta la subducción de la placa de Cocos frente a la costa meridional de México. Es cuando principia a partir del Mioceno medio el desarrollo de la moderno Eje Volcánico, el cual cruza al país de poniente a oriente. La mayoría de las sierras que rodean la cuenca de México fueron formadas en esta segunda fase tectónica.

Podemos concluir que, sobre un basamento sedimentario, plegado durante una primera fase, se desarrollaron dos fases tectónicas más, ligadas a empujes corticales y límites convergentes. Ambas fases son de naturaleza tensional y en el centro-sur de México permitieron el ascenso de magmas desde el manto superior.

Así el basamento de la Cuenca de México consiste de una serie de elementos marinos plegados y sobre él, un cruce de dos arcos volcánicos, uno del Terciario medio inferior y otro de Terciario medio superior al Cuaternario.

V.1.7. Geología del Ex Lago de Texcoco

Texcoco se encuentra en la región nororiental de la porción meridional de la cuenca.

Aquí los ríos Teotihuacán y Papalotla alcanzan la planicie del Lago de Texcoco. Este sitio ocupa actualmente con sus 2228 msnm la zona más baja de la cuenca. Domina aquí un clima semiárido, aunque es un ambiente con lagos someros, alimentados por las aguas torrenciales y esporádicas de los ríos que bajan desde las sierras al nororiente y oriente.

El sitio consiste de una planicie que rodea dos montículos ubicados al norte; está dominado casi completamente por secuencias lacustres modernas que circundan a estos dos pequeños

montículos, el de Huatepec y el de Tepetzingo. Ambos domos de composición andesítica y edad miocénica, sobresalen a la planicie, rompiendo la monotonía del paisaje lacustre. Estos domos ocupan probablemente la cima de una antigua caldera volcánica, también miocénica. Este complejo volcánico retuvo parcialmente los avances de los depósitos deltaicos provenientes del nororiente; alrededor de él los depósitos lacustres del lago de Texcoco se interdigitaron con arenas fluviales.

Tectónica

La extensa planicie lacustre oculta aquí toda evidencia tectónica a profundidad. Sin embargo, puede decirse que el sitio Texcoco ocupa probablemente la porción central de una extensa fosa situada entre las sierras de Patlachique al oriente y la de Guadalupe al poniente. Esta fosa, de posible edad pliocénica, estaría orientada al NNE. Hay que puntualizar que las secuencias aluviales y lacustres modernas no acusan ningún fracturamiento tectónico activo.

Estratigrafía

La estratigrafía del sitio de Texcoco fue construida con base en la interpretación de las muestras provenientes de los sondeos efectuados en 2001, los cuales varían entre 30 y 100 m de profundidad, pero carecen de continuidad, lo que dificultó en ese momento una interpretación estratigráfica exacta y definitiva.

La secuencia estratigráfica revela los siguientes hechos:

Desde el cerro Huatepec hacia el poniente la estratigrafía evidencia un hundimiento probablemente regional de una decena de metros, al buzar los estratos levemente en esa dirección.

Resalta la presencia de 10 erupciones pumíticas, en los primeros 30 m de profundidad.

Ello permite inferir la incidencia de una lluvia de cenizas volcánicas en esta parte del valle cada 10 000 años; se detectaron también varios niveles de arenas de playa asociadas a oscilaciones en los niveles del antiguo lago.

Así mismo se reconocieron por lo menos dos suelos relacionados con desecamiento del lago en los últimos 9 000 años: uno que varía de 3 a 10 m de profundidad de oriente a poniente, otro que varía en profundidad de 15 m en el oriente a más de 20 m al poniente del cerro de Huatepec,

siendo esta la zona de mayores hundimientos. Cada uno de los dos suelos debe haber estado originalmente a la misma altura.

La secuencia propiamente lacustre termina a la profundidad de unos 40 m; siguen abajo arenas y limos que indican ambientes fluvio-aluviales.

Del análisis del sondeo localizado al E de los domos Huatepec y Tepetzingo, se concluye que secuencias aluviales deltaicas, provenientes del oriente y norte, cubren en el Reciente a la secuencia lacustre que rodea a estos domos, que fueron islotes en las postrimerías del Pleistoceno.

También se registran avances de depósitos fluvio-aluviales a profundidades entre 20 y 30m.

Geotecnia

El estrato más importante del suelo que influirá en el desarrollo del aeropuerto es la Formación Arcillosa Superior (FAS). Debido a sus características de baja resistencia y alta compresibilidad, se han realizado diversos estudios a fin de conocer el comportamiento esperado de las cimentaciones, los asentamientos naturales, y debido al peso propio, las construcciones, a corto, mediano y largo plazo, así como la respuesta sísmica de los edificios, pistas de aterrizaje y las instalaciones de apoyo. La FAS cubre todo el sitio, siendo que con base en la información geotécnica disponible se considera que en la zona Nororiente del predio, la FAS alcanza un espesor de aproximadamente 18m y al Sur poniente alcanza hasta 35m de espesor.

El nivel freático en el sitio tiene altas concentraciones de cloruros y sulfatos y presenta un riesgo importante para el concreto y estructuras de acero debido a su severo potencial de corrosión.

El sitio es afectado por el hundimiento regional que el Valle de México ha experimentado en los últimos cien años debido a la extracción continua del agua freático con fines de abastecimiento.

La profundidad del nivel freático es de aproximadamente 1m por debajo del nivel existente.

Basado en los datos de asentamientos disponibles, el sitio registra actualmente una tasa de hundimiento de unos 12 a 16 cm/año en el Norte del sitio, y alrededor de 16 a 22 cm/año en el Sur del sitio.

La estratigrafía y las propiedades de los suelos fueron estudiados en la segunda mitad del siglo pasado, por Nabor Carrillo, Raúl Marsal, Marcos Mazarí y Leonardo Zeevaert, quienes realizaron la interpretación de la secuencia estratigráfica de los depósitos lacustres, y R. Marsal y M. Mazarí

en sus investigaciones incluyen los primeros planos de zonificación de los suelos, dando pauta a las investigaciones posteriores sobre el subsuelo de la Ciudad de México.

La secuencia de los suelos de acuerdo a las investigaciones de N. Carrillo, L. Zeevaert, R. Marsal, M. Mazarí, E. Santoyo, G. Springall y otros es la siguiente:

- a) **Costra Superficial (CS):** usualmente de arcilla desecada y/o consolidada, que en algunas partes está cubierta con rellenos artificiales de espesor variable. Los rellenos tienen varios metros de espesor en el Centro Histórico. Hacia las orillas del lago esta capa es casi inexistente. En el NAICM se pueden encontrar rellenos de escombros de varios metros en parte de la pista 2, o en el trazo de antiguos caminos.
- b) **Formación Arcillosa Superior (FAS):** compuesta por arcillas de consistencia blanda a muy blanda, con altos contenidos de agua, con espesores entre los 17m al norte de pista 3 y 31 m al sur de pista 2, con intercalaciones de lentes delgados de arena volcánica y pómez. En algunas zonas de la ciudad está fuertemente afectada por sobrecargas superficiales y el bombeo. En una parte de la pista 2 del NAICM se encuentra parcialmente consolidada por el depósito de escombros, y en su parte inferior por la extracción de agua.
- c) **Capa Dura (CD):** separa a las dos formaciones arcillosas, compuesta de limos arenosos con algo de arcilla y gravas, de espesor muy variable, entre 1 m al sur de pista 2 y de 6 m al norte de pista 3 del NAICM.
- d) **Formación Arcillosa Inferior (FAI):** compuesta por una secuencia de arcillas más consolidadas con intercalaciones de lentes limo arenosos y gravillas, que alcanza un espesor de 15 m en el centro del lago y prácticamente desaparece hacia las orillas.
- e) **Depósitos Profundos (DP):** constituida por materiales granulares, gravas y arenas aluviales, con algunos lentes de arcilla limosa cementada con algo de carbonato de calcio.

Actualmente estos depósitos profundos se dividen en una Serie Estratificada Superior (SES), Formación Arcillosa Profunda (FAP) y Serie Estratificada Inferior (SEI), y aunque desde el punto de vista de comportamiento estructural y geotécnico tienen poca relevancia, deben ser tomados en cuenta para estudios de asentamientos y subsidencia regionales debidos a la extracción de agua de pozos profundos.

De acuerdo a la zonificación geotécnica de la Ciudad de México indicada en las NTCDF, el área del NAICM se ubica en la zona III o Lago, constituida por potentes depósitos de arcilla altamente compresible, separados por capas arenosas con contenido diverso de limo o arcilla. Las capas

arenosas son medianamente compactadas a muy compactadas y de espesor variable de centímetros a varios metros.

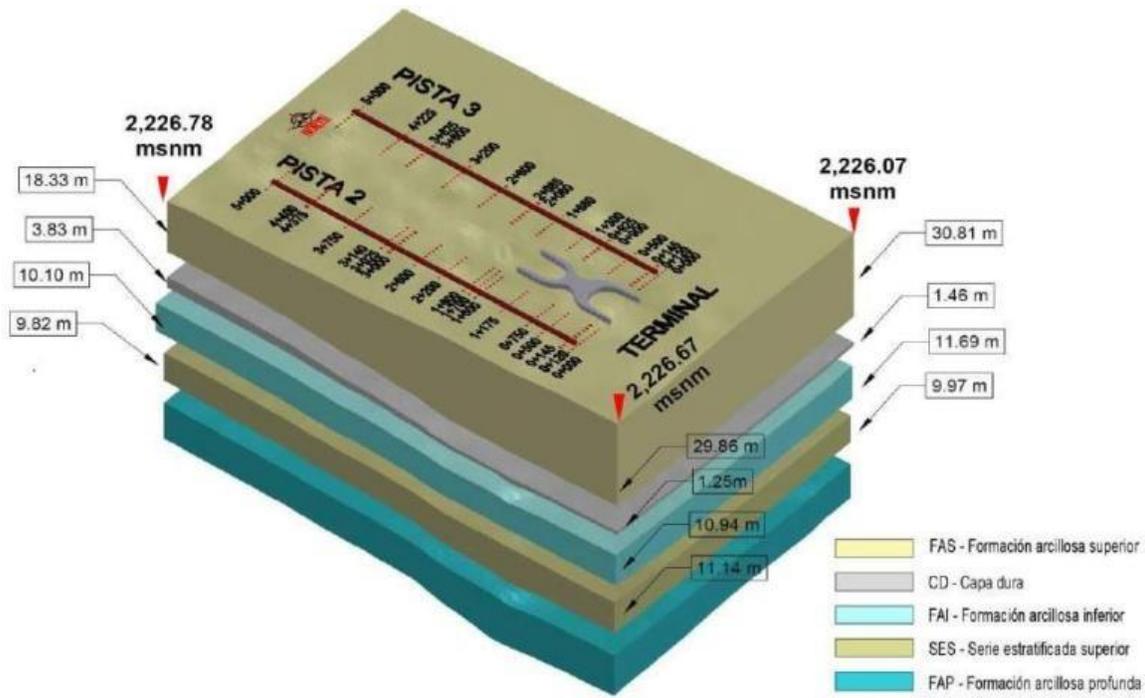


Imagen 49 Zonificación geotécnica de la zona del NAICM (Espesores y elevaciones de 2016, antes de precarga).

Fuente: Dirección Corporativa de Ingeniería y Proyectos de Infraestructura; NAICM, Opinión del comportamiento observado en las zonas de instrumentación. (2017). [Imagen]. En CFE.

Pistas y Plataforma

Para el diseño seleccionado

Criterios de evaluación:

1. Criterios de OACI para la resistencia del pavimento y asentamientos residuales
 - Requerimiento de pendiente longitudinal y transversal para los pavimentos (en el orden de pendiente de 1% a 1.5%, transversal)
2. Robustez (Ciclo de mantenimiento):
 - Actividades de mantenimiento mayores cada 5-8 años
 - Reacondicionamiento de pavimentos cada 20 años
3. Tecnología probada

- Técnicas utilizadas satisfactoriamente en otros proyectos

4. Tiempo

El objetivo es tener un tiempo de precarga de 12 meses, si es posible desde un punto de vista geotécnico, para poder ligarlo con los programas de construcción de los contratistas

5. Costo

Minimizar costos de construcción y mantenimiento.

Criterios de la OACI

Tabla 20 Criterios de la OACI para la resistencia del pavimento y asentamientos residuales.

Irregularidades de la superficie	Máxima longitud aceptable de irregularidades (m)								
	3	6	9	12	15	20	30	45	60
Máxima altura o profundidad de irregularidad superficial (cm)	3	4	4	5	5.5	6	6.5	8	10
Altura o profundidad de irregularidad superficial temporalmente aceptable (cm)	4	6	6.5	7.5	8	9	11	13	15
Pendiente calculada	1%	1%	0.44%	0.42%	0.37%	0.30%	0.22%	0.18%	0.17%

Fuente: Dirección Corporativa de Ingeniería y Proyectos de Infraestructura; NAICM, Opinión del comportamiento observado en las zonas de instrumentación. (2017). [Imagen]. En CFE.

De los 11 métodos de mejoramiento de suelo considerados, se eligieron 5 opciones, las cuales fueron las más apropiadas para evaluación del proyecto.

Tabla 21 Evaluación de Alternativas

No.	Alternativas a Evaluar
1	Precarga
2	Vacío
3	Inclusiones Rígidas
4	Semi-compensada
5	Postensada

Precarga

Aplicar al suelo una carga mayor a la que aplicará la estructura del pavimento en servicio causará consolidación. Esto da como resultado un mejoramiento de las propiedades de suelo y una reducción en los asentamientos post-construcción.

Objetivo: mejorar la rigidez del subsuelo aplicando un esfuerzo mayor (Presforzar) al que aplicará el pavimento.

Presforzar mediante la colocación de material granular pesado (sobrecarga).

Precarga con sistema de drenaje

Es posible aumentar la eficiencia de la precarga instalando previamente un sistema de drenaje constituido por drenes verticales o trincheras drenantes. El sistema, inicialmente inerte, se vuelve activo cuando se carga el suelo. Los drenes verticales, generalmente colocados en tresbolillo, pueden ser de arena o prefabricados (cartón o plástico). Para el diseño de sistemas de drenes, puede recurrirse a los conceptos indicados por Covarrubias (1972) y Stamatopoulos y Kotzias (1990). La experiencia ha mostrado que los drenes verticales son menos eficientes cuando el suelo contiene una proporción significativa de materia orgánica y que por tanto existe una consolidación secundaria importante.

Los drenes de arena son más costosos que los drenes prefabricados, pero presentan la ventaja de que son más eficientes y contribuyen en cierta medida a reforzar el suelo y a uniformar su compresibilidad. Una condición para que los drenes cumplan eficientemente con su función es que el procedimiento constructivo de los mismos evite en todo lo posible el remoldeo del suelo circundante (Casagrande y Poulos, 1969). En efecto, el remoldeo tiende a reducir la permeabilidad y a aumentar la compresibilidad del suelo.

Los suelos tratados con drenes se recubren siempre con una capa drenante con un espesor de por lo menos 0.5 a 1 m y, en todo caso, superior al asentamiento esperado.

Debe preverse el drenaje de esta capa hacia cárcamos de bombeo laterales mediante trincheras drenantes transversales que pueden estar espaciadas de varias decenas de metros.

Es conveniente que el material de la capa drenante sea ligero tomando en cuenta que una parte importante del mismo permanecerá en el sitio después de remover la sobrecarga. Se puede minimizar su peso volumétrico usando criterios de selección de materiales semejantes a los usados en la técnica de compensación parcial. Esta capa se coloca generalmente antes de

construir los drenes para facilitar el tránsito de los equipos de perforación y de servicio. Para evitar la incrustación de la capa drenante en el suelo blando, es necesario apoyarla sobre un lecho de geotextil o una combinación de geotextil y geomalla.

Vacío

Objetivo: mejorar la rigidez del subsuelo aplicando un esfuerzo mayor (Presforzar) al que aplicará el pavimento.

- Presforzar al crear presión por vacío en el suelo.
- Probado en tramos de prueba en el sitio del proyecto.

Inclusiones rígidas

Objetivo: transferir la carga de pavimento a capas del suelo más profundas y rígidas por medio de pilotes de fricción

- Probado en uno de los tramos de pruebas en el sitio del proyecto.

Semi-compensada

- Limitar la carga de la estructura del pavimento para compensar el peso del mismo.
- Excavar el suelo y reemplazarlo con material ligero
- Probado en una de las áreas de pruebas en el sitio del proyecto

Postensada

- Casetones de celdas postensados pre-forzados
- Probado en uno de los tramos de prueba en el sitio del proyecto en 2015.
- Objetivo: crear un pavimento rígido flotante

Tabla 22 Matriz Evaluación de Alternativas Consolidación Suelo NAICM

	Rendimiento respecto OACI	Robustez	Tecnología probada	Programa	Costo
Precarga	Bueno	Alto	Probada en aeropuertos	Comparado razonablemente con el proyecto entero	Material de recarga usado como agregado de construcción.
Vacío	Bueno	Alto	Probado en aeropuertos para confirmar idoneidad en instalaciones en elevada altitud.	Reduce consolidación de tiempo	Reduce la cantidad de precarga, pero mayor costo del sistema.
Inclusiones Rígidas	Bueno	Alto	No probado en construcción de aeropuertos	Duraciones de construcción largas debido a complejidad en instalación.	Alto costo de materiales e instalación.
Semi-compensada	Mal	Alto	Probado en aeropuertos	Duraciones de construcción largas debido a excavaciones profundas.	Alto costo de excavación y logística.
Postensada	Mal	Baja	Resultados variados de diferentes aeropuertos, pero un número limitado.	No periodo de consolidación y excavación limitada.	Excavaciones limitadas y grandes cantidades de concreto

Fuente: Dirección Corporativa de Ingeniería y Proyectos de Infraestructura; NAICM, Opinión del comportamiento observado en las zonas de instrumentación CFE.

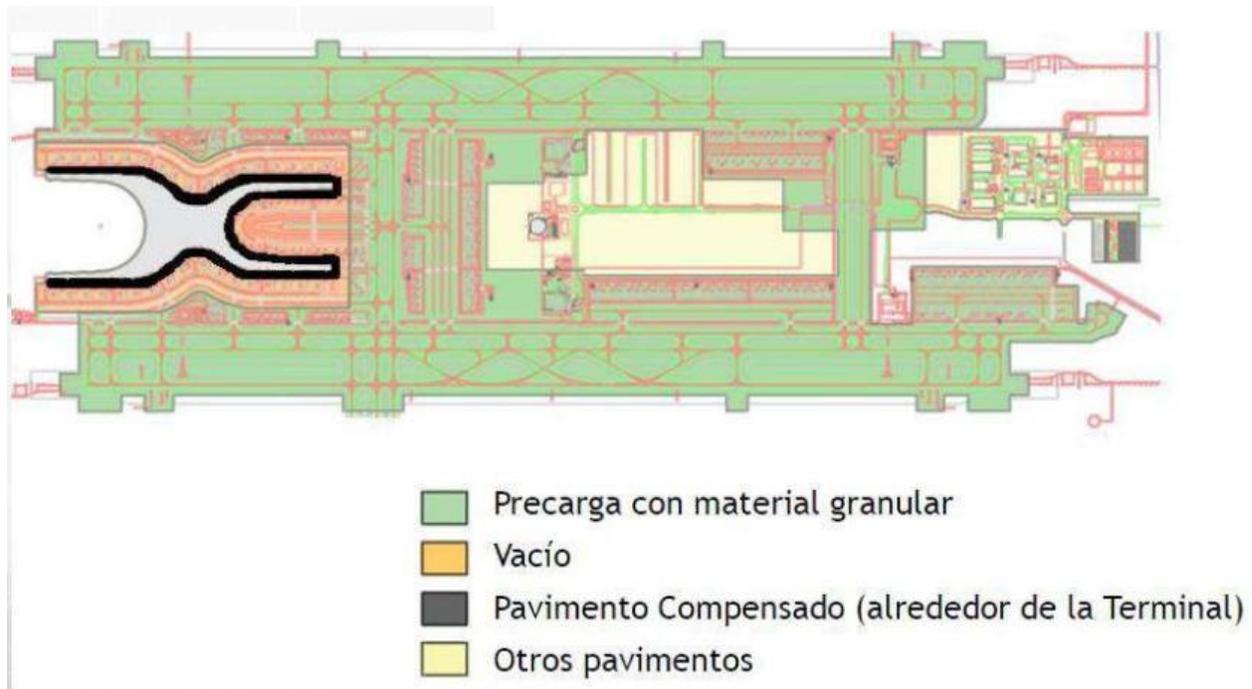


Imagen 50 Aplicación de precarga y de vacío en el proyecto NAICM

Fuente: Dirección Corporativa de Ingeniería y Proyectos de Infraestructura; NAICM, Opinión del comportamiento observado en las zonas de instrumentación. (2017). [Imagen]. En CFE.

Vacío para la plataforma comercial

Requisito de asentamientos residuales (después de la construcción) estricto para la conexión con la Terminal.

En términos de estabilidad: limitado espacio disponible para sobrecargar en la interfaz con la terminal.

La consolidación por vacío reduce los desplazamientos laterales en relación con el edificio terminal.

Conclusiones

- Se requiere la mejora de suelo para cumplir con los requisitos de aviación para el pavimento. Después de realizar un estudio y evaluación, se identificaron las mejores opciones para el mejoramiento de suelo:
 - Precarga para pistas y calles de rodaje.
 - Consolidación por vacío para plataformas comerciales.
- La precisión de la predicción del comportamiento de asentamiento incrementa con la implementación del método observacional.
- El nuevo diseño representa una mejora significativa en comparación con el aeropuerto actual.

Debido a que los asentamientos del suelo no se presentan en forma uniforme y en consecuencia se observan asentamientos diferenciales en zonas específicas de ambas pistas, el diseñador solicitó una modificación al proyecto original, mediante la colocación o tiro de capas adicionales de precarga, para pista 2 se colocara tres capas adicionales de material de precarga (3ra, 4ta y 5ta PRC) en capas de 50 cm cada una, alcanzando una altura aproximadamente de 5.50 m, para pista 3 se deberá colocar cuatro capas adicionales de material de precarga (3ra, 4ta, 5ta y 6ta PRC) alcanzando una altura aproximadamente de 6 m, éstas capas adicionales se colocarán en zonas específicas, con la finalidad de aumentar y acelerar los asentamientos de esas zonas, conjuntamente con la instalación de un sistema de drenaje constituido por drenes verticales prefabricados.

Por lo cual el proceso constructivo constará de una serie de capas de material de, precarga, desde tezontle hasta la última capa de sobrecarga, dividiéndose de la siguiente manera:

1ra Capa de Tezontle con un espesor de 0.50 m.

2da Capa de Tezontle con un espesor de 0.50 m.

3ra Capa de Tezontle (3A) con un espesor de 0.50 m.

3ra Capa de Tezontle (3B) con un espesor de 0.50 m.

1ra Capa de material pesado (1A) con un espesor de 0.50 m.

1ra Capa de material pesado (1B) con un espesor de 0.50 m.

2da Capa de material pesado (2A) con un espesor de 0.50 m.

2da Capa de material pesado (2B) con un espesor de 0.50 m.

3ra. Capa de material pesado (3ra PRC) con un espesor de 0.50 m.

4ta, Capa de material pesado (4ta. PRC) con un espesor de 0.50 m.

5ta. Capa de material pesado (5ta. PRC) con un espesor de 0.5 m.

6ta. Capa de material pesado (6ta. PRC) con un espesor de 0.5 m.

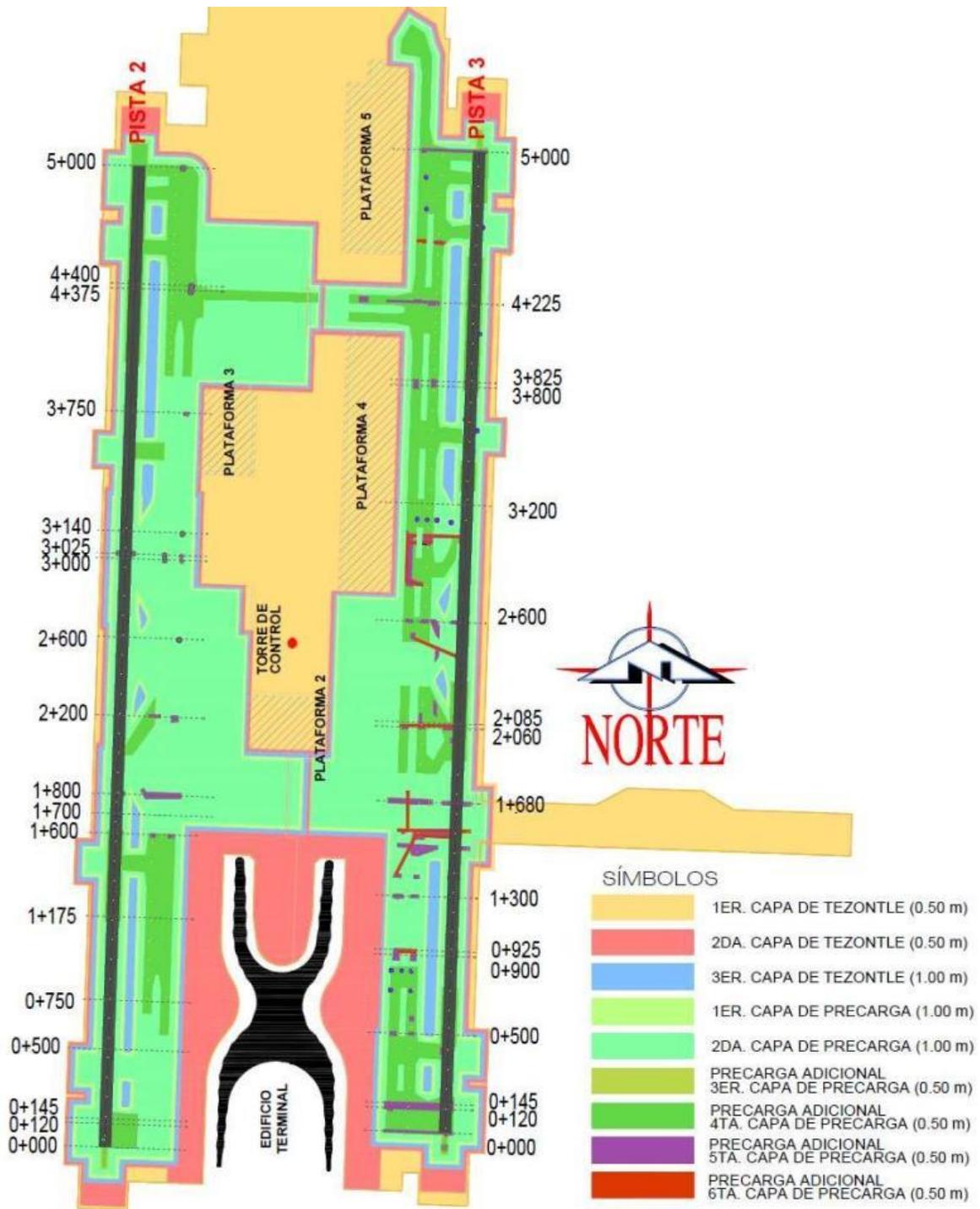


Imagen 51 Capas adicionales de materiales de precarga (sobrecarga) para pistas 2 y 3

Fuente: Dirección Corporativa de Ingeniería y Proyectos de Infraestructura; NAICM, Opinión del comportamiento observado en las zonas de instrumentación. (2017). [Imagen]. En CFE.

Salinidad

La salinidad de la zona del Lago de Texcoco presenta niveles altos. Debido a esto las estructuras de concreto reforzado construidas en la zona podrían sufrir problemas de corrosión. Es por lo tanto necesario tomar las medidas adecuadas para protegerlas y asegurar su mantenimiento y funcionalidad en el largo plazo.

Algunas características sobre la salinidad del suelo dentro de la zona estudiada se refieren a la agresividad del suelo, y cloruros, sulfatos y PH existentes, por lo cual en la planeación de estructuras se deberá contar con materiales capaces de resistir dicha exposición. La protección al concreto contra el ataque de los sulfatos debe darse mediante la adopción de medidas preventivas en la etapa de construcción de las estructuras. Las principales medidas de prevención que se pueden adoptar son: producir concreto denso e impermeable y utilizar un cemento cuya composición química lo haga resistente.

Para incrementar la durabilidad de las estructuras de concreto reforzado se emplean altos consumos de cemento portland resistente a los sulfatos y cenizas volantes, bajas relaciones agua/cementante, agregados pétreos densos y aditivos fluidificante para alcanzar mezclas de concreto con la consistencia requerida. Adicional a esto para corroborar y actualizar las características de los suelos el Instituto de Ingeniería llevó a cabo el estudio de "Salinidad y estructuras" donde se determinó mediante muestreo los niveles de salinidad y se propusieron los materiales y sistemas constructivos más adecuados, los cuales se verifican mediante pruebas de laboratorio el desempeño de los concretos y materiales propuestos, así como las características de los materiales componentes del concreto.

V.1.8. Cimentación de la Torre de Control (TCTA)

La Torre de Control de Tráfico Aéreo (TCTA) del Nuevo Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México (NAICM) está ubicada al norte de la terminal de pasajeros principal, tendrá 90 metros de altura aproximadamente y estará aislada en su base con soportes de triple péndulo de fricción. La base o cimentación de la torre está compuesta por cajón y pilotes de fricción.



Imagen 52 Torre de Control NAICM

Fuente: Foster y Partners (2016).

Características

- Péndulo invertido de 90m.
- 65m de diámetro de cimentación vs 9m diámetro torre.
- Periodo de retorno de 2475 años para eventos sísmicos.
- Montada sobre 12 aisladores sísmicos.

Configuración estructural de la TCTA y del edificio de oficinas

Foster y Partners (2016-a) indican:

“La TCTA es una estructura de acero con refuerzos diagonales que mide 87.6 m de alto.

La masa total de la estructura, y por lo tanto las fuerzas sísmicas generadas, se minimizan con este esquema. Se evaluaron otros esquemas alternativos con núcleos de concreto estructural, pero fueron descartados debido a poseer mayor masa, lo que hubiera provocado fuerzas mayores.

El mástil principal se extiende desde el nivel de los +0.00 m hasta los +59.80 m. La estructura del mástil está soportada por doce columnas dispuestas en una circunferencia de aproximadamente 8.5 m de diámetro con 30 grados de separación lateral. La altura de los pisos intermedios del mástil es, normalmente, de 2.9 m. En estos niveles un anillo de vigas estructural une a todas las columnas junto con el refuerzo diagonal de acero. Debido a la presencia de un sistema de aislamiento en la base, el armazón es ordinario de refuerzos concéntricos. (OCBF).

El control de la plataforma y las salas de control técnico se ubican desde el nivel 3.1 (+59.80 m) hasta el nivel del techo (+87.50 m) de la torre. Serán suministrados amortiguadores de masa ajustados para controlar las aceleraciones debidas a movimientos por viento, inmediatamente debajo del nivel 3.1. El núcleo de acero de la estructura del mástil principal se extiende desde estos niveles hasta el nivel 7 (sala de control visual), localizado a +81.00 m, es soportado por perímetro de montantes y carece de columnas a su interior. El diámetro general de la cabina es de alrededor de 18.5 m.

Los pisos a lo largo de la superestructura son de concreto compuesto ligero en placa de metal apoyado en vigas de acero que se extienden de forma radial desde el centro de la torre.

La TCTA incluye un edificio de apoyo de dos pisos en forma de dona dispuesto de manera concéntrica alrededor de la torre. Tiene un diámetro exterior de 65 m y un diámetro interior de alrededor de 33 m. La estructura del edificio de apoyo es de armazón de acero con losas de concreto compuesto ligero. El sistema estructural lateral consiste en marcos concéntricos reforzados dispuestos en líneas radiales y perimetrales alrededor del edificio.

El edificio base está apoyado en una cimentación común a la de la torre, pero no está aislado en su base. Se suministra una junta de movimiento entre la torre y el edificio base”.

A continuación, se muestra la vista general de la forma arquitectónica (izquierda) y del sistema estructural (derecha) de la TCTA.



Imagen 53 Vista general de la forma arquitectónica (izq.) y del sistema estructural (der.) de la TCTA, NAICM

Fuente: Foster y Partners (2016).

Configuración de la cimentación de la TCTA

Foster y Partners (2016-a) indican:

“La estructura principal del mástil está unida a la cimentación a través de doce armazones de transferencia (o vigas: esto depende del diseño en desarrollo) que se extienden radialmente hacia afuera desde la torre y que se apoyan en doce soportes aislantes ubicados alrededor de un anillo de cerca de 29 metros de diámetro. Estos armazones o vigas distribuyen a la cimentación las cargas que entrega la torre para incrementar el brazo de momento para reducir las reacciones verticales y las potenciales elevaciones de los aisladores. Los armazones de transferencia están diseñados como secciones cerradas de acero con una profundidad total (del armazón) de 5.5 metros aproximadamente. Los aisladores están apoyados en sus extremos inferiores por una placa de concreto celular con muros radiales.”

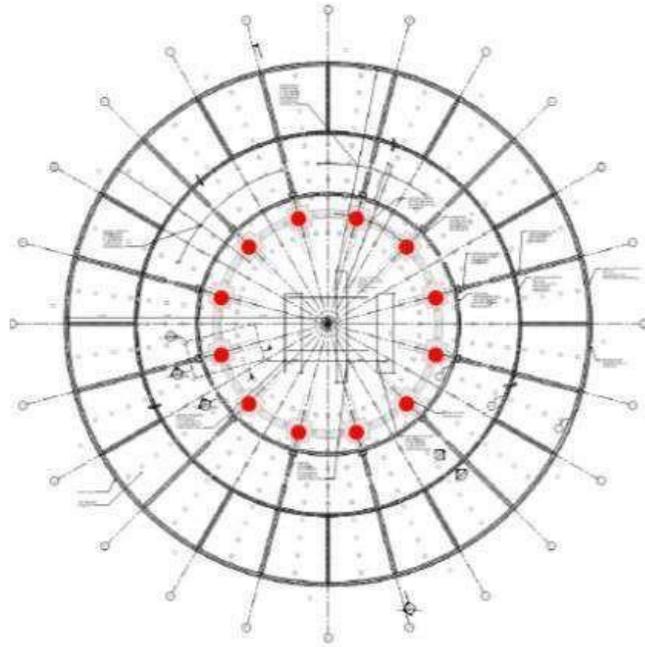


Imagen 54 Plano de los cimientos que muestra la ubicación de los soportes de aislamiento (en rojo) NAICM

Fuente Foster y Partners (2016).

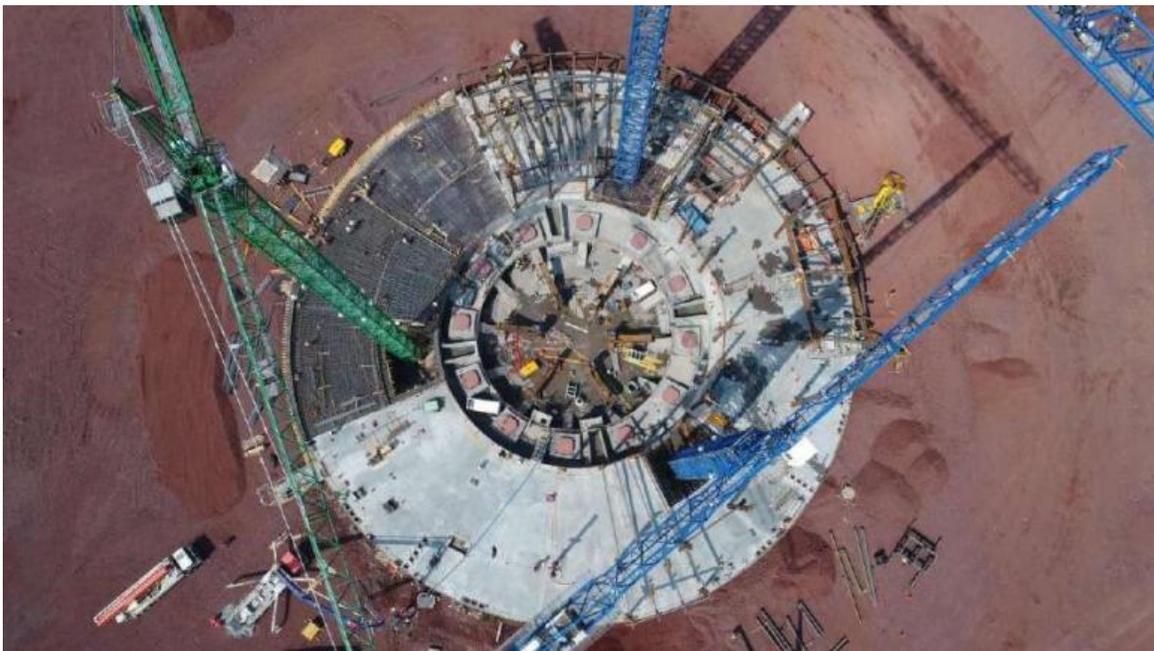


Imagen 55 Imagen de los cimientos en sitio NAICM

Fuente: (2016). [Imagen]. En GACM.

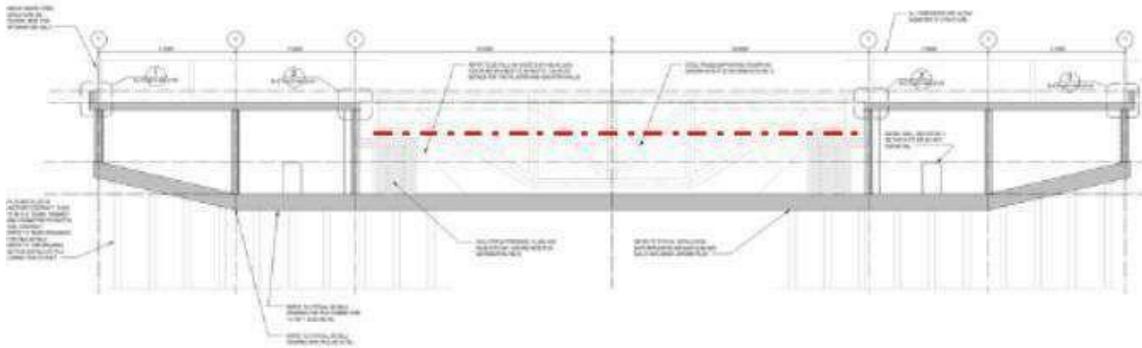


Imagen 56 Sección transversal del cimiento de la TCTA. Incluye vigas de transferencia radial, ubicación de soplano de aislamiento (línea roja discontinua)

Fuente Foster y Partners (2016).

La placa de concreto celular reforzada tiene alrededor de 5.5 metros de profundidad desde el nivel de superficie existente en el centro y va describiendo, al extenderse hacia sus extremos, una forma ahusada: en los bordes exteriores la profundidad es de 3.5 metros.

Está diseñada para lograr una compensación del 90% (aproximadamente) del peso del edificio para reducir el asentamiento diferencial de largo plazo entre el edificio de la TCTA y el terreno adyacente. Está formada por una losa-base de 1 metro de grueso y por una serie de muros radiales y perimetrales. Los muros perimetrales están ubicados de manera que proporcionen soporte a la superestructura de arriba junto con los muros internos que soportan el anillo de los 12 aisladores de la torre (mencionados más arriba) y son los más que tienen mayor grosor. Los muros radiales de concreto también están alineados con la ubicación de los aisladores y se extienden fuera hacia el perímetro a 30 grados de la intersección con los muros perimetrales interiores. En las ubicaciones de los aisladores los muros radiales se estrechan hacia el centro de la placa de cimentación a manera de contrafuertes para permitir una mejor distribución de la carga del aislador al tiempo que aloja el talud del perfil inferior de las estructuras de transferencia de acero. Se proporcionan muros radiales adicionales a 15 grados del perímetro del primer muro circunferencial para reducir el periodo de la losa del nivel 1 y proporcionar soporte a las columnas de la base del edificio que se ubican encima.

La parte superior de la placa de cimentación celular está compuesta por una losa de concreto reforzado suspendido de 0.5 metros de grosor que se extiende entre los muros radiales y los muros perimetrales que soportan la planta baja del complejo de la TCTA.

La longitud de las estructuras de transferencia y las ubicaciones y grosores de los muros se han optimizado para equilibrar la estabilidad del conjunto cimentación-torre y para proyectar hacia

afuera la distribución de las grandes cargas de los aisladores al tiempo que reducen la profundidad de la cimentación para minimizar la excavación.

Se utilizan pilotes de fricción superficial (orientados para terminar a 5 metros (aproximadamente) de la capa dura de suelo) para reducir las demandas de soporte en el suelo. Esto permite un asentamiento a largo plazo sin que los pilotes de fricción se apoyen en la capa dura del suelo.

La siguiente figura muestra la disposición de los pilotes (480 piezas de perfil cuadrado de 400 mm). Los pilotes son pretensados para minimizar fracturas. El pretensado total de cada pilote (después de pérdidas) es de aproximadamente 1,100 kN (6.9E6 Pa o 1000psi).

Los pilotes están diseñados para lograr un balance entre resistencia y rigidez al tiempo que permiten un asentamiento compatible de la torre en el terreno circundante. La disposición consiste en pilotes espaciados regularmente a lo largo de líneas radiales reticulares que resultan en una agrupación menos espaciada de los pilotes debajo de la ubicación de los aisladores de la torre. Los pilotes más espaciados están en la parte exterior de la disposición en trama de los pilotes para ayudar a incrementar el brazo de momento bajo la retícula de la losa y soportar así las cargas –más ligeras- de los edificios de servicio. Para lograr el esquema más eficiente, no hay pilotes bajo la zona central de la retícula: no soporta en ese punto cargas de la superestructura.

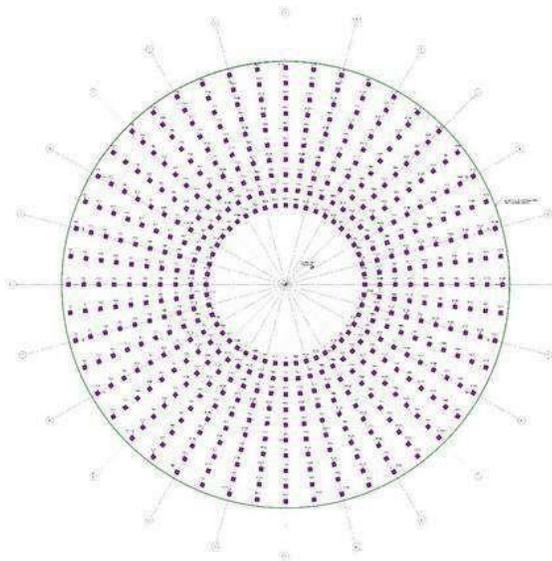


Imagen 57 Sistema de distribución de pilotes de la TCTA,
Fuente: Foster y Partners (2016).

Los pilotes están estructuralmente conectados con la placa de concreto (cabezal libre).

La parte baja de la placa descansa sobre un relleno de 1 metro de tezontle.

Foster y Partners (2016-b) indican:

“Las armaduras de transferencia son de acero y tienen una profundidad total de 5.5 metros”.

Las siguientes figuras muestran el entramado de los doce armazones de transferencia o vigas, que se extienden radialmente hacia afuera desde la torre y que se apoyan en doce soportes aislantes ubicados alrededor de un anillo de cerca de 29 metros de diámetro.

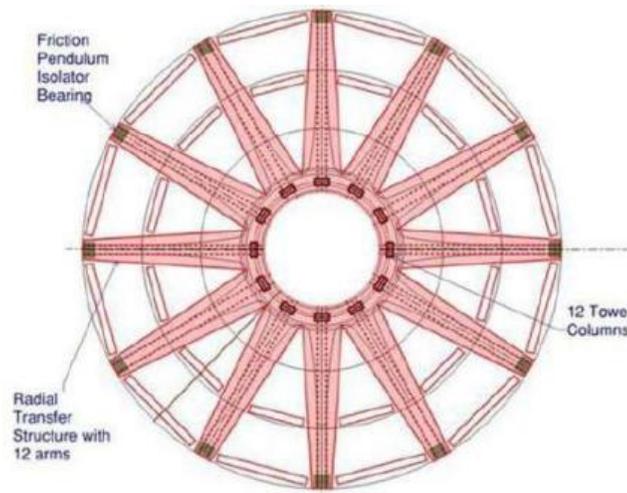


Imagen 58 Vigas de transferencia radiales y concepto preliminar de aislamiento en la base, NAICM
Fuente: Foster y Partners (2015).

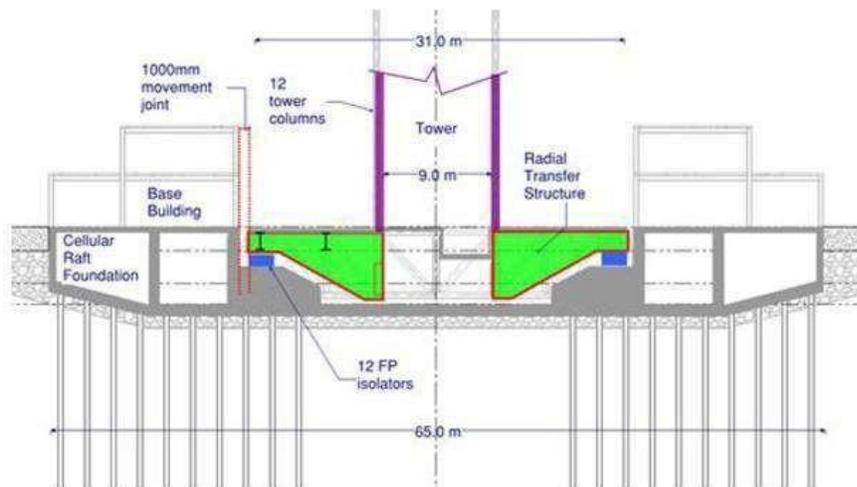


Imagen 59 Vista transversal de la cimentación de la TCTA. Se muestran las vigas radiales de transferencia (en las ubicaciones de los soportes (en azul))

Fuente: Foster y Partners (2015).

V.2. Aeropuerto Internacional Felipe Ángeles (AIFA)

V.2.1. Antecedentes

Después de las elecciones del 2018 se abrió la posibilidad de la cancelación del NAICM, esto generó una serie de reacciones tanto a favor como en contra de esa propuesta en los diferentes sectores de la población, entre los que destacan: especialistas ambientales y de infraestructura, miembros del sector empresarial y funcionarios públicos, organismos internacionales y de la sociedad en general.

Los argumentos en pro de la construcción del NAICM destacan el grado de avance de las obras, los efectos económicos multiplicadores como la creación de empleos para su construcción y funcionamiento, el elevado número de contrataciones y licitaciones, los altos costos que implicaría la indemnización por la cancelación de contratos.

En tanto que los argumentos en contra de la construcción destacan la opacidad de los contratos y licitaciones, inversiones cuantiosas y altos costos de mantenimiento, por el hundimiento de los suelos y destrucción de los cerros aledaños para rellenar el terreno. En lo que respecta a la ubicación de la obra, los argumentos a favor destacan: el rescate de la región del ex lago de Texcoco.

Después de cancelar el proyecto del Nuevo Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México, el Gobierno Federal anunció la transformación de la Base Aérea Militar de Santa Lucía en el Aeropuerto Internacional Felipe Ángeles. Este proyecto pretende resolver de forma adecuada la alta demanda de servicios aeronáuticos de la Zona Metropolitana del Valle de México, para ello, integrará junto al Aeropuerto internacional de la Ciudad de México y al Aeropuerto internacional de la Ciudad de Toluca un sistema aeroportuario de primer mundo.

El nuevo aeropuerto inició su construcción el 17 de octubre de 2019 y se espera inaugurar el 21 de marzo de 2021. Tendrá una capacidad inicial para 20 millones de pasajeros y un costo de 78 mil millones de pesos. Será la SEDENA (Secretaría de la Defensa Nacional) la encargada de construir este aeropuerto bajo el proyecto del Arq. Francisco González Pulido.

La Base Aérea Militar No. 1 Santa Lucía, Estado de México, cuenta con un terreno de 2,331 hectáreas, destinando 1,531 de ellas para dicho aeropuerto y el resto para la reubicación de las instalaciones del Ejército y Fuerza Aérea Mexicanos que actualmente se encuentran en esta Base Aérea Militar.

Se prevé construir este aeropuerto en dos fases. La primera se estima que esté en operación dentro de un periodo de tres años atendiendo una demanda de 20 millones de pasajeros anuales, así como 470 mil ton/año de carga, con la ampliación de la pista existente y la construcción de dos pistas más, destinando una de estas para uso militar, así como calles de rodaje, plataformas, torre de control, terminal de pasajeros e instalaciones para servicios complementarios y comerciales.

3 pistas de aterrizaje, 1 terminal de combustibles 21 millones de litros.

La segunda fase, con la cual se alcanzará una capacidad de 80 millones de pasajeros anuales, contempla la ampliación de la terminal de pasajeros, calles de rodaje, plataformas, zona de carga para lograr el movimiento de 700 mil toneladas al año e instalaciones de servicios complementarios y comerciales.

La Base de la Fuerza Aérea de Santa Lucía (IATA: NLU, ICAO: MMSM) es un aeropuerto que atiende el área general de la población de Santa Lucía en México.

El Proyecto del Aeropuerto Internacional Felipe Ángeles consta de tres componentes principales:

a) Construcción de un aeródromo civil que funja como aeropuerto complementario al AICM para vuelos nacionales e internacionales de pasajeros, así como de carga. La infraestructura incluye los siguientes elementos:

- Dos pistas para servicio de transporte aéreo de pasajeros y de carga.
- Cuatro edificios terminales de pasajeros en tres etapas: la primera etapa incluye un edificio terminal con 38 posiciones de contacto para entrar en funcionamiento en 2021; la segunda etapa incluye un segundo edificio terminal para entrar en operaciones en 2022, y la tercera etapa considera el desarrollo de dos edificios adicionales para crecimiento futuro, en un horizonte de 30 años.
- Estacionamiento en cada edificio terminal para 4,000 vehículos.
- Torre de control.
- Dos instalaciones para el Servicio de Salvamento y Extinción de Incendios (SSEI).
- Servicios aeroportuarios.
- Hangares de mantenimiento y de reposición.
- Paquetería (ocurre).
- Aduana y terminal de carga.
- Servicio de combustibles.

- Patio de maniobras Bus y Cetram.
 - Aviación general y helicópteros.
 - Estación de servicio.
 - Servicios al pasajero.
 - Plataforma de aislamiento.
 - Plaza – Asta bandera.
 - Servicios administrativos.
 - Almacenes.
 - Hotel.
 - Comisariato.
 - Autoridades.
 - Planta de tratamiento de aguas residuales.
 - Planta de residuos sólidos urbanos.
- b) Reubicación de las instalaciones militares existentes actualmente en la Base Aérea Militar No. 1, que incluyen el Campo Militar No. 37-D. La reubicación incluye el desarrollo de la siguiente infraestructura:
- Construcción de una pista para uso militar exclusivamente.
 - Instalaciones de la Base Aérea Militar No. 1, a cargo de la Fuerza Aérea Mexicana (FAM).
 - Instalaciones de la Zona Militar No. 37-D, a cargo de la Secretaría de la Defensa Nacional (SEDENA).
 - Viviendas y servicios para la población residente en la Base Aérea Santa Lucía.
- c) Interconexión entre el AICM y el AIFA. El proyecto incluye la construcción de una vía de interconexión entre ambos aeropuertos, con dos carriles exclusivos para el transporte por autobús de los usuarios. La interconexión tiene una longitud de 45.7 km, partiendo de la Terminal 2 del AICM y siguiendo la ruta Periférico – Circuito Exterior Mexiquense, hasta la proximidad con el AISL.

El trazo preliminar para la interconexión del AICM con el AIFA, contempla utilizar un tramo de aproximadamente 8 km del camino perimetral del polígono del NAICM en Texcoco para generar ahorros en el presupuesto.

Tabla 23 Descripción de Alcances AIFA

Alcances	Desarrollo Inicial	Máximo Desarrollo
Pistas de aterrizaje	3	
Clave de referencia	4F	
Sistema de aproximación (ILS)	Categoría III-C	
Terminal de pasajeros	20 MD PAX	80 MD PAX
Terminal de carga	350 mil ton	700 mil ton
	10 contactos	20 contactos
Terminal de combustibles	25 millones lts	75 millones lts
Servicio de Salvamento y Extinción de Incendios (categoría 9)	2	
Posiciones de contacto	25	60
Posiciones remotas	12	20
Torre de control	80	
Estacionamiento	4000 vehículos	6,000 vehículos
Estación Intermodal de Pasajeros	1	

Fuente: INICIO DE ESTUDIOS Y TRABAJOS PRELIMINARES PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL AEROPUERTO INTERNACIONAL "GRAL. FELIPE ÁNGELES" (SANTA LUCÍA, EDO. MÉX.)*. (2019, 29 abril). [Imagen]. En Gobierno de México.

Tabla 24 Descripción de las fases del AIFA

	Fase 1 2002-2032	Fase 2 2032-2042	Fase 3 2042-2052
Operaciones anuales	119,571	245,529	484,432
Operaciones carga anual	7,833	20,05	50,017
Pasajeros (millones)	19.5	43.2	84.9
Carga	470,000	1,257,000	3,001,000
Combustible (L)	21,000,000	50,050,000	80,000,000
No posiciones de contacto	28	64	97
No posiciones remotas	12	27	77
No posiciones plataforma abierta	5	14	14
No posiciones carga	13	13	38
No posiciones aviación general	25	25	80

Fuente: "XXIII Reunión Nacional de Ingeniería de Vías Terrestres". (2021, 30 septiembre). [Proyecto y avances]. Proyecto y avances del Aeropuerto Internacional Felipe Ángeles, Oaxaca, México.

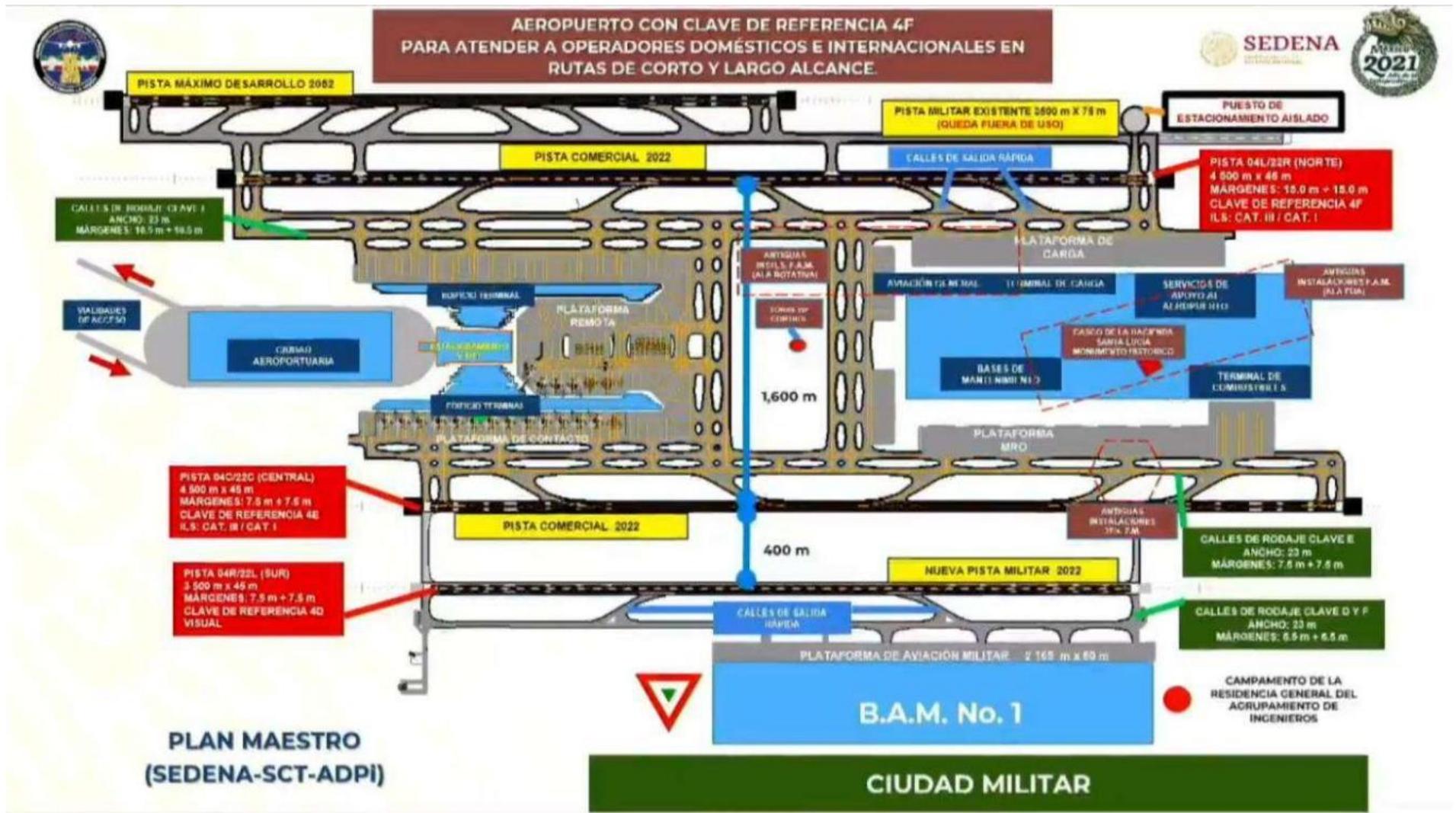


Imagen 60 Áreas que integran el AIFA, Plan Maestro

Fuente: "XXIII Reunión Nacional de Ingeniería de Vías Terrestres". (2021, 30 septiembre). [Proyecto y avances]. Proyecto y avances del Aeropuerto Internacional Felipe Ángeles, Oaxaca, México.

V.2.2. Ubicación

La ubicación regional del Proyecto “Aeropuerto Internacional Felipe Ángeles”, ubicado en el predio de la Base Aérea Militar No.1.

La Base Aérea Militar No. 1 está ubicada aproximadamente a 12 km al sureste (SE) de la cabecera municipal de Zumpango y a 35 km al norte del actual Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México. El domicilio oficial es Carretera Federal 85 México – Pachuca, km 42.5, Campo Militar No. 37-D, Santa Lucía, Zumpango, C.P. 55640, Estado de México.

La mayor parte del predio de la Base Aérea Militar No 1 pertenece al municipio de Zumpango; solo dos pequeñas porciones del predio (al este y sureste) de la Base Aérea pertenecen al municipio de Tecámac.

Actualmente, la Base Aérea Militar No. 1 tiene una superficie de 2,331 ha. Para el desarrollo del proyecto del Aeropuerto Internacional Felipe Ángeles, se considera la adquisición de terrenos aledaños como áreas de amortiguamiento acústico y de seguridad.

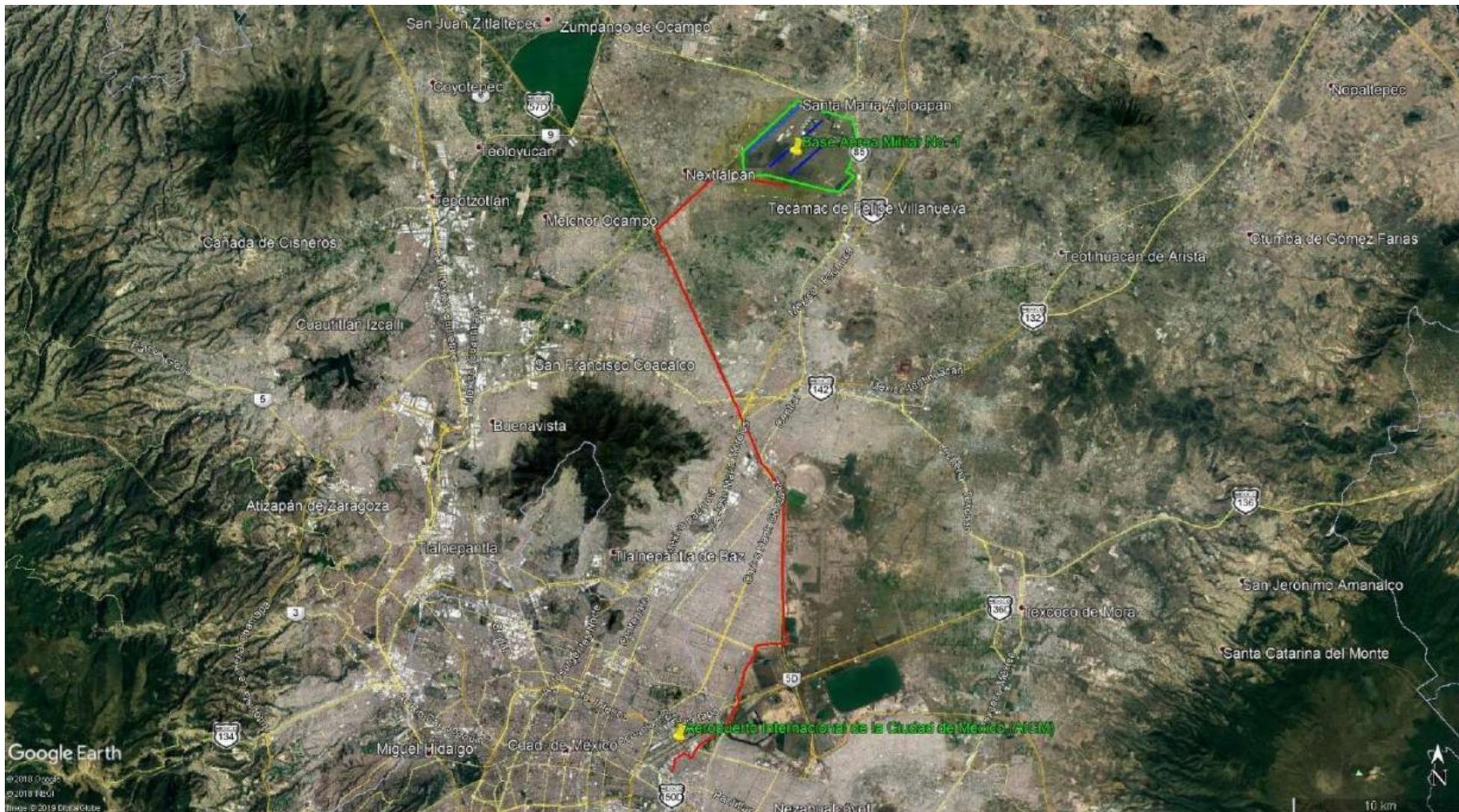


Imagen 61 Ubicación regional del Proyecto “Construcción de un Aeropuerto Mixto Civil / Militar con Capacidad Internacional en la Base Aérea Militar No. 1 (Santa Lucía, Edo. Méx.), su Interconexión con el AICM y Reubicación de Instalaciones Militares”.

Fuente: MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD REGIONAL, DEL PROYECTO “CONSTRUCCIÓN DE UN AEROPUERTO MIXTO CIVIL / MILITAR CON CATEGORÍA INTERNACIONAL EN LA BASE AÉREA MILITAR No. 1 (SANTA LUCÍA, EDO. MÉX.), SU INTERCONEXIÓN CON EL AICM Y REUBICACIÓN DE INSTALACIONES MILITARES”



Imagen 62 Ubicación de la Base Aérea Militar No. 1 (AIFA) en Santa Lucía, Estado de México.

Fuente: MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD REGIONAL, DEL PROYECTO “CONSTRUCCIÓN DE UN AEROPUERTO MIXTO CIVIL / MILITAR CON CATEGORÍA INTERNACIONAL EN LA BASE AÉREA MILITAR No. 1 (SANTA LUCÍA, EDO. MÉX.), SU INTERCONEXIÓN CON EL AICM Y REUBICACIÓN DE INSTALACIONES MILITARES”

V.2.3. Área de influencia

Para la delimitación del área de influencia y la ubicación estratégica del proyecto, se tomaron en cuenta las poblaciones cercanas que pueden verse afectas tanto negativa como positivamente, analizando primordialmente que el desarrollo del proyecto contribuirá de manera importante en las comunidades generando empleos para sus habitantes, generando su arraigo en la región y coadyuvando en la unión familiar, también se identifica que estas localidades serán beneficiadas de manera directa por medio de la mejora de servicios y equipamiento tecnológico e infraestructura, por lo que se espera que durante la operación del proyecto en la zona se mantenga una buena aceptación por parte de los habitantes, lo que a su vez también significa un incremento en el ingreso económico para las localidades. Sin embargo, también hay que aclarar que, con la ejecución de este proyecto, dichos habitantes pueden estar sujetos a una serie de efectos negativos relacionados con la generación de polvo, ruido, aumento en el riesgo de ocurrencia de accidentes (principalmente los relacionados con vehículos de transporte), tradiciones y costumbres locales.

San Francisco de Coacalco

Localización: El municipio de Coacalco se localiza en la parte norte central del Estado de México, limita al norte con Tultitlán, al sur con Ecatepec y la Ciudad de México, al oriente con Ecatepec y al poniente con Tultitlán. Las coordenadas de localización son: Latitud norte 19° 37' y longitud oeste 99° 05'; la distancia aproximada a la capital del Estado es de 85 km. Extensión: Coacalco tiene 35.10 km² como extensión territorial.

Orografía: El territorio municipal presenta dos zonas: La parte norte es plana con una altura aproximada de 2,238 msnm. Al sur, la Sierra de Guadalupe con una altura cercana a los 3,000 msnm. Entre las principales elevaciones podemos mencionar el Picacho o Cuauhtepac (cerro del águila) con una altura de 2,850 msnm, el cerro de María Auxiliadora (Xolotl) con 2,450 msnm. Sobresalen también el Pico de Moctezuma y el Pico Tres Padres, entre otros.

Hidrografía: Es importante mencionar en este rubro, que la parte plana del municipio en la época prehispánica fue el fondo del lago de Xaltocán. En la década de los 50's desaparece. Con relación al agua potable, ésta se obtiene de 17 pozos profundos y de la red del Sistema Cutzamala.

Cuautitlán Izcalli

Localización: El municipio se localiza en la parte noroeste de la cuenca de México. Su cabecera se ubica en las coordenadas 19° 40' de latitud norte y a los 99° 12' de longitud oeste. Colinda al

norte con los municipios de Tepetzotlán y Cuautitlán, al este con Cuautitlán y Tultitlán, al sur con Tlalnepantla de Baz y Atizapán de Zaragoza, al oeste con Villa Nicolás Romero y Tepetzotlán. Tiene una altura promedio de 2,252 metros sobre el nivel del mar.

Extensión: Tiene una extensión territorial de 109.54 kilómetros cuadrados, representa el 0.5% de la superficie del Estado de México.

Orografía: Las porciones más altas están ubicadas al sur del municipio a una altura máxima de 2,430 msnm y la más baja se encuentra al occidente con 2,200 msnm, la cabecera municipal está a 2,280 msnm.

Hidrografía: La principal corriente de agua es el río Cuautitlán, que atraviesa una extensión aproximada de 40 kilómetros del territorio municipal. Otras corrientes son el río Hondo de Tepetzotlán, San Pablo y San Pedro. Los principales cuerpos de agua son cinco: la presa de Guadalupe, la laguna de la Piedad, el Espejo de los Lirios, la presa de Angulo y la laguna de Axotlán. Existen otros ríos conocidos como El Rosario, El Huerto, San Agustín y San Pablo.

Existen otros bordos de menor importancia como Las Palomas, Las Colinas, Los Sauces, Los Lirios, Los Valles, Huayapango, Córdoba, Río Chiquito, San Lorenzo y El Molino.

Teoloyucan

Localización: Teoloyucan se localiza al norte del Distrito Federal, al noreste del Estado de México, en las coordenadas 19°45' latitud norte y 99°11' de longitud oeste, a una altura de 2,280 metros sobre el nivel del mar. Limita al norte con los municipios de Coyotepec y Zumpango; al sur con Tepetzotlán, Cuautitlán Izcalli, Cuautitlán y Melchor Ocampo; al oriente con los municipios de Jaltenco, Nextlalpan y Melchor Ocampo y al poniente con los municipios de Coyotepec y Tepetzotlán. Su distancia aproximada a la capital del estado es de 45 kilómetros.

Extensión: La extensión territorial del municipio es 53.04 kilómetros cuadrados, según datos proporcionados por el gobierno del Estado de México a través de la Dirección General de Planeación en el año de 1996. En la obra Geografía y Estadística de la República señala que el municipio de Teoloyucan tiene una extensión de 48 kilómetros cuadrados.

Orografía: Teoloyucan sólo cuenta con pequeñas lomas al oeste: la de San Jorge, Peñas de la Virgen, La Cantera, La Nopalera del Huachichil, La Remesa, Manantial de la Remesa, Nopalera de Cataño, Las Lajas y la llamada Los Tiradores o del Grullo.

Hidrografía: El río Cuautitlán, que viene de la presa de Guadalupe, desde época muy remota ha proporcionado el vital líquido para regar las tierras de cultivo de los naturales de Teoloyucan. Este

río en el estado de Hidalgo recibe el nombre de Río Tula y es tributario del Pánuco. El Río Chico se deriva del Río Hondo en Tepotzotlán, nace en el represo llamado El Alemán, al sur de la cabecera municipal de Tepotzotlán pasan próximos a la cabecera municipal. La Laguna de Zumpango en la época prehispánica era muy extensa y proporcionaba a los naturales de Teoloyucan alimentos por medio de la pesca y caza de aves acuáticas, además del tule.

Huehuetoca

Localización: Se localiza en la porción norte de la entidad y colinda con el estado de Hidalgo. Se encuentra a una distancia de 48 km del Distrito Federal, a 150 km de la ciudad de Toluca y 20 km de la ciudad de Tepeji de Río, Hidalgo. Su altura promedio es de 2,550 metros sobre el nivel del mar y la cabecera a 2,250 metros sobre el nivel del mar. Limita al norte con la cabecera municipal de Apaxco, entrando por Santa María Apaxco, y con la población de El Salto, perteneciente a Tepeji de Ocampo, Hidalgo; al sur con la sierra de Tepotzotlán, el ejido de Coyotepec, y el municipio de Teoloyucan. Al este con el pueblo de Zitlaltepec del municipio de Zumpango, Tequixquiac y Coyotepec; al oeste con la sierra de Tepotzotlán y Tepeji de Ocampo, Hidalgo.

Extensión: Ocupa una extensión de 118.02 km² ocupando el 0.72% del territorio del estado de México.

Orografía: Existe una variedad de formas volcánicas, donde se encuentra Huehuetoca, al lado de unas de las más erosionadas como la Sierra de Guadalupe y de Tepotzotlán. De superficie accidentada tenemos 48% representada, por la sierra de Tepotzotlán principalmente. De las elevaciones de mayor importancia se tiene el Cincoque o Huautecomaque con una altura de 2,630 metros sobre el nivel del mar; Cerro Grande Guaytepeque o Cerro de la Estrella con una altura de 2,700 metros sobre el nivel del mar,

Cerro de Ahumada o Mesa Grande con una altura de 2,580 metros sobre el nivel del mar, por lo tanto, el punto más elevado es el Cerro de Guaytepeque y el más bajo se encuentra a 2,250 metros sobre el nivel del mar.

Hidrografía: La hidrografía del municipio está representada principalmente por el río Cuautitlán, que cruza de sur a norte por la cabecera municipal, el cual toma el nombre de Tajo de Nochistongo por la población que existió en este lugar en los límites con el estado de Hidalgo; más adelante es conocido como Río Tula. Se cuenta con dos presas de importancia para la agricultura que son, la presa de Cuevecillas, con capacidad aproximada de 1 millón de metros

cúbicos y riega los ejidos de Coyotepec, Huehuetoca y San Juan Zitlaltepec. La presa Piedra Alta, se localiza en el ejido de Xalpa del pueblo de San Buenaventura, con la misma capacidad que la anterior. También corren por el territorio municipal 36 arroyos, que se forman de las elevaciones que rodean a Huehuetoca y que sólo tienen agua en el periodo de lluvia; se cuenta con un acueducto iniciado en 1710 y concluido en 1884. Existen 15 bordos y jagüeyes; los más importantes son el de San Miguel de los Jagüeyes y el de Jagüey Prieto que son usados como abrevaderos y existen 23 pozos profundos.

Zumpango de Ocampo

Localización: El municipio de Zumpango se localiza en la parte noreste del estado de México, en las coordenadas 19°43' de latitud norte y 99°11' de longitud oeste. Limita al norte con los municipios de Tequixquiac y Hueypoxtla; al sur con Teoloyucan Cuautitlán, Nextlalpan, Jaltenco y Tecámac; al oriente con Tizayuca y Tecámac; al poniente colinda con Cuautitlán, Teoloyucan, Coyotepec y Huehuetoca; todos del estado de México, excepto Tizayuca que pertenece al estado de Hidalgo.

Extensión: El municipio ocupa una superficie de 223.95 km².

Orografía: El territorio geológico se caracteriza por tener un 50% de superficie plana hacia el sur y por el norte se clasifican varios lomeríos y cerros, estos últimos se ven por el noreste. Las altitudes oscilan entre 1,245, 1,260, 1,300 y la más alta 1,650 (Cerro del Zitlaltepec).

Hidrografía: El agua de lluvia se desliza por las pendientes del declive orográfico donde es absorbida por la tierra y la que no alcanza a filtrarse corre por el cauce del antiguo arroyo de las avenidas de Pachuca, convertido hoy en conductor de aguas negras teniendo su destino final el Gran Canal del Desagüe del Valle de México. La Laguna de Zumpango con cerca de 2,000 hectáreas de extensión, algunas barrancas, el Gran Canal y túneles del desagüe del Valle de México constituyen principalmente el sistema hidrográfico.

Tecámac

Localización: El municipio de Tecámac se localiza en la parte nororiente de la capital del estado de México y al norte del Distrito Federal, en la región conocida como el Valle de México. Sus coordenadas son 19° 43' latitud norte y 98° 58' de longitud oeste, a una altura de 2,340 msnm. Limita al norte con el estado de Hidalgo y Temascalapa; al sur con Ecatepec, Acolman y Coacalco; al oeste con Zumpango, Nextlalpan, Tonanitla, Tultitlán y Coacalco; al oeste con Temascalapa y Teotihuacan. Su distancia aproximada con la capital del estado es de 100 km.

Extensión: El municipio de Tecámac posee una extensión territorial de 157.34 km² y el porcentaje que representa respecto a la superficie del estado es del 0.69 %.

Orografía: Por estar ubicado el municipio en un Valle y a orillas de lo que fuera el lago de Xaltocan, no cuenta con ningún sistema montañoso en la región, únicamente posee tres cerros aislados, cerro de San Pablo con una altitud de 2,570 msnm, Xoloc con 2,470 msnm y Colorado con 2,370 msnm.

Hidrografía: En la actualidad el municipio de Tecámac no cuenta con ningún sistema hidrográfico. En épocas de lluvia se forman pequeños riachuelos. Cuenta con pozos de profundidad mediana.

Teotihuacán de Arista

Localización: El municipio de Teotihuacán se localiza en la cuenca de México, en el extremo nororiental de la misma y ligeramente, en la misma dirección de la Ciudad de México, se ubica a los 19° 41' latitud norte y 98° 52' de longitud oeste. El valle de Teotihuacán está situado a 45 km, hacia el noroeste de la ciudad de México y a 119 km de la ciudad de Toluca. Dentro del contexto regional, Teotihuacán pertenece a la Región Económica II Zumpango, la cual tiene bajo su jurisdicción a 31 municipios de la entidad. Teotihuacán limita con los municipios: al norte con Temascalapa; el sur con Acolman; por el este con San Martín de la Pirámides y por el oeste con Tecámac.

Extensión: De acuerdo a los datos proporcionados por el Sistema Estatal de Información, el municipio de Teotihuacán cuenta con una superficie de 83.16 km².

Orografía: Los terrenos municipales son casi planos e interrumpidos, únicamente, por algunos pequeños cerros, conocidos como: el cerro de Maninal, con 2,320 msnm; el cerro Colorado con 2,260 msnm. También existen otros cerros de escasa altura, tal es el caso del cerro Cotla, el Nixcuyo, el Platachico, el Tecomazúchitl y los cerros de la Cueva.

Hidrografía: Los ríos más importantes de la localidad son: el de San Juan, cuyo curso va de noreste a sureste y el de San Lorenzo; ambos cruzan por todo el municipio, así como por la cabecera municipal. Otro río con el que cuenta esta localidad se encuentra en San Sebastián Xolalpa, es conocido como Barranquilla del Águila. Los manantiales más importantes son los llamados de la Parroquia, ubicados en la cabecera municipal, los cuales dan origen al río San Juan. Otros manantiales de gran importancia se localizan en Puxtla y Maquixco; sus aguas se emplean para el riego de tierras agrícolas. Además de las fuentes acuíferas ya mencionadas, se cuenta con el gran acueducto de San Agustín Actipan y 18 pozos profundos, de los que se distribuye líquido a los poblados.

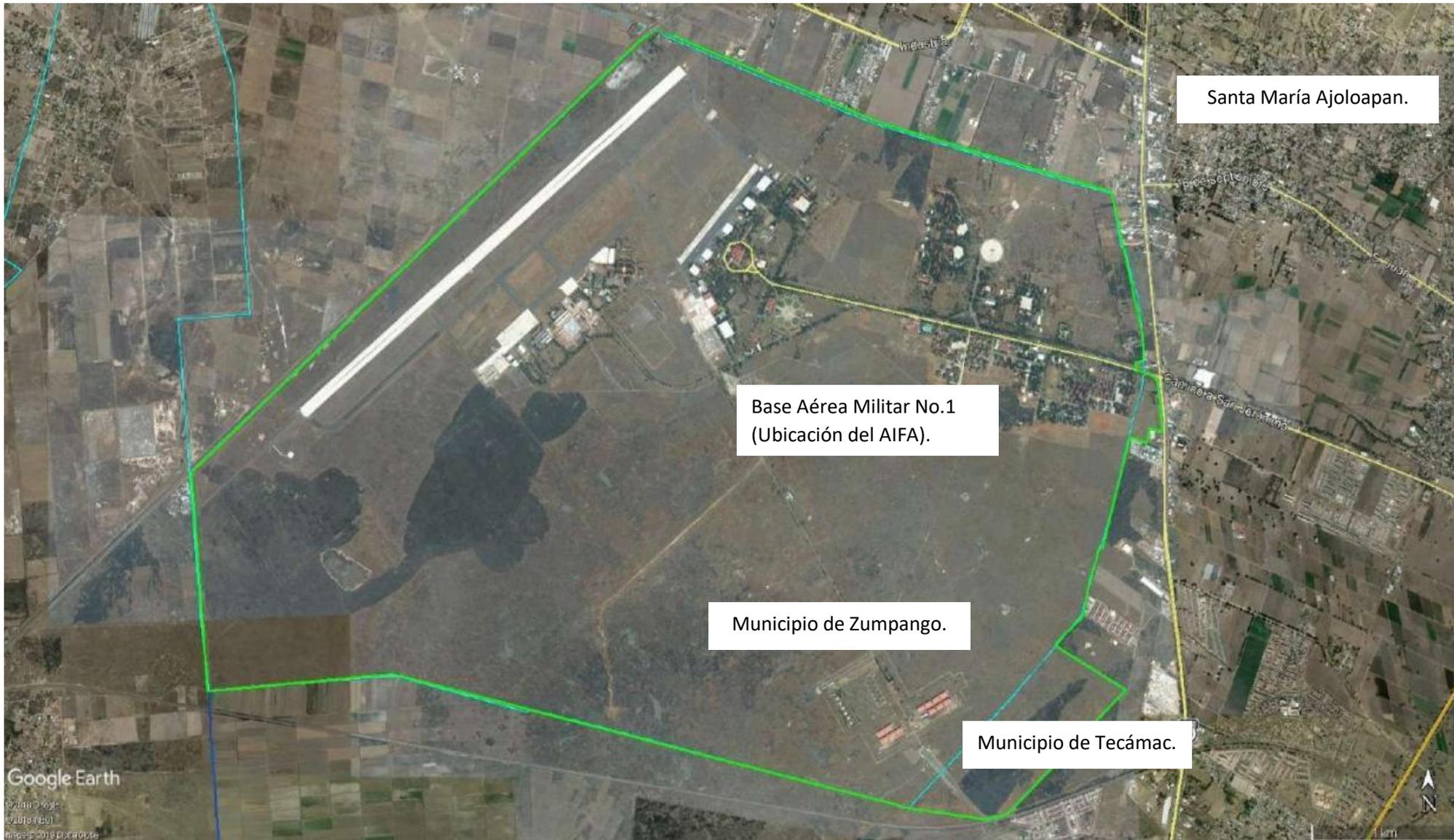


Imagen 63 Delimitación de las fronteras de los municipios donde pertenece la Base Aérea Militar No.1 / AIFA

Fuente: MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD REGIONAL, DEL PROYECTO “CONSTRUCCIÓN DE UN AEROPUERTO MIXTO CIVIL / MILITAR CON CATEGORÍA INTERNACIONAL EN LA BASE AÉREA MILITAR No. 1 (SANTA LUCÍA, EDO. MÉX.), SU INTERCONEXIÓN CON EL AICM Y REUBICACIÓN DE INSTALACIONES MILITARES”

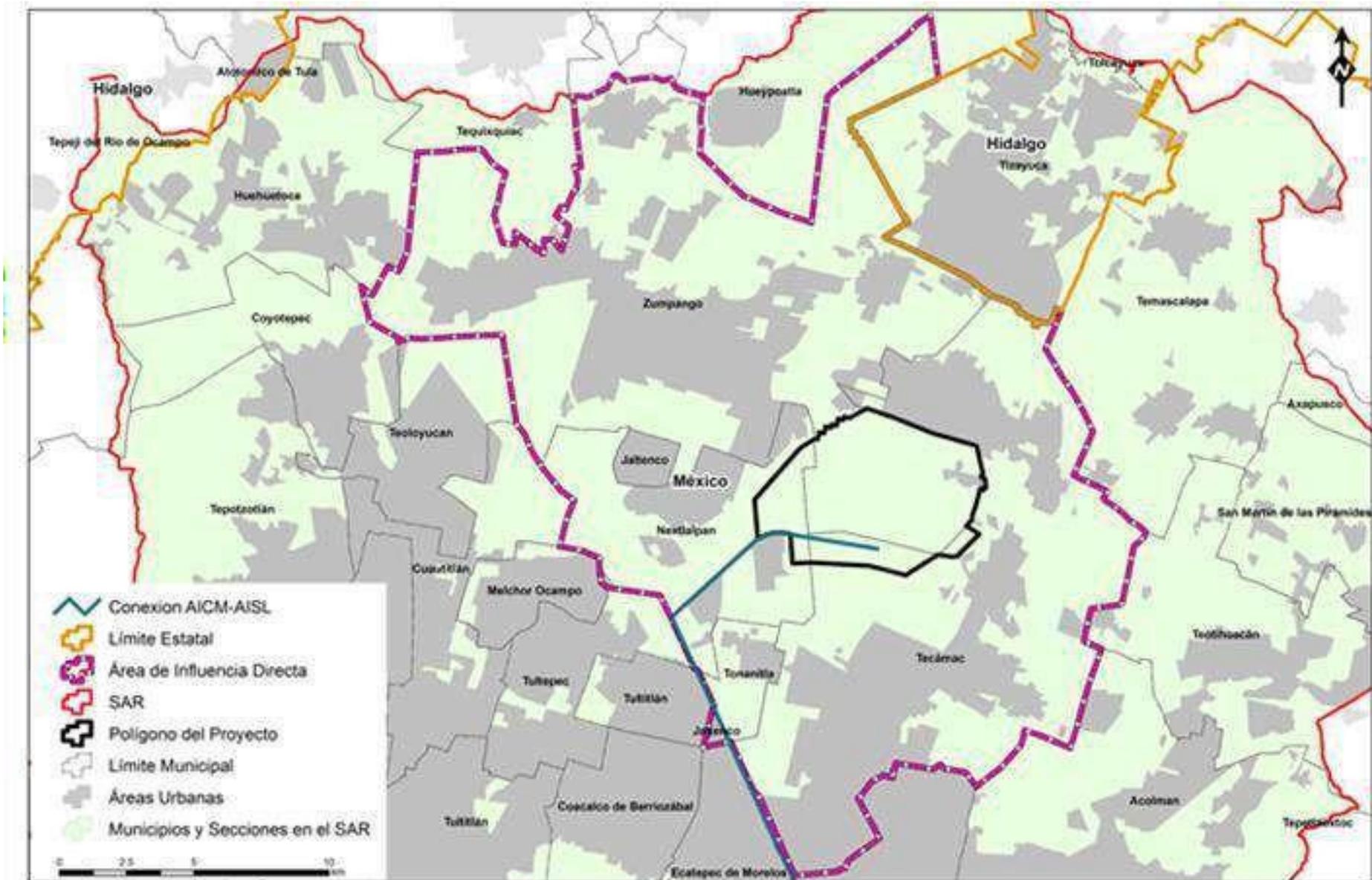


Imagen 64 Área de influencia directa del Proyecto del AIFA

Fuente: MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD REGIONAL, DEL PROYECTO “CONSTRUCCIÓN DE UN AEROPUERTO MIXTO CIVIL / MILITAR CON CATEGORÍA INTERNACIONAL EN LA BASE AÉREA MILITAR No. 1 (SANTA LUCÍA, EDO. MÉX.), SU INTERCONEXIÓN CON EL AICM Y REUBICACIÓN DE INSTALACIONES MILITARES”

V.2.4. Infraestructura lado aire

Pista y Plataforma Militar

En el caso del Proyecto del AIFA, uno de los principales problemas detectados en la planeación para la ubicación de las pistas, lo constituye la presencia del Cerro de Paula, cuya elevación máxima es de 2,625 msnm, principalmente para la ubicación de la pista sur (04R-22L). Por tal razón, se estableció de común acuerdo entre las partes involucradas que dicha pista se considerara exclusivamente para uso militar.

Se construirá una pista de uso militar con losas de concreto hidráulico. La pista tendrá una longitud de 3.5 kilómetros y un ancho de 45 metros. El proyecto de la Pista Militar incluye calles de rodaje, calles de salida rápida y una plataforma de 2,090 metros de longitud.

También se realizarán las obras para las ayudas visuales a la navegación y de drenaje.

Área Civil

El Aeropuerto Internacional General Felipe Ángeles contará con dos pistas para despegues y aterrizajes. Este frente de trabajo se encarga de su construcción junto con las áreas asociadas a las pistas y calles de rodaje. Estas áreas comprenden rodajes paralelos, rodajes de conexión y calles de salida de alta velocidad. También incluye las preparaciones necesarias para la instalación de ayudas visuales (luces y letreros) y el pintado de las señales de los pavimentos y sistema de drenaje.

Las pistas del AIFA serán las más largas del país, con una longitud de 4.5 kilómetros por 45 metros de ancho. Entre ambas pistas hay una separación de 1,600 metros para que así se puedan realizar simultáneamente operaciones en ambas pistas.

La Pista Norte y Central tendrán la designación y tipo de operación 04C-22C y 04L-22R con claves de referencia 4E y 4F. Ambas contarán con equipos ILS categoría III para operaciones con instrumentos.

Para la capa superior de las pistas del AIFA se usará concreto hidráulico, lo que garantizará su vida útil y la reducción en el mantenimiento, acciones que generarán un considerable ahorro a mediano y largo plazo.

Valor del número de clasificación de pavimento (PCN)=80, para recibir la aeronave más crítica (AIRBUS A350-900) de la flota prevista para el AIFA, cuyo valor ACN (Numero de clasificación de la aeronave) es de 71.5.

Periodo de diseño de 20 años.

El avión de diseño para la parte geométrica (pistas, plataforma y calles de rodaje) de los elementos de lado aire del aeropuerto es el AIRBUS 360.



Imagen 66 Pista Militar AIFA

Fuente: "XXIII Reunión Nacional de Ingeniería de Vías Terrestres". (2021, 30 septiembre). [Proyecto y avances]. Proyecto y avances del Aeropuerto Internacional Felipe Ángeles, Oaxaca, México.



Imagen 65 Estructura de Pista AIFA

Fuente: "XXIII Reunión Nacional de Ingeniería de Vías Terrestres". (2021, 30 septiembre). [Proyecto y avances]. Proyecto y avances del Aeropuerto Internacional Felipe Ángeles, Oaxaca, México.



Imagen 67 Pistas, Plataforma y Rodajes AIFA.

Fuente: "XXIII Reunión Nacional de Ingeniería de Vías Terrestres". (2021, 30 septiembre). [Proyecto y avances]. Proyecto y avances del Aeropuerto Internacional Felipe Ángeles, Oaxaca, México.

Ayudas a la Navegación

Sistemas de iluminación LED en pistas y calles de rodaje, con control individual de baliza, operado por los controladores de tráfico aéreo de la TCTA mediante una pantalla táctil y con la capacidad de integrarse al Sistema A-SMGCS.

Dentro de los alcances se cuenta con el sistema de guía para carretero de aeronaves (ALCMS) "FOLLOW THE GREENS" entre pista y plataforma que es operado por la TCTA.

Terminal de carga y aduana.

Instalación complementaria que tiene como propósito atender la necesidad de infraestructura para el manejo de mercancías de comercio exterior en la zona metropolitana, con una superficie de 346,120 m².

Tendrá la capacidad técnica y física para procesar toda la clase de mercancías según el nicho de mercado de los operadores que participan en cada uno de los eslabones de la cadena logística, cumpliendo con la normatividad aplicable en materia aduanera y aérea.

Las instalaciones para el manejo, control, acceso y salida de la carga estarán ubicadas en la zona sureste (SE) de la parte civil, según el Plan Maestro para el máximo desarrollo, con acceso directo al rodaje paralelo sur de la pista 04C-22C, que permite el acceso fluido y eficaz de la carga a las plataformas del edificio de carga y aduana. Las plataformas como el edificio pueden construirse en etapas, sin estorbar o crear problemas en la operación.

Las plataformas contarán con los servicios básicos vía vehículos como suministro de energía, combustible, aire, carga y descarga, contenedores y tractores. En la primera etapa se proponen 6 posiciones Cat C simultáneas o 2 Cat D y 2 Cat C y otras posibilidades de acomodó de flota.

El traslado de Bell y Cargo proveniente de las líneas aéreas comerciales que representa en promedio el 85% de la carga total que se mueve en el mundo, se realizará en contenedores con tractor en un circuito desde la plataforma del edificio terminal de pasajeros.

Tabla 25 Posiciones en plataformas AIFA

Cantidad	Posición	Capacidad de aeronaves
4	MARS (Múltiple Aircraft Ramp System)	2D, 1E, 1F
2	carga frontal	2F
1		1D

Fuente: "XXIII Reunión Nacional de Ingeniería de Vías Terrestres". (2021, 30 septiembre). Proyecto y avances del Aeropuerto Internacional Felipe Ángeles, Oaxaca, México.

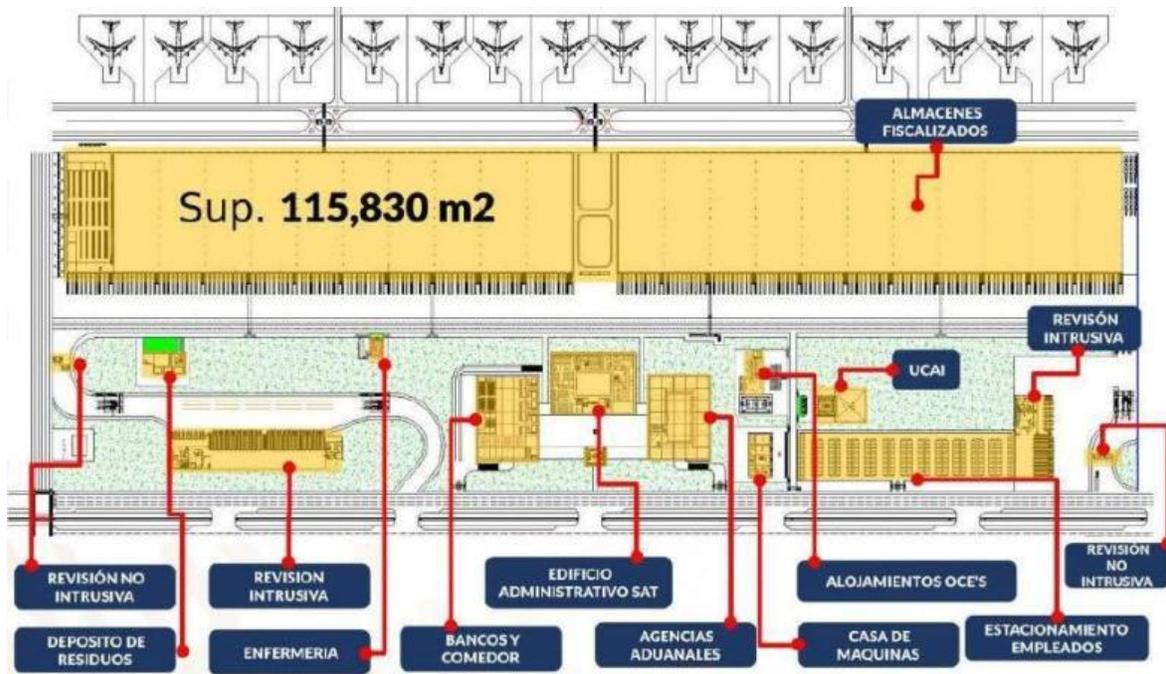


Imagen 68 Terminal de Carga AIFA

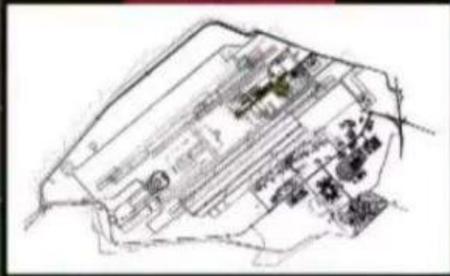
Fuente: Terminal de Carga AIFA. (2019). [Imagen]. https://aeropuertoaifa.mx/2019_4919/



TERMINAL DE CARGA Y ADUANAS.



UBICACIÓN



DESCRIPCIÓN GENERAL

Instalación complementaria que tiene como propósito atender la necesidad de infraestructura para el manejo de mercancías de comercio exterior en la zona metropolitana, con una superficie de 346,120 m2.

Tendrá la capacidad técnica y física para procesar toda clase de mercancías según el nicho de mercado de los operadores que participan en cada uno de los eslabones de la cadena logística, cumpliendo con la normatividad aplicable en materia aduanera y aérea.

Cantidad	Posición.	Capacidad de aeronaves
4	MARS (Multiple Aircraft Ramp System)	2D, 6 1E, 6 1F
2	carga frontal	2F
1		1D

Imagen 69 Terminal de Carga y Aduana AIFA

Fuente: "XXIII Reunión Nacional de Ingeniería de Vías Terrestres". (2021, 30 septiembre). [Proyecto y avances]. Proyecto y avances del Aeropuerto Internacional Felipe Ángeles, Oaxaca, México.

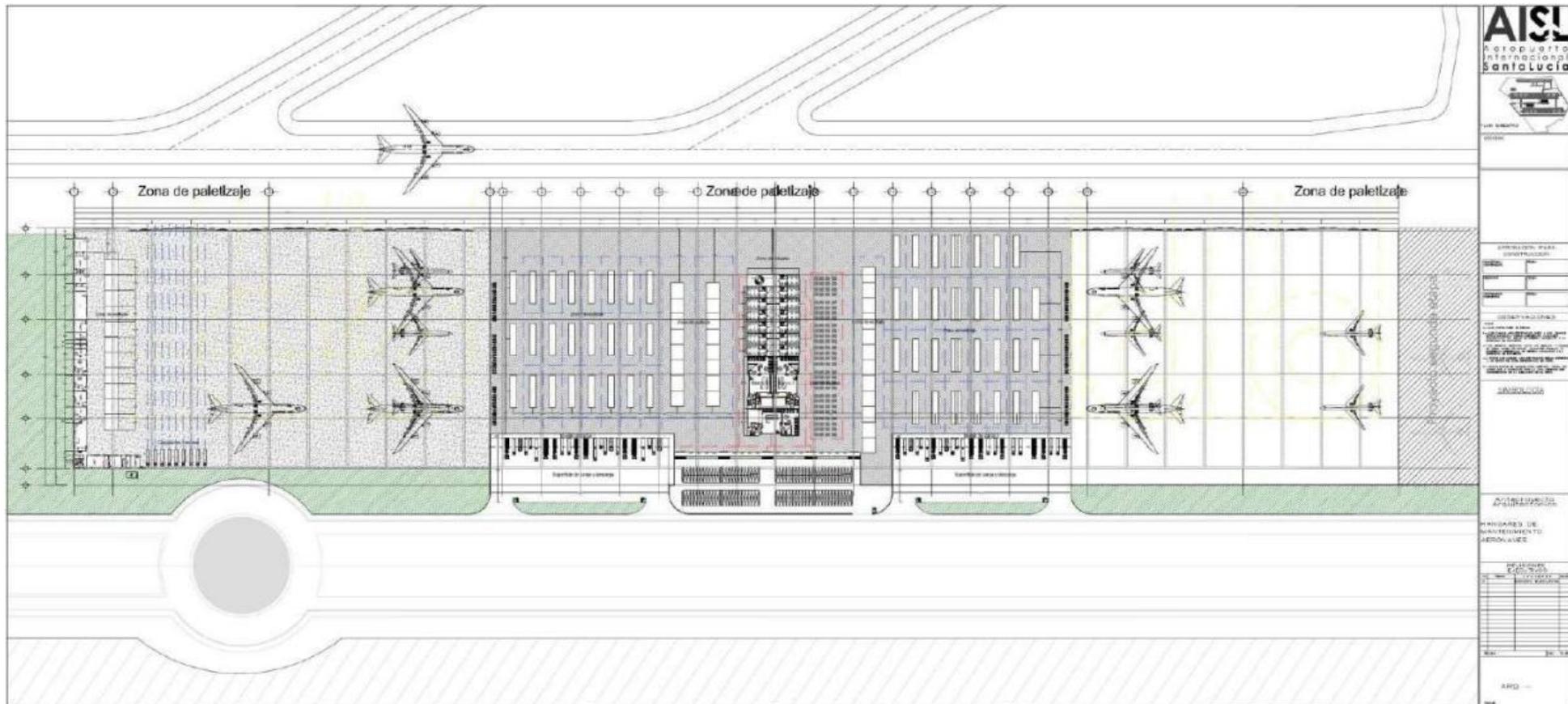


Imagen 70 Edificio de la Terminal de carga y aduana del AIFA, Proyecto arquitectónico. Planta.

Fuente: MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD REGIONAL, DEL PROYECTO “CONSTRUCCIÓN DE UN AEROPUERTO MIXTO CIVIL / MILITAR CON CATEGORÍA INTERNACIONAL EN LA BASE AÉREA MILITAR No. 1 (SANTA LUCÍA, EDO. MÉX.), SU INTERCONEXIÓN CON EL AICM Y REUBICACIÓN DE INSTALACIONES MILITARES”

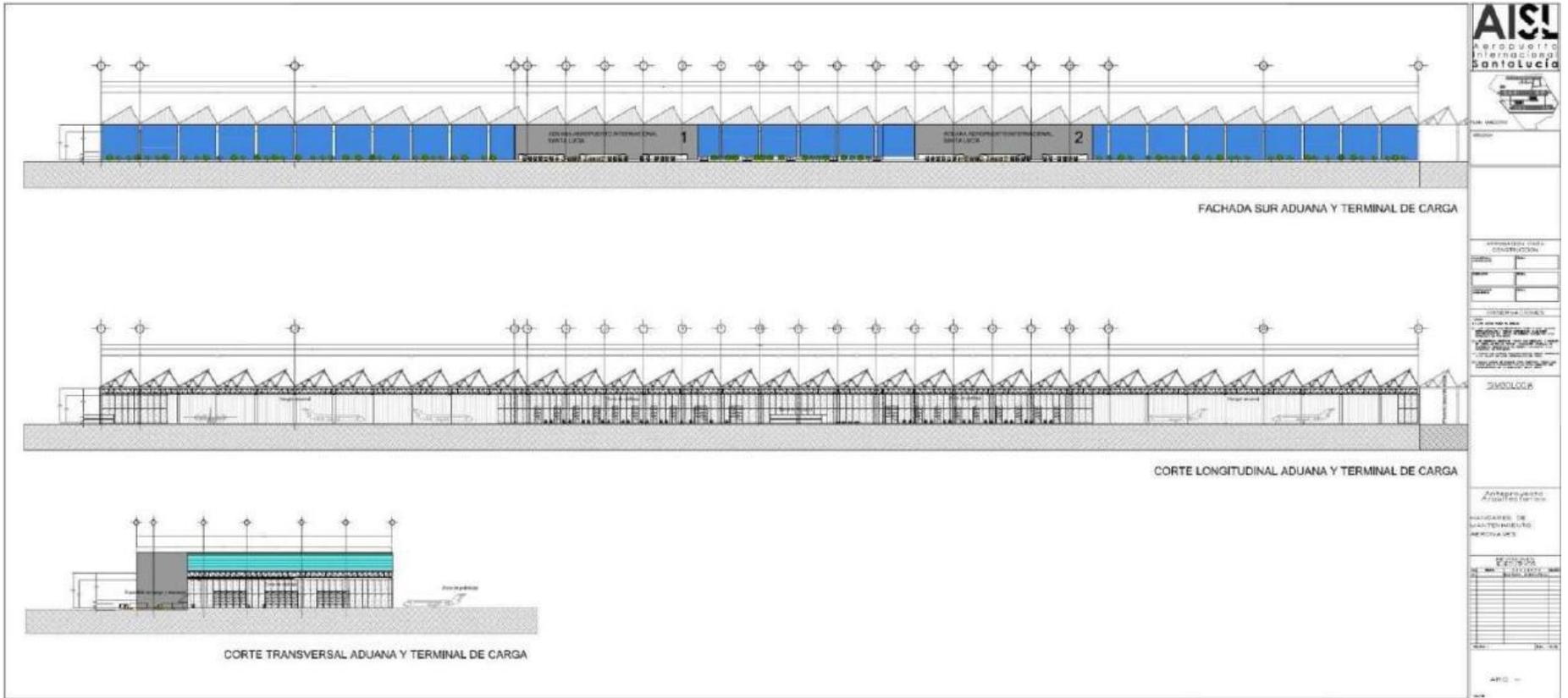


Imagen 71 Edificio de la Terminal de carga y aduana del AIFA, Proyecto arquitectónico. Cortes y fachadas.

Fuente: MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD REGIONAL, DEL PROYECTO “CONSTRUCCIÓN DE UN AEROPUERTO MIXTO CIVIL / MILITAR CON CATEGORÍA INTERNACIONAL EN LA BASE AÉREA MILITAR No. 1 (SANTA LUCÍA, EDO. MÉX.), SU INTERCONEXIÓN CON EL AICM Y REUBICACIÓN DE INSTALACIONES MILITARES”

Planta y estación de combustible

Contará con una Terminal de Combustibles y Red de Distribución con capacidad inicial de 21 millones de litros, escalable hasta 80 millones en su máximo potencial, cuyo objetivo es proporcionar el suministro de combustible Jet-A de una manera eficiente, segura y sustentable. Las instalaciones incluyen áreas administrativas, área de proceso y almacenamiento de combustible y una red de distribución que suministrará mediante hidrantes a todas las posiciones de estacionamiento para aeronaves. En caso de requerirse, tiene capacidad adicional de suministro mediante autotanque.

Con una autonomía de 7 días para el almacenamiento de combustibles, esta área se compone de tres tanques verticales construidos siguiendo los estándares API 650.

El sistema hidrante suministrará combustible a las aeronaves a través de una red de tubería, garantizando que todo puesto de estacionamiento tenga abastecimiento de combustible.

El otro modo de enviar el combustible es a través de camiones cisterna dosificadores; este sistema también se usará en la plataforma de carga, aviación general, plataformas de pernocta y remotas.

Las instalaciones pueden crecer por etapas en todos los tipos de combustible como turbosina y gas avión.

Alcances:

- Terminal de combustibles.
- Red de distribución de combustible Jet-A.
- 3 tanques almacenamiento (21 millones de litros).
- Almacenamiento de vehículos dispensadores.
- Almacén y mantenimiento de autotanques.

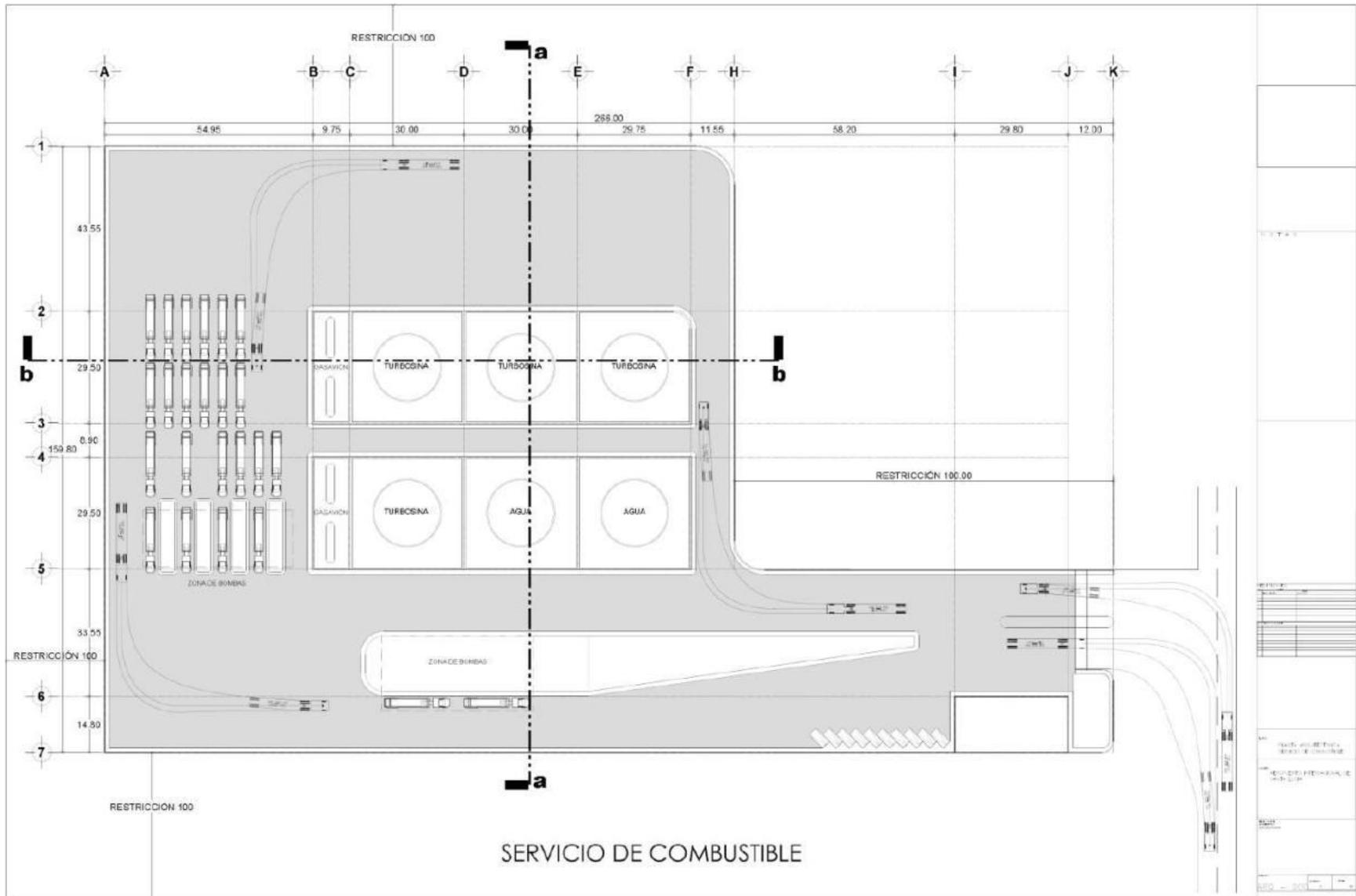


Imagen 72 Estación de combustibles del AIFA, Proyecto arquitectónico. Planta.

Fuente: MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD REGIONAL, DEL PROYECTO "CONSTRUCCIÓN DE UN AEROPUERTO MIXTO CIVIL / MILITAR CON CATEGORÍA INTERNACIONAL EN LA BASE AÉREA MILITAR No. 1 (SANTA LUCÍA, EDO. MÉX.), SU INTERCONEXIÓN CON EL AICM Y REUBICACIÓN DE INSTALACIONES MILITARES"

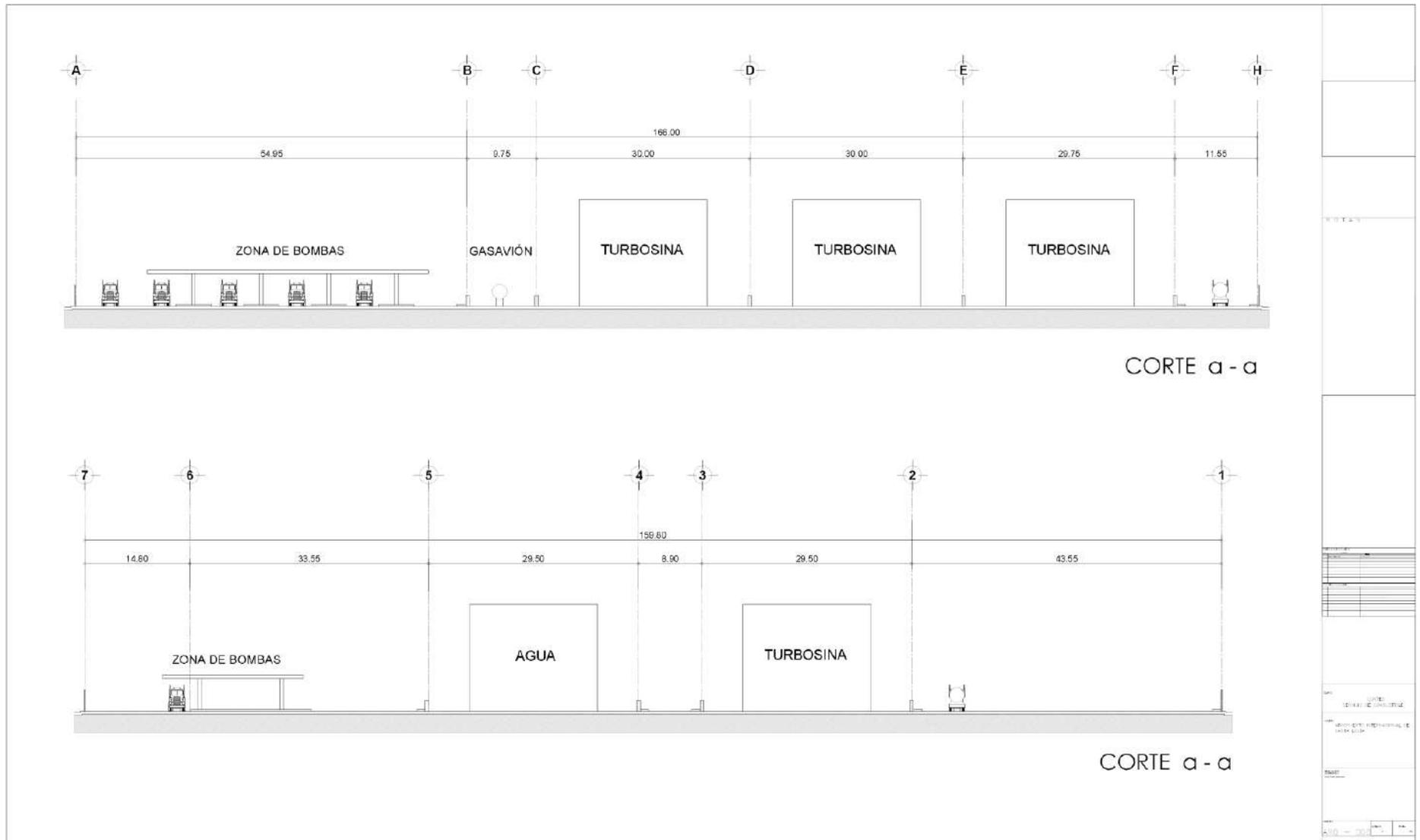


Imagen 73 Estación de combustibles del AIFA, Proyecto arquitectónico. Cortes.

Fuente: MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD REGIONAL, DEL PROYECTO “CONSTRUCCIÓN DE UN AEROPUERTO MIXTO CIVIL / MILITAR CON CATEGORÍA INTERNACIONAL EN LA BASE AÉREA MILITAR No. 1 (SANTA LUCÍA, EDO. MÉX.), SU INTERCONEXIÓN CON EL AICM Y REUBICACIÓN DE INSTALACIONES MILITARES”



Imagen 74 Estación de combustibles del AIFA. Ubicación propuesta por SEDENA.

Fuente: MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD REGIONAL, DEL PROYECTO “CONSTRUCCIÓN DE UN AEROPUERTO MIXTO CIVIL / MILITAR CON CATEGORÍA INTERNACIONAL EN LA BASE AÉREA MILITAR No. 1 (SANTA LUCÍA, EDO. MÉX.), SU INTERCONEXIÓN CON EL AICM Y REUBICACIÓN DE INSTALACIONES MILITARES”

Hangar de Mantenimiento, Reparación y Operación (MRO)

Conjunto arquitectónico de 21 ha. distribuidos en 4 edificaciones y 2 plataformas para aeronaves de propósito definido y un estacionamiento de capacidad para 145 cajones, destinados a ser empleados en el mantenimiento y servicios de aeronaves clave “C” hasta clave “E”.

Alcances:

- Superficie de construcción: 210,000 m2.
- Hangar para aeronaves clave “E” o “F” (nuevo).
- Hangar para aeronaves clave “C” (remozamiento).
- Hangar para talleres aeronáuticos (remozamiento).
- Almacén General.
- 2 plataformas para aeronaves de clave “C” a la “E”.
- Área de lavado de aeronaves y prueba de motores.
- Estacionamiento (Cap. 145 cajones).

10 posiciones en plataformas:

- 4 MARS (2 clave “C” y 1 “E” o “F”).
- 6 Clave “C”.

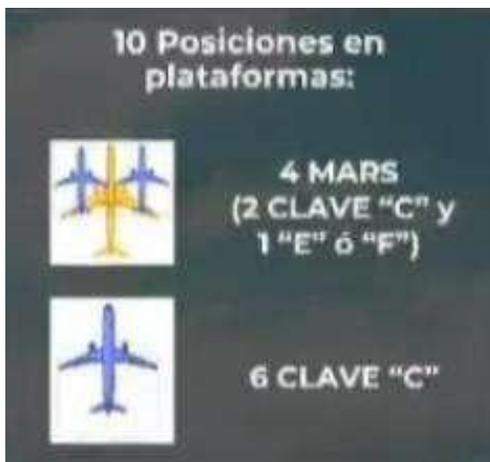


Imagen 75 Posiciones en Plataforma Hangar de Mantenimiento, AIFA.

Fuente: “XXIII Reunión Nacional de Ingeniería de Vías Terrestres”.
(2021, 30 septiembre). [Proyecto y avances]. Proyecto y avances del Aeropuerto Internacional Felipe Ángeles, Oaxaca, México.

Imagen 76 Ubicación del Hangar de Mantenimiento AIFA.

Aviación General (FBO)

El FBO está ubicado en el lado oeste de la terminal de carga en la pista norte, abarcando un total de 10 ha. y es un pequeño aeropuerto de lujo.

El complejo tiene como finalidad proporcionar una gama de servicios disponibles para la aviación general tales como venta de combustible, mantenimiento y resguardo de aeronaves, alquiler y servicios de apoyo a los operadores.

Alcances:

Vialidades de conexión y perímetro de división lado tierra lado aire.

Edificio terminal FBO y estacionamiento

Remodelación de hangares y estacionamiento de servicio

16 posiciones en plataforma:

- 4 MARS (2 Alfa y 1 Bravo)
- 1 MARS (2 Bravo y 1 Charlie)
- 11 Alfa



AVIACIÓN GENERAL (FBO)



DESCRIPCIÓN GENERAL

El FBO está ubicado en el lado oeste de la terminal de carga en la pista Norte, abarcando un total de 10 hectáreas. El complejo tiene como finalidad proporcionar una gama de servicios disponibles para la aviación general tales como venta de combustible, mantenimiento y resguardo de aeronaves, alquiler y servicios de apoyo a los operadores.

ALCANCES

- A. Vialidades de conexión y perímetro de división lado tierra lado aire
- B. Edificio terminal FBO y estacionamiento
- C. Remodelación de hangares y estacionamiento de servicio.
- D. 16 posiciones en plataforma.
 - a. 4 MARS (2 Alfa y 1 Bravo).
 - b. 1 MARS (2 Bravo y 1 Charlie).
 - c. 11 Alfa.



UBICACIÓN

Imagen 77 Aviación General (FBO) AIFA.

Fuente: "XXIII Reunión Nacional de Ingeniería de Vías Terrestres". (2021, 30 septiembre). [Proyecto y avances]. Proyecto y avances del Aeropuerto Internacional Felipe Ángeles, Oaxaca, México.

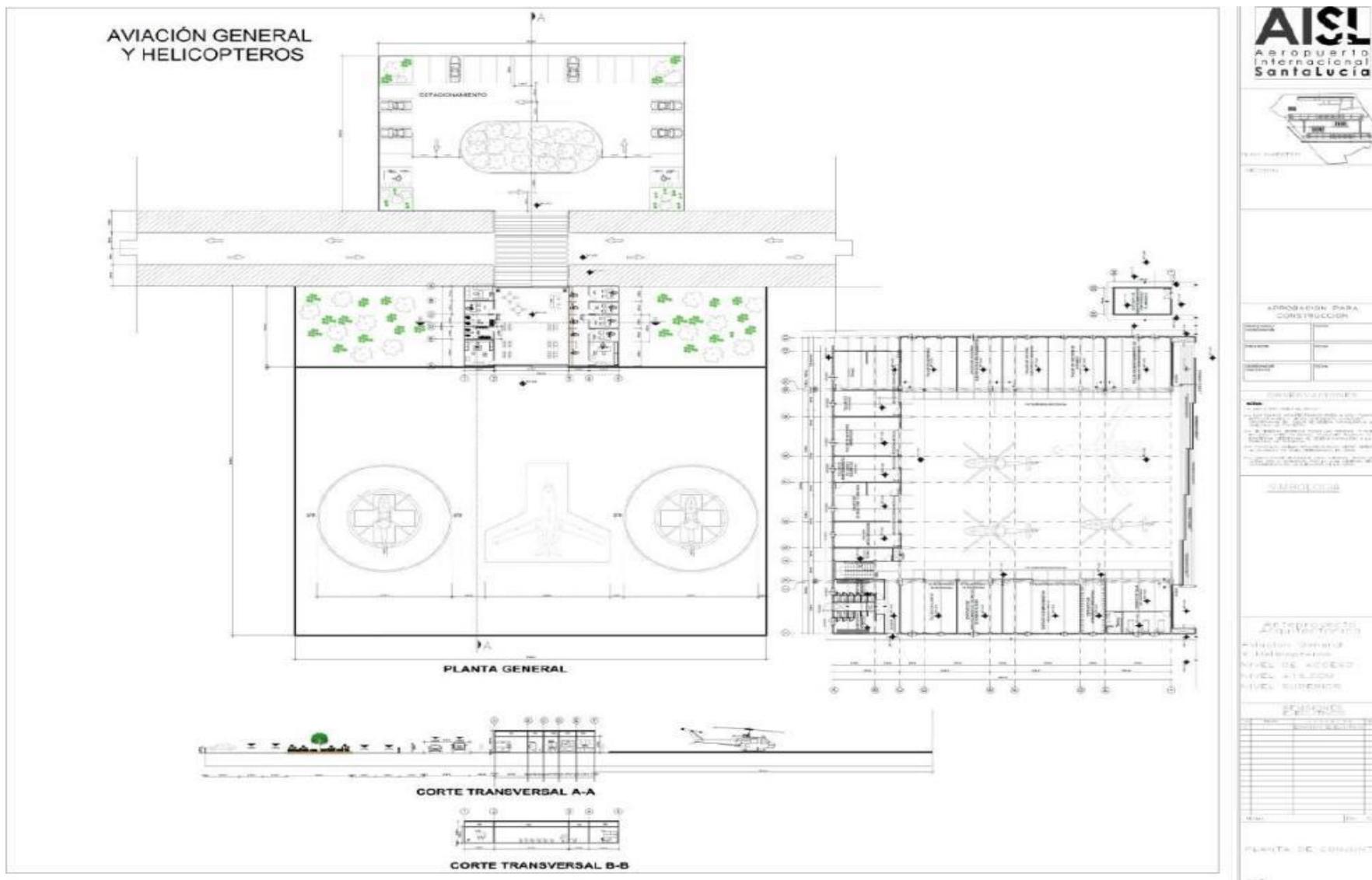


Imagen 78 Edificio de aviación general del AIFA, Proyecto arquitectónico. Planta y cortes.

Fuente: MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD REGIONAL, DEL PROYECTO “CONSTRUCCIÓN DE UN AEROPUERTO MIXTO CIVIL / MILITAR CON CATEGORÍA INTERNACIONAL EN LA BASE AÉREA MILITAR No. 1 (SANTA LUCÍA, EDO. MÉX.), SU INTERCONEXIÓN CON EL AICM Y REUBICACIÓN DE INSTALACIONES MILITARES”

Zona de Helicópteros, Hangares M.R.O. y Edificio Terminal

La zona de helicópteros comprende un área de 15.7 ha., en la primera etapa se construirán 3 edificaciones, pista y 2 plataformas para aeronave de ala rotativa.

Alcances:

- Hangar de mantenimiento y resguardo con áreas adosadas, donde se ubican el F.B.O., talleres y áreas administrativas.
- Torre de control.
- Salvamiento y extinción de incendios (SEI).
- Deposito para residuos peligrosos, lubricantes y solventes.
- Estacionamiento "A" (43 cajones), "B" (6 cajones) y "C" (6 cajones).

Plataforma Flexible

- 26 posiciones para: 6 BELL 407
- posiciones para: 4 SUPERPUMA, 16 AUGUSTA AW109



Imagen 79 Zona de Helicópteros, Hangares M.R.O. y Edificio Terminal AIFA

Fuente: "XXIII Reunión Nacional de Ingeniería de Vías Terrestres". (2021, 30 septiembre). [Proyecto y avances]. Proyecto y avances del Aeropuerto Internacional Felipe Ángeles, Oaxaca, México.

V.2.5. Infraestructura lado tierra

Edificio Terminal

Este edificio que tiene como función principal el procesamiento de pasajeros de salida, llegada y pasajeros de transferencia, tanto para vuelos nacionales como internacionales, resuelto en una estructura ortogonal de acero de forma lineal en 4 niveles; sótano, 0.00 (servicios), +5.25 (llegadas) y +10.50 (salidas).

Alcances:

- 384,000 m² de construcción total.
- 19.50 millones de pasajeros.
- 14 posiciones de estacionamiento tipo MARS 13(1e/2c) y 1 (1f/2c).
- 28 salas de espera para pasillos telescópicos.
- 4 salas de espera para posiciones remotas.
- 5 salas de espera para plataforma abierta.
- 3,000 butacas de espera.
- 34 baños temáticos para pasajeros nacionales y extranjeros.
- 16 baños de empleados.
- 36 sistemas de tecnologías de información y comunicaciones.
- 5 islas de documentación en primera fase.
- 100 mostradores convencionales.
- 50 kioskos de autoservicio.
- drop off.
- Sistema de manejo de equipaje.

Se estudiaron 20 variantes: 5 relacionadas con solución de muelle, 5 con solución de satélite, 5 relacionadas con sistemas de transportador y 5 de operación combinada. En la valoración de los modelos se consideraron 7 conceptos fundamentales, así como la respuesta adecuada en la primera etapa y en el desarrollo a largo plazo.

Los 7 factores que se consideraron más importantes están relacionados con el impacto urbano, el factor ambiental, el análisis de la infraestructura requerida (agua, energía, comunicaciones y vialidades) el desarrollo por etapas del Complejo terminal, así como la reubicación de las instalaciones militares y el obstáculo natural que representa la presencia del Cerro de Paula.

Tendrá siete accesos, cuatro sobre el eje troncal y tres más hacia la Plaza Mexicana. Se conecta a través de la Plaza Mexicana con el estacionamiento para usuarios, la estación de autobuses foráneos, para el Sistema de autobuses Mexibús BRT y el tren suburbano.

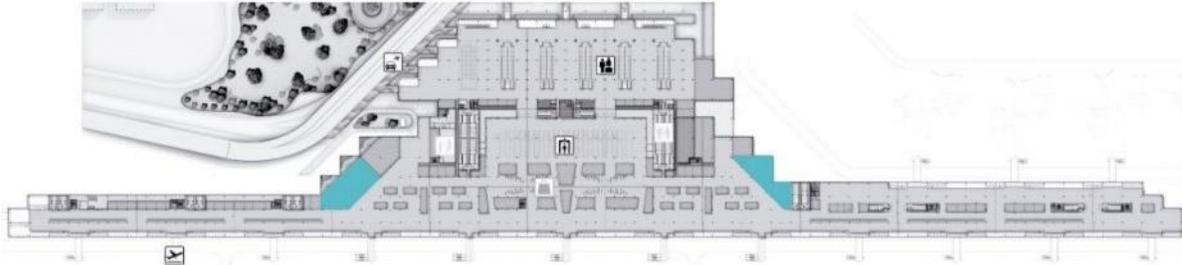
Para la documentación (“Check-in”), el Edificio Terminal de Pasajeros cuenta con una superficie de casi 8,054.65 metros cuadrados en cinco grupos de mostradores y espacio para ampliar a un grupo futuro.

Los grupos de mostradores contarán con 100 mostradores convencionales, 86 quioscos de autoservicio y 20 mostradores “drop-off” para la auto documentación del equipaje del pasajero.

En todo aeropuerto moderno, la seguridad es primordial. El AIFA contará con 22 bandas de seguridad equipadas con rayos X y el espacio para crecer e instalar 6 bandas más en el futuro.

Para las Dependencias de Gobierno, se han destinado más de 6,500 metros cuadrados que serán ocupados por la Agencia Federal de Aviación Civil (AFAC), el Servicio Postal Mexicano (SEPOMEX), el Servicio Nacional de Sanidad Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA), la Secretaría de Relaciones Exteriores (SRE), el Instituto Nacional de Migración (INM), la Secretaría de Turismo (SECTUR), la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA), la Procuraduría Federal del Consumidor (PROFECO), la Fiscalía General de Justicia del Estado de México (FGJEM), la Guardia Nacional (GN), Aduana (SAT), Fiscalía General de la República (FGR), Unidad de Sanidad Internacional (Secretaría de Salud).

El AIFA será un aeropuerto de clase mundial, el diseño contempla casi 1,312.50 metros cuadrados para salas VIP de espera, ubicadas en dos áreas del edificio terminal.



N.P.T. + 10.50 = 1,312.5 M2

- Salones VIP: 1,312.5 M2

Imagen 80 Edificio Terminal AIFA, Salones VIP

Fuente: Terminal de Pasajeros. (2019). [Imagen]. https://aeropuertoaifa.mx/2019_4925/



Imagen 81 Posiciones para Aeronaves en Plataforma Edificio Terminal AIFA

Fuente: "XXIII Reunión Nacional de Ingeniería de Vías Terrestres". (2021, 30 septiembre). [Proyecto y avances]. Proyecto y avances del Aeropuerto Internacional Felipe Ángeles, Oaxaca, México.



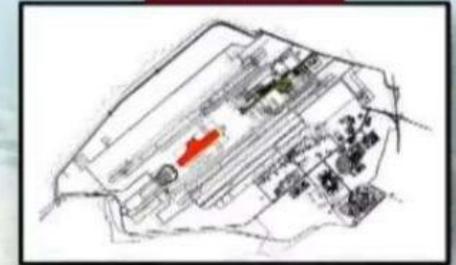
EDIFICIO TERMINAL DE PASAJEROS (ETP)



DESCRIPCIÓN GENERAL

Edificio que tiene como función principal el procesamiento de pasajeros de salida, llegada y pasajeros de transferencia, tanto para vuelos nacionales como internacionales, resuelto en una estructura ortogonal de acero de forma lineal en 4 niveles; sótano, 0.00 (Servicios), +5.25 (llegadas) y +10.50 (salidas).

UBICACIÓN



ALCANCES

- 384,000 m² de construcción total.
- 19.50 millones de pasajeros.
- 14 posiciones de estacionamiento tipo MARS T3 (1e/2c) y 1 (1f/2c).
- 28 Salas de espera para pasillos telescópicos.
- 4 salas de espera para posiciones remotas.
- 5 salas de espera para plataforma abierta.
- 3,000 butacas de espera.
- 34 baños temáticos para pasajeros nacionales y extranjeros.
- 16 baños de empleados.
- 36 sistemas de tecnologías de Información y comunicaciones.
- 5 islas de documentación en primera fase.
- 100 mostradores convencionales.
- 50 kioscos de autoservicio.
- 20 drop off.
- Sistema de manejo de equipaje.

Imagen 82 Edificio Terminal AIFA (avance 2021).

Fuente: "XXIII Reunión Nacional de Ingeniería de Vías Terrestres". (2021, 30 septiembre). [Proyecto y avances]. Proyecto y avances del Aeropuerto Internacional Felipe Ángeles, Oaxaca, México.



SERVICIOS DE APOYO AL AEROPUERTO



Imagen 83 Servicios de Apoyo al AIFA

Fuente: "XXIII Reunión Nacional de Ingeniería de Vías Terrestres". (2021, 30 septiembre). [Proyecto y avances]. Proyecto y avances del Aeropuerto Internacional Felipe Ángeles, Oaxaca, México.

Instalaciones de Apoyo

El Aeropuerto Internacional Felipe Ángeles será de clase mundial. Así contará con servicios e instalaciones de apoyo, como:

- Terminal de carga
- Carga doméstica
- Hangares de Aerolíneas
- Aviación general y FBO por sus siglas en inglés (Fixed Base Operator) encargado de servicios de apoyo a la aviación.
- Bases de mantenimiento MRO por sus siglas en inglés (Maintenance, Repair and Operations), encargadas de las operaciones necesarias para mantener las aeronaves en funcionamiento.
- Terminal de Combustibles
- Zona comercial y de servicios
- Central Eléctrica
- Mantenimiento y Equipo de Apoyo en Tierra
- Almacenamiento de Equipo de Apoyo en Tierra
- Limpieza de Aeronaves

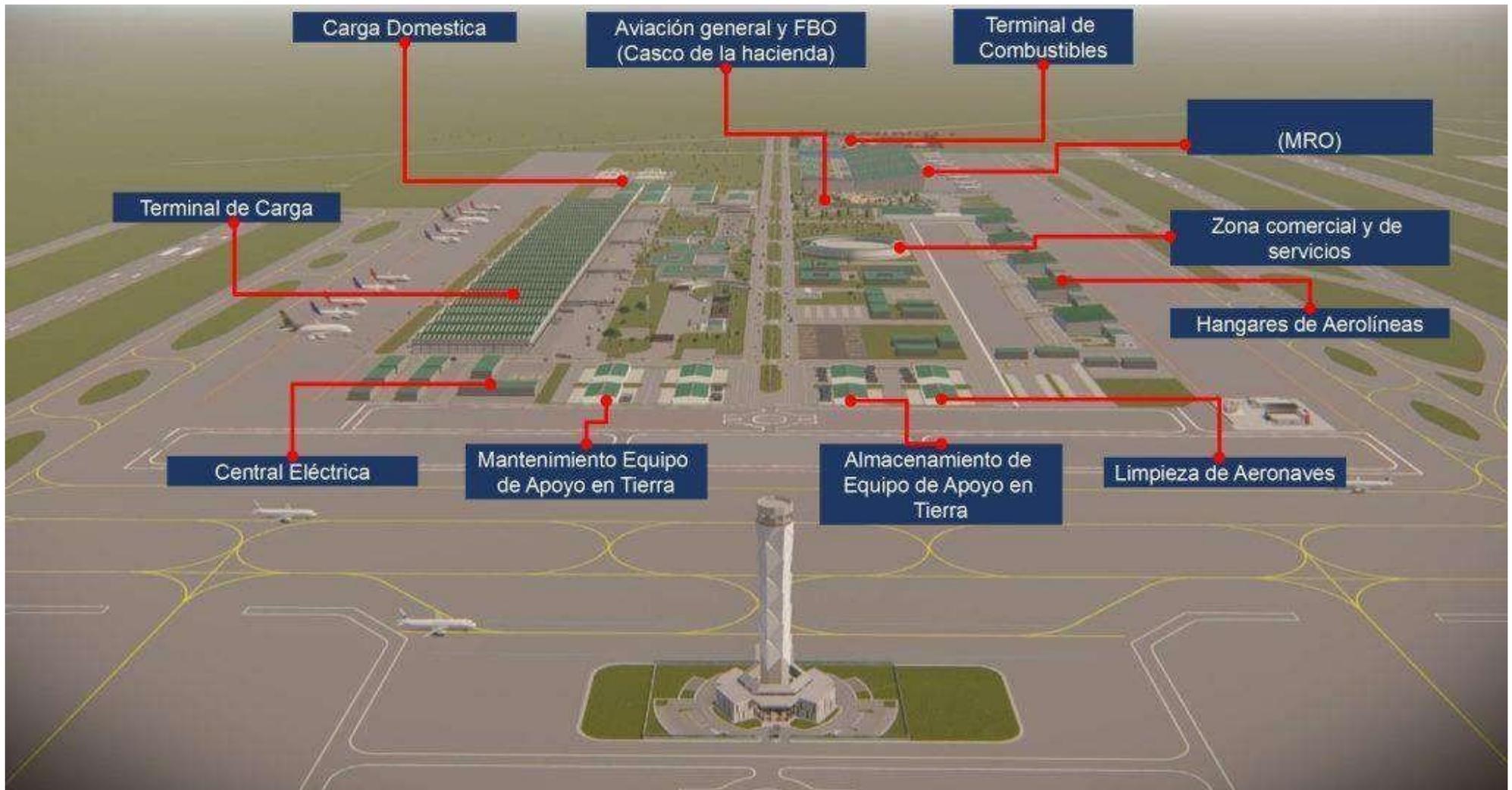


Imagen 84 Instalaciones de Apoyo AIFA.

Fuente: *Instalaciones de apoyo.* (2019). [Imagen]. https://aeropuertoaifa.mx/2019_4904/

Sistema de manejo de equipaje (BHS)

Longitud de bandas

- Llegadas nacionales:
 - Nivel 0.00: 333 m (banda y carruseles)
 - Nivel -4.00: 810 m.
- Llegadas Internacionales:
 - Nivel 0.00: 506 m (bandas y carruseles)
 - Nivel -4.00: 640m

Salidas:

- Nivel +10.5: 570 m.
- Nivel +5.25: 2,180 m.
- Sorteadores Principal 568 + Secundario 1,266 m.
- Nivel +0.00: 1,176 m.

Total: 8,049 m.

Capacidad:

5,269 maletas/hora en hora punta pasajeros de salida.

4,389 maletas/ hora en hora punta pasajeros de llegada.

5 islas de check in para 100 mostradores.

3 carruseles de reclamo de equipaje nacional.

4 carruseles de reclamo de equipaje internacional.

12 carruseles de salida.

2 líneas de conexión de equipaje nacional.

Almacenamiento temprano para 480 maletas.



Imagen 85 Sistema de manejo de equipaje (BHS) AIFA.

Fuente: "XXIII Reunión Nacional de Ingeniería de Vías Terrestres". (2021, 30 septiembre). [Proyecto y avances]. Proyecto y avances del Aeropuerto Internacional Felipe Ángeles, Oaxaca, México.

Planta de Tratamiento

Un acueducto proveniente de la porción sur del acuífero “Valle del Mezquital “en el Estado de México proveerá de agua potable al AIFA. Llegará a dos plantas de almacenamiento de agua potable, donde se realizará la regulación y potabilización para su posterior distribución tanto a las instalaciones del AIFA como a la Ciudad Militar.

Se realizará el tratamiento de la totalidad de las aguas grises que se generen y se reutilizarán en diversos rubros dentro de las instalaciones del AIFA y de la Ciudad Militar.

El drenaje pluvial considera la construcción de 50 pozos de infiltración profunda. Posterior a un pretratamiento, esta agua pluvial será inyectada para la recarga del acuífero local y destinada a diversos usos.



Imagen 86 Redes Hidráulicas, Sanitaria y Planta de Tratamiento, AIFA.

Fuente: *Redes Hidráulicas, Sanitarias y Planta de Tratamiento (Frente de trabajo)*. (2021, 13 diciembre). [Imagen]. https://aerpuertoaifa.mx/2019_5760/

Estacionamientos

Estacionamiento para Usuarios

El estacionamiento tiene capacidad de 4,025 cajones repartidos en cinco niveles: dos subterráneos, dos elevados y uno a nivel de suelo. El estacionamiento se ubica estratégicamente entre la Ciudad Aeroportuaria y la terminal de pasajeros.

Las instalaciones se han diseñado con sistemas inteligentes y automatizados, plumas para el control de acceso y salida, módulos automáticos para el pago, sensores guía para los cajones de estacionamiento que alternan entre color rojo y verde para una fácil ubicación al usuario de cajones disponibles, circuito cerrado de vigilancia por vídeo además de módulos de vigilancia, lo que brinda un ambiente confiable y seguro para los usuarios.

Tabla 26 Cajones de Estacionamiento para Usuarios, AIFA.

ESTACIONAMIENTO USUARIOS	CAJONES
Estacionamiento de larga estancia	1816
Estacionamiento de corta estancia	2209
Cajones totales	4025

Fuente: Estacionamiento para usuarios. (2019). Aeropuerto AIFA. https://aeropuertoaifa.mx/2019_4894/

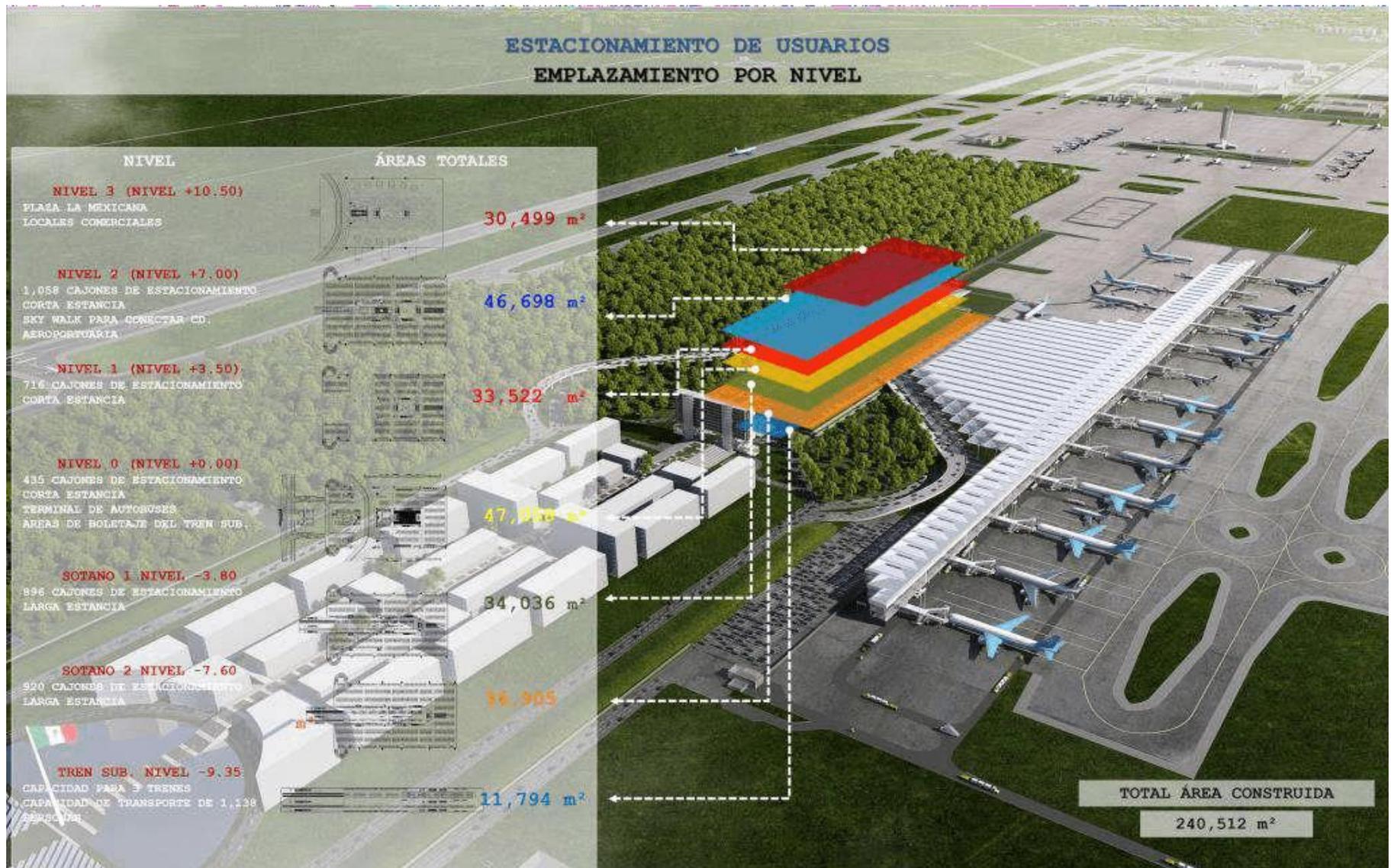


Imagen 87 Estacionamiento para Usuarios, AIFA.

Fuente: Estacionamiento para usuarios. (2019). Aeropuerto AIFA. https://aeropuertoaifa.mx/2019_4894/

Estacionamiento de Alquiler

El alquiler de coches generalmente requiere de una terminal específica mediante un edificio separado que alberga todas las actividades relacionadas con el servicio de alquiler de automóviles y las oficinas de las empresas que proporcionan dicho servicio.

El estacionamiento de alquiler de coches permite a los usuarios tener la opción de los vehículos en renta, este estacionamiento considera instalaciones administrativas y de mantenimiento y contempla la construcción de más de 20,000 mil metros cuadrados de estacionamiento y brindan una capacidad de 504 cajones de estacionamiento.



Imagen 88 Estacionamiento de Alquiler, AIFA.

Fuente: Estacionamiento para usuarios. (2019). Aeropuerto AIFA. https://aeropuertoaifa.mx/2019_4894/

Estacionamiento de Espera de Autobuses y Automóviles

Como parte de los servicios de apoyo del aeropuerto, se contará con un estacionamiento de corta estancia en un área de 2,300 metros cuadrados con capacidad para 50 autos.

Los vehículos que no requieren usar el estacionamiento harán uso de esta área por un tiempo máximo de espera de 20 minutos mientras esperan a sus amigos o familiares. Así se ayuda a evitar la saturación de las vialidades principales.

Otro estacionamiento similar, ubicando a un kilómetro de la terminal de pasajeros, será para autobuses, ya sean turísticos, foráneos, ejecutivos o de otra índole. Con un tiempo máxima de espera de 45 minutos, se encuentra en un área de construcción de 3,436 metros cuadrados con capacidad para 15 autobuses.



Imagen 89 ESTACIONAMIENTO DE ESPERA DE AUTOBUSES Y AUTOMÓVILES, AIFA.

Fuente: Estacionamiento para usuarios. (2019). Aeropuerto AIFA. https://aeropuertoaifa.mx/2019_4894/

Estacionamiento para Empleados

Como parte de los servicios de apoyo del AIFA y con el objetivo de garantizar un espacio de estacionamiento para el personal operativo del AIFA se prevé la construcción de los estacionamientos de empleados con un área de 24,932 metros cuadrados con capacidad para 659 automóviles.

La ubicación y orientación de este estacionamiento va acorde al diseño de la terminal de pasajeros, con la finalidad de priorizar el flujo de la movilidad interna de los empleados del aeropuerto evitando problemas de circulación.



Imagen 90 ESTACIONAMIENTO PARA EMPLEADOS, AIFA.

Fuente: *Estacionamiento para Empleados*. (2019). Aeropuerto AIFA. https://aeropuertoaifa.mx/2019_4898/

Estacionamiento de taxis

El estacionamiento para taxis permite a éstos esperar en un área alejada de la terminal para tener una mejor gestión de los flujos de tráfico y mejorar las congestiones de tráfico vial en las cercanías de la acera de llegadas.

Se contempla la construcción de más de 15,000 mil metros cuadrados de estacionamiento para taxis que brindan una capacidad de tener 329 cajones al AIFA. Además de tener un número importante de cajones, el estacionamiento para taxis también tendrá áreas para oficinas administrativas, locales comerciales, sistemas de vigilancia y servicios generales.

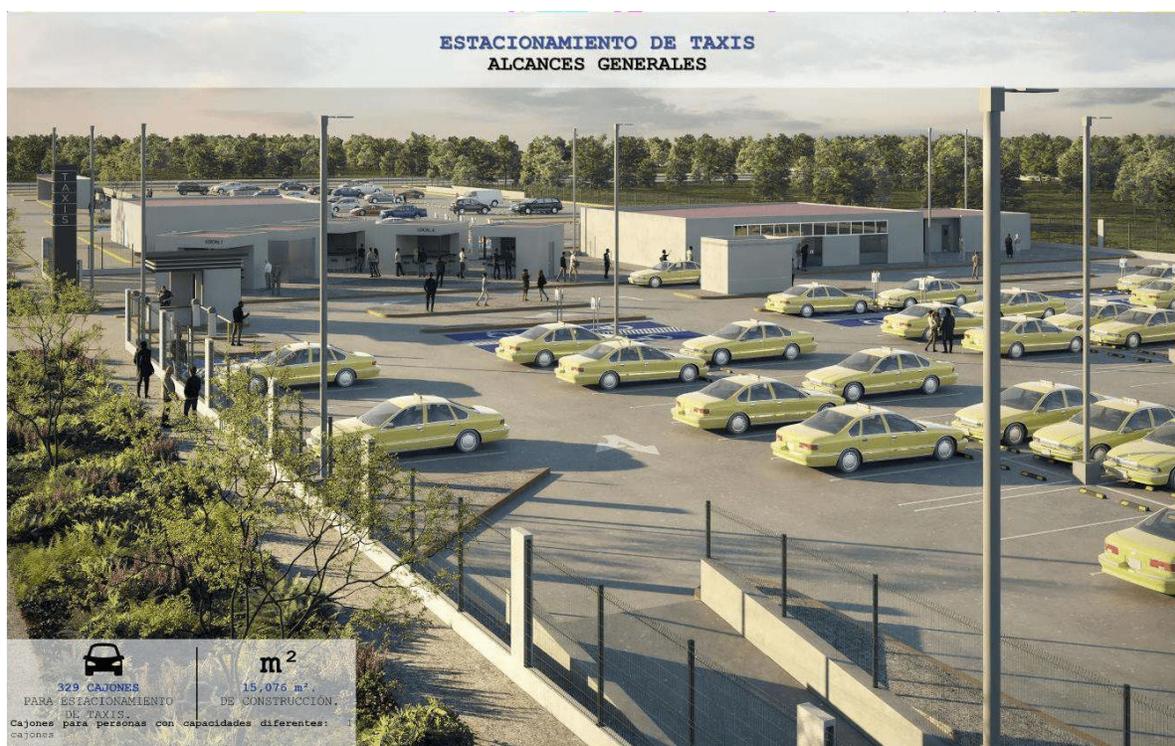


Imagen 91 ESTACIONAMIENTO DE TAXIS, AIFA.

Fuente: *Estacionamiento de taxis.* (2021). Aeropuerto AIFA. https://aeropuertoaifa.mx/2019_4901/

Edificio de servicios aeroportuarios.

Para la eficiente operación del administrador del aeropuerto, se requieren de otras instalaciones complementarias de las oficinas, para dar mantenimiento al lado aire y al lado tierra, pistas, rodajes plataformas, sistemas de iluminación, señalización, edificios y sus partes, pisos, plafones, muros, cancelería, cristalería, acabados, hidráulica, sanitaria, voz y datos cableados, comunicación inalámbrica. De este modo se requiere de talleres, bodegas de material y personal especializado para cada una de las especialidades de conservación, mantenimiento, resguardo y reparaciones básicas.

El programa arquitectónico puede irse cumpliendo. La descripción proporcionada pertenece a la primera etapa del desarrollo del Plan Maestro preliminar del Aeropuerto Internacional de Santa Lucia, que se complementará con edificios modulares de almacén, reparación de vehículos y otros talleres según se desarrolle el aeropuerto.

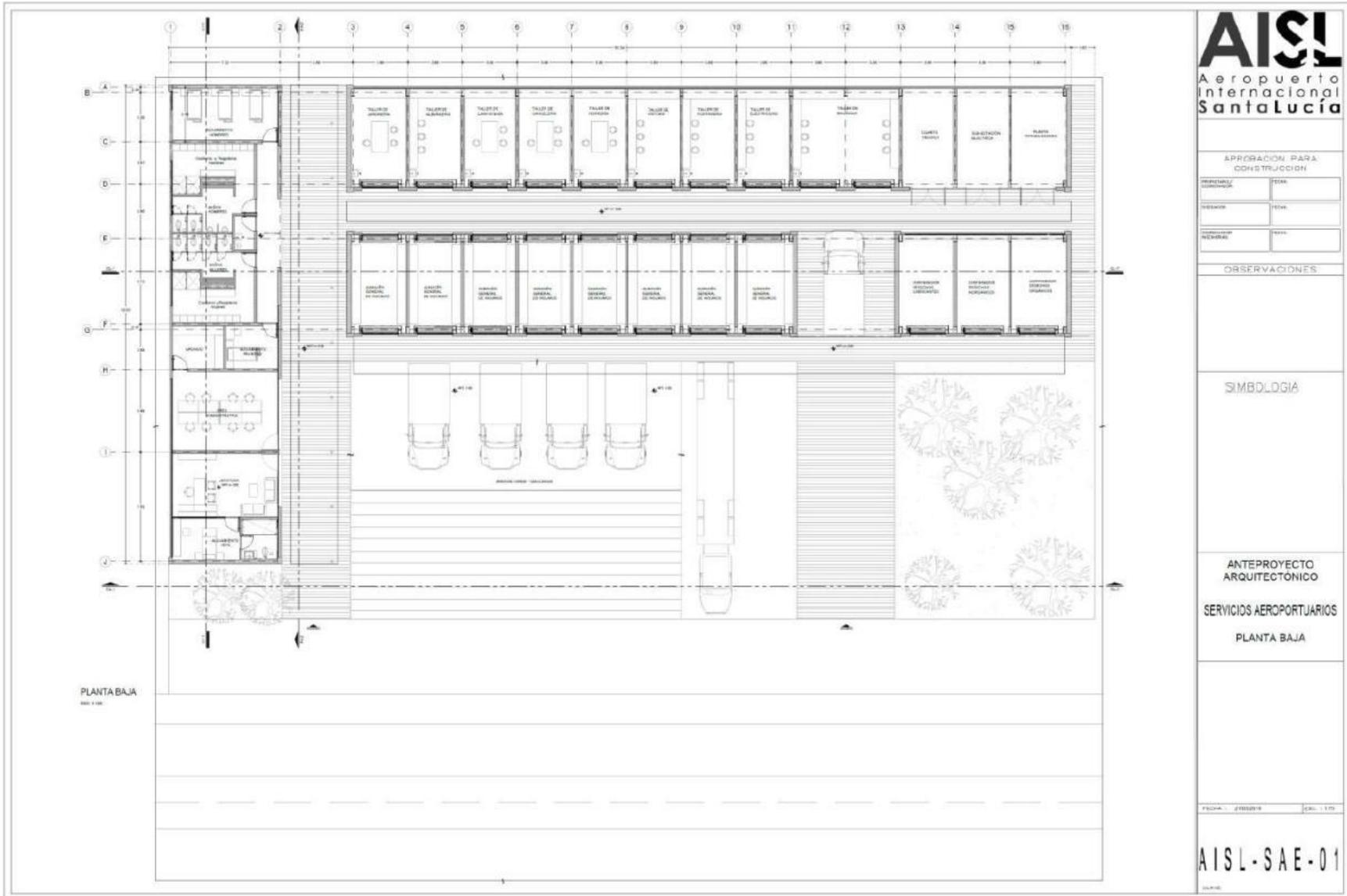


Imagen 92 Edificio de servicios aeroportuarios del AIFA, Proyecto arquitectónico. Planta.

Fuente: MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD REGIONAL, DEL PROYECTO “CONSTRUCCIÓN DE UN AEROPUERTO MIXTO CIVIL / MILITAR CON CATEGORÍA INTERNACIONAL EN LA BASE AÉREA MILITAR No. 1 (SANTA LUCÍA, EDO. MÉX.), SU INTERCONEXIÓN CON EL AICM Y REUBICACIÓN DE INSTALACIONES MILITARES”

Servicio de Extinción de Incendios (SEI).

Esta instalación es parte indispensable de la infraestructura de seguridad del aeropuerto, tanto para atención a siniestros y eventos relacionados con las aeronaves en el lado aire, así como con los pasajeros y las actividades de lado tierra y sus edificios.

La OACI establece los requisitos generales para los servicios de rescate y extinción de incendios (SREI) en el Anexo 14 Volumen 1, Capítulo 9, Sección 9.2 y en el Doc. 9137- AN/898 Parte 1. Ahí se detalla el número y la capacidad de los vehículos necesarios que deben ser proporcionados en el aeropuerto con base en el tamaño de los aviones más grandes, lo que se puede utilizar para saber el tamaño de las instalaciones necesarias para albergar a estos vehículos.

La ubicación de las instalaciones SREI debe cumplir con los tiempos de respuesta mínimos en cualquier parte de las áreas de movimiento. La recomendación de la OACI es de 2 minutos para el primer vehículo con capacidad de entregar el 50% de la descarga requerida y 3 minutos para los demás vehículos. Suponiendo que la velocidad del vehículo sea de 60 km/h, la distancia máxima del recorrido es de 2,000 m para un tiempo de respuesta de 2 minutos y 3,000 m para 3 minutos. El número y capacidad de los vehículos de extinción de incendios también se definen por la OACI.

El tamaño de las estaciones de bomberos se determina por el número de vehículos que serán alojados en cada una. Debido a la distribución de los vehículos en el aeródromo y para lograr los tiempos de respuesta requeridos, serán necesarias instalaciones de diferentes tamaños. El uso de estacionamientos para vehículos de bomberos y de bahías de servicio simplificará las operaciones y el acceso para los vehículos y esta se debe considerar como una buena práctica. Además de la cantidad necesaria de vehículos de bomberos, se pueden necesitar otros vehículos como vehículos de mando de emergencia, vehículos de apoyo, vehículos de acceso al interior de aviones, unidades de ventilación móviles, vehículos de intervención rápida y ambulancias.

Se deberá resaltar que existe la posibilidad de que con el número de operaciones aeronáuticas que se esperan en el AIFA, aumente conforme a las etapas de desarrollo del proyecto, por lo que se requerirá ampliar el edificio a la categoría máxima (9) y complementar el número de bomberos y personal, y con la tercera pista se requerirá de otra unidad del SEI del lado Sur Oriente, debidamente ubicada y con las dimensiones y equipamiento necesarios.

APROBACION PARA
CONSTRUCCION

PROYECTANTE	FECHA
IMPRESOR	FECHA
CONSTRUCCION	FECHA

OBSERVACIONES

SIMBOLOGIA

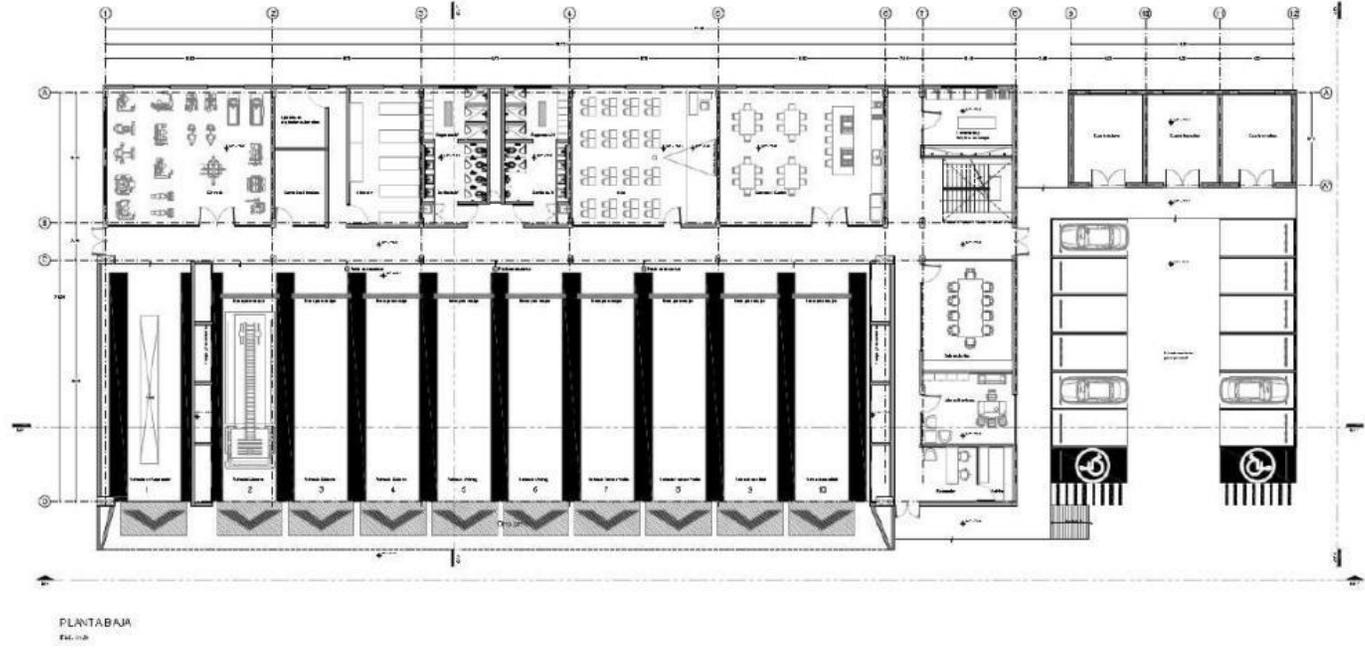
ANTEPROYECTO
ARQUITECTÓNICO

S.S.E.I.

PLANTA BAJA

PEQUENA 21x2820 8500 1:1/200

AI SL-SEI-01



PLANTABAJA
Esc. 1:200

Imagen 94 Edificio del Sistema de Extinción de Incendios (SEI) del AIFA, Proyecto arquitectónico. Planta baja.

Fuente: MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD REGIONAL, DEL PROYECTO “CONSTRUCCIÓN DE UN AEROPUERTO MIXTO CIVIL / MILITAR CON CATEGORÍA INTERNACIONAL EN LA BASE AÉREA MILITAR No. 1 (SANTA LUCÍA, EDO. MÉX.), SU INTERCONEXIÓN CON EL AICM Y REUBICACIÓN DE INSTALACIONES MILITARES”

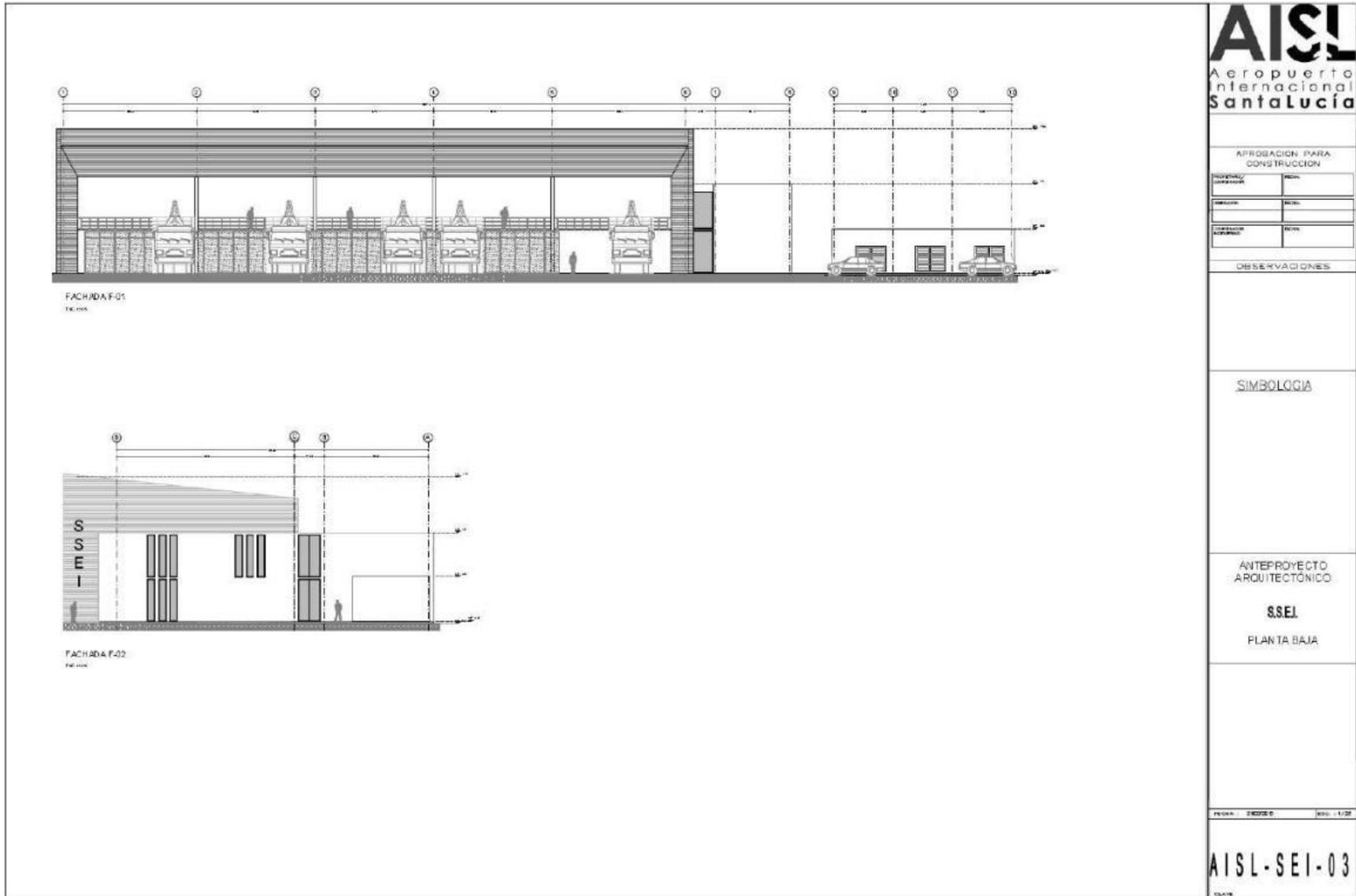


Imagen 95 Edificio del Sistema de Extinción de Incendios (SEI) del AISL, Proyecto arquitectónico. Fachadas. AIFA.

Fuente: MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD REGIONAL, DEL PROYECTO “CONSTRUCCIÓN DE UN AEROPUERTO MIXTO CIVIL / MILITAR CON CATEGORÍA INTERNACIONAL EN LA BASE AÉREA MILITAR No. 1 (SANTA LUCÍA, EDO. MÉX.), SU INTERCONEXIÓN CON EL AICM Y REUBICACIÓN DE INSTALACIONES MILITARES”

Ciudad Aeroportuaria

La infraestructura de la Ciudad Aeroportuaria se considera un foco estratégico de servicios, un núcleo de progreso en conjunto con el AIFA generando empleos y oportunidades de desarrollo para la región. Hoteles, centros comerciales, oficinas, hospitales, comercios, gasolinera, parques lineales, andadores, paradas de transporte público, conforman la “Ciudad Aeroportuaria”, una urbanización con estos importantes servicios, entre otros, para el AIFA.

Superficie total 1/a. Etapa

118,014.633 m² (11.80 Ha).

Superficie total 2da. Etapa

252,927.826 m² (25.29 Ha).

Elementos del proyecto

La 1/a fase consta de 16 manzanas, en la 2/a fase se agregarán 36 lotes más para finalmente llegar a una etapa final en la que se cuenten con 2 lotes con usos de suelo variado.



Imagen 96 Parque Lineal de la Ciudad Aeroportuaria. AIFA.

Fuente: “XXIII Reunión Nacional de Ingeniería de Vías Terrestres”. (2021, 30 septiembre). [Proyecto y avances]. Proyecto y avances del Aeropuerto Internacional Felipe Ángeles, Oaxaca, México.



**Superficie 1/a. etapa
18.5 Ha.**

Espacios Abiertos y Áreas Desarrollables



Imagen 97 Ciudad Aeroportuaria. AIFA.

Fuente: Ciudad Aeroportuaria. (2021). Aeropuerto AIFA. https://aeropuertoaifa.mx/2019_4891/

Hotel Principal del Aeropuerto

El proyecto del hotel principal del aeropuerto (4 estrellas) de 219 habitaciones en una superficie de 25,000 m², brindara a la Ciudad Aeroportuaria del AIFA plusvalía y atracción económica, permitiendo el desarrollo de 52 manzanas en esta zona destinadas a diferentes usos.

Las instalaciones del hotel principal del aeropuerto se ubican en la manzana 3 de la Ciudad Aeroportuaria, en el acceso principal al AIFA.



Imagen 98 Hotel Principal del Aeropuerto, AIFA.

Fuente: "XXIII Reunión Nacional de Ingeniería de Vías Terrestres". (2021, 30 septiembre). [Proyecto y avances]. Proyecto y avances del Aeropuerto Internacional Felipe Ángeles, Oaxaca, México.

Torre de Control

La Torre de Control del AIFA tendrá una altura de 88 metros con un elegante diseño con reminiscencias de nuestra identidad, que incorpora símbolos del poderío de nuestro México prehispánico. En el fuste de la torre, se representa la contundencia de un “macuahuitl”, un arma azteca semejante a una espada, un palo con filos de obsidiana a los lados. Su nombre proviene del náhuatl “maitl”, mano, y “cuáhuitl”, madera o palo. En la base, se representa la solidez y protección de un “chimalli”, un escudo con plumas ampliamente usado en Mesoamérica. Así, el “macuahuitl” y el “chimalli”, arma y defensa, se incorporan en el diseño de la Torre de Control, como elementos icónicos de nuestras culturas prehispánicas.

La Torre de Control del AIFA estará equipada con tecnología de vanguardia en radioayudas y comunicaciones, con el objeto de brindar las facilidades para organizar y agilizar el flujo del tráfico aéreo de una manera segura y expedita.

En campo cuenta con equipo de apoyo de vanguardia y a la par de los mejores aeropuertos del mundo, como el Sistema de Aterrizaje Instrumental o ILS por sus siglas en inglés (Instrument Landing System), radar de superficie y equipo de radio ayudas.

Con mecanismos de redundancia garantiza el funcionamiento constante del equipo.

Cuenta con suficiente espacio para los controladores y supervisores requeridos de acuerdo a las normas internacionales. Se complementa su implementación con equipo de vanguardia para las operaciones del AIFA.

Tendrá:

- Cabina de control para 14 controladores.
- Áreas administrativas.
- Simulador de vuelo.
- Sala de adiestramiento.
- Área de servicios de ingeniería.
- Sistemas con triple redundancia en caso de emergencia.
- 70 cajones de estacionamiento.
- Áreas deportivas y recreativas.



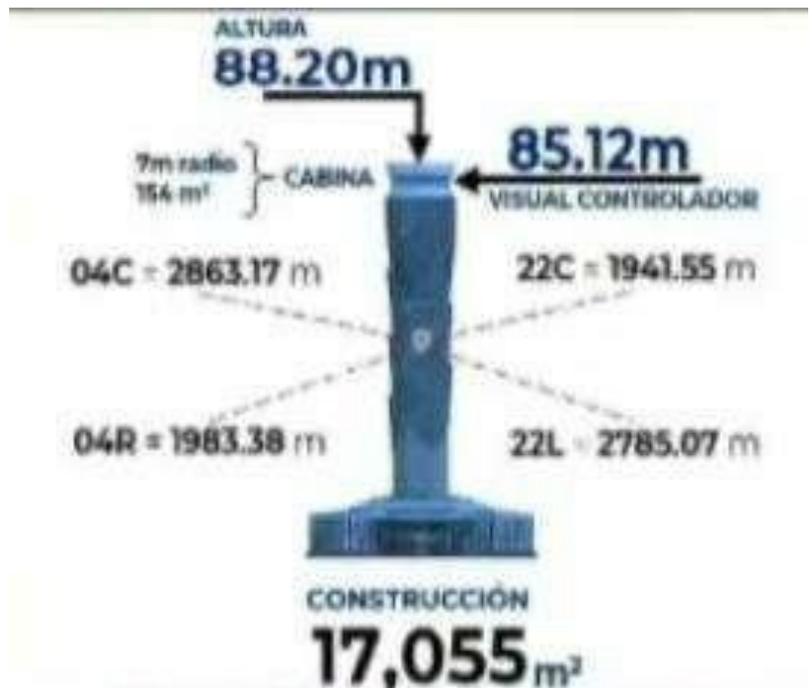
Imagen 99 Torre de Control, AIFA.

Fuente: Torre de Control del AIFA. (2021). Aeropuerto AIFA.

https://aerpuertoaifa.mx/2019_4931/

Fuente: "XXIII Reunión Nacional de Ingeniería de Vías Terrestres". (2021, 30 septiembre). [Proyecto y avances]. Proyecto y avances del Aeropuerto Internacional Felipe Ángeles, Oaxaca, México.

Imagen 100 Altura Torre de Control, AIFA.



Ayudas a la Navegación:

Sistemas de vigilancia:

- ADS-B (sistema de vigilancia automática).
- PSR Radar Primario /MSSR Radar Secundario.

Sistemas de navegación:

- ILS CAT I
- ILS CAT III
- DVOR/DMF /Radiofaro, dirección y distancia)

Sistema A-SMGCS

- MLAT (Multilateracion).
- SMR (radar de superficie)
- Ayudas visuales (AGL).

Sistemas de comunicaciones

- VCS
- Radio Enlaces punto a punto IP.
- Transceptor de emergencia.
- Sistema de radios VHF/VDL

Sistemas de meteorología

- AWOS
- CEILOMETROS
- RVR

Sistemas de alerta de cizalladura

- Radar meteorológico (Banda X).
- LIDAR.

Zona Comercial

Superficie total de área comercial 26,750 m² con 200 locales comerciales.

La zona comercial es una reminiscencia de un “Pueblo Mágico”, y en su arquitectura captura los atributos simbólicos de cada rincón del país, para compartir con el viajero la esencia del territorio mexicano.

14 líneas de inspección en filtros de seguridad:

- Fabricación alemana.
- Tomógrafos de alta tecnología marca Smiths Detection.
- Contribuye a la mejor experiencia del pasajero al evitar que separe sus pertenencias.
- Procesamiento promedio de pasajeros 3 min.
- Procesamiento de maleta en menos de 30 segundos por pasajero.
- Primeros equipos en América Latina.
- Monitoreo remoto desde una sala de operadores en segundo nivel.

Plaza Mexicana

Justo frente al acceso principal para la terminal de pasajeros, se ubicará la Plaza Mexicana. Esta plaza será el núcleo de tránsito más importante del AIFA. Su ubicación estratégica en la parte superior de la Terminal Intermodal de Transporte Terrestre y como paso para acceder a la terminal de pasajeros desde el acceso del estacionamiento, tren suburbano y la zona de ascenso y descenso de las principales vialidades del AIFA.

Tomando en cuenta que la Plaza Mexicana está concebida como el área de mayor tránsito de personas que convergen en el AIFA, se ubicarán también importantes servicios para los usuarios como restaurantes, locales comerciales y miradores para observar el movimiento de los aviones. Los usuarios nacionales e internacionales harán de esta plaza de 30,500 metros cuadrados un área importante para el AIFA como también para la difusión cultural de nuestro país ya que en la Plaza Mexicana se exhibirán periódicamente muestras y eventos de la diversidad cultural y artística de México.



Imagen 101 Plaza Mexicana, AIFA.

Fuente: Ciudad Aeroportuaria. (2021). Aeropuerto AIFA. https://aeropuertoaifa.mx/2019_4891/

V.2.6. Vialidades de Conexión con el AIFA.

Vialidades de Acceso

El proyecto de construcción y desarrollo del AIFA contempla dos vías de comunicación para el acceso a las instalaciones, uno para el Circuito Exterior Mexiquense y otro para la autopista México – Pachuca.

El acceso universal es la principal meta del AIFA, es un esfuerzo entre diversas instituciones y secretarías como la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), el Gobierno del Estado de México, la Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU).

Entre los proyectos de conexión, resaltan dos vías de comunicación, uno a cargo del Sistema de Autopistas, Aeropuertos, Servicios Conexos y Auxiliares del Estado de México (SAASCAEM) y otro proyecto a cargo de la Secretaría de Comunicaciones y Transporte.

Ambos proyectos comunican al AIFA con distintos destinos de la zona del Valle de México. Estas vías de comunicación agilizan el aforo vehicular, desahogan el tráfico y mejoran la movilidad alrededor del AIFA.



Imagen 102 Principales Vías de Acceso al AIFA.

Fuente: Conectividad AIFA, Gobierno Estado de México, 19 marzo 2020

Vialidad de Interconexión

Principal entrada del aeropuerto internacional “Felipe Ángeles”, con facilidades para vehículos particulares, transporte público (BRT) y tren suburbano y la reubicación de vías férreas en una longitud de 32 km.

Alcances:

- Vialidad principal de 5.02 km.
- Vialidad de servicios de 1.93 km.
- P.I.V. Nextlalpan – Xaltocan 546.
- Ciclovía.
- Reubicación de 32 km de vías férreas.
- Obras inducidas.
- Infraestructura para el tren suburbano desde el CEM hasta la TITT.
- Equipamiento con Sistema Inteligente de Transporte.



VIALIDAD DE INTERCONEXIÓN



DESCRIPCIÓN GENERAL

Principal entrada del Aeropuerto Internacional "Felipe Ángeles", con facilidades para vehículos particulares, transporte público (BRT) y tren suburbano y la reubicación de vías férreas en una longitud de 32 km.



ALCANCES

- Vialidad principal de 5.02 Km.
- Vialidad de servicios de 1.93 Km.
- P.I.V. Nextlalpan – Xaltocan 546 m.
- Ciclovia.
- Reubicación de 32 Km de vías férreas.
- Obras inducidas.
- Infraestructura para el Tren Suburbano desde el CEM hasta la TITT.
- Equipamiento con Sistema Inteligente de Transporte.

Imagen 103 Vialidad de Interconexión, AIFA.

Fuente: "XXIII Reunión Nacional de Ingeniería de Vías Terrestres". (2021, 30 septiembre). [Proyecto y avances]. Proyecto y avances del Aeropuerto Internacional Felipe Ángeles, Oaxaca, México.

Conexión Oriente

La nueva “Conexión Oriente “, una autopista que conectará la calzada Ignacio Zaragoza y el periférico Oriente con la autopista Peñón-Texcoco obra que contar con 4 carriles en 7 kilómetros y que vendrá a conectar la zona de Coyoacán, Tlalpan al sistema aeroportuario mediante esta vialidad de paga.

Descripción Oriente: Autopista que conecta el Periférico Oriente a la altura de Calzada Ignacio Zaragoza con la Autopista Peñón – Texcoco.

Área de Influencia:

Conexión con el AIFA desde la zona de San Ángel, Coapa, Tepepan, Coyoacán, Tlalpan, entre otras. Movilidad local en la zona oriente del Valle de México.

Longitud: 7 km.

Número de carriles: 4

Tiempo de ahorro: 20 – 30 minutos.



Imagen 104 Conexión Oriente, AIFA.

Fuente: Conectividad AIFA, Gobierno Estado de México, 19 marzo 2020

Entronque Acceso Principal AIFA

Proyecto cuyo principal objetivo es la intercomunicación del poniente de la Zona Metropolitana del Valle de México al AIFA.

Esta vialidad de acceso principal del nuevo aeropuerto “Felipe Ángeles”, desde el circuito exterior mexiquense a la altura del municipio de Tultepec, hasta la instalación de la terminal aérea con dos carriles en cada sentido.

Descripción del proyecto: Construcción de un entronque que parte del Circuito Exterior Mexiquense a la altura de Tultepec, hacia el AIFA.

Área de Influencia: Zona Norte (Querétaro), Zona Poniente (Toluca), CDMX, Texcoco.

Número de carriles: 2 por sentido.

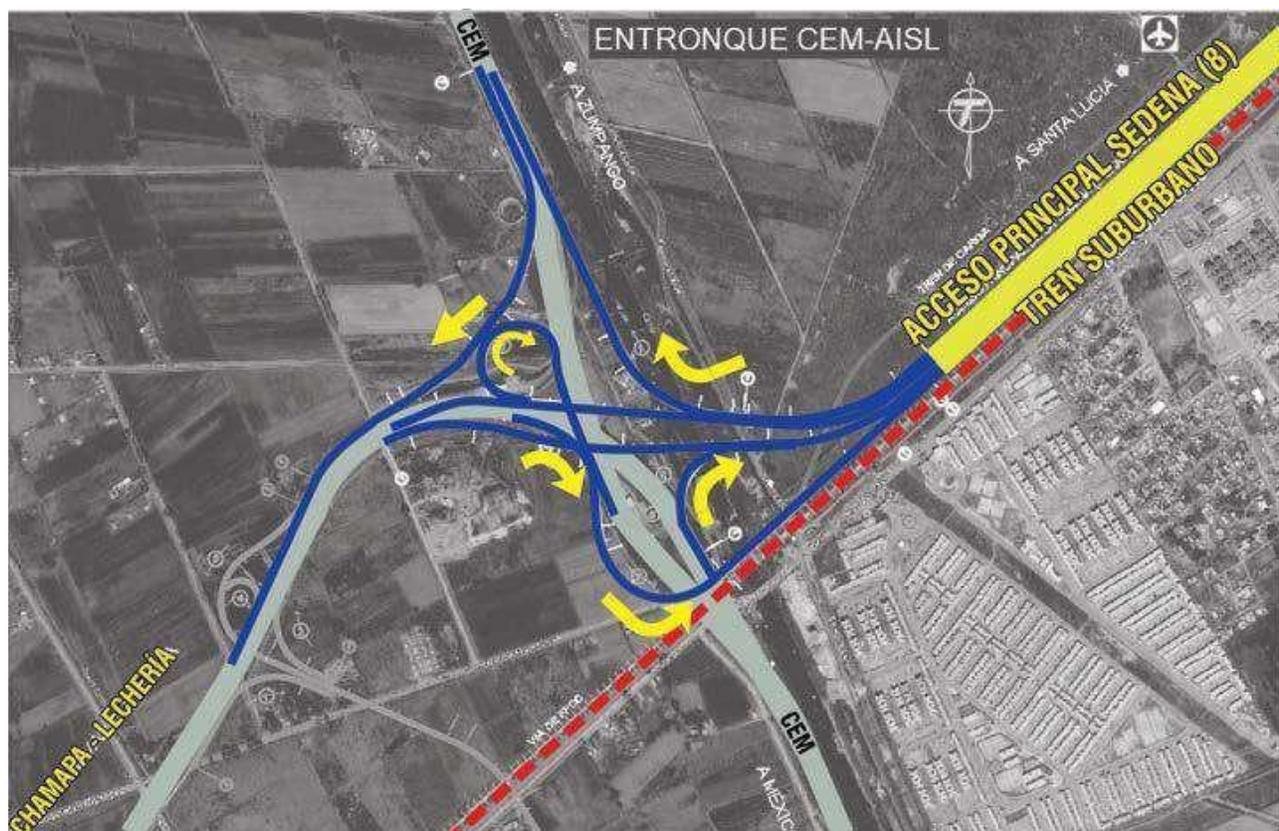


Imagen 105 Entronque CEM - AIFA.

Fuente: Conectividad AIFA, Gobierno Estado de México, 19 marzo 2021.



EJE TRONCAL DE CIRCULACIÓN

Para distribuir tráfico vehicular de pasajero y carga por vialidades dedicadas sin interferencias



Imagen 106 Eje Troncal de Circulación, AIFA.

Fuente: "XXIII Reunión Nacional de Ingeniería de Vías Terrestres". (2021, 30 septiembre). [Proyecto y avances]. Proyecto y avances del Aeropuerto Internacional Felipe Ángeles, Oaxaca, México.



EJE TRONCAL

SEDENA
SECRETARÍA DE DEFENSA



Aceras de ascenso y descenso de pasajeros en dos niveles (0 y + 10.50 m)



Imagen 107 Eje Troncal AIFA.

Fuente: "XXIII Reunión Nacional de Ingeniería de Vías Terrestres". (2021, 30 septiembre). [Proyecto y avances]. Proyecto y avances del Aeropuerto Internacional Felipe Ángeles, Oaxaca, México.

Conexión Viaducto Bicentenario – Circuito Exterior Mexiquense

Así mismo, en la zona norte del Estado de México se estará llevando a cabo la obra de interconexión del segundo piso del periférico norte con el circuito exterior mexiquense bicentenario a la altura de Tepalcapa en Cuautitlán Izcalli y que permitirá la interconexión vial a la gente de la zona de Atizapán y Satélite para acceso al AIFA (aeropuerto internacional Felipe Ángeles), con una longitud de 3 Kilómetros.

Descripción del Proyecto: Extensión del segundo piso de periférico en el EdoMex. desde Tepalcapa hasta el Circuito Mexiquense.

Área de influencia: Conexión con el AIFA desde la zona de Satélite, Lomas Verdes, Toreo, Tlalnepantla, Polanco, Fuente de Petróleos.

Longitud: 3 km.

Número de carriles: 4.

Tiempo de ahorro: 20 minutos.



Imagen 108 CONEXIÓN VIADUCTO BICENTENARIO – CIRCUITO EXTERIOR MEXIQUENSE, AIFA.

Fuente: Conectividad AIFA, Gobierno Estado de México, 19 marzo 2020

Ruta México – Pachuca

Descripción del proyecto:

El proyecto se compone de la modernización de la autopista México – Pachuca (17.6 km), rehabilitación del Camino a San Jerónimo (2.6 km) y la construcción del entronque Este del AIFA.

Área de influencia:

Zona norte del Valle de México: Tecámac, Ecatepec, Gustavo A. Madero, Cuauhtémoc.

Longitud: 20.2 km.

Número de carriles: 4.

Tiempo de ahorro: 30 minutos.



Imagen 109 RUTA MÉXICO – PACHUCA, AIFA.

Fuente: Conectividad AIFA, Gobierno Estado de México, 19 marzo 2020

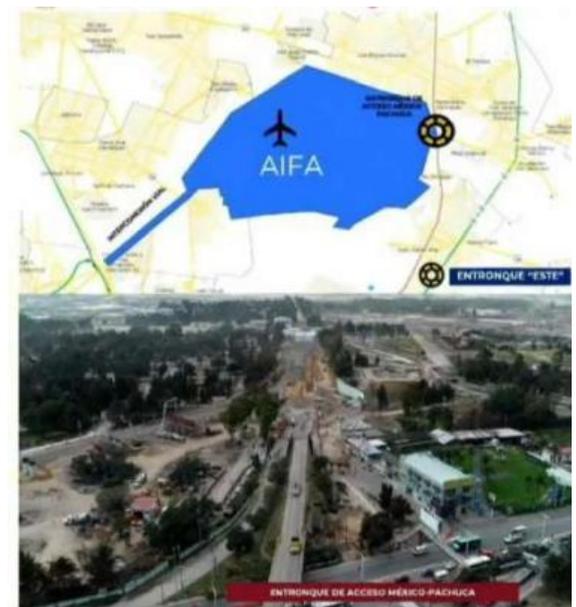


Imagen 110 RUTA MÉXICO – PACHUCA

Fuente: “XXIII Reunión Nacional de Ingeniería de Vías Terrestres”. (2021, 30 septiembre). [Proyecto y avances]. Proyecto y avances del Aeropuerto Internacional Felipe Ángeles, Oaxaca, México.

Es el principal eje de comunicación con la zona oriente del Valle de México, contempla un acceso para el transporte de carga, así como para los vehículos ligeros que ingresan a las instalaciones militares.

Modernización Camino a San Jerónimo

Proyecto a cargo de la SCT, que contempla una vialidad para dar acceso al AIFA desde la autopista México – Pachuca.

La rehabilitación de 2.65 kilómetros del camino a San Jerónimo está a cargo de la empresa Imagen Corporativa Atlanta S.A. de C.V. y tiene una inversión de 60 millones 362 mil 318.80 pesos de la SCT. Esta será una vía de acceso libre al oriente del AIFA y conectará con la autopista federal México-Pachuca, que también será modernizada con motivo de la construcción del nuevo aeropuerto.



Imagen 111 CAMINO A SAN JERÓNIMO, AIFA.

Fuente: "XXIII Reunión Nacional de Ingeniería de Vías Terrestres". (2021, 30 septiembre). [Proyecto y avances]. Proyecto y avances del Aeropuerto Internacional Felipe Ángeles, Oaxaca, México.

Autopista Urbana Siervo de la Nación

Enlace rápido entre el AICM y el AIFA, Autopista elevada de 4 carriles que canalizará el flujo de vehículos en la zona oriente del valle de México, en dirección de norte a sur.

Conecta al Río de los Remedios en CDMX con Jardines de Morelos en Ecatepec y también con la autopista México-Pachuca. Reducirá en 30 minutos el tiempo de recorrido.

La vialidad se extiende por 14.10 kilómetros a través del municipio de Ecatepec. Su recorrido empieza en la avenida Río de los Remedios (Ciudad de México) y se extiende hasta Jardines de Morelos.

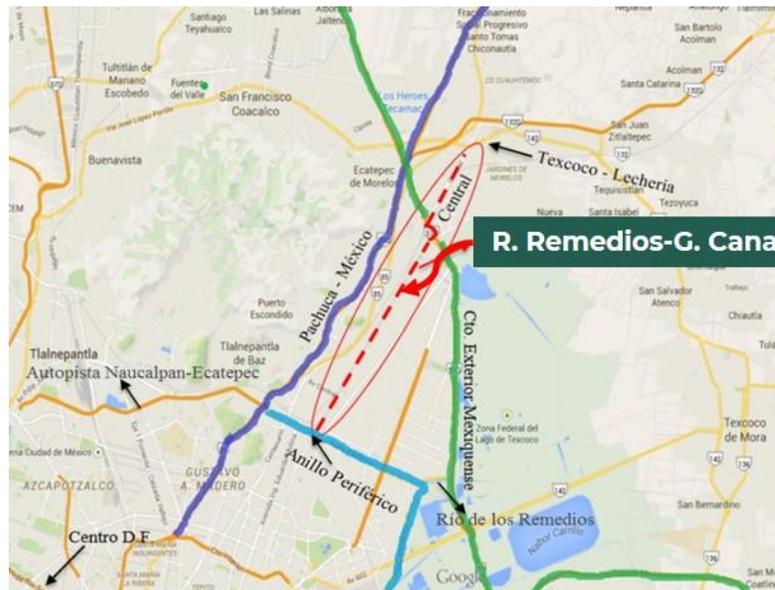


Imagen 112 AUTOPISTA URBANA SIERVO DE LA NACIÓN, AIFA.

Fuente: Conectividad AIFA, Gobierno Estado de México, 19 marzo 2020.

Carretera Libre a Tonanitla

Y por último la construcción de la vialidad libre a Tonanitla y su interconexión con la nueva autopista siervo de la nación hasta la terminal aérea.

Longitud 10.5 km

Alternativa de acceso libre de cuota al AIFA.

Viaducto elevado y entronque a nivel puente de fierro.

Vialidad a nivel y entronque camino a Tonanitla.

Vialidad camino a Tonanitla.

Estatus

- Proyecto. - Desarrollado.
- Derecho de Vía. - en proceso.
- Fecha de inicio. - mayo 2021
- Fecha de termino. - marzo 2022

Con inversión de recursos públicos de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) se construye una vialidad libre de peaje en Tonanitla, que será uno de los accesos principales al AIFA y por donde circulará la ampliación de la Línea IV de Mexibús. La inversión global es de dos mil 175 millones 971 mil 503.40 pesos, divididos en tres partidas: 780, millones 165 mil 250.38 para VISE S.A. de C.V.; 690 millones 274 mil 835.01 para ICA Constructora S.A. de C.V. y 705 millones 531 mil 418.01 para el consorcio Constructora GAYPE, Grupo Concreto EURA y Arquitectonik Inmobiliaria.

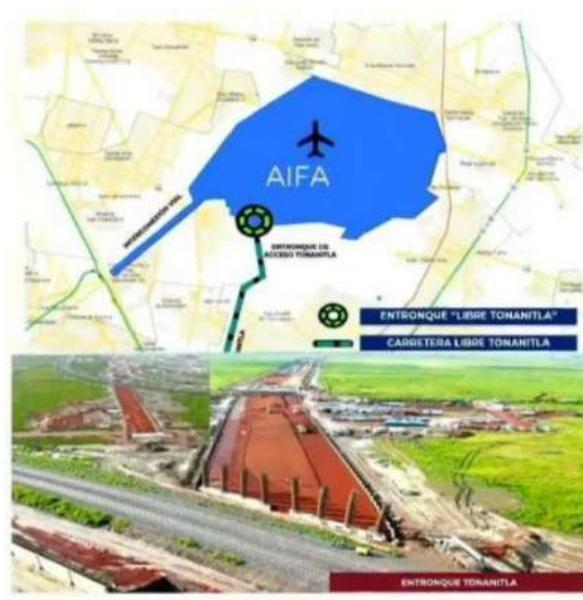


Imagen 113 CARRETERA LIBRE A TONANITLA, AIFA.

Fuente: "XXIII Reunión Nacional de Ingeniería de Vías Terrestres". (2021, 30 septiembre). [Proyecto y avances]. Proyecto y avances del Aeropuerto Internacional Felipe Ángeles, Oaxaca, México.

Red de Transporte Publico

Prolongación Tren Suburbano: Lechería - AIFA

Para su conectividad, el AIFA en Santa Lucía contará con una prolongación del Tren Suburbano de 24 kilómetros, con tres estaciones iniciales (una terminal y dos intermedias), ocho pasos vehiculares, 17 pasos peatonales, dos viaductos elevados, 1 puente ferroviario menor, demanda preliminar 70,000 pax/día y estará lista en 2022.

Área de influencia: CDMX: Cuauhtémoc, Azcapotzalco; Edomex: Tlalnepantla, Tultitlán, Coacalco, Tultepec, Nextlalpan.

Tiempo de traslado del Centro de CDMX: 45 minutos.

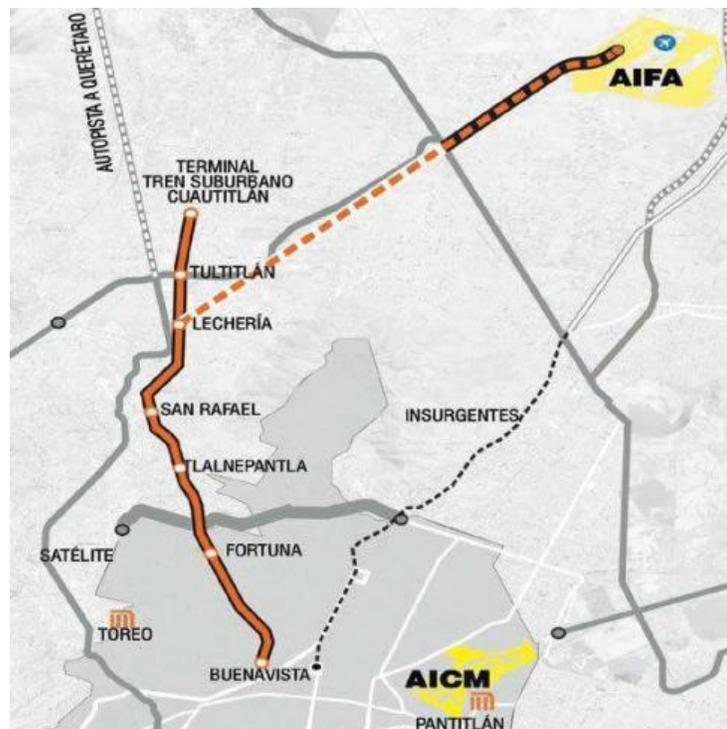


Imagen 114 Tren Suburbano Ramal Lechería - AIFA.

Fuente: Conectividad AIFA, Gobierno Estado de México, 19 marzo 2020.

Extensión Línea 1 del Sistema MEXIBÚS.

Terminal Ojo de Agua – AIFA (conecta con el sistema 1 del Mexibús Cd. Azteca – Ojo de Agua en la Terminal Ojo de Agua, y este a su vez conecta con la Línea B del STC Metro Cd- Azteca – Buenavista).

Inicia en la Terminal Ojo de Agua del Mexibús Línea 1, sobre la Av. Lázaro Cárdenas, da vuelta a la derecha en la Calle Frontera hasta el entronque con la Autopista México – Pachuca. Continúa por la Autopista México – Pachuca y salir del lado izquierdo con dirección Camino a San Jerónimo. Siguiendo sobre la Avenida Camino a San Jerónimo, para llegar al polígono del AIFA y proseguir hasta llegar a la Terminal Militar de Pasajeros.

El trayecto sigue en sentido Suroeste, hasta cruzar con la línea SH Férrea (FTVM), dirigiéndose unos metros adelante con dirección a San Miguel Xaltocan y continúa en dirección Norte para llegar a la Glorieta del Polígono del AIFA. Una vez partiendo de la Glorieta el trayecto da vuelta a la derecha para concluir y llegar a la Ciudad Aeroportuaria.

Área de influencia: Usuarios provenientes el oriente (Ecatepec, Aragón, Gustavo A. Madero).

Longitud: Construida: 16.8 km, Ampliación: 13.2 km.

Ruta exprés Cd. Azteca – AIFA: 62 minutos.



Imagen 115 Prolongación del Mexibús L1 (Terminal Ojo De Agua – AIFA).

Fuente: Conectividad AIFA, Gobierno Estado de México, 19 marzo 2020.

Extensión Línea 2 del Sistema MEXIBÚS.

Las Américas – AIFA (conecta con el sistema 2 del Mexibús La Quebrada– Las Américas, y este a su vez conecta con la Línea 1 del Tren Suburbano Buenavista – Cuautitlán en la estación Lechería).

Inicia en la estación de transferencia Las Américas. Intercepta con la Autopista México – Pachuca en 0.9 km. Intercepta con la Autopista México - Texcoco en 1.5 km. En el punto donde intercepta con la línea mexiquense, en 2.8 km el trazo incide con la propuesta para la ampliación de la Línea 4 del Mexibús. Interfecta con Cuautitlán - Tultepec en 8.3 km para incorporarse con Hacienda Santa Inés. En la sección FCC Central (México - Pachuca) en 3.9 km intercepta con Carretera Toluycan – Xaltocan. Partiendo desde el cruce con la Carretera Toluycan – Xaltocan, en 0.9 km el trayecto correrá de manera paralela a la vía Férrea SH, y se incorporará a la Glorieta. Una vez partiendo de la Glorieta en 1 km el trayecto continúa a la derecha para concluir y llegar a la Ciudad Aeroportuaria.

Extensión Línea 4 del Sistema MEXIBÚS.

Tecámac – AIFA (conecta con el sistema 4 del Mexibús CETRAM Indios Verdes – Tecámac, y este a su vez conecta con la Línea 3 del STC Metro Indios Verdes – Universidad en la terminal Indios Verdes).

Inicia en la Terminal Tecámac del Mexibús Línea 4 (en construcción) desde la Av. Mexiquense dando vuelta a la izquierda para llegar al Circuito Exterior Mexiquense. El trayecto continúa sobre el Circuito Exterior Mexiquense hasta dar vuelta a la derecha en la Avenida FFCC Central. Continuando en la Avenida FFCC Central, el trayecto dará cruce con la Carretera Teoloyucan – Xaltocan. Partiendo desde el cruce con la Carretera Toluycan – Xaltocan, el trayecto se mantendrá paralela a la vía Férrea SH, y se incorporará a la Glorieta ubicada en el Polígono del AIFA. Una vez partiendo de la Glorieta el trayecto continúa a la derecha para concluir y llegar.

Área de influencia: Usuarios provenientes de Lindavista, Peralvillo, GAM, Zacatenco.

Longitud: Construida: 24.8 km, Ampliación: 12.6 km.

Ruta exprés Indios Verdes – AIFA: 90 minutos.

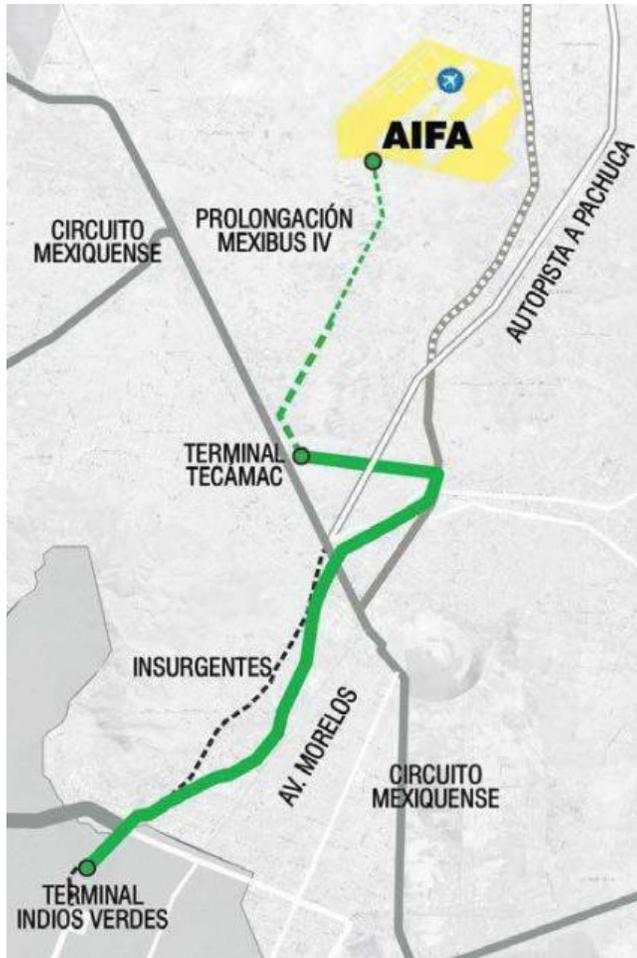


Imagen 116 EXTENSIÓN LÍNEA 4 MEXIBUS Tecámac – AIFA.

Fuente: Conectividad AIFA, Gobierno Estado de México, 19 marzo 2020.

MEXIBÚS Ruta MEXIPUERTO Ciudad Azteca – AICM.

Inicia en la Terminal Ciudad Azteca, sobre la Av. Carlos Hank González, En 5.25 km interseca con Av. Río de los Remedios. Sigue por Av. Carlos Hank y en 2.2 km interseca con la Av. Jorge Jiménez Cantú. A 1.25 km interseca con la Av. 412. Partiendo de la Av. 412, en 1 km interseca sobre la Calle 199 esquina con Calle 606. Interseca a la Calle 604 en 0.5 km. Interseca a la Calle 602 en 2 km para concluir y llegar al polígono del AICM.

Tren Interurbano México-Toluca

El Aeropuerto Internacional de Toluca forma parte del Sistema Aeroportuario propuesto, considerado como alternativa al AICM.

En este caso se contempla conectarse con la estación Tecnológico del Tren Interurbano México-Toluca, la cual se encuentra aproximadamente a 8.7 kilómetros.

El trayecto que recorrerán quienes salgan o regresen de Santa Lucía a la terminal aérea internacional de Toluca (AIT) será de 98.6 kilómetros —excluyendo el recorrido de Metro Observatorio a Indios Verdes—: 57 kilómetros corresponden al recorrido en el Tren Interurbano México-Toluca y los restantes 41.6 kilómetros corresponden a la ruta del Mexibús saliendo de Indios Verdes. Los pasajeros provenientes de o hacia Toluca que busquen utilizar las terminales aéreas de Santa Lucía, el propio Aeropuerto Internacional de Toluca y el actual AICM podrán utilizar el Tren Interurbano México-Toluca.



Imagen 117 Conexión AIT con Tren Interurbano México-Toluca.

Fuente: Mexibús unirá al AICM con Santa Lucía. (2019, 13 agosto). *El Universal*. <https://www.eluniversal.com.mx/cartera/asi-sera-el-mexibus-que-conectara-santa-lucia-con-aeropuerto-de-cdmx>

Tabla 27 Jerarquización de construcción de líneas de transporte público, AIFA

#	Transporte	Longitud (km)	Plazo
1	Tren Suburbano (Lechería-AIFA)	22.38	Corto
2	Tren Suburbano Etapa 2 (AIFA-Hidalgo)	58.72	Medio
3	Transporte masivo ferroviario (AIFA-Teotihuacán-Ecatepec)	48.27	Largo
4	Mexibús - Línea 1	30.54	Medio
5	Mexibús - Línea 4	33.72	Corto

Fuente: Mexibús unirá al AICM con Santa Lucía. (2019, 13 agosto). *El Universal*. <https://www.eluniversal.com.mx/cartera/asi-sera-el-mexibus-que-conectara-santa-lucia-con-aeropuerto-de-cdmx>



RED DE MOVILIDAD GENERAL SAM - VALLE DE MÉXICO

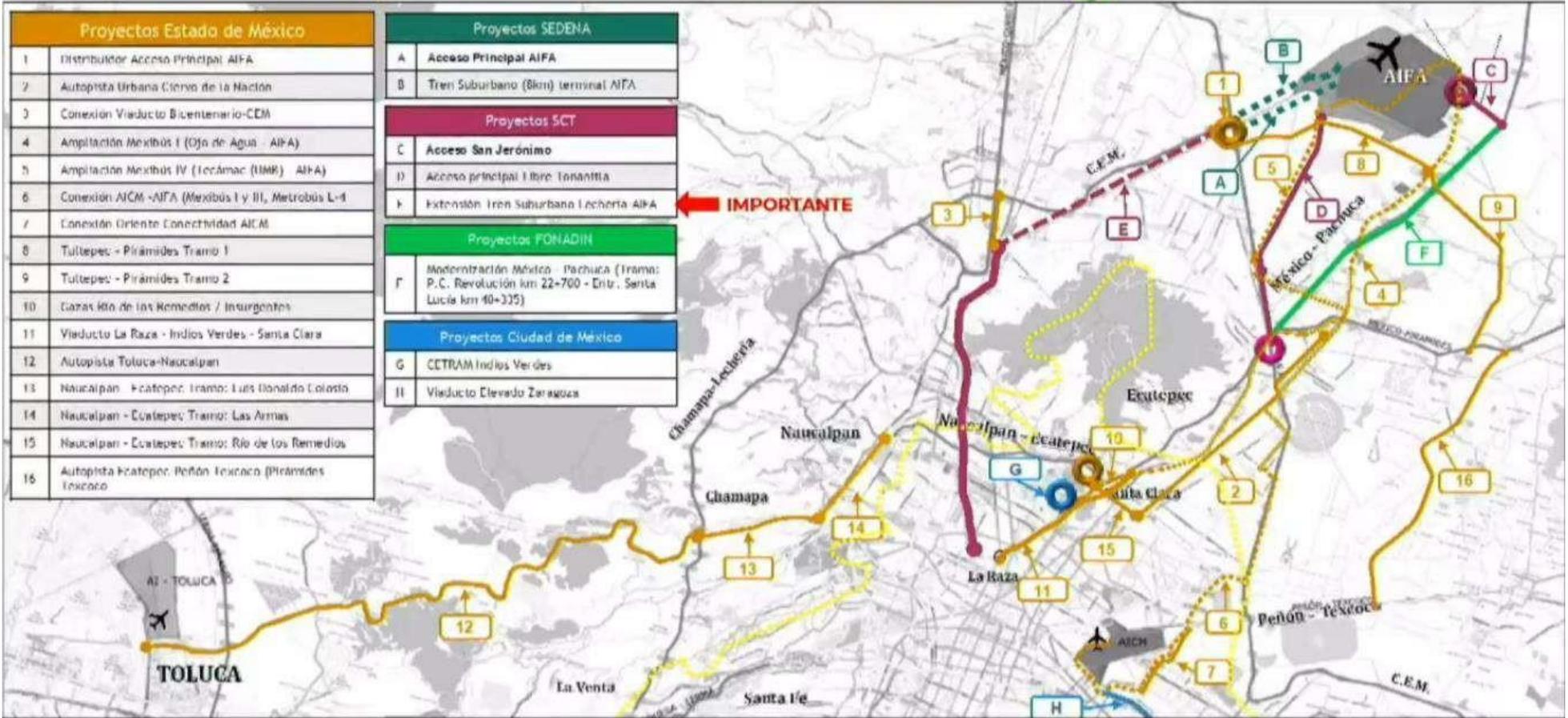


Imagen 118 Red de Movilidad General SAM - Valle de México.

Fuente: Gobierno de México, Conectividad del Aeropuerto Internacional Felipe Ángeles. (2020, 19 marzo). [Presentación de Proyectos]. Conectividad del Aeropuerto Internacional Felipe Ángeles, Ciudad de México, México. <https://www.youtube.com/watch?v=sbY27ujvcKw>

Conexión aeroportuaria

La Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) evaluará la viabilidad de cuatro corredores para integrar a los aeropuertos de la Ciudad de México, de Santa Lucía y Toluca con el transporte público

- Tren Interurbano México-Toluca
- Terminal
- Estaciones
- Conexión Tren Interurbano México-Toluca-AIT
- Extensión Mexibús 1 Ojo de Agua-AISL
- Mexibus 1 Ciudad Azteca-Ojo de Agua
- Extensión Mexibús 1 AICM-Mexipuerto Cd. Azteca
- Mexibús 4 Indios Verdes-Tecamac
- Extensión Mexibús 4 Tecamac-AISL
- Terminales



Imagen 119 Conexión AIT-AIFA

Fuente: Mexibús unirá al AICM con Santa Lucía. (2019, 13 agosto). *El Universal*. <https://www.eluniversal.com.mx/cartera/asi-sera-el-mexibus-que-conectara-santa-lucia-con-aeropuerto-de-cdmx>

V.3. Condiciones Geotécnicas Generales en la Zona del AIFA

V.3.1. Geomorfología

La región en la que se ubica el AIFA pertenece al centro-sur de la República Mexicana y forma parte del área conurbada del norte de la Ciudad de México y de la zona norte de la Cuenca del Valle de México llamada también Valle del Anáhuac, tiene un origen es volcánico y forma parte de la Franja Neovolcánica Transmexicana, en la que predominan montañas y valles fluviales, todos ellos se caracterizan por tener un relieve del tipo endógeno modelado.

Los rasgos más importantes del relieve se aprecian en las sierras volcánicas que circundan y delimitan la Cuenca de México tales como la Sierra Nevada entre los volcanes Popocatepetl, Iztaccíhuatl y Telapón, cuyas vertientes son consideradas como zona de recarga acuífera para el Valle de México, las cimas de esta serranía forman el parteaguas entre la Cuenca de México y la del Balsas. Se caracterizan por la gran dimensión de los edificios estrato volcánicos cuya edad de los eventos volcánicos varía del Cuaternario al Reciente con laderas devastadas por actividad glacial.

Las sierras de Tezontlalpan, Pachuca, Tepozán, Calpulalpan encierran al resto de la cuenca de México con eventos volcánicos de Terciario que consisten de crecimiento de domos andesíticos y dacíticos, algunos riolíticos. Así como emplazamiento de flujos andesíticos e ignimbríticos y de tobas, todos ellos con un mayor grado de erosión. Están parcialmente cubiertos por derrames el traslape de escudos basálticos y conos cineríticos del Cuaternario con regular a buen estado de conservación por los efectos de la erosión.

El interior de la cuenca, el Valle de México y el valle de Cuautitlán están separados por la Sierra de Guadalupe; entre el valle de Cuautitlán y el valle de Apan se ubica la sierra de Patlachique; entre el valle de Apan y el valle de Pachuca la sierra de Chichicautla, mientras que entre el valle de Cuautitlán y el Valle de Pachuca no existen elevaciones importantes. Es de notar que las sierras que los dividen son discontinuas y nunca cierran los valles por completo. En todas ellas predominan los emplazamientos de domos andesíticos y dacíticos y riolíticos de edad Terciaria, tobas y derrames con escudos basálticos y conos cineríticos de Cuaternario.

V.3.2. Geología Superficial

La zona de estudio se caracteriza por los numerosos aparatos volcánicos, con sus lavas y productos asociados cuyas edades van del Cretácico Inferior al Cuaternario.

V.3.3. Estratigrafía

La base de la secuencia está representada por derrames de lava, brechas, tobas y conglomerados del Terciario Inferior, alcanzando espesores variables de 0 hasta 200 m, los conglomerados corresponden con el denominado Grupo El Morro; en el Terciario Medio, después de un periodo erosivo, se dan acumulaciones de lavas, brechas y tobas, de composición andesítica, con espesores variables que van de 0 hasta los 800 m, estos materiales corresponden al Grupo Pachuca.

Al inicio del Terciario Superior, una nueva actividad volcánica arroja lavas andesíticas, tobas y brechas, con espesores de hasta 700 m, en la parte final del Terciario Superior un nuevo periodo volcánico arroja avalanchas ardientes compuestas de tobas, pómez y brechas, cuyos espesores alcanzan los 200 m, estos materiales se encuentran interdigitados con depósitos fluviales de la Formación Tarango.

Finalmente, la actividad volcánica más reciente se presenta en el Cuaternario, la cual corresponde con lavas basálticas, lavas andesíticas y cenizas, la cual es denominada Formación El Pino, y se encuentra formando los cerro La Estrella y El Pino; estos materiales se encuentran interestratificados con rellenos fluviales y aluviales, que en su conjunto se encuentran formando la capa superior de la Planicie y alcanzan espesores de hasta 200 m.

Se reportan en el subsuelo tres zonas con características hidrogeológicas diferentes:

Zona I.- Entre Tizayuca y Jesús María: en esta zona la estructura en el subsuelo tiene un arreglo sub - horizontal, y se encuentra constituido por capas de sedimentos volcanoclásticos y lacustres, asociados con intercalaciones de materiales lávicos, correspondiendo con la unidad Hidrogeológica Volcánica Superior. Como base de esta unidad tenemos a los 300 m, una capa impermeable de naturaleza arcillosa.

Zona II.- A la altura de Vicente Guerrero: corresponde a una zona de transición entre los depósitos de la unidad de la Zona I y la unidad rocosa más al noreste. En la parte inferior se encuentran cuerpos de gravas y arcillas consideradas como depósitos de talud, los cuales se subyacen a un derrame volcánico y suprayacen se encuentran materiales semejantes a la unidad anterior. Hacia las porciones más profundas de esta unidad se encuentran andesitas y dacitas.

Zona III.- Entre Zapotlán de Juárez y San Pedro Huaquilpan: en el subsuelo se encuentra una estructura rocosa de origen ígneo extrusivo de composición andesítica, correspondientes a los materiales volcánicos del Mioceno.

De acuerdo con el Prontuario de Información municipal de los Estados Unidos Mexicanos el suelo del municipio de Zumpango, se compone principalmente por materiales del Cuaternario (45.47%) y del Neógeno (31.44%), constituidos por ígneas extrusivas: volcanoclásiticos (26.92%), basalto (4.44%) y brechas (0.12%) con suelos aluviales (33.05%) y lacustres (12.3%).

De los sondeos realizados en la zona del AIFA se obtuvo un modelo geológico que constituye el subsuelo de toda esta zona hasta los 800 m de profundidad explorados, que se distribuye y compone de las siguientes capas:

- Capa Superficial compuesta por roca basáltica fracturada que se extiende en toda la zona con espesores de hasta 100 m. Posee permeabilidad media a baja tipo II con posibilidades acuíferas pobres.
- Subyace a la capa anterior y en algunos lugares aparece en superficie. Se compone de materiales granulares volcánicos con buena permeabilidad siendo esta capa la que posee las mejores características geohidrológicas y constituye el acuífero que abastece a toda la zona.
- Capa profunda que aparece después de los 300 m de profundidad, constituida principalmente por material arcilloso y granulares finos, funcionando como una barrera geológica natural.

V.3.4. Geología Estructural

En la tectónica de la República Mexicana, los sistemas de fallas transcurrentes (transtensionales), con orientación noreste-suroeste (NE-SW), están representados esquemáticamente en la Carta Geológica de la República Mexicana, en la porción oeste del país, los cuales han sido relacionados con la dirección de subducción de la Placa de Cocos, identificados por los efectos adversos que han afectado a poblaciones y obras civiles en áreas urbanas e industriales y vías de comunicación localizadas desde el Océano Pacífico, hasta el Golfo de México.

Los sistemas de fallas mencionados se han considerado activos en razón a los daños que provocan en presas, túneles, carreteras, edificios y diversas obras de ingeniería civil, además de que se encuentran asociados con la sismicidad y el vulcanismo de la República Mexicana.

V.3.5. Sismicidad

La República Mexicana se encuentra dividida en cuatro zonas sísmicas, el sitio de estudio se ubica en la zona B catalogada como una zona intermedia donde se registran sismos no tan frecuentemente o es una zona afectada por altas aceleraciones pero que no sobrepasan el 70% de la aceleración del suelo.

En el Sistema Ambiental Regional propuesto, se han detectado un número muy importante de sismos con variantes en intensidad y frecuencia, considerando tanto los de tipo local como a distancia (por subducción).

Los sismos de tipo local por lo regular son menores o iguales a 5.5 grados en la escala de Richter, mientras que los distantes pueden superar los 7 grados en la escala de Richter, cuya mayor intensidad se puede sentir en la Ciudad de México y área metropolitana.



Imagen 121 Zonas sísmicas de la República Mexicana.

Fuente: Zonas sísmicas de la República Mexicana. (2019). Zonas sísmicas de la República Mexicana.

<https://mexperiencia.com/mexperiencias/zonas-sismicas-de-mexico/>

V.3.6. Edafología

La Clasificación de Suelos se basa en la agrupación con un rango de propiedades químicas, físicas y biológicas similares de unidades cartografiadas geo referenciadas.

En el presente se enuncian los tipos de suelo existentes que fueron cartografiados en la Carta Edafológica del INEGI 2018 en la que se caracterizan de acuerdo con los criterios de la clasificación de suelos de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) denominada Base Referencial Mundial del Recurso Suelo (WRB), la cual ha sido mejorada con ello mejoró su precisión.

Los tipos de suelo existentes acorde a la Clasificación de la FAO son los siguientes:

Andosol	Gleysol	Phaeozem
Arenosol	Histosol	Regosol
Cambisol	Leptosol	Solonchak
Durisol	Luvisol	Vertisol

A continuación, se describen las características de los suelos:

Andosol

Suelo desarrollado a partir de materiales volcánicos con débil meteorización de densidad reducida y capas superiores oscuras. Este grupo de suelos que agrupa a los de origen volcánico de tonos oscuros.

Se desarrollan a partir de ceniza y otros materiales volcánicos ricos en sílice concentrada en el material vítreo. Tienen alrededor de un 20% de materia orgánica y gran capacidad de retención de agua. Son de alto pH y alta capacidad de intercambio catiónico.

Sobreyacen la superficie en regiones húmedas y en la Cuenca de México tienen una gran diversidad vegetal. Se forman alófanos e imogolitas o complejos humus-aluminio.

Arenosol

El término Arenosol, su nombre lo dice, se caracteriza por ser arenoso. Estos suelos se desarrollan sobre materiales no consolidados de textura arenosa, pueden ser localmente calcáreos. En pequeñas áreas puede aparecer sobre areniscas o rocas silíceas muy alteradas y arenizadas.

Se encuentran en las zonas norte y suréste de la zona metropolitana.

Cambisol

Son suelos con una pedogénesis marcada pero no avanzada. El horizonte que lo caracteriza es el Cámbico por formación de minerales de arcilla y óxidos de hierro o por remoción de carbonatos o yeso.

Tienen al menos algo de la estructura del suelo. Le sobreyace un horizonte superficial mineral pobre en humus.

En la Cuenca de México se hallan las áreas montañosas.

Durisol

El término Durisol deriva del vocablo latino "durus" que significa duro, en alusión al endurecimiento provocado a partir la alta acumulación secundaria de sílice.

Se forma a partir de depósitos aluviales o coluviales de cualquier textura. Se depositan en relieves llanos o suavemente ondulados, principalmente llanuras y terrazas aluviales y en depósitos de piedemonte de suaves pendientes.

Aunque se asocian a climas áridos, semiáridos y mediterráneos se presentan en la zona norte de la Cuenca de México asociado a rocas con alto contenido de sílice.

Gleysol

Son suelos con influencia de agua freática menor a 40 cm de profundidad. En la mayoría se distingue un horizonte permanentemente saturado de agua freática y encima del mismo un horizonte de ascenso capilar. En el horizonte saturado se presentan condiciones reductoras, se forman iones de hierro y manganeso reducidos y el horizonte presenta colores de reducción gris, negro, azul claro y otros.

Se hallan en el norte y oriente de la zona metropolitana donde domina una vegetación higrófila.

Histosol

Suelo muy rico en materia orgánica en zonas de turbera. Se caracterizan por ser orgánicos, inclusive turbosos. En estado de encharcamiento pueden tener condiciones reductoras. En muchas regiones se les conoce como turba y en Australia le llaman Organosol.

En la cuenca de México predominan sobre el remanente del Lago de Xochimilco.

Leptosol

El término leptosol deriva del vocablo griego "leptos" que significa delgado, en alusión a su espesor reducido. Se forma a partir de cualquier material, tanto de rocas como fragmentos no consolidados con menos del 10 % de sedimentos finos.

Aparecen fundamentalmente en zonas altas o medias con una topografía escarpada y elevadas pendientes. Se encuentran en todas las zonas climáticas, particularmente en áreas fuertemente erosionadas.

Abundan en la Sierra de Guadalupe.

Luvisol

Se desarrollan en zonas de pendientes suaves o llanuras, en climas con estaciones secas y húmedas notablemente definidas.

El término deriva del latín luere que significa lavar, en referencia al lavado de arcilla de las capas superiores para acumularse en las capas inferiores, donde frecuentemente se produce una acumulación de la arcilla y denota un claro enrojecimiento por la acumulación de óxidos de hierro. Sobreyace en las zonas montañosas del poniente de la zona metropolitana entre Naucalpan y Atizapán.

Phaeozem

Se caracteriza por una marcada acumulación de materia orgánica dentro de la fase mineral del suelo y por estar saturados en bases en su primer metro. Común en praderas y bosques.

Tienen un horizonte móllico y sin carbonatos secundarios en su parte superior.

Predomina en gran parte del norte de la zona metropolitana, incluida el área del Proyecto del AIFA.

Regosol

El término Regosol deriva del griego rhegos que significa sábana, haciendo alusión al manto de alteración que cubre la tierra. Se desarrolla sobre materiales no consolidados, alterados y de textura fina. Aparecen en cualquier zona climática sin permafrost y a cualquier altitud.

Son muy comunes en zonas áridas, en los trópicos secos y en las regiones montañosas, en la zona metropolitana predomina en la Sierra Santa Catarina y en la zona montañosa de Atizapán.

Solonchak

El término solonchak deriva del idioma rusos "sol" que significa sal y "chak" que significa área salina, en alusión a su carácter salino. El material original consiste de cualquier material no consolidado.

Se encuentran en regiones áridas o semiáridas, principalmente en zonas permanente o estacionalmente inundadas cuya vegetación es herbácea con frecuente predominio de plantas halófilas.

En la Cuenca de México predomina en la zona del Lago de Texcoco y en el actual Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México.

Vertisol

Suelos arcillosos oscuros que muestran fracturas anchas y profundas al secarse. Son suelos generalmente negros con un alto contenido de arcillas expansivas principalmente montmorillonitas. Sufren expansiones y contracciones alternativas causando efectos de autolabranza, donde el material del suelo se mezcla consistentemente entre sí. Esto también produce el ascenso de material interno a la superficie creando microrrelieves.

Se forman típicamente de rocas alcalinas como basalto en climas estacionalmente húmedas o sujetos a sequías erráticas e inundación. Pueden oscilar del gris o rojizo al más familiar negro. Predominan en gran parte del norte y oriente de la zona metropolitana.

VI. Razones por las cuales el NAICM- Texcoco fue abandonado y situación actual del Parque Ecológico Lago de Texcoco (PELT)

Algunas de las razones se muestran a continuación:

ASPECTOS TÉCNICOS

La decisión de construir el NAICM se tomó sin considerar la integralidad y profundidad de los estudios técnicos que requiere un proyecto de esta magnitud. Se priorizaron únicamente los asuntos aeronáuticos y de demanda, y los estudios que se realizaron presentaron severas omisiones que produjeron costosos cambios e improvisaciones.

Los proyectos de esta naturaleza este tipo de estudios lleva varios años debemos de crear conciencia para esperar los resultados para saber si estos proyectos son ejecutables o no.

Las obras deben realizarse con los proyectos definitivos para evitar el incremento de los costos y tiempo de ejecución.

IMPACTO AMBIENTAL

Aumentará la emisión de gases de efecto invernadero.

Dado que el NAICM una vez operando en su totalidad prevé aumentar cuatro veces la capacidad del aeropuerto actual, se incrementará la quema de combustible fósil que usan los aviones, lo que repercutirá en mayor emisión de dióxido de carbono a la atmósfera.

Convivencia de aves migratorias y fauna en los aeropuertos.

La presencia de aves en los aeropuertos y en sus inmediaciones, lo que puede representar un riesgo para las aeronaves en el momento del despegue y aterrizaje, y derivar en daños materiales ó incluso hasta de pérdidas humanas; para reducir el riesgo que supone la convivencia en un mismo espacio entre aves y aeronaves, es conveniente evaluar las características biológicas, ecológicas y conductuales de las poblaciones de aves asociadas, así como también se debe reconocer el ecosistema del que forma parte el aeropuerto y de los cuerpos de agua que lo circundan, así como las urbanizaciones y la sanidad del entorno y sus actividades.

Se extiende más allá del polígono de construcción del aeropuerto.

Los territorios de donde se extrae el material pétreo para rellenar el lago y los poblados en donde se depositan los lodos tóxicos derivados de los procesos de extracción, también se ven afectados por el megaproyecto.

Vocación lacustre de la zona.

La construcción de infraestructura sellará con concreto una importante zona de infiltración y recarga de agua de lluvia, tan importante para mitigar la crisis hídrica que condena a la Ciudad de México y la Zona Metropolitana. Uno de los grandes retos que enfrentaba la construcción del NAICM, es el de sustituir al antiguo Lago de Texcoco como vaso regulador, por un conjunto de lagos, lagunas y embalses, que compensarán la desviación de los escurrimientos de los ríos que descargan en el vaso a estos nuevos depositarios con una capacidad tres veces mayor a la que regulaba el antiguo lago.

Destrucción de los cerros aledaños para rellenar el terreno

Por otro lado, para la nivelación y relleno del polígono, se proyectó abastecer el material pétreo (tezontle y basalto) de 16 minas; sin embargo, a partir de 2015 se abrieron cerca de 150, muchas de ellas irregulares que, trabajando de manera simultánea en la región durante tres años, generaron una saturación de proyectos mineros en 15 municipios del Estado de México.

IMPACTO URBANO

Las estimaciones indicaban que el nuevo aeropuerto iba a generar un crecimiento urbano acelerado y una sobrepoblación que se estimaba en alrededor de 3 millones de personas en una zona que actualmente sufre por desabasto de agua y sobreexplotación de acuíferos.

ALTOS COSTOS DE MANTENIMIENTO POR LOS HUNDIMIENTO DEL SUELO

La zona de construcción del NAIM presenta inestabilidad y hundimientos debido a que su composición se concentra en suelos lacustres de baja resistencia, con alta concentración salina de cloruros y sulfatos que atacan de forma importante a las estructuras de concreto.

MODIFICACIONES AL ALCANCE DEL PROYECTO

La terminal de pasajeros del Pre-Plan Maestro de 2014 consideraba 472 mil m² de superficie, en 2015 era ya de 743 mil m² y en 2018 de 792 mil m²; la Torre de control pasó de 10 a 19 mil m²; las puertas de contacto de 76 a 104 y la Terminal de Carga de 42 a 83 hectáreas. Esto elevó los costos, la extensión y los tiempos de ejecución de las obras involucradas.

ANÁLISIS COSTO BENEFICIO

Conforme a los Lineamientos de la Unidad de Inversiones de la SHCP, la evaluación socioeconómica de los proyectos de inversión se debe actualizar cada vez que:

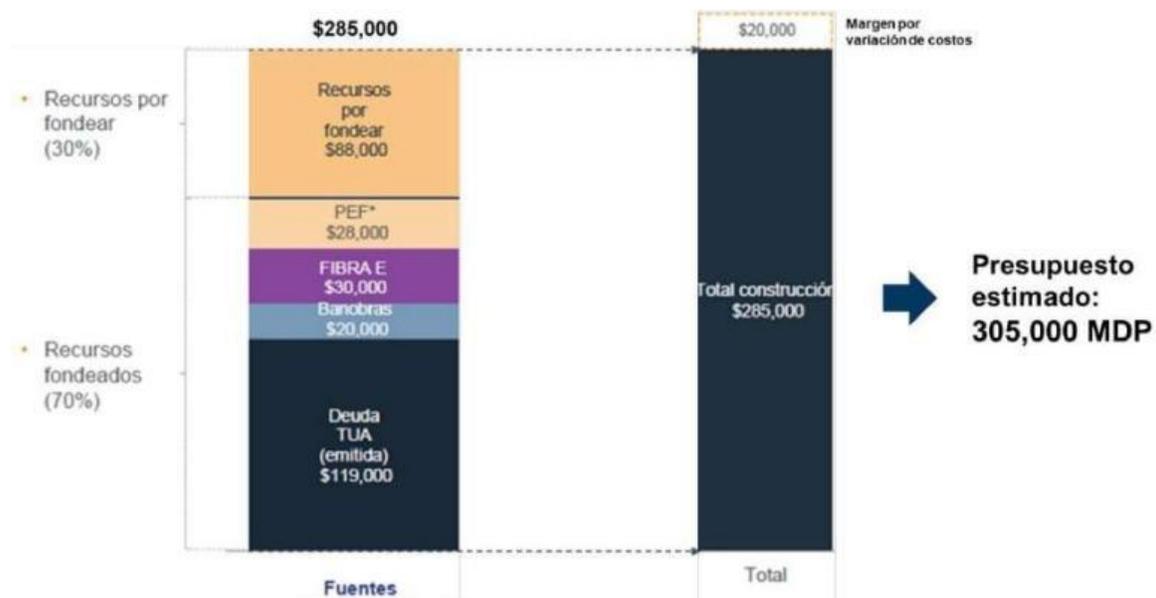
- El monto de inversión varíe más del 10%.
- Las metas físicas presenten variaciones superiores al 25%.

- La entrada en operación del proyecto se difiera más de tres años.
- Cambie en el tipo de inversión, fuente o esquema de financiamiento.

ASPECTOS ECONÓMICOS Y FINANCIEROS

Uno de los aspectos más relevantes que prácticamente desató la cancelación del NAIM fue su costo. En el esquema original de fondeo del proyecto en 2014 se consideraba que el 58% de los recursos serían públicos (98 mil millones de pesos) y el 42% de financiamiento privado (\$71 mil millones de pesos).

Imagen 123 Esquema financiero NAICM, Agosto 2018.



Fuente: Razones para la cancelación del proyecto del Nuevo Aeropuerto en Texcoco. (2019, 26 abril). Gobierno de México. <https://www.gob.mx/sct/articulos/razones-para-la-cancelacion-del-proyecto-del-nuevo-aeropuerto-en-texcoco>

Las aportaciones federales fueron sólo de 18 mil millones de pesos, por lo que se modificó el programa de financiamiento y se emitió deuda por 6 mil millones de dólares en bonos con vencimientos a 10 y 30 años y por 30 mil millones de pesos en certificados fiduciarios conocidos como FIBRA-E, de todas formas insuficiente, ya que el presupuesto se había elevado a 305 mil millones, por lo que dejaba a la siguiente administración con los compromisos financieros establecidos y la necesidad de obtener 108 mil millones de pesos más.

Como se puede ver la mayor parte del financiamiento (119 mil millones de pesos) serían subsidiados por la Tarifa de Uso Aeroportuario (TUA), el monto sería cubierto con la tarifa que

pagaban los usuarios al comprar sus boletos de avión.

Debemos mencionar y recalcar que como toda obra de ingeniería tiene beneficios a la sociedad, algunos de ellos se enlistan a continuación:

SERVICIOS Y VALOR DE LA TIERRA

Al construir el aeropuerto, la urbanización gana terreno, a los beneficios que puede generar, como la creación de empleos para las personas locales.

EMPLEOS

Otro aspecto relevante son los empleos directos e indirectos relacionados con la clausura del aeropuerto actual, donde se perderán cerca de 34 mil empleos directos, en esta zona las condiciones socioeconómicas del lugar donde se pretende construir el NAICM pues el 58% de la población se considera con algún nivel de pobreza.

DISTANCIA

Cabe resaltar que en una de las razones principales de realizar la construcción de un aeropuerto o la mejora de uno existente debe ser en las cercanías de la Ciudad de México, dado que, al ser la capital del país, concentra gran cantidad de centros operativos de las industrias nacionales y transnacionales, además de ser requerido por la actual presencia del AICM, reduciendo costos de transporte para el transborde.

CERTIFICACIONES

Según lo declarado por OACI, el aeropuerto de Texcoco es “la única solución que daría respuesta a los problemas de saturación que afectan al aeropuerto actual”. Por otro lado el MITRE Corporation, declaró en su momento que “la construcción del aeropuerto es nuestra recomendación definitiva”.

De acuerdo a la ASF, al momento de su cancelación el NAICM tenía un avance del más del 30%.

Situación Actual del Predio donde se ubicaba el NAIM, ahora Parque Ecológico Lago de Texcoco

Luego de cancelar la construcción del que sería el NAIM, se anunció que en su lugar se construirá el Parque Ecológico Lago de Texcoco.

Con la construcción del PELT se recuperarán 12 mil 200 hectáreas para establecerlas como zona de restauración ecológica, con espacios de uso público, en beneficio de los habitantes del Valle de México.

Se informó que el proyecto se desarrolla sobre tres ejes de acción:

1. Protección ambiental para la zona.

Pretende garantizar la vocación ambiental de 12 mil 200 hectáreas de la zona del Lago de Texcoco, mediante su protección y conservación, y la restauración de sus hábitats, ecosistemas y prácticas bioculturales, mediante la creación de las figuras de Zona de Restauración Ecológica y Áreas de Refugio para Proteger Especies Acuáticas dentro del polígono. Debemos de tener en cuenta que esto tendrá más aves en la zona cercana al AICM, como ya se mencionó la fauna es un peligro para las operaciones aéreas.

2. Apertura a la brevedad

Originalmente se había estimado que este parque abriera sus puertas en 2021, pero en septiembre, se anunció que sería hasta 2023, este espacio al uso público colectivo, se tienen programadas actividades públicas los domingos en el área bardeada al norte de la Autopista Peñón- Texcoco. Algunas de las posibles actividades planteadas son: carreras, caminatas, actividades físicas grupales, paseos ciclistas, conciertos, espectáculos y cine al aire libre. Estos proyectos ya se están llevando a cabo en las áreas que no habían sido afectadas en la construcción del NAIM y serán integradas a este proyecto.

3. Acciones para uso público permanente.

Aquí se establece un conjunto de iniciativas que permiten dirigir el desarrollo de la zona hacia un camino sustentable, y con ello mejorar las condiciones y oportunidades de vida de los habitantes de la región. Para lograrlo, se llevarán a cabo acciones de restauración ambiental enfocada a la creación de zonas de reserva biocultural; trabajos en cuerpos de agua que permitan la recuperación de lagunas y humedales con acceso público, y la

conservación, mantenimiento y paisaje en cuerpos de agua para regulación hidrológica, además de la construcción de equipamiento deportivo y social.

Se trata de un proyecto que propone un mejor balance entre lo urbano, lo rural y lo agrícola para llevar a cabo un acto de justicia histórica en beneficio de toda la población del Valle de México. Según datos del Gobierno, este parque será 15 veces más grande que el Bosque de Chapultepec, en la Ciudad de México. Además, se convertirá en uno de los parques urbanos más grandes del mundo.

En los últimos avances presentados la última semana de diciembre, la Comisión Nacional del Agua informó que se está enrocando el talud del área sur del lago y se sigue trabajando en el desazolve del canal interior. En las vialidades del parque ya se iniciaron los trabajos de tendido de base y después se colocará la carpeta asfáltica. También continúan la cimentación de miradores de fauna silvestre.

Un mega-parque

Proyecto del Parque Ecológico Lago de Texcoco (PELT). En donde se construía el nuevo aeropuerto, ahora se planea un parque y lago. La primer obra será un vivero de 10 hectáreas.

1. Vivero
2. Parque y lago Nabor Carrillo
3. Parque y lago (NAIM)
4. Agricultura local
5. Humedales
6. Paisaje productivo (granja de espirulina)
7. Ampliación de lagunas de regulación



Imagen 124 Zonas que integran el PELT

Fuente: La propuesta del Parque Ecológico Lago de Texcoco. (2020, 23 septiembre). *Reforma*. https://www.reforma.com/aplicacioneslibre/preacceso/articulo/default.aspx?__rval=1&urlredirect=https://www.reforma.com/tiene-nulo-avance-parque-en-texcoco/ar2184489?referer=-7d616165662f3a3a6262623b727a7a7279703b767a783a--

VII. Análisis de resultados de la interacción de los aeropuertos MEX-TLC-AIFA

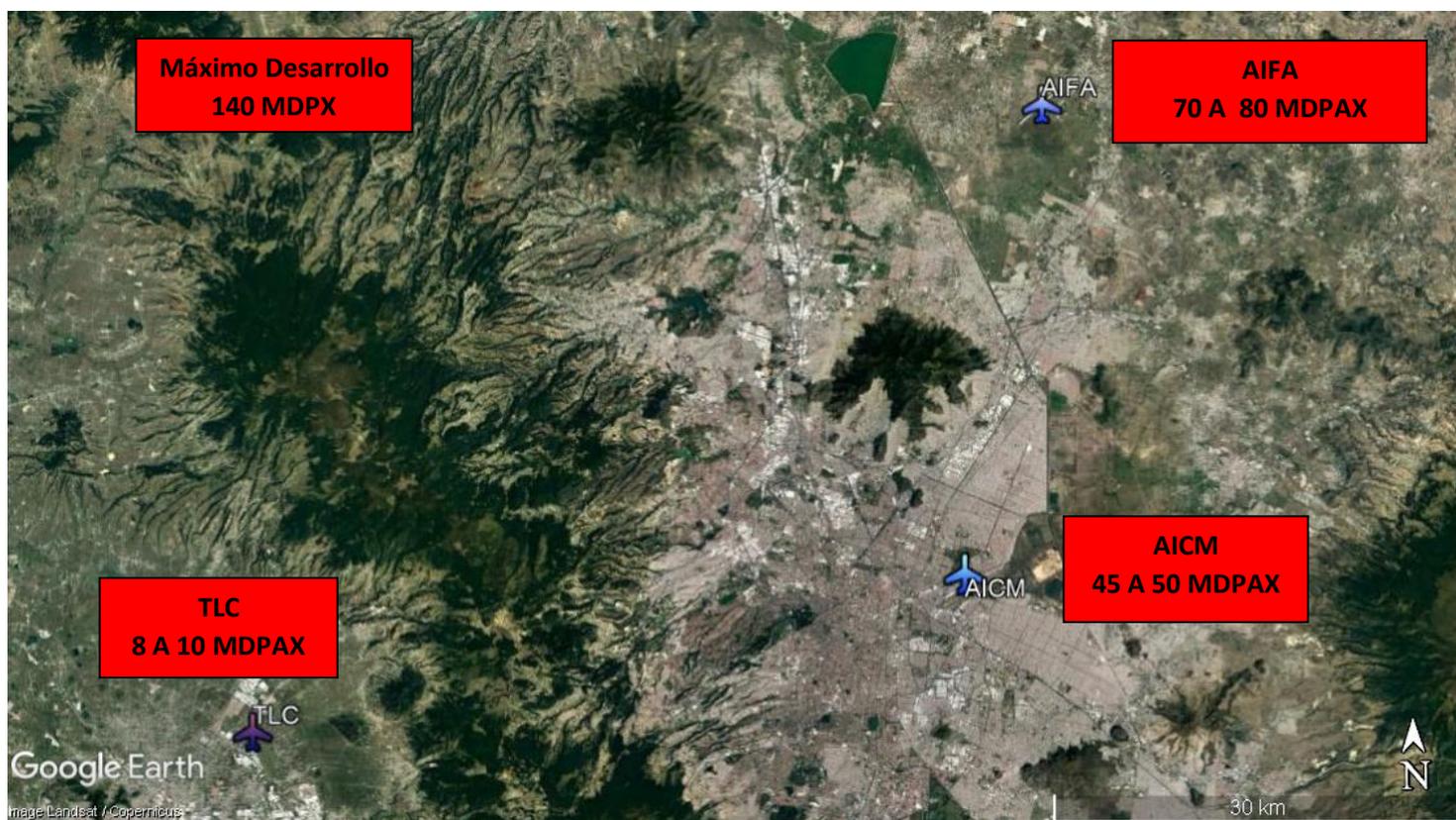


Imagen 125 Ubicación de los Aeropuertos del SAM

Fuente: (2019). [Imagen]. https://aerpuertoaifa.mx/2019_4919/

Capacidad

El SMA en conjunto tendría una capacidad para albergar a 140 millones de pasajeros al año en su máximo desarrollo.

Con cinco pistas en conjunto (frente a las seis del NAICM), se tiene que hacer la aclaración que la configuración de las 2 pistas del AICM no permite operación simultánea.

Distancias

Las distancias son uno de los rubros donde más adolece el proyecto del SMA. Para medirlas, se toma como referencia el recorrido desde el centro de demanda (que en este caso es el área de la Fuente de Petróleos).

Desde el centro de demanda hasta el AICM hay una distancia aproximada de 17.2 kilómetros, la menor de los cuatro aeropuertos. Sin embargo, las que serían sus dos infraestructuras hermanas tienen una distancia de 53 kilómetros desde la Fuente de Petróleos, según datos del gobierno federal y la SCT, mientras que el NAIM está prácticamente a la mitad de esa distancia: 27 kilómetros, que está por debajo del estándar internacional, de 31 kilómetros.

Conectividad terrestre

El NAIM se encontraba más cercano a la zona de demanda de la CDMX que el AIFA, aunque más lejano que el AICM. En esta opción se operaría un solo aeropuerto en lugar de dos, lo que simplifica la situación de logística para las aerolíneas.

AIFA

Esta opción presenta el reto de conectar dos aeropuertos y se consideran, adicionalmente a las vialidades para automóviles, alternativas de transporte público.

Existe la preocupación por el incremento en el costo de la logística que implica operar dos aeropuertos en lugar de uno. Cabe resaltar, sin embargo, que en el mundo existen muchos ejemplos de manejo exitoso de varios aeropuertos que dan servicio a una misma ciudad. Destacan Nueva York con siete aeropuertos y Londres con seis.

Es necesario no solamente garantizar la construcción, si no la conclusión en tiempo de las vialidades y medios de acceso terrestre, ya que actualmente el AIFA no cuenta con vías suficientes para satisfacer la futura demanda de conectividad.

Aspectos aeronáuticos

NAICM

Este no podría funcionar al mismo tiempo que el AIBJ y el AIFA, debido principalmente, a que las pistas proyectadas no son paralelas con respecto a los otros dos aeropuertos, lo que puede ocasionar una interferencia de rutas. La opción NAICM requiere la clausura de la infraestructura de los dos aeropuertos actuales.

AIFA

Existía un debate sobre la eficiencia de su capacidad de operación simultánea, ya que con las actuales rutas aéreas que sirven a estos aeropuertos, los aviones en vuelo coincidirían en el área de San Mateo. Por este motivo la SCT puso en marcha, el pasado 25 de marzo 2021, la primera

fase del rediseño del espacio aéreo en el Valle de México, que contempla las operaciones de los aeropuertos internacionales AICM y AIT. La segunda fase entrará en operación con la inauguración del AIFA en marzo de 2022. En virtud del rediseño del espacio aéreo del Valle de México, no sólo será posible sino que hasta tendrá ventajas importantes respecto de la operación aérea actual.

Esto se logró con la modernización y reestructura del espacio aéreo mediante la Navegación Basada en la Performance (PBN, por sus siglas en inglés) que permite evolucionar la navegación aérea mediante el uso actual y futuro de la infraestructura en tierra. El PBN aprovecha también la tecnología satelital y digital, así como los sistemas tecnológicos avanzados en las cabinas de vuelo, a fin de que las aeronaves puedan navegar en rutas más precisas, directas y eficientes. Con la PBN se podrán reducir el tiempo de vuelo, el gasto de combustible, la emisión de gases contaminantes e incluso el ruido de las aeronaves. De conformidad con simulaciones realizadas por la consultora francesa NavBlue -que avaló hace tiempo la operación del aeropuerto entonces conocido como Santa Lucía-, con este nuevo diseño se tendrán al menos las siguientes ventajas:

- Una reducción de hasta 16% promedio del tiempo de vuelo de las aeronaves que operen en el espacio aéreo del sistema aeroportuario metropolitano.
- Tiempos predecibles y mayor eficiencia en rutas de llegada y en cada aeropuerto.
- Reducción de las demoras operacionales, que se traducen en un aumento de la capacidad del espacio aéreo.

La última fase de este rediseño se dará en el momento que el incremento de operaciones del AIFA sea equiparable a las operaciones que se tengan en el aeropuerto eje AICM, dando lugar a una revisión y ajuste de las trayectorias para considerar al AIFA como el aeropuerto eje del SAM. De acuerdo a las estimaciones de crecimiento de los aeropuertos que integran el SAM, en esta fase se deberá alcanzar la máxima capacidad de operaciones del sistema para el año 2040.

Los Retos del AIFA

El Aeropuerto Internacional Felipe Ángeles (AIFA) tiene retos muy importantes:

La conexión terrestre.

El posible éxito del AIFA depende de que se concrete la conectividad terrestre que permita al pasajero llegar a tiempo a sus vuelos y haga atractiva la oferta para las aerolíneas, coincidieron expertos en materia aeroportuaria y aeronáutica.

El problema actualmente es que sólo hay una vía de entrada y salida del AIFA. Si hay un accidente en esa carretera, el pasajero va a perder el vuelo, porque no hay opciones para llegar. No sólo es construir un aeropuerto, sino también las vías hacia ese aeropuerto.

Para que el Sistema Aeroportuario Metropolitano (compuesto por el AICM, AIFA y Toluca) funcione como lo hacen otros sistemas en ciudades como Londres, Nueva York o Buenos Aires, se requerirá de una excelente conectividad y la forma más eficiente de transporte es el tren, apuntó.

Actualmente el tiempo promedio para llegar a los aeropuertos de Cuernavaca, Puebla, Querétaro y Toluca desde el centro de la Ciudad de México, con condiciones fluidas de tráfico, es de 103 minutos. Por su parte, el tiempo promedio para llegar a cualquiera de los seis aeropuertos que operan para la ciudad de Londres en Reino Unido es de 37.5 minutos.

En un ejercicio a través de la aplicación Google Maps, se estima que desde el Zócalo de la Ciudad de México a la Base Militar Aérea de Santa Lucía el recorrido es de aproximadamente 1 hora con 44 minutos, a 46 kilómetros de distancia, con tráfico en un horario cercano a las 8:00 de la noche.

Impacto Ambiental

El impacto ambiental que genera la conectividad, dada la huella de carbono que dejará a su paso la población que llegará al aeropuerto, desde su lugar de origen y viceversa, por la distancia entre el AIFA y la Ciudad de México. Sumado al desabasto de agua, afectaciones arqueológicas, paleontológicas, entre otras.

La expansión de la mancha urbana

El segundo reto será el impacto del AIFA a su alrededor, la expansión de la mancha urbana, ya que la construcción de un aeropuerto genera un polo de urbanización, por tanto, se expandirán las necesidades de vivienda y servicios alrededor.

La construcción de un aeropuerto se convierte en un verdadero reto de planeación en lo arquitectónico, urbano, ambiental y aeronáutico.

Instituciones como el Infonavit y la SEDATU trabajan en conjunto para mejorar la zona alrededor de la construcción, ya que algunos de los municipios tienen infraestructura e inmuebles deficientes. Una de las iniciativas es la recuperación de 500 viviendas en Tizayuca, Hidalgo, municipio que se encuentra cercano a las obra, para regenerar los espacios públicos, se invirtieron 2,400 millones de pesos en siete demarcaciones, a través del Programa de Mejoramiento Urbano con impacto a 1.4 millones de habitantes.

La SEDATU realizó los trabajos de mejoramiento urbano como son la construcción de viviendas para empleados, construcción de escuelas, plazas públicas, centros recreativos, escuelas, entre otros espacios, en 8 municipios del Valle de Zumpango.

Operación combinada de un aeropuerto civil con un aeropuerto militar

En el mundo actual hay dos tipos de usuarios principales del espacio aéreo usuarios civiles y usuarios militares.

El sector de la aviación civil incluye aeronaves privadas, comerciales y estatales, que transportan principalmente carga y pasajeros, tanto nacional como internacionalmente. La aviación militar incluye aeronaves de Estado para transporte, entrenamiento, seguridad y defensa.

La operación militar aérea puede complicar la aviación civil debido a que, en caso de emergencia, la prioridad en las pistas la tendrán los militares. La mayoría de los aeropuertos civiles que conocemos no comparten instalaciones por la especificidad de las actividades relacionadas con el tema de seguridad nacional.

La base aérea militar ubicada en el predio del AIFA es un punto neurálgico y estratégico de la operación de la Fuerza Aérea Mexicana. Desde ese punto, la Fuerza Aérea apoya al ejército y las fuerzas que salen del campo militar número uno, para desplazarse por aire y rápidamente a todo el país cuando es necesario, para realizar todo tipo de operaciones, no sólo militares, sino de ayuda a la población civil en casos de desastre.

El AIFA no es el primer caso ni el único aeropuerto híbrido militar/civil en el mundo, pero sí será el más grande y el que mayores desafíos presenta por variadas razones.

Hay que decir que los aeropuertos híbridos civiles y militares en otras partes del mundo son pequeños aeródromos compartidos bajo normas de OACI.

Conclusiones

El transporte aéreo comercial de pasajeros y de carga ha enfrentado grandes cambios en las últimas décadas debido, entre diversas razones, al crecimiento exponencial de pasajeros, la consolidación del esquema de aerolíneas de bajo costo, así como crecientes exigencias de seguridad y medioambientales.

La aviación permite el traslado ágil de ideas, negocios, familias, turistas, mercancías, servicios, ayuda. Esto es esencial para crear valor para los mexicanos.

Los aeropuertos aumentan la conectividad y la competitividad de un país, y estrechan los lazos comerciales del interior con el resto del mundo.

- La conectividad estimula el tráfico y la competitividad de un aeropuerto, y
- Concentrar todas las operaciones en un solo aeropuerto facilita el tráfico nacional e internacional de pasajeros y mercancías.

En este contexto, México requiere inversiones oportunas para mejorar y ampliar las redes de transporte del país y para alcanzar crecimiento durante los próximos años.

El actual Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México tiene graves limitaciones de espacio. Debido a su ubicación en un entorno urbano densamente poblado, las posibilidades de expandir el aeropuerto no son viables ni social ni económicamente.

Actualmente el AICM cuenta con dos pistas paralelas cercanas, dependientes entre sí, que no permiten operaciones simultáneas en condiciones de “instrumentos”, lo que establece una capacidad de operaciones horarias relativamente baja. Por otra parte, en el sitio actual no es posible contar con capacidad adicional de pistas para hacer frente a la demanda pronosticada.

La demanda de servicios aeroportuarios generada en la ZMVM es atendida actualmente por el AICM de manera primordial, así como por cuatro aeropuertos aledaños: Toluca, Cuernavaca, Puebla, Querétaro.

Sin embargo, desde hace más dos décadas es sabido de la necesidad de ampliar la capacidad del AICM para que esté a la par del crecimiento del país. La actividad aeroportuaria en México ha crecido más rápidamente que la economía, alcanzado el límite operativo del AICM.

El AICM es el principal nodo de la red aeroportuaria del país, es la puerta al mundo conectando y enlazando las diversas regiones. La CDMX tiene una localización estratégica para conectar flujos entre países y regiones del mundo, sin embargo, la saturación operativa provoca que el

comercio y los pasajeros circulen por otros nodos , generando una derrama económica en otros países.

Para solucionar el problema de la saturación del AICM se tuvieron dos alternativas:

Opción 1 NAICM

Ventajas:

- ✓ Cercanía a la Ciudad de México, 12 km de distancia del AICM al NAICM.
- ✓ Crearía un gran centro de conexiones y operación internacional, mejor conocido como Hub.
- ✓ Ya se cuenta con el terreno, una superficie de cinco mil hectáreas.
- ✓ Existía un financiamiento para el 75% de inversión y es posible obtener el resto con ingresos de los aeropuertos actual y a futuro.
- ✓ Tendría mayor capacidad a largo plazo.
- ✓ Existía un proyecto y se tenía un avance global en la obra del 31%.

Desventajas

- ✗ Mayor costo de construcción, el cual se incrementó de 169 mil millones de pesos en 2014, a 300 mil millones de pesos al 2018.
- ✗ Altos costos de mantenimiento por las características del suelo.
- ✗ Retraso de al menos cuatro años en la construcción y mayor riesgo en las operaciones, pues hay que comenzar a operar un aeropuerto y en ese instante dejar de operar el otro.
- ✗ Cierre del AICM y la Base Aérea Militar de Santa Lucía, por razones de índole aeronáutico.
- ✗ Incrementos en tarifas aeroportuarias y repercusión en costos de boletos.
- ✗ Transformación del lago Nabor Carrillo, para convertirse en laguna de regulación de inundaciones por el riesgo aviar.
- ✗ El proyecto tendría severos efectos ambientales, urbanos; como son: inundaciones, hundimientos diferenciales, disponibilidad y contaminación del agua, crecimiento poblacional y expansión urbana desordenada.

Opción 2. AIFA

Ventajas

- ✓ Se conservan los dos aeropuertos.
- ✓ Menor tiempo para el inicio de operaciones.
- ✓ Mejores condiciones del suelo.
- ✓ Menor impacto negativo sobre la Ciudad de México.
- ✓ Menores costos de construcción y de mantenimiento.
- ✓ Se fortalecerá el Sistema Aeroportuario Metropolitano al contar con dos aeropuertos. Esto daría mayor protección a la ciudad en caso de siniestros, como un terremoto o actividad volcánica.

Desventajas

- ✗ El MITRE indicó que la operación simultánea de los dos aeropuertos (AICM y AIFA) no es viable, se tuvo que reacondicionar el espacio aéreo metropolitano.
- ✗ Tener operaciones separadas entre dos aeropuertos generaría incremento de costos de operación para las aerolíneas.
- ✗ Incomodidades para los pasajeros, derivadas de los tiempos de traslado y los costos que conlleva el traslado.
- ✗ Lejanía desde el centro de la demanda, Fuente de Petróleos al AIFA, 53 km, se sabe que los usuarios no están dispuestos a transportarse más de una hora., esto provocaría poca atracción y por ende no podrá cumplir su objetivo.
- ✗ Falta de infraestructura alrededor del AIFA para recreación de usuarios, empleados del AIFA.
- ✗ Posible cambio de residencia de los empleados de las aerolíneas que operaran en el AIFA, esto traería como consecuencia un nivel diferente de vida.
- ✗ Daños ambientales por la naturaleza de este tipo de proyectos, como son: escasez de agua, contaminación auditiva, emisiones contaminantes de combustible.
- ✗ Cambio de la dinámica social del área de influencia.
- ✗ Escasas vías de comunicación para acceder a este aeropuerto.
- ✗ Problema de logística para interconexión de vuelos en los 3 diferentes aeropuertos del SAM.
- ✗ La operación militar aérea puede complicar la aviación civil

- × En caso de emergencia nacional la prioridad de operación lo tendrá la aviación militar.
- × Nula obras de transporte público masivo, (al momento del cierre de este trabajo).
- × El costo de la cancelación de la obra en Texcoco, por las inversiones que se realizar.

El AIFA es presentado y será considerado como una de las obras de infraestructura más importante del país durante el sexenio 2018 – 2024, será un aeropuerto de clase mundial que ofrecerá una calidad excepcional de servicio y disponibilidad en una amplia gama de destinos.

Como se mencionó el diseño del aeropuerto en Santa Lucía tiene sus ventajas, principalmente estructurales. El suelo en el que se construye es mucho más firme que el del NAICM. Para construir sobre él, la SEDENA ha excavado a cuatro metros de profundidad para encontrar material resistente, mientras que en el aeropuerto de Texcoco éste se encontraba a 30 metros. El suelo en cierta manera es mejor que el de Texcoco, esto ayuda a reducir costos de construcción y mantenimiento. Sin embargo, las pistas del AIBJ requieren renivelarse cada dos años ya que presentan hundimientos anuales de entre 20 y 35 cm a través de su superficie de construcción. Se tienen que solucionar estos hundimientos, que cada vez se acentúan más, especialmente en la Terminal 2. Inicialmente se previó que ésta resistiera hundimientos de 3 cm anuales, sin embargo, se han registrado hundimientos anuales hasta 10 veces mayores.

El AIFA brindará servicios de calidad y experiencias de excelencia a los pasajeros, la cual será consistente con el funcionamiento aeroportuario.

Mantener una estrecha relación de colaboración con socios comerciales, el público viajero y la comunidad en general para asegurar un balance equitativo entre los beneficioeconómicos de crecimiento.

Los retos que tendrá el AIFA es ser atractivo para las líneas aéreas para tener en este sus operaciones y vuelos.

Las restricciones de conexión aérea y terrestre que se presentan en estos momentos a los aeropuertos aledaños restringen su demanda, esto puede ocasionar el bajo crecimiento, puede tener una demanda negativa.

Esta situación que se presentó posiblemente no sea suficientemente amplia para resolver problemas tan serios como son: operación aeronáutica como la operación civil (empleados y usuarios).

La aprobación y ejecución de este tipo obras no debe de estar sujeta al tipo de cambio, factores políticos, factores sociales, por la naturaleza de los proyectos sus costos y tiempos de construcción son elevados pero la factibilidad y viabilidad para el desarrollo de la nación y el bienestar de la sociedad son incuestionables.

Uno de los temas relevantes en la Planeación y Proyecto para un Aeropuertos se refiere a los accesos a este de los pasajeros del transporte aéreo y de los empleados del mismo.

La operación del sistema de tres aeropuertos en el centro del país es un reto y un gran desafío para todos los involucrados, es primordial, saber cuál será la dinámica de operación, qué rutas, si estas van a conectar con el AIFA. Se requiere dar continuidad a la inversión en el aeropuerto capitalino, con el fin de dar continuidad a la seguridad en las operaciones y la eficiencia del mismo. El SAM representa un enorme reto logístico y de conectividad, pues según datos de AFAC, el AICM pasó de manejar un total de 397 mil 018 toneladas en 2012 a un total de 556 mil 142 toneladas de operaciones de carga nacionales e internacionales en 2019.

Seguramente se presentarán retos por ejemplo: de conectividad, logística, saturación, efectos naturales, por citar algunos; estos retos se tendrán que resolver y atenderse de manera puntual para lograr la operación adecuada entre ellos, la Ingeniería Mexicana está preparada para dar soluciones a estos proyectos de infraestructura.

Bibliografía

- Organización de Aviación Civil Internacional. ANEXO14 Volumen 1.- Diseño y Operación de Aeropuertos, Octava edición, Canadá, 2018.
- Organización de Aviación Civil Internacional. Manual al Proyecto de Aeródromos. Parte 1 Pistas Doc. 9157 P1., Canadá, 2012.
- Organización de Aviación Civil Internacional. Manual de Proyecto de Aeronaves. Parte 2 Calle de Rodaje, Plataformas y Apartaderos de Espera, Doc. 9157 P2. Canadá 2005.
- Organización de Aviación Civil Internacional. Manual de Proyecto de Aeródromos Parte 4 Ayudas visuales. Doc. 9157 P4, Canadá, 2004.
- Organización de Aviación Civil Internacional. Manual al Proyecto de Aeródromos. Sistemas Eléctricos Doc.915775, Canadá, 1987.
- Organización de Aviación Civil Internacional. Manual de Planificación de Aeropuertos. Parte I Planificación General Doc. 9184PL. Canadá, 1990.
- Organización de Aviación Civil Internacional. Manual de Planificación General de Aeropuertos Parte 2. Utilización del Terreno, Canadá, 1990.
- Organización de Aviación Civil Internacional. Manual sobre ensayos de Radioayudas a la Navegación. Volumen II Sistemas de Aterrizajes por Instrumentos. DOC. 8071. P2. Canadá, 1987.
- Organización de Aviación Civil Internacional. Manual de Aeropuertos Doc. 9150, Canadá 2006.
- Organización de Aviación Civil Internacional. Cooperación cívico – militar para la gestión del tránsito aéreo. Cir 330 AN/189.
- Galíndez López, Demetrio. Aeropuertos. ESIA-IPN, México, 2004.
- Organización de Aviación Civil Internacional. PROCEDURES FOR AIR NAVIGATION SERVICES Aeródromos. Segunda edición, DOC. 9981. Canadá, 2016.
- Secretaria de Comunicaciones y Transporte. (2013). Nuevo Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México. México: Grupo Aeroportuario De La Ciudad de México.
- MITRE. (2000). Estudios de Factibilidad Técnica. En El Future Aeroportuario de la Ciudad de México (62). E.U.A.: MITRE.
- UNAM; Artículo “Inicios de la aviación en México”; Revista Archipiélago.

- Gobierno de México, SEDENA. (2020). Proyecto AIFA. Noviembre 2021, de Gobierno de México Sitio web: <https://aeropuertoaifa.mx/>.
- Gobierno de México. (2020). Conectividad del Aeropuerto Internacional Felipe Ángeles. 19 Marzo 2020, de SEDENA, SCT, GCDMX, EDOMEX.
Sitio web: <https://www.youtube.com/watch?v=sbY27ujvcKw>
- TADCO / SACMAG / NACO, ITP-SRO-DGACI-SC. (2015, mayo). Nuevo Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México. TASANA.
- ASA-UNAM. (2012). •“REVISIÓN Y EVALUACIÓN EN GEOTECNIA Y ESTRUCTURAS” PARA “RESOLVER LA PROBLEMÁTICA DEL TRANSPORTE AÉREO EN EL CENTRO DEL PAÍS”. ASA - UNAM.
- ASPECTOS GEOTÉCNICOS DEL NUEVO AEROPUERTO INTERNACIONAL DE MÉXICO. (2014). , Grupo Aeroportuario de la Ciudad de México, S.A. de C.V. , Instituto de Ingeniería UNAM, SCT.
- NAICM Bases del Sismo de Diseño - Español. (2015, octubre). Foster+Partners | FR-EE.
- Grupo Aeroportuario de la Ciudad de México, S.A. de C.V. (GACM) Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT). (2018, abril). “Investigaciones y Estudios Especiales Relacionados con Aspectos Geotécnicos del Diseño y la Construcción del Nuevo Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México (NAICM)”. Coordinación de Geotecnia Instituto de Ingeniería, UNAM.
- Dirección Corporativa de Ingeniería y Proyectos de Infraestructura, Gerencia de Estudios de Ingeniería Civil Subgerencia de Seguridad de Estructuras, CFE. NUEVO AEROPUERTO INTERNACIONAL DE LA CIUDAD DE MÉXICO OPINIÓN TÉCNICA DEL COMPORTAMIENTO OBSERVADO EN LAS ZONAS INSTRUMENTADAS POR CFE. (2018, septiembre).
- Instituto de Ingeniería, UNAM Geotecnia. (2015, septiembre). •“INVESTIGACIONES Y ESTUDIOS ESPECIALES RELACIONADOS CON ASPECTOS GEOTÉCNICOS DEL NUEVO AEROPUERTO INTERNACIONAL DE LA CIUDAD DE MÉXICO (NAICM) EN EL VASO DEL Ex-Lago DE TEXCOCO, ZONA FEDERAL”. UNAM.
- Grupo Aeroportuario de la Ciudad de México (“GACM”) Monto estimado de inversión y Plan Financiero, México Agosto 2018.

- GACM, SCT. (2018, agosto). NUEVO AEROPUERTO INTERNACIONAL DE MÉXICO, CONECTIVIDAD TERRESTRE. SCT.
- Foster + Partners | FR-EE, NAICM, Bases del Sismo de Diseño – Español, REP/PBSD/BoD/1, Emisión 2, 9 de Octubre 2015.
- Resolutivo de la Manifestación de Impacto Ambiental NAICM. (2014, noviembre). SEMARNAT.
- Grupo Aeroportuario de la Ciudad de México, Sexto informe de cumplimiento de Términos y Condicionantes de la autorización de Impacto Ambiental del Proyecto “Nuevo Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México”, Noviembre, 2017.
- SEMARNAT, Manifestacion de Impacto Ambiental Modalidad Regional, Grupo Aeroportuario de la Ciudad de México “Nuevo Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México”.
- SEMARNAT. (2015). Libro Blanco de la Evaluación de Impacto Ambiental y el Cambio de Uso de Suelo del Nuevo Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México y las obras asociadas de la CONAGUA y la SCT.
- Instituto de Ingeniería, UNAM, Geotecnia e Ingeniería Estructural. (2015, septiembre). “INVESTIGACIONES Y ESTUDIOS ESPECIALES RELACIONADOS CON ASPECTOS GEOTÉCNICOS DEL NUEVO AEROPUERTO INTERNACIONAL DE LA CIUDAD DE MÉXICO (NAICM) EN EL VASO DEL EX-LAGO DE TEXCOCO, ZONA FEDERAL”. UNAM.
- MITRE. (2000, octubre). El Futuro Aeroportuario de la Ciudad de México, Estudios de Factibilidad Técnica.
- Landrum & Brown. (2018). Actualización del Plan Maestro del NAICM.
- SCT, AICM. (2016). Programa Maestro de Desarrollo del Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México (2017–2029).
- ARUP. (2015). Plan Maestro del Nuevo Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México NAICM.
- SCT, ATL. (2015). Programa Maestro de Desarrollo del Aeropuerto Internacional de Toluca, Edo. de Méx. (TLC) (2015–2029).

- INSTITUTO DE INGENIERÍA UNAM. (Abril 2019). MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD REGIONAL, DEL PROYECTO “CONSTRUCCIÓN DE UN AEROPUERTO MIXTO CIVIL / MILITAR CON CAPACIDAD INTERNACIONAL EN LA BASE AÉREA MILITAR No. 1 (SANTA LUCÍA, ESTADO DE MÉXICO), SU INTERCONEXIÓN CON EL AEROPUERTO INTERNACIONAL DE LA CIUDAD DE MÉXICO Y REUBICACIÓN DE INSTALACIONES MILITARES” y Anexos. México: SEDENA, INSTITUTO DE INGENIERÍA UNAM.
- AVBLUE. (Julio 2019). Estudio de Orografía, Informe del Levantamiento de Obstáculos. NAVBLUE.
- Ponencia Proyecto y avances del Aeropuerto Internacional Felipe Ángeles. (2021, 30 septiembre). [Proyecto y avances del Aeropuerto Internacional Felipe Ángeles]. XXII Reunión Nacional de Vías Terrestres, Oaxaca, México.
- Aristegui Noticias, C (17 agosto 2018). Consulta aquí todos los documentos sobre el Nuevo Aeropuerto. <https://aristeguinoticias.com/1708/mexico/consulta-aqui-todos-los-documentos-sobre-el-nuevo-aeropuerto/>. Recuperado el mes de Septiembre 2021.
- ESTUDIO GEOFÍSICO CON FINES GEOHIDROLÓGICOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN AEROPUERTO MIXTO CIVIL/MILITAR CON CAPACIDAD INTERNACIONAL EN LA BASE AÉREA MILITAR No.1 (SANTA LUCÍA EDO. MÉX.), SU INTERCONEXIÓN CON EL AICM Y REUBICACIÓN DE LAS INSTALACIONES MILITARES. (2019b, julio). GEOFÍSICA JUAYEK.