



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**

---

**ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA  
MECÁNICA Y ELÉCTRICA**

**“ANÁLISIS TÉCNICO DEL ACTUAL PLAN MAESTRO  
DEL AEROPUERTO INTERNACIONAL “MARIANO  
ESCOBEDO” DE MONTERREY Y PROPUESTA DE  
MEJORA”**

TESINA

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIERO EN AERONÁUTICA**

PRESENTAN:

**NOLASCO ÁLVAREZ FRANCISCO ARTURO  
RAMÍREZ CASTILLO CHAIM BARLAAM**

ASESORES:

**M. EN C. LUIS SÁNCHEZ ESTRADA  
M. EN C. GUSTAVO GARCÍA ROJAS REYNOSO**

**MÉXICO, D.F. 2009**



# INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

UNIDAD TICOMÁN

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
POR LA OPCIÓN DE TITULACIÓN:  
DEBERÁ PRESENTAR:

INGENIERO EN AERONÁUTICA  
CURRICULAR

LOS CC. PASANTES:

**NOLASCO ÁLVAREZ FRANCISCO ARTURO**  
**RAMÍREZ CASTILLO CHAIM BARLAAM**

**“ANÁLISIS TÉCNICO DEL ACTUAL PLAN MAESTRO DEL AEROPUERTO INTERNACIONAL  
“MARIANO ESCOBEDO” DE MONTERREY Y PROPUESTA DE MEJORA”**


CAPÍTULO I  
CAPÍTULO II  
CAPÍTULO III  
CAPÍTULO IV  
CAPÍTULO V


ÍNDICE  
DATOS HISTÓRICOS  
MARCO REFERENCIAL  
METODOLOGÍA  
DESARROLLO DE LA PROPUESTA DE MEJORA  
CONCLUSIONES  
APÉNDICE 1  
APÉNDICE 2  
BIBLIOGRAFÍA

México, DF., a 25 de agosto de 2009.

A S E S O R E S

  
M. EN C. LUIS SÁNCHEZ ESTRADA

  
M. EN C. GUSTAVO GARCÍA ROJAS  
REYNOSO

  
I. P. N.  
ESCUELA SUPERIOR DE  
INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA  
UNIDAD TICOMÁN  
Vo. Bo. DIRECCIÓN

  
ING. MIGUEL ÁLVAREZ MONTALVO  
DIRECTOR

# INDICE

<b>Capitulo I. Datos históricos</b>	<b>1</b>
1.1 Introducción	1
1.2 Características del aeropuerto en la actualidad	3
1.3 Ubicación del aeropuerto	5
1.4 Justificación	5
1.5 Límites y alcances	6
1.6 Objetivo General	6
1.7 Objetivos específicos	6
1.8 Importancia del estudio	7
<b>Capitulo 2. Marco referencial</b>	<b>9</b>
2.1 Planeación de Aeropuertos	9
2.2 Plan Maestro y su importancia	11
2.3 Normatividad aplicable a la infraestructura aeroportuaria y al Plan Maestro	15
2.4 Evolución del tráfico y métodos de pronosticación	20
2.5 Capacidad de los elementos de un aeropuerto	26
2.6 Análisis demanda capacidad	29
2.6.1 Zona Aeronáutica	31
2.6.2 Zona Terminal	38
2.6.3 Instalaciones de apoyo	48
<b>Capitulo 3. Metodología</b>	<b>52</b>

<b>Capitulo 4. Desarrollo de la Propuesta de Mejora</b>	<b>54</b>
4.1 Pronósticos del Plan Maestro quinquenio 2006-2011 (actual)	54
4.1.1 Pronósticos basados en la proyección de Gompertz	56
4.1.2 Hora Pico	60
4.1.3 Comparación del estudio	67
4.2 Pistas	69
4.2.1 Capacidad de las pistas de acuerdo al Plan Maestro	69
4.2.2 Desarrollo de Pistas a futuro	71
4.2.3 Comparación del estudio y el Plan Maestro en cuanto a Pistas	73
4.3 Calles de rodaje	74
4.3.1 Calles de rodaje en el Plan Maestro	74
4.3.2 Propuesta de Calles de Rodaje	75
4.3.3 Comparación del estudio y el Plan Maestro en cuanto a Calles de Rodaje	77
4.4 Plataforma	78
4.4.1 Plataformas en el Plan Maestro	78
4.4.2 Propuesta de Plataforma	79
4.4.3 Comparación del estudio y el Plan Maestro en cuanto a plataformas	81
4.5 Edificio terminal	82
4.5.1 Edificio Terminal del Plan Maestro	82
4.5.2 Propuesta del Edificio Terminal	83
4.5.3 Comparación del estudio y el Plan Maestro en cuanto a edificio terminal	84
4.6 Comparación final	85

4.7 Otras consideraciones	90
<b>Capítulo 5 Conclusiones</b>	<b>91</b>
Apéndice 1	93
Apéndice 2	94
Bibliografía	95

## **CAPITULO 1. DATOS HISTÓRICOS**

En este capítulo se hablará de los antecedentes y aspectos importantes que han influido en la historia del aeropuerto en el estudio y así como un resumen de la historia.

### **1.1 Introducción**

El Aeropuerto Internacional de la Ciudad de Monterrey "Gral. Mariano Escobedo", se encuentra ubicado en el municipio de Apodaca el cual esta a 19 kilómetros al Nororiente de la Ciudad de Monterrey, sus colindancias con otros Municipios son al norte con: Salinas Victoria, General Zuazua y Pesquería; al este con el Municipio de Pesquería; al sur con los municipios de Pesquería, Juárez, Guadalupe y San Nicolás; al oeste con: San Nicolás, Escobedo y Salinas Victoria. El Municipio de Apodaca representa el 0.4 % de la superficie total del Estado, con una extensión territorial de 183.5 kilómetros cuadrados, por lo cual es un área metropolitana de Monterrey, es el principal puerto de entrada aérea al estado de Nuevo León, es el aeropuerto más importante de la región norte de la Republica Mexicana, esto se debe a que Monterrey es la capital del Estado de Nuevo León y una de las tres ciudades más importantes del país gracias a su gran actividad comercial e industrial.

En el 2007 atendió 6, 863,808 pasajeros<sup>1</sup>, el Aeropuerto de Monterrey fue galardonado con el premio al aeropuerto más moderno y eficiente de América Latina en el 2005 es el más importante del Grupo Aeroportuario Centro Norte (OMA) actualmente ocupa el cuarto lugar a nivel nacional en movimiento de pasajeros y operaciones, después de los aeropuertos de la Ciudad de México, Cancún y Guadalajara, y el décimo lugar en América Latina. El aeropuerto está compuesto por dos terminales comerciales, las cuales separan operaciones de todas las aerolíneas de las de Aeroméxico Connect, la aerolínea regional y Express de Aeroméxico. En una sección tiene terminales privadas.

---

<sup>1</sup> De acuerdo a las estadísticas oficiales de la DGAC.

El aeropuerto de Monterrey recientemente inauguró la Terminal de Carga Aérea, misma que dispone de un área de 60 mil metros cuadrados para operaciones. Ningún otro aeropuerto de México cuenta con instalaciones de tal magnitud y mucho menos pensadas específicamente para el transporte de carga vía aérea.

Actualmente la terminal del aeropuerto de Monterrey ha sido recientemente remodelada en su imagen e instalaciones con el fin de brindar a sus usuarios instalaciones agradables y eficientes. Esto estaba contemplado en su Plan Maestro de Desarrollo (PMD) según el Quinquenio 2005-2010 para el máximo desarrollo del aeropuerto.

"De acuerdo al operador Mexicano Grupo Aeroportuario del Centro Norte (OMA) el inicio de operaciones de la Terminal B está programado para finales del mes de septiembre del presente año. A partir de esa fecha, Aeroméxico y miembros del Skyteam, realizarán sus vuelos nacionales e internacionales desde esta Terminal. La capacidad del edificio es de hasta dos millones de pasajeros al año, con separación de flujos de llegada y de salida. Su infraestructura se caracteriza por el uso de tecnología de última generación y gran espacio interior, con instalaciones modernas, confortables y de mayor funcionalidad para el pasajero, lo que permitirá a Aeroméxico ofrecer sus servicios de clase mundial, y disponer de un Salón VIP de mayor capacidad, donde ofrecerá productos y servicios con valor agregado a sus pasajeros "Premier" en un ambiente de comodidad y eficiencia. La Terminal B contará con 23 mostradores de documentación, 14 posiciones de abordaje, seis pasillos telescópicos, tres bandas de reclamo de equipaje, sistema de información al pasajero, control de acceso automatizado y circuito cerrado de televisión. Adicionalmente, los pasajeros de Aeroméxico y miembros del Skyteam tendrán a su disposición cajeros automáticos para la compra de boletos de avión, así como para realizar el proceso de documentación de su vuelo, sin la necesidad de pasar a los mostradores tradicionales".<sup>2</sup>

---

<sup>2</sup> Documento "Convenio para el Traslado de Operaciones de las Aerolíneas del Grupo a la Nueva Terminal B del Aeropuerto de Monterrey", México, D.F., a 4 de marzo de 2009.



Imagen 1.- Aeropuerto de Monterrey "Gral. Mariano Escobedo", (vista aérea). Fuente: Google Earth

## 1.2 Características del aeropuerto en la actualidad

El último plan maestro es del quinquenio 2006-2010 en el cual está considerada la edificación de la terminal B que actualmente está en construcción y se planeaba inaugurar en el tercer cuarto del 2008. Esta terminal al igual que la terminal 2 de la Ciudad de México, será utilizada por Aeroméxico y sus afiliados en Skyteam.

A continuación se presentan ficha técnica del aeropuerto:

☞ <b>Clave IATA:</b>	<b>MTY</b>
☞ <b>Clave OACI:</b>	<b>MMMY</b>
☞ <b>Operador:</b>	<b>Grupo Aeroportuario Centro Norte (OMA)</b>
☞ <b>Coordenadas del aeropuerto:</b>	<b>25° 46' 42" N 100° 06' 23" O</b>



☞ <b>Categoría:</b>	<b>4E</b>
☞ <b>Capacidad:</b>	<b>38 operaciones/h</b>
☞ <b>Aeronave Crítica:</b>	<b>Boeing 747-400</b>
☞ <b>Horario de Operación:</b>	<b>24 horas.</b>
☞ <b>Posiciones en Plataforma de Aviación Comercial:</b>	<b>9 de contacto, 1 de falso contacto y 7 remotas.</b>
☞ <b>Posiciones en Plataforma de Aviación Regional:</b>	<b>6</b>
☞ <b>Posiciones en Plataforma de Aviación de Carga:</b>	<b>4</b>
☞ <b>Terminal A:</b>	<b>9 posiciones de contacto, 12 posiciones remotas</b>
☞ <b>Terminal B:</b>	<b>6 posiciones de contacto 7 posiciones remotas</b>
☞ <b>Terminal C:</b>	<b>8 posiciones remotas</b>
☞ <b>Número de pasarelas de acceso:</b>	<b>9</b>
☞ <b>Número de carruseles de reclamo de equipaje:</b>	<b>4</b>
☞ <b>Capacidad de pasajeros por hora:</b>	<b>1316</b>
☞ <b>Superficie total:</b>	<b>18420m<sup>2</sup></b>
☞ <b>Dimensión de Terminal de Pasajeros:</b>	<b>Terminal A- 28,966 m<sup>2</sup> Terminal Temporal C - 4,000m<sup>2</sup></b>
☞ <b>Dimensión del Almacén Fiscalizado de OMA Carga:</b>	<b>4,000 m<sup>2</sup></b>

### 1.3 Ubicación del aeropuerto

En la siguiente imagen se muestra la Ubicación geográfica del Estado de Nuevo León con respecto a la República Mexicana.



*Imagen 2.- Ubicación del Estado de Nuevo León, el cual se encuentra al norte de la República Mexicana.*

### 1.4 Justificación

El incremento acelerado de la demanda en el aeropuerto Mariano Escobedo de Monterrey, obliga a revisar el plan maestro actual, para planificar y proyectar a un mayor horizonte, en cuanto a configuración del aeropuerto, capacidad y demanda en edificios, pistas, rodajes, plataformas con un adecuado plan maestro que satisfaga las necesidades de manera eficaz y eficiente.

## **1.5 Límites y alcances**

- La propuesta de mejora se realizara desde un estudio 100% técnico aeronáutico limitándose a entrar en áreas administrativas y socioeconómicas.
- Con base en el análisis de demanda y pronósticos se sugerirá la propuesta de mejora.
- La propuesta propondrá una nueva configuración del aeropuerto, principalmente refiriéndose a la terminal de pasajeros y pistas, mejorando su eficiencia en cuanto a capacidad y demanda.

## **1.6 Objetivo General**

Analizar el actual plan maestro del Aeropuerto Internacional de Monterrey "Mariano Escobedo" y proponer alternativas de mejora.

## **1.7 Objetivos específicos**

- ⦿ Ver la importancia y el desarrollo que ha generado el aeropuerto.
- ⦿ Estudio de los antecedentes y pronósticos en cuanto a pasajeros, carga y operaciones.
- ⦿ Revisión del plan maestro actual en base a la normatividad nacional e internacional.
- ⦿ Proponer una nueva configuración en cuanto a terminal de pasajeros, plataformas, rodajes, pistas.
- ⦿ La propuesta de mejora que se realice en este estudio será tomado en cuenta solamente el ámbito aeronáutico, es decir, que se descartara toda posibilidad de que entre un estudio, económico,

social y administrativo, por ejemplo; que tan viable o factible puede ser la implementación de la mejora.

### **1.8 Importancia del estudio**

Este estudio analizará el estado actual del Aeropuerto Internacional de Monterrey "Gral. Mariano Escobedo", con el fin de evaluar la eficiencia de la capacidad y demanda de dicho aeropuerto, por lo tanto este estudio evaluará la condición en la que se encuentran tanto las pistas como la terminal aérea, esto con el fin de dar a conocer si los elementos de infraestructura aeroportuarios cumplen con la necesidad de atender las operaciones aéreas, así como a los pasajeros que actualmente aprovechan este servicio, de lo contrario, si se demostrara deficiencia en el aeropuerto, se proporcionará una propuesta de mejora para una mejor planeación del aeropuerto y obtener un máximo desarrollo desde el punto de vista Aeronáutico, a su vez se ampliará el horizonte de la actividad aeroportuaria Nacional en este aeropuerto.

Imagen 3.- CONFIGURACIÓN ACTUAL DEL AEROPUERTO DE MONTERREY “GRAL. MARIANO ESCOBEDO”.



## **CAPITULO 2. Marco Referencial**

Para la integración de un Marco Teórico y referencial que sea de utilidad para orientar el desarrollo de este trabajo de investigación, y sustentar las propuestas y resultados aquí planteados, se realizó una investigación documental sobre diferentes tópicos directamente relacionados con la planeación de aeropuertos, los cuales se abordan en cada uno de los siguientes apartados.

### **2.1 Planeación de Aeropuertos**

La planeación es una función administrativa básica que es aplicable en cualquier ámbito, establece el marco y el rumbo de las funciones de organización, dirección y control, en este caso se aplicará al ámbito aeroportuario.

Para este estudio se requiere de una planeación estratégica, la cual consiste en:

- 1) Diagnosticar el entorno externo e interno de la organización.
- 2) Establecer una visión y una misión.
- 3) Idear los objetivos globales.
- 4) Crear, elegir y seguir estrategias generales.
- 5) Asignar recursos para alcanzar las metas de la organización.

El objetivo conciso de esta planeación es crear estrategias a fin de aprovechar con eficacia las oportunidades del entorno y encarar las amenazas con base en las fortalezas y debilidades del aeropuerto.

Al aplicar los conceptos generales de planeación en el campo de los aeropuertos se puede afirmar que esta actividad es lo más importante, ya que con esto se pretende que cada componente de las instalaciones que integran un aeropuerto (pistas, rodajes, plataformas, edificio de pasajeros,

etc.) estén integrados en un plan maestro de desarrollo a mediano y largo plazo, con el cual sea posible planear y ejecutar de manera armónica, estratégica el crecimiento de la infraestructura del aeropuerto.

Dicha planeación de la infraestructura aeroportuaria debiera realizarse de modo tal que al proyectar la ampliación de algún componente o la construcción de nuevos elementos del aeropuerto, la configuración y características de diseño de éstos debe contribuir a incrementar la seguridad y eficiencia de los servicios y procesos de operación en la terminal aérea.

No obstante en la realidad esta planeación no ha sido bien ejecutada, esto se refleja en la saturación de las instalaciones aeroportuarias en un corto plazo, lo cual podemos observar en diferentes aeropuertos de México que a lo largo de la historia han ido evolucionando.

La historia comienza en 1924 cuando hubo un desarrollo económico importante en la República Mexicana, esto ocasionó que el sector aeronáutico se desarrollara y se logró que se instituyeran las primeras bases para otorgar concesiones de servicios aéreos. Siendo la primera ruta aérea: México Distrito Federal, Tuxpan, Tampico.

Después de que se estableció la primera ruta aérea, en los 40 años posteriores, se incrementó la demanda, lo que ocasionó un desarrollo del transporte aéreo. La industria aeronáutica empezó a crecer, de tal manera que la gente tomó a este transporte como un medio más común, lo cual ocasionó que las industrias constructoras de aviones diseñaran aeronaves de mayor capacidad.

El diseño de aeronaves con mayor capacidad ocasionó que las mismas incrementaran su volumen, por lo cual en 1964 las pistas de los aeropuertos mexicanos se volvieron inoperables, debido a que no tenían capacidad para aviones comerciales más grandes. Ocasionando que en 1965 se constituyera la Comisión Intersectorial de Aeropuertos, la que estableció

el primer Plan Nacional de Aeropuertos, documento en el cual, por primera vez, se contempló en forma integral, la problemática aeroportuaria del país. En este plan se establecieron recomendaciones a corto plazo con visión para el año 1970, y para tener una amplia visión integral, se fijó un horizonte de planeación a largo plazo, para el año 1985.

De esta manera es que se empiezan a establecer los Planes Maestros de los aeropuertos para evitar problemas como: saturación de capacidad y demanda así mismo, el que le permitiera planear cualquier eventualidad que surgiera, que pudiera desestabilizar la operatividad del aeropuerto.

A partir de entonces, se formó un grupo de técnicos mexicanos, dedicados a la planificación de todos los elementos que componen a los aeropuertos mexicanos. Este grupo de técnicos formado principalmente por personal de las instituciones facultadas en el tema, como: ASA (Aeropuertos y Servicios Auxiliares) y la Dirección General de Aeropuertos, organismo y dependencia de la SOP, actualmente Secretaría de Comunicaciones y Transportes, ambas creadas en el año de 1965.<sup>1</sup>

## **2.2 Plan Maestro y su importancia**

Un Plan Maestro representa la concepción del planificador en cuanto a la evolución final de determinado aeropuerto<sup>2</sup>, esta evolución se presenta en forma gráfica y escrita, así como también da a conocer el pronóstico de las actividades del lado aire y del lado tierra. Dentro del plan maestro se debe llevar un orden cronológico en que se requerirá la construcción de las instalaciones, es decir debe haber prioridades y las distintas fases en las que se realizarán las mejoras.

Ya que se realizaron las actividades de planeación y que se tiene dispuesto el apoyo financiero, se comienza con la parte de la planificación técnica, haciendo un inventario de las instalaciones y servicios existentes.

---

<sup>1</sup> Manual guía para Planes Maestros en Aeropuertos, ASA

<sup>2</sup> Manual guía para Planes Maestros en Aeropuertos, ASA



Posteriormente se hace un análisis de la demanda con el fin de determinar cuales serán las necesidades futuras.

Cuando se tiene el plan maestro final, el objetivo de éste debe ser, que la población que va a ser beneficiada lo acepte y que sea autorizado por las autoridades competentes.

Lo más importante en la planificación de aeropuertos son: las pistas, calles de rodaje, plataformas para aeronaves, edificios en los que los operadores de líneas aéreas entregan y reciben pasajeros y donde las autoridades gubernamentales de control realizan sus inspecciones, e instalaciones proporcionadas para uso y comodidad de los pasajeros.

Ocupan una importancia secundaria, los edificios y zonas de estacionamiento para mantenimiento de aeronaves, los caminos y estacionamiento para vehículos utilizados por pasajeros, visitantes, explotadores de aeronaves y todos los ocupantes del aeropuerto, y los edificios para el despacho y recepción de las mercancías transportadas por vía aérea, pero no por ello menos importante.

Las metas del proceso de planificación general de aeropuertos deberían ser las siguientes:

- I. De acuerdo a la zona o región donde este el aeropuerto tener la disponibilidad de un desarrollo oportuno y eficiente según sean las necesidades presentes y futuras del transporte.
- II. Definir cómo se comporta la aviación de acuerdo a su crecimiento, con relación a un plan donde la aviación esté equilibrada con otros medios de transporte.
- III. En cuanto al medio ambiente, asegurar un margen que este dentro de lo establecido, de tal manera de no contaminar el medio ambiente, ya sea con; ruido, contaminación del aire y empeoramiento ecológico.
- IV. Equilibrar las normas y criterios de los organismos nacionales, para que estén armonizados con los criterios y normas de la OACI y IATA.

- V. Informar al medio aeronáutico público y privado, así como al público usuario, de las necesidades aeronáuticas, y crear una conciencia general sobre la necesidad de la planificación y desarrollo del aeropuerto.
- VI. Hacer el mejor uso de los terrenos, zonas y del espacio aéreo que son limitados en ciertas zonas.
- VII. Crear un organismo planificador que permita a las entidades políticas afectadas participar en la planificación del aeropuerto.

El principio de un Plan Maestro contiene una breve introducción del aeropuerto en estudio, la situación actual del aeropuerto, situación financiera y económica, así como las inversiones a mediano y corto plazo, localización y características técnicas del aeropuerto. Siguiendo a esto un capitulado como se muestra a continuación:

#### Capítulo 1. Introducción

Dentro de este podemos encontrar los objetivos del estudio y una introducción general, así como la importancia de aeropuerto y el contenido de cada capítulo.

#### Capítulo 2. Antecedentes

Se describen las características sociales, geográficas y económicas de la región incluyendo su situación nacional y la infraestructura del transporte existente. También se incluye el resumen de los Planes que hayan tenido mayor importancia en el aeropuerto. Así como el análisis de otros medios de transporte que puedan competir con el transporte aéreo.

#### Capítulo 3. Instalaciones Aeroportuarias

Se describen las instalaciones y la situación actual del aeropuerto así como su evolución, se incluye también la opinión y puntos de vista de los operadores de las líneas aéreas y de la autoridad aeronáutica sobre las condiciones de las operaciones vigentes.

#### Capítulo 4. Análisis de la Demanda

Este apartado contiene el análisis estadístico de operaciones, carga y pasajeros, indicando las horas pico máximas y mínimas de las operaciones del aeropuerto. Con estos datos se observa el movimiento anual y horario analizando el comportamiento histórico y como consecuencia determinar el

crecimiento, evolución futura de la demanda y se realiza un pronóstico anual utilizando metodologías probadas de pronosticación y que sean recomendadas por las especificaciones internacionales. También se analiza la demanda máxima factible de atender en los linderos vigentes del aeropuerto.

#### Capítulo 5. Análisis de Demanda-Capacidad

Se proponen parámetros conciliados con el personal de ASA para cada uno de los elementos del aeropuerto (pistas, rodajes, plataformas, edificio de pasajeros), ya con esto se evalúa el nivel operativo y las áreas saturadas o próximas a saturarse. Al final se hace el análisis de capacidad-demanda, en el cual se identifica el crecimiento de cada elemento en las distintas etapas del desarrollo propuesto.

#### Capítulo 6. Planteamiento de desarrollo del aeropuerto

Con los datos contenidos en el capítulo anterior, se estudian opciones de crecimiento bajo diferentes conceptos, eligiendo las que reúnan las mejores condiciones que se adecuen al sitio. Al final se elige una opción definiendo un desarrollo por etapas.

#### Capítulo 7. Informe de Integración con la Ciudad

En este se presenta un informe del impacto que tendrá el desarrollo futuro del aeropuerto en la ciudad y recíprocamente, de tal forma que se cuenten con recomendaciones para armonizar ambos desarrollos.

#### Capítulo 8. Estudios de Impacto Ambiental

Con modelos computacionales se obtienen las curvas de impacto por ruido del aeropuerto en la ciudad y se hace la recomendación de las áreas que se deben proteger para evitar el daño por este efecto. También se analiza la contaminación ambiental que producirá el aeropuerto en diversos aspectos como desechos sólidos, la emisión de gases, los desechos de líquidos, el peligro aviario, de fauna y flora afectada, formulándose las recomendaciones correspondientes.

#### Capítulo 9. Evaluación Económico Financiera

De acuerdo a la información de ingresos y egresos del grupo aeroportuario y la información del desarrollo de la infraestructura, se elabora un modelo de valuación económica que permite generar indicadores básicos de factibilidad financiera del desarrollo del aeropuerto. Se considera para ello el

importe estimado para desarrollar las obras, con base en costos índice por unidad de obra, para obtener montos totales de inversión.

#### Capítulo 10. Conclusión:

Se presentan las principales conclusiones y recomendaciones resultadas del estudio.

### **2.3 Normatividad Aplicable A La Infraestructura Aeroportuaria Y Al Plan Maestro.**

La elaboración de los Planes Maestros es responsabilidad del concesionario, debiendo contener un capitulo como se mencionó anteriormente, y al final quien determina si está correcto, es la autoridad aeronáutica (DGAC), basándose en las leyes en materia aeroportuaria. En esta sección del documento se describe lo que la normatividad nacional e internacional establece en cuanto a la planeación y la infraestructura de los aeropuertos.

#### **Normatividad Nacional**

En los siguientes artículos se establece que un Plan Maestro es necesario para que a un aeropuerto se le de una concesión y proceda a iniciar operaciones.

En el artículo 28 de la Ley de Aeropuertos se establece que: *"el concesionario deberá elaborar un programa maestro de desarrollo, revisable cada cinco años, el cual una vez autorizado por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, previa opinión de la Secretaría de la Defensa Nacional en el ámbito de su competencia, con base en las políticas y programas establecidos para el desarrollo del sistema aeroportuario nacional y su interrelación con otros modos de transporte, será parte integrante del título de concesión"*.

También en el Artículo 23 del Reglamento de la Ley de Aeropuertos, establece que: *"El programa maestro de desarrollo debe contener, como mínimo:*

- 1. Las expectativas de crecimiento y desarrollo del aeropuerto por etapas;*
- 2. Las proyecciones de demanda, pasajeros, carga y operaciones, por lo menos para los siguientes quince años, las que deberán incluir la metodología de cálculos y supuestos;*
- 3. El programa de construcción, conservación, mantenimiento, expansión y modernización de la infraestructura, instalaciones y equipo conforme al Capítulo II del Título III del Reglamento. En la elaboración de dicho programa deberán considerarse los estándares de calidad y eficiencia establecidos en el título de concesión, los que la SCT fijará con base en los estándares internacionales;*
- 4. El programa de inversiones detallado para los próximos cinco años, el cual será obligatorio, así como los conceptos y montos de las inversiones mayores estimadas para los diez años subsecuentes;*
- 5. El plano descriptivo de las áreas del aeródromo especificando sus usos y modalidades de operación por etapas, las zonas de acceso y el contexto urbano que lo rodea;*
- 6. Las probables fuentes de financiamiento, y*
- 7. Las medidas para la conservación del medio ambiente de conformidad con las disposiciones aplicables.*

*En la elaboración y actualización del programa maestro de desarrollo, el concesionario deberá considerar los requerimientos indispensables de los usuarios; al efecto, deberá contar con la opinión de los transportistas aéreos y la recomendación del comité de operación y horarios para lo cual seis meses antes de su presentación a la SCT, el proyecto respectivo deberá presentarlo ante dicho comité para que dentro de los seis meses siguientes emitan su recomendación".*

Otro artículo que se debe de tomar en cuenta es el Artículo 24 del Reglamento de la Ley de Aeropuertos el cual establece: *"La SCT debe*

*remitir el programa maestro de desarrollo para opinión de la Secretaría de la Defensa Nacional, la que contará con veinticinco días hábiles a partir de su notificación para emitir la opinión respectiva, en caso de que esa Secretaría no emita su opinión dentro del plazo señalado se entenderá que no tiene observaciones.*

*La SCT resolverá lo conducente dentro de los cuarenta y cinco días hábiles siguientes a que sea presentado el programa maestro de desarrollo. La Secretaría podrá negar la autorización del programa cuando éste no reúna los requisitos establecidos, no cumpla con los estándares de eficiencia y calidad, o no se apege a las disposiciones aplicables.*

*Las obras previstas en los distintos componentes del programa maestro, o en el programa indicativo a que se refiere el artículo 25, no deberán incorporar elementos que, a juicio de la SCT, se consideren suntuarios o notoriamente inferiores en relación con la categoría del aeropuerto de que se trate.*

*Cualquier modificación al programa maestro de desarrollo deberá ser aprobada previamente por la SCT conforme al procedimiento señalado en este artículo.*

*El concesionario debe presentar la actualización de su programa dentro de los primeros seis meses del quinto año.*

*El programa maestro, sus modificaciones y la actualización del mismo deberán presentarse para su autorización en tres tantos originales acompañados de la recomendación del comité de operación y horarios.*

*El concesionario, dentro de los tres primeros meses de cada año, deberá presentar un informe respecto de las acciones realizadas en el año anterior de acuerdo con el programa maestro de desarrollo".*

## **Normatividad Internacional**

No se debe pasar por alto la normatividad internacional, de ésta se toman recomendaciones de certificación de aeródromos, seguridad operacional, etc. Estas consideraciones son establecidas por la Organización de Aeronáutica Civil Internacional (OACI) en el anexo 14 específicamente en el tomo 1 ya que existen 2 tomos y el primero trata sobre aeródromos que es el tema que concierne a este estudio, por que el tomo segundo trata de helipuertos. A continuación se mostraran algunas recomendaciones que se tomarán en cuenta:

En el "Capítulo 1. Generalidades", establece que cada estado deberá hacerse cargo de cómo se regulará la certificación en cada país, pero recomienda que el medio más eficaz y transparente de garantizar el cumplimiento de las especificaciones correspondientes consiste en contar con una entidad separada encargada de la vigilancia de la seguridad operacional y un mecanismo bien definido de vigilancia de la seguridad operacional apoyado por la legislación correspondiente para poder ejercer la función de regular la seguridad de los aeródromos.

Otras recomendaciones contenidas en el mismo capítulo son:

Que los aeródromos se debieran certificar acatando las especificaciones del Anexo 14 y otras pertinentes, mediante un marco normativo apropiado. Incluyendo el establecimiento de criterios para la certificación de aeródromos. Los países garantizarán que, antes de otorgar la concesión el solicitante presente para que sea aprobado/aceptado un manual que incluya toda la información correspondiente sobre el sitio del aeródromo, sus instalaciones y servicios, su equipo, sus procedimientos operacionales, su organización y su administración, incluyendo un sistema de gestión de la seguridad operacional.

En el diseño de las instalaciones de los aeródromos deben contemplarse las medidas de seguridad, así como considerarse la utilización de los terrenos aledaños al aeropuerto.

Es conveniente tomar en cuenta la tabla 2.1<sup>3</sup>, ya que en ella se encuentran las claves de referencia de aeródromo, esta clave contiene un número y una letra, el significado de estos dos elementos se describe en la misma, así como los diferentes valores que se le pueden otorgar.

Tabla 2.1 Referencia de Aeródromo

ELEMENTO DE CLAVE 1		Letra clave	ELEMENTO DE CLAVE 2 <sup>a</sup>	
Numero de clave	Longitud del campo de referencia del avión		Envergadura	Anchura exterior entre ruedas del tren de aterrizaje principal
1	Menos de 800m.	A	Hasta 15m. exclusive	Hasta 4.5m. exclusive
2	800m. hasta 1, 200m. exclusive	B	15m. hasta 24m. exclusive	4.5m. hasta 6m. exclusive
3	1, 200m. hasta 1, 800m exclusive	C	24m. hasta 36m. exclusive	6m. hasta 9m. exclusive
4	1, 800 y más exclusive	D	36m. hasta 52m. exclusive	9m. hasta 14m. exclusive
		E	52m. hasta 65m. exclusive	9m. hasta 14m. exclusive
		F	65m. hasta 80m. exclusive	Desde 14m hasta 16m. exclusive

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

Así mismo se tiene una recomendación para la anchura de pista de acuerdo a la clave de referencia del aeródromo, las medidas recomendadas se encuentran en la tabla 2.2, (las medidas aquí señaladas deben ser las mínimas consideradas para la construcción de las pistas):

<sup>3</sup> Fuente de información, anexo 14 OACI



Tabla. 2.2 Referencia para la anchura de pista

Num. De clave	A	B	C	D	E	F
1	18m.	18m	23m	-	-	-
2	23m.	23m	30m	-	-	-
3	30m	30m	30m	45m	-	-
4	-	-	45m	45m	45m	60m

Otra consideración que se debe hacer es la separación entre las pistas y calles de rodaje, así como entre una calle de rodaje y otra, y entre una calle de rodaje y una calle de rodaje en plataforma como se indica en la tabla 2.3 que a continuación se presenta:

Tabla 2.3 Distancias mínimas de separación de calles de rodaje

Letra de clave	Distancia entre el eje de una calle de rodaje y el eje de una pista (metros)								Distancia entre el eje de una calle de rodaje que no sea calle de acceso a un puesto de estacionamiento de aeronaves y un objeto (metros)	Distancia entre el eje de la calle de acceso a un puesto de estacionamiento de aeronaves y un objeto (metros)	
	Pistas de vuelo por instrumentos				Pistas de vuelo visual						
	Número de clave				Número de clave						
(1)	1	2	3	4	1	2	3	4	(10)	(11)	(12)
A	82,5	82,5	-	-	37,5	47,5	-	-	23,75	16,25	12
B	87	87	-	-	42	52	-	-	33,5	21,5	16,5
C	-	-	168	-	-	-	93	-	44	26	24,5
D	-	-	176	176	-	-	101	101	66,5	40,5	36
E	-	-	-	182,5	-	-	-	107,5	80	47,5	42,5
F	-	-	-	190	-	-	-	115	97,5	57,5	50,5

Nota 1.— Las distancias de separación que aparecen en las columnas (2) a (9) representan combinaciones comunes de pistas y calles de rodaje. La base de formulación de dichas distancias aparece en el Manual de diseño de aeródromos, Parte 2.

Nota 2.— Las distancias de las columnas (2) a (9) no garantizan una distancia libre suficiente detrás de un avión en espera para que pase otro avión en una calle de rodaje paralela. Véase el Manual de diseño de aeródromos, Parte 2.

## 2.4 Evolución del tráfico y métodos de pronosticación.

Realizando el estudio del Plan Maestro se requerirá saber la capacidad de los elementos aeroportuarios ya mencionados antes, esto está directamente ligado con el número de pasajeros y operaciones que se alojarán en el aeropuerto en un determinado año. Debido a lo anterior se necesita de un

método matemático que basado en las estadísticas de años pasados, pronostique la demanda en etapas futuras.

Existen diversos métodos de pronosticación que se han desarrollado, pueden ser muy complejos o muy sencillos, todo depende del caso al que se esté aplicando. Ya sea si se utiliza un método muy sencillo o muy complejo, dependerá de factores como grado de fiabilidad que desee, tiempo y recursos disponibles para realizarlo, información de las características y del comportamiento (estadísticas). También una parte fundamental al realizar los pronósticos, es el juicio del pronosticador.

Un factor importante en la realización de este estudio es la hora pico, en la cual la OACI la maneja como la hora treinta generalmente, es decir, en el día existe una hora en la que se realizan más operaciones (un despegue o un aterrizaje), este es un periodo relativo a la operación y conlleva a que muchos pasajeros permanezcan en las instalaciones, a esto se le conoce como hora pico, y se toman cifras para estadísticas, con base en esto se calcula la hora pico, también esta hora se refiere al año, así como en el día se espera la hora de mayor actividad, en el año existen días de mayor actividad, lo que conlleva a que se revisen las estadísticas anuales y dependiendo del día más concurrido en el año, a partir de esta cifra la cual sería la mas elevada se toma el treintavo día, dependiendo de esta día se toma como base para la consideración en los respectivos cálculos matemáticos para el diseño de capacidad y demanda del aeropuerto.

Los métodos empleados en este estudio son los más usuales para métodos de pronosticación ya que las curvas de comportamiento de pronósticos aquí descritas las podemos emplear para calcular el número de pasajeros, operaciones y carga. Con el fin de saber como se obtienen dichas curvas, se tomara como ejemplo un número de pasajeros cualquiera.

La expresión matemática de la curva que represente el desarrollo de volumen de pasajeros, se ajustará a los datos históricos por el método de los mínimos cuadrados.

El comportamiento se apega a una curva de tipo exponencial que tiene la siguiente expresión como se muestra en la Figura 1.

$$Y = ab^x$$

Donde:  $y$  = No. De pasajeros                       $a$  = constante  
 $x$  = Tiempo     $b$  = constante

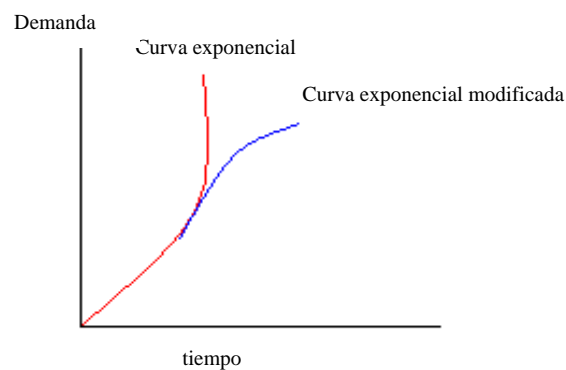


Figura 1. Comportamiento exponencial de la curva con respecto a la demanda y el tiempo.

Cuando se usan estos datos la curva que resulta de estas ecuaciones se adapta notablemente a los puntos reales y se puede utilizar para pronósticos a corto plazo (5 años) pero no para largo plazo ya que el crecimiento de la curva es en una forma muy acelerada y nos daría volúmenes de pasajeros muy elevados y que no serían lógicos para utilizarse en esta planeación.

Se ha observado que a veces, una serie que experimenta un rápido ritmo de aumento en un período de tiempo dado, acaba finalmente por estabilizarse, llegando a un límite superior en determinado punto. Debido a que este fenómeno se ha presentado en la demanda de transporte aéreo, y por lo tanto, la opinión legal de los expertos es de que el comportamiento de la demanda no se apegará a una curva de tipo exponencial sino a una curva que acuse un desarrollo más conservador que sería representado por una curva exponencial modificada.

Este concepto de nivel de saturación puede introducirse directamente en la ecuación de una de tendencia exponencial agregando una constante (k) a la ecuación. Dicha ecuación se escribiría entonces.

$$Y = k + ab^x$$

Según los valores que adquieren "a" y "b", esta curva puede tomar distintas formas. Cuando "a" tiene signo negativo, "k" se convierte en el límite superior en el que se aproximará "y" con el tiempo, pero nunca superará.

Una característica común de las curvas exponenciales y de las curvas exponenciales modificadas, es que la relación entre las primeras diferencias sucesivas es constante e igual a "b". Se entiende por primera diferencia, la diferencia del valor de "y" en dos periodos sucesivos.

Otra curva de crecimiento que se aproxima asintóticamente al límite superior, es la curva de Gompertz.<sup>4</sup> La curva de Gompertz tiene la expresión.

$$Y = ka^{bx}$$

En esta curva, las primeras diferencias de los logaritmos de los valores de "y" varían según un porcentaje constante y la constante "k" se convierte en el límite o asíntota. En otras palabras, las primeras diferencias de los logaritmos de "y", son: lineales con relación al tiempo. Esta ecuación se puede escribir en logaritmos en la manera siguiente:

$$\ln y = \ln k + (\ln a)b^x$$

Donde:

$$\ln y = y' \quad \ln k = k' \quad \ln a = a'$$

---

<sup>4</sup> Curva recomendada en el manual de previsión del tránsito aéreo OACI

Se obtiene la ecuación:

$$y' = k' + a'b^x$$

Adquiriendo la misma forma que la curva exponencial modificada.

Para encontrar los valores de "k", "a" y "b" en una curva exponencial modificada, puede utilizarse el método de puntos seleccionados. Para ello deben de seleccionarse tres puntos  $(P_1, P_2, P_3)$  de los datos de la muestra o de la curva ajustada a los puntos de la gráfica. Si el número de años transcurridos entre  $(P_1, P_2, P_3)$ , es "t", respectivamente las fórmulas para los coeficientes será:

$$b^t = \frac{P_3 - P_2}{P_2 - P_1}$$

$$a = \frac{P_2 - P_1}{b^t - 1}$$

$$k = P_1 - a$$

Para el caso de la curva de Gompertz, los puntos  $(P_1, P_2, P_3)$ , se substituirán por sus logaritmos respectivamente  $(P'_1, P'_2, P'_3)$ , y así obtendremos:

$$b = \frac{(P'_3 - P'_2)}{(P'_2 - P'_1)}$$

$$a' = \frac{(P'_2 - P'_1)}{b^t - 1}$$

$$k' = P'_1 - a'$$

La ecuación adoptada para las proyecciones de pasajeros anuales comerciales, nacionales e internacionales regulares e irregulares, es la de Gompertz. El adoptar este tipo de ecuación, no ha sido de manera arbitraria, sino que es la ecuación que proporciona valores más realistas para el periodo de tiempo que se pretende abarcar, ya que también se probaron otro tipo de modelos como son los siguientes:

$Y = ab^x$	<p>Curva Exponencial: Este tipo de curva, como se mencionó anteriormente, sólo se puede aplicar a un corto plazo ya que proporciona valores muy elevados para plazos más largos.</p>
$Y = a + bx$	<p>Línea recta: la línea recta se apega muy poco a los puntos históricos y representa un muy lento crecimiento.</p>
$Y = a + bx$	<p>Línea recta modificada; esta ajustada a los valores de las tasas anuales. Esta recta es poco representativa de la tendencia de los valores de las tasas de crecimiento. No aplicable, ya que intercepta el eje del tiempo y cambiaba a valores negativos en un corto periodo de tiempo.</p>
$T_i = T_s \left( \frac{y_i - y_0}{y_s - y_0} \right)$	
<p>En donde:</p> <p><math>T_i</math> : Volumen de tráfico correspondiente al año <math>y_i</math>.</p> <p><math>T_s</math> : Volumen de tráfico correspondiente al año <math>y_s</math>.</p>	<p>Curva de Bo Bjakman.<sup>5</sup>: en esta curva para tendencia a largo plazo, los porcentajes de crecimiento anual, disminuye gradualmente, sin embargo, para el caso que nos ocupa, aún produce valores, demasiado elevados para poder considerarlos como aceptables.</p>

<sup>5</sup> Curva recomendada en el manual de previsión del tránsito aéreo OACI.

<p><math>y_i</math>: Cualquier año futuro.</p> <p><math>y_0</math>: Año en que se inició el servicio con frecuencia razonable.</p> <p><math>y_s</math>: Primer año objeto de la previsión.</p>
--

Tabla 2.4 Ecuaciones aplicadas a la pronosticación.

Resumiendo, el método de pronóstico para pasajeros comerciales en cada una de sus clasificaciones, ha sido de la siguiente manera:

- 1) Ajuste de una curva de tipo exponencial a los puntos reales por el método de mínimos cuadrados, manejando la ecuación con logaritmos para poder determinar los coeficientes de una recta.
- 2) Sobre la recta trazada, producto de la ecuación exponencial ajustada, se tomaron 3 puntos y de estas, se obtiene los valores de los coeficientes para obtener la expresión de la curva de Gompertz.
- 3) A partir de la expresión encontrada, manejada en logaritmos como una curva de tipo exponencial modificada, se calcularon los valores de movimiento de pasajeros comerciales en cada una de sus clasificaciones.

## 2.5. Capacidad de los elementos de un aeropuerto

Para dimensionar correctamente los elementos de un aeropuerto, es necesario saber su capacidad. En este apartado se describen los procedimientos y métodos que son empleados para calcular la capacidad en las pistas, calles de rodaje y plataformas.

## Mezcla de Aeronaves

El análisis y pronóstico de la mezcla de aeronaves es una parte de la metodología para determinar el número de operaciones.

La mezcla de aeronaves es el porcentaje relativo de operaciones que realizan los aviones, clasificando a estos en (A, B, C o D). En la siguiente tabla se muestran las características de cada clasificación de aeronaves y su relación con la turbulencia de estela, como a continuación se muestra:

Clasificación de aeronave	Peso máximo (lb)	Número de motores	Clasificación de turbulencia de estela
A	12500 o menos	Uno	Pequeña (S)
B		Múltiple	
C	12500-300000	Múltiple	Larga (L)
D	Más de 300000	Múltiple	Pesada (H)

Tabla 2.5 Configuración de la mezcla de aeronaves de acuerdo a su clasificación

Las clasificaciones por tipo de aeronaves para la determinación del porcentaje por cada uno de los tipos se harán en base a su capacidad y dimensiones:

TIPO DE AERONAVE		
4 motores	→ Normal	M
	→ Alargado	G
	→ Jumbo	X
3 motores	→ Normal	M
	→ Alargado	G
	→ Fuselaje ancho	X
2 motores	→ Normal	M
	→ Alargado	G
	→ Fuselaje ancho	X



Donde:

X = Mas de 250 asientos      Boeing 757-300, B 767-400ER, A340-200, B747.400.

G = 140 a 249      Boeing 737, A320, A310, A319, A321

M = 75 a 139 asientos      DC-9, ATR 72-500, ERJ140, ERJ145.

Tabla 2.6. Clasificación de aeronaves de acuerdo al número de motores y capacidad de asientos.

La premisa básica para el pronóstico de operaciones, es que existe una relación entre el número de pasajeros y el nivel de servicio que se provee.

Se supone que el número de asientos ofrecidos y el número de operaciones por tipo de aeronave ha sido función de la demanda y características de la comunidad, así como de las prácticas operativas de las compañías aéreas. También se supone que estos mismos factores serán los determinantes del nivel de operaciones en el futuro.

El número de asientos anuales se pronosticará manteniendo el mismo porcentaje de incremento que en el pronóstico de pasajeros.

### **Actividad de la hora pico**

Para hacer aproximaciones de la hora pico de operaciones y pasajeros, se necesita revisar las corrientes de estas dos actividades, en las horas más concurridas del día.

La hora pico se desarrolla primero en operaciones, después los pasajeros en la hora pico, por medio de estadísticas del tamaño promedio de aeronaves. De acuerdo con la normatividad de FAA la hora pico se representa con una expresión matemática, la cual está representada por el porcentaje de

aeronaves clasificación "C" más tres veces el porcentaje de aeronaves clasificación "D" y se escribe:  $\%(C + 3D)^6$ .

## 2.6 Análisis demanda-capacidad

La capacidad de un aeropuerto se define por la óptima operación y equilibrio de todos los elementos que lo componen.<sup>7</sup>

Para definir la capacidad de cada uno de los elementos que conforman las instalaciones del aeropuerto, se consideran los siguientes aspectos.

- Usuarios (líneas aéreas, pasajeros, concesionarios de combustible, empleados, etc.)
- Geometría del aeropuerto (dimensión, forma, ubicación)
- Vida útil (hasta cuando se saturará el aeropuerto)
- Operación
- Seguridad

Para el análisis de capacidad de cada elemento, se mencionan los siguientes aspectos:

Elemento	Actividad		Requerimientos
Espacio aéreo	Tipo de operación	Equipos de apoyo	
	Visual	Torre de control Faro del aeropuerto Luces de obstrucción Pistola de luces Cono de vientos	Visual del controlador libre de obstáculos Intensidad de luz Edificios, antenas, etc. Intensidad de luz Estado físico del cono
	Instrumentos	VOR VOR/DME ILS MLS Radar Centro de operación	Orientación, operación Certificación, vida útil Zonas oscuras, vida útil Certificación, vida útil
	Mancha urbana	Plan uso de suelo	Control de construcción de elementos altos que obstruyen superficies libres de obstáculos.
	Terreno del aeropuerto	Cercado perimetral Camino perimetral	Condiciones físicas para resguardar Condiciones físicas para vigilar

<sup>6</sup> Airport Capacity and Delay Advisory Circular, AC 150/5060-5, 09-23-83

<sup>7</sup> Manual Guía de Plan Maestro, ASA.

Elemento	Actividad	Requerimientos
Zona aeronáutica	Pistas / calles de rodaje  Aviones: Tipos de aviones  Mezclas de aviones Tiempos de ocupación Geometría Dimensión y configuración de pistas Ubicación de rodajes  Grado de conservación: Pavimentos Franjas de seguridad Drenaje Señalamiento horizontal y vertical  Subestaciones y plantas de emergencia  Operación (comportamiento del lapso crítico) Umbral más utilizado Porcentaje de aterrizaje y despegue Porcentaje de operaciones visuales o instrumentos Mezcla de aviones Seguridad  Grado de participación en el aeropuerto	Conocimiento de salidas de alta velocidad (anexo 14 clasificación) Análisis de hojas de manifiesto Análisis de hojas de manifiesto  Conocimiento de salidas de alta velocidad  Zonas de espera Gotas de retorno  Vida útil, programa de mantenimiento Vida útil, programa de mantenimiento Vida útil, programa de mantenimiento Vida útil, programa de mantenimiento, Inspección previa a la operación  Controlador de espacio aéreo  Hojas de manifiesto  Aforos  Incidencias en las operaciones Notams  Alta prioridad

Tabla 2.7. Muestra un desglose de los elementos para ser analizados en cuanto a su capacidad.

Por medio de estos aspectos el planificador podrá realizar acciones de obra nueva, conservación, reconstrucción e instalación de equipos. Para obtener la demanda-capacidad de las plataformas, se considera el tiempo en que las aeronaves se encuentran estacionadas, en cada una de las posiciones de contacto.

Para optimizar el tiempo en el que las aeronaves permanecen en las posiciones de contacto, se requiere hacer un estudio del movimiento de aeronaves, con el fin de agilizar y hacer eficiente el flujo de las aeronaves en plataforma.

Dependiendo de la intensidad en que se presente la demanda es como se elige la forma de la plataforma. Para una demanda baja se tendrá una plataforma lineal con aviones operando con movimiento autónomo, en cambio con una demanda alta se tienen soluciones tipo satélite con salida de posición remolcada con tractor.

Los parámetros que se deben tomar en cuenta servirán como unidad de medida para comparar la demanda actual y futura contra los requerimientos de infraestructura.

Como la capacidad horaria del aeropuerto y de los componentes varía a lo largo del día debido al uso de la pista, en los tipos de aeronaves, en los reglamentos de control de tránsito aéreo, etc., puede ser preciso efectuar varios cálculos.

### **2.6.1 Zona Aeronáutica**

Este apartado tratará a cerca de los elementos principales que componen la Zona aeronáutica tales como: las pistas, calles de rodaje y plataformas.

#### **Capacidad de las pistas**

La capacidad de este elemento aeroportuario depende de la configuración que tenga (pista única, pistas paralelas, pistas cruzadas, etc). Las opciones de desarrollo parten del análisis de las pistas requeridas para satisfacer la demanda. Por lo general, la configuración del tipo de aeropuerto que se esta analizando dependerá del volumen de operaciones anuales.

La siguiente tabla 2.8 emitida por la FAA en su circular 150/5060-5 "Airport Capacity and Delay" muestra varios tipos de configuraciones de pistas en las cuales se calculan la capacidad horaria y el volumen del servicio anual.

#### **Sistemas de pistas**

El sistema de pistas determina la cantidad de operaciones que se pueden tener al día y al año, estos son las configuraciones de pistas que se tomarán



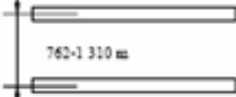
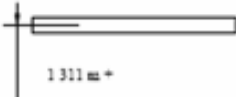
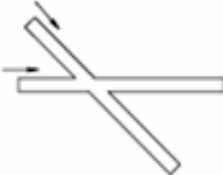
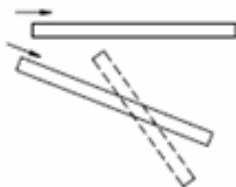
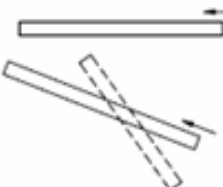
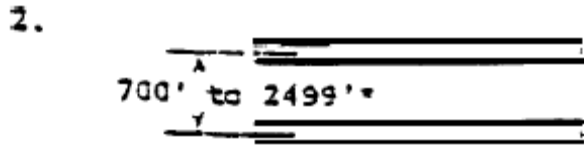
Número	Configuración de la pista	Capacidad movimientos/h		Volumen de servicio anual movimientos/h
		VFR	IFR	
1		51-98	50-59	195 000-024 000
2		94-197	56-60	260 000-355 000
3		103-197	62-75	275 000-365 000
4		103-197	99-119	305 000-370 000
5		72-98	56-60	200 000-265 000
6		73-150	56-60	220 000-270 000
7		73-132	56-60	215 000-265 000

Tabla 2.8. Capacidad y volumen de servicio anual para la planificación a largo plazo

en cuenta para realizar el análisis del Plan Maestro y realizar la propuesta de mejora.

Estas configuraciones se proporcionan en el documento "Airport Capacity and Delay" de la FAA, como ya se mencionó antes.



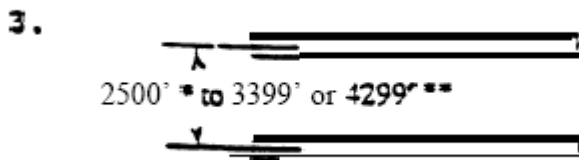
Este sistema es el que tendrá el aeropuerto según el Plan Maestro actual.

Figura 2.2 Sistema de pistas paralelas.

El cual ofrece las siguientes características:

MIX %(C+3D)	INDEX	Hourly capacity Ops/Hr.		Annual Service Volume Ops/Yr
		VFR	IFR	
0 to 20		197	59	355, 000
21 to 50		145	57	275, 000
51 to 80		121	56	260, 000
81 to 120		105	59	285, 000
121 to 180		94	60	340, 000

Tabla 2.9 capacidad del sistema de pistas paralelas



Esta configuración de pistas es la que se va a usar para diseñar la propuesta de mejora al Plan Maestro.

Figura 3. Sistemas de pistas paralelas con operaciones simultáneas

Estas son sus características:

MIX %(C+3D)	INDEX	Hourly capacity Ops/Hr.		Annual Service Volume Ops/Yr
		VFR	IFR	
0 to 20		197	62	355, 000
21 to 50		149	63	285, 000
51 to 80		126	65	275, 000
81 to 120		111	70	300, 000
121 to 180		103	75	365, 000

Tabla 2.10 capacidad del sistema de pistas paralelas con operaciones simultaneas

## **Planificación de las calles de rodaje**

La buena colocación de calles de rodaje a una configuración de pistas aumenta la eficacia operacional del aeropuerto, ya que esto permite el ingreso o la salida de las aeronaves de forma rápida y segura.

Los sistemas de calles de rodaje son los que conectan las pistas con la plataforma, por lo tanto sirven para enlazar las funciones del aeropuerto. Un buen diseño, debería permitir que las aeronaves estén restringidas en lo mínimo respecto a los movimientos, y mantener un flujo uniforme y continuo del tráfico de aeronaves.

Las consideraciones que se deben tener en cuenta para planificar el sistema de calles de rodaje son las siguientes:

1. El trazado de las calles debe de describir las distancias mas cortas entre las pistas y la plataforma.
2. Ser lo más sencillo posible.
3. Diseñarlo de tal manera que el rodaje se use a máxima velocidad, evitando los cambios bruscos de dirección.
4. Evitar los cruces entre rodajes y pistas, ya que esto afecta la seguridad y aumenta la demora de las aeronaves.
5. Planificarlos para tener la máxima vida útil.

## **Plataforma de la Terminal de pasajeros.**

El número de posiciones para las aeronaves en una plataforma de terminal de pasajeros depende de los movimientos de las aeronaves de pasajeros, desglosado por tipo de aeronave, durante la hora pico y el tiempo de ocupación de las posiciones de embarque.

Como el número de posiciones determina el tamaño de la plataforma y también el tipo de terminal, este es uno de los aspectos más importantes de la planificación.

La expansión de la plataforma debe planificarse por etapas, considerando los plazos de planificación.

El tiempo de ocupación del puesto de embarque es el tiempo en que la aeronave maniobra para entrar y salir de la plataforma, carga y descarga de pasajeros, equipaje y carga, se reabastece de combustible, se le realizan tareas de limpieza y recibe varios servicios rutinarios y reparaciones menores.

El tiempo de ocupación varía según el tamaño de la aeronave, el tipo de vuelo, por ejemplo nacional o internacional y el tipo de estación, por ejemplo de origen, de destino, de travesía o de trasbordo / tránsito.

El número requerido de posiciones de plataformas para aeronaves en una terminal de pasajeros, puede estimarse mediante la fórmula siguiente:

$$S = \text{Suma } (T_i / 60 * N_i) + \text{alfa}$$

Donde:

$S$  = Número requerido de posiciones de plataforma

$T_i$  = Tiempo de ocupación de la posición de embarque en minutos del grupo de aeronaves  $i$

$N_i$  = Número de aeronaves que llegan del grupo  $i$  durante hora pico

Alfa = Número de plataforma extra en reserva

El número de aeronaves que llegan puede obtenerse dividiendo por dos el movimiento calculado previamente de aeronaves de pasajeros, o bien aplicando el factor que va de 0.6 a 0.7, esto representa el 60% o 70% de los movimientos que entran y salen en la hora pico.

Dimensiones de la plataforma: Para estimar la superficie requerida de plataforma deberá contarse con la información siguiente, seguir los lineamientos de OACI y aplicar los indicadores por tipo de avión mostrados.



- Población de aviones y tipo de avión.
- Características de operación de las aeronaves.
- Características constructivas de la plataforma.

### Configuración de plataformas

Estas son las configuraciones de plataformas que se deben describir:

Concepto simple: Aplicable a los aeropuertos con poco tráfico. Las aeronaves se estacionan normalmente en ángulo, con la proa hacia dentro o hacia fuera, entrando y saliendo por propio impulso.

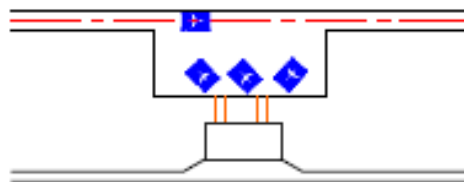


Figura 4. Concepto Simple

Concepto lineal: Es como el concepto sencillo pero de forma más alargada, y se usa para aeropuertos con volúmenes de tráfico más elevados.

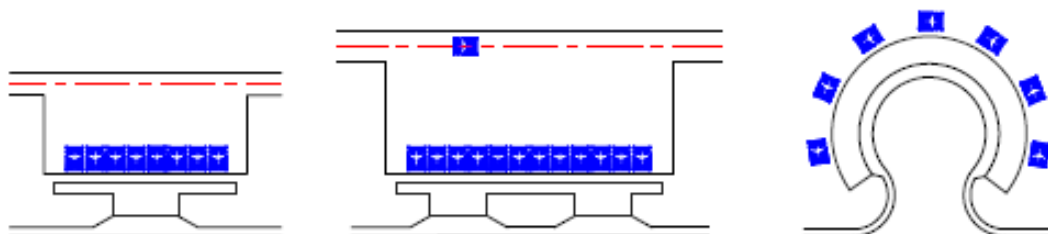


Figura 5. Concepto lineal y Variaciones

Concepto de espigón: el espigón es una extensión lineal del edificio, la cual permite estacionar aeronaves en ambos lados de la extensión, dichas

extensiones pueden estar dispuestas de varias formas, algunas como a continuación se muestra.

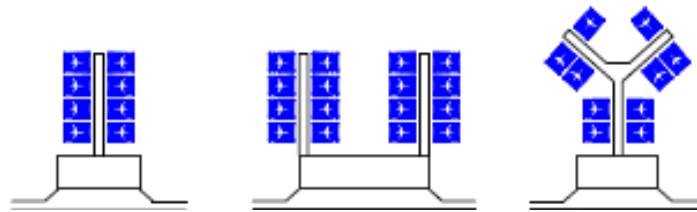


Figura 6. Concepto de Espigón

Concepto satélite: este es un concepto para aeropuertos gran volumen de tráfico, está conformado por una unidad de embarque alejada del edificio terminal, a la cual se puede acceder por un túnel subterráneo o un corredor elevado, con la finalidad de aprovechar mejor el espacio de la plataforma. En esta las aeronaves se estacionan de forma radial o paralela.

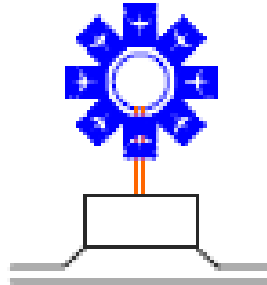


Figura 7. Concepto Satélite

Concepto transportador: el concepto puede considerarse como plataforma abierta o remota, es conveniente este modelo, ya que permite tener menor distancia de rodaje, maniobras sencillas y posibilidad de expansión de la plataforma. No obstante requiere el empleo de salas móviles, autobuses y carros para el transporte de los pasajeros hasta el edificio terminal.

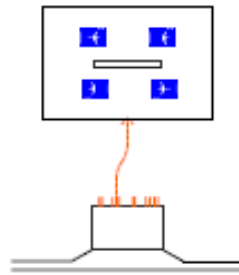


Figura 8. Concepto Transportador

Concepto híbrido: en este se puede emplear una combinación de los conceptos anteriores, dependiendo de las necesidades de cada aeropuerto.

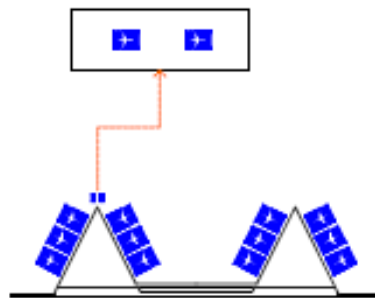


Figura 9. Concepto Híbrido

## 2.6.2 Zona Terminal

Se debe considerar que en la zona terminal la capacidad del edificio debe sobrepasar la demanda que existe en ese momento, ligado a esto está el flujo de pasajeros que es el aspecto más importante que se debe considerar en el edificio. El flujo del movimiento de pasajeros se analiza con respecto a la capacidad del aeropuerto, la capacidad del aeropuerto depende del tipo de tráfico si es una zona turística o industrial, etc.

El análisis de capacidad del edificio terminal, deberá considerar todas las interrelaciones entre sus distintos componentes.

## **Edificio Terminal**

Consideraciones generales. Al planificar el edificio de pasajeros, es necesario prever medios para que los pasajeros entren o salgan en sus automóviles o de vehículos de transporte público; el estacionamiento de automóviles y vehículos de transporte público; los edificios donde los operadores de aeronaves pueden despachar a los pasajeros, donde las autoridades estatales pueden ejercer sus controles y donde puedan ubicarse todas las instalaciones y servicios necesarios para comodidad y asistencia de los pasajeros.

Las actividades aeronáuticas serían menos costosas y más eficientes si el edificio de pasajeros se sitúa lo más cerca posible de las pistas. Esto reduce la distancia de rodaje y, por consiguiente, el consumo de combustible, y contribuye a evitar la congestión reduciendo el tiempo en que las aeronaves se encuentran en movimiento en tierra.

Sin embargo, debe ponerse cuidado a fin de evitar que se vean comprometidas las posibilidades de expansión futura y la flexibilidad de utilización.

Por esto, el emplazamiento de las instalaciones y servicios de pasajeros constituye una parte inseparable de la planificación de la disposición general de las pistas y de todo el plan del aeropuerto.

El tipo y el tamaño del edificio de pasajeros y de los diferentes elementos integrantes de éste se desprenderán de las previsiones acerca de la utilización de los terrenos.

Uno de los objetivos más importantes para la concepción de un edificio de pasajeros a un costo óptimo, sin dejar de reconocer la necesidad de

conseguir cierto grado de flexibilidad, la posibilidad de expansión futura y el costo de futuras ampliaciones del edificio de pasajeros.

Características de las zonas de pasajeros. Para el trazado general, debería considerarse a los pasajeros como formando un flujo homogéneo, sea este constante o intermitente.

La mayoría de los pasajeros están satisfechos con formar parte del flujo o corriente principal y requieren indicaciones claras de lo que se espera que hagan y de las rutas de afluencia que deberían seguir.

Separación de funciones. La clave para lograr los objetivos de la planificación es la sencillez. En el contexto de la planificación en cuanto a los pasajeros, esto significa rutas de circulaciones sencillas y obvias. La separación de las funciones es la ayuda principal para lograr la sencillez.

Si se incorporan a los edificios de pasajeros otras instalaciones (por ejemplo, bloques de oficina de varias plantas, estacionamientos de automóviles, torres de control, etcétera), no solamente tiende a distorsionarse el plan de circulación, si no que se compromete gravemente la flexibilidad por la presencia de estas instalaciones, y, también, por las características estructurales que imponen en el edificio.

Tamaño de los edificios de pasajeros. Para la mayor comodidad de los pasajeros, una zona de pasajeros de grandes dimensiones debería dividirse en unidades o módulos, puesto que es difícil construir un solo edificio que pueda incluir posiciones de estacionamiento de aeronaves para pistas de gran capacidad y al mismo tiempo mantenga, dentro de límites razonables, las distancias que han de recorrer a pie los pasajeros.

Un recorrido a pie de unos 300 m desde el centro de la parte aeronáutica del edificio de pasajeros hasta la posición de estacionamiento de aeronaves más lejano, se ha aceptado generalmente como el límite razonable.

Sin embargo, incluso esto puede hacer que los pasajeros tengan que caminar largas distancias para hacer las conexiones entre aeronaves,

aunque un reparto juicioso de las posiciones de estacionamiento puede reducir tales casos a un mínimo.

El tamaño de la unidad modular para pasajeros es muy importante y debería ser la mejor combinación que responda a las limitaciones físicas de los pasajeros y la economía de construcción y operación del edificio y plataforma de pasajeros.

Trazado de la zona de pasajeros. Los edificios de los pasajeros deberían estar acompañados de estacionamientos para automóviles, plataformas, etcétera de la capacidad necesaria.

Cuando el ritmo de movimiento de pasajeros exceda la capacidad del tamaño óptimo del edificio, deberían proporcionarse edificios adicionales, cada uno de ellos con su propio complemento total de instalaciones.

El trazado de estas unidades modulares de pasajeros, dentro del plan general de la zona de pasajeros, debería incluir el espacio necesario de plataforma y espacio para estacionamiento de automóviles y para la circulación de vehículos, dispuesto de la forma más compacta posible, para reducir al mínimo las distancias a recorrer entre los edificios de pasajeros, así como entre las instalaciones conexas dentro de cada unidad modular. Estas unidades deberían disponerse de la manera más sencilla posible, a fin de obtener un medio ambiente fácilmente comprensible que facilite la libre circulación de vehículos y personas, y un trazado flexible y susceptible de ampliación, capaz de adaptarse a las posibles necesidades futuras. Se necesitarán rutas de transferencia para pasajeros y equipajes en la parte aeronáutica, dentro de los límites aduaneros, y en la parte pública. La naturaleza de estos sistemas de transporte debería considerarse en combinación con los sistemas de transporte público entre el centro de la ciudad y el aeropuerto, con lo que todos los edificios de pasajeros deberían estar convenientemente enlazados.

Principios de circulación. Los siguientes principios de circulación deberían considerarse en la medida en que le resulte práctico, y evaluarse a la vista de las circunstancias locales. Debería presentarse una atención particular a la separación de funciones. El plan de circulación de pasajeros debería de ser el primero que se considere. El movimiento de equipajes tiene igual importancia, ya que debería integrarse con la circulación de pasajeros, pero debido a que los equipajes son objetos inertes, es más fácil hacer que la circulación de equipajes sea compatible con la mejor circulación debería ponerse a prueba entre sí en todas las fases de planificación.

Los principios de circulación que han de considerarse con respecto a los pasajeros son:

- a) Las rutas deberían ser cortas, directas y sin necesidad de explicaciones. Dentro de lo posible, no deberían ser incompatibles con las rutas de circulación de otro flujo de pasajeros, equipajes o vehículos, ni cruzarlas.
- b) Los cambios de niveles en las rutas de peatones deberían evitarse en lo posible.
- c) Los pasajeros deberían poder avanzar en un edificio sin necesidad de confiar en la guía o con las instrucciones de personal.
- d) En condiciones de mucha actividad, la circulación en masa solamente puede lograrse utilizando rutas troncales. Determinadas categorías de pasajeros deberían desviarse de la ruta de circulación principal, para pasar por controles específicos, solamente en el último punto de la ruta principal de circulación en el que cambia el carácter del tránsito.
- e) Los pasajeros que embarcan deberían poder presentar sus equipajes en el puesto más cercano posible.
- f) Cada ruta de circulación debería de tener, dentro de lo posible, una sola dirección. Cuando hay que prever la circulación en sentido inverso, debería hacerse a través de una ruta autónoma e independiente. Las rutas de circulación en los espacios en donde se arremolinan los pasajeros (son las de movimientos aleatorios) se

complementan necesariamente entre sí, pero son funciones separadas. Por lo tanto, estos espacios "pasos permitidos" deberían ser adyacentes a las rutas de circulación, pero no formar parte de ellas.

g) Los pasajeros no deberían tener que pasar más de una vez por el mismo control. Por ello, si se establecen procedimientos o controles en más de un lugar, las rutas de control deberían planearse de forma que permitan a los pasajeros pasar de largo por todos los controles subsiguientes del mismo tipo.

h) El último control que debe pasar el pasajero es el de seguridad. Los controles implantados en el aeropuerto para la inspección de los pasajeros y su equipaje de mano deberían estar situados a una distancia suficiente de la puerta de embarque al fin de restringir al máximo el acceso no autorizado a las aeronaves. Además, debería establecerse un sector intermedio "estéril" entre el punto de control de seguridad y la aeronave.

i) La velocidad de circulación y la capacidad de las rutas de pasajeros deberían equiparse a las de otros sistemas (por ejemplo, circulación de equipajes y tiempo de permanencia en tierra de las aeronaves entre la llegada y la salida) y con la capacidad total del aeropuerto. La circulación más rápida posible o la capacidad mas elevada posible, lejos de construir una ventaja creara frustración demoras, congestión y críticas, si no esta equilibrada por todas las partes del sistema del aeropuerto.

## **Estacionamientos**

Las zonas de estacionamiento de vehículos deben ubicarse de acuerdo al tipo de pasajeros al que van a servir y haciendo el traslado mas corto hacia la zona de embarque.

Estos son los principios que rigen el establecimiento de estacionamientos:

- Estar situados lo mas próximo a la zona de actividad.



- Que ocupen el menor espacio posible.

Estacionamientos Subterráneos: Como su nombre lo indica éstos se encuentran bajo la superficie y son comúnmente utilizados en lugares que no cuentan con suficiente espacio para acomodar todas las instalaciones del aeropuerto es una solución costosa y funcional que depende de las características geotécnicas del subsuelo. Tanto para los estacionamientos elevados o subterráneos es importante seleccionar el tipo de rampa adecuada para intercomunicar de manera fluida los diferentes niveles, teniendo muy en cuenta los sentidos de circulación, el acceso y la salida con sus respectivas instalaciones.

Áreas de espera. El área de espera para los automóviles tiene la función de absorber la acumulación de los vehículos que se produce cuando éstos llegan con una frecuencia mayor que la de su acomodo o cuando quieren salir del estacionamiento más vehículos de los que pueden incorporarse en la corriente vehicular de la vía pública.

Para el público, la anchura mínima de los pasillos de espera en el estacionamiento deberá ser de 1.20 m como mínimo, aunque esta anchura puede ser variable, en función a la densidad e intensidad del tránsito por atender.

Es importante también, en el diseño de los estacionamientos del trazado a utilizar, definir el acomodo de los vehículos ya sea en cordón o en batería con sus diferentes ángulos de esto dependerá la superficie por utilizar y la fluidez de la circulación. Se debe tener presente, la forma de control de acceso y salida al estacionamiento que puede ser de manera manual o mecánica, evitando cuellos de botella y aglomeraciones el señalamiento también es de vital importancia.

Especificaciones para los Estacionamientos: De estudios realizados en relación con las dimensiones de vehículos, Cal y Mayor, 1993. Se determinó:

TIPO DE AUTOMÓVIL	Dimensiones de Cajón en m	
	En Batería	En Cordón
Grandes Medianos	5.0 x 2.4	6.0 x 2.4
Chicos	4.2 x 2.2	5.0 x 2.0

Tabla 2.11 Dimensiones de los cajones del estacionamiento

Las dimensiones mínimas para los pasillos de circulación dependen del ángulo de los cajones del estacionamiento, los valores mínimos recomendables son:

Ángulo de Cajón	Anchura del Pasillo en m para automóviles	
	Automóviles	
	Grandes y Medianos	Chicos
30°	3	2.7
45°	3.3	3
60°	5	4
90°	6	5

Tabla 2.12 dimensiones mínimas de los cajones con respecto al ángulo de cajón

Los pasillos de circulación proyectados con el radio de giro mínimo, deben tener una anchura mínima libre de 3.5 m, las columnas y muros que limitan los pasillos de circulación deben tener una banqueta de 15 cm de altura y 30 cm de ancho con los ángulos redondeados.

A continuación se muestran tipos de rampas que se emplean generalmente en los aeropuertos:

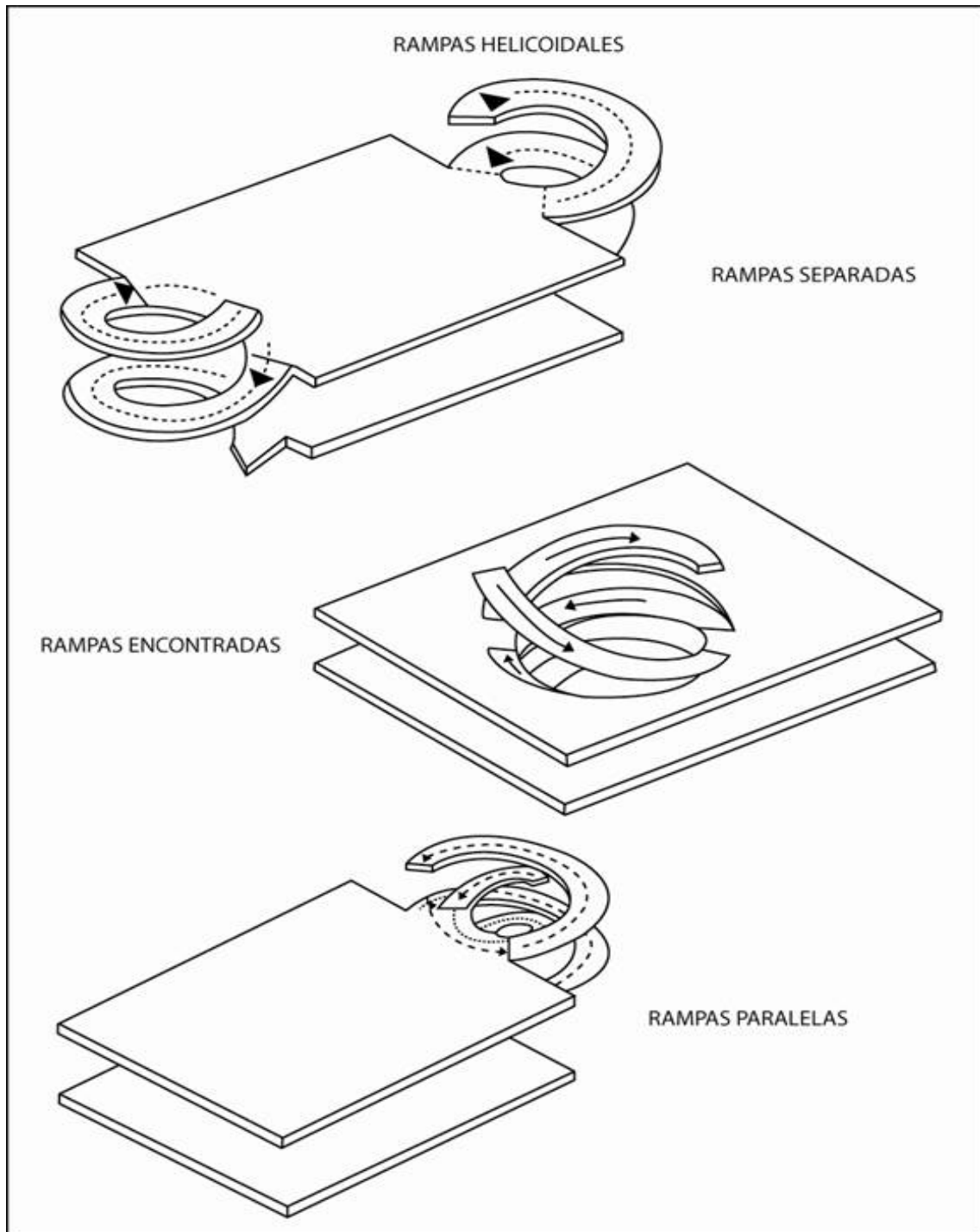


Figura 10. Tipos de rampas en forma Helicoidal

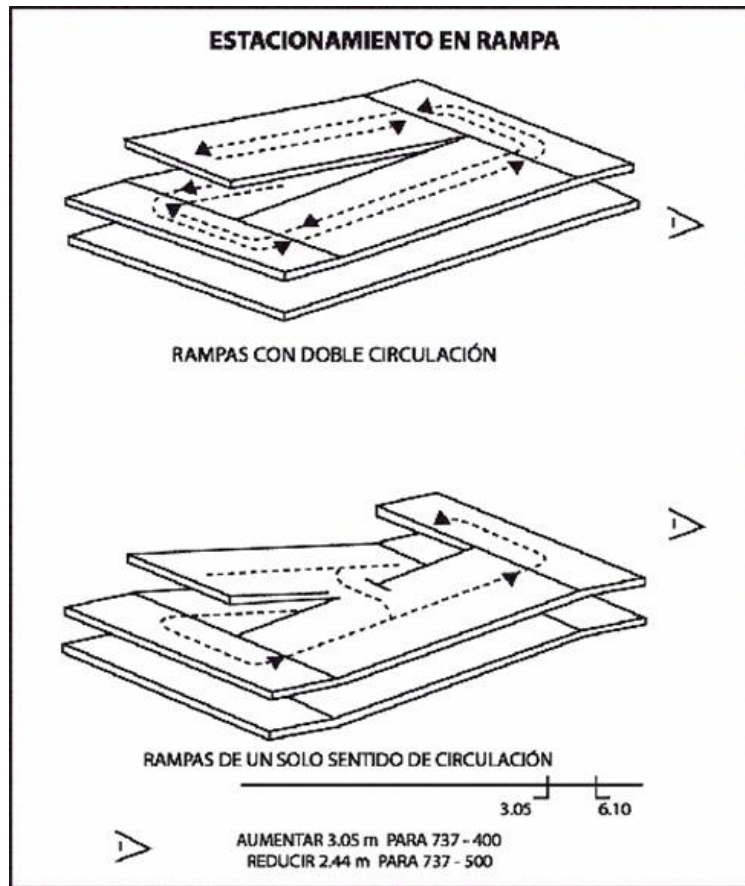


Figura 11. Estacionamiento en rampa

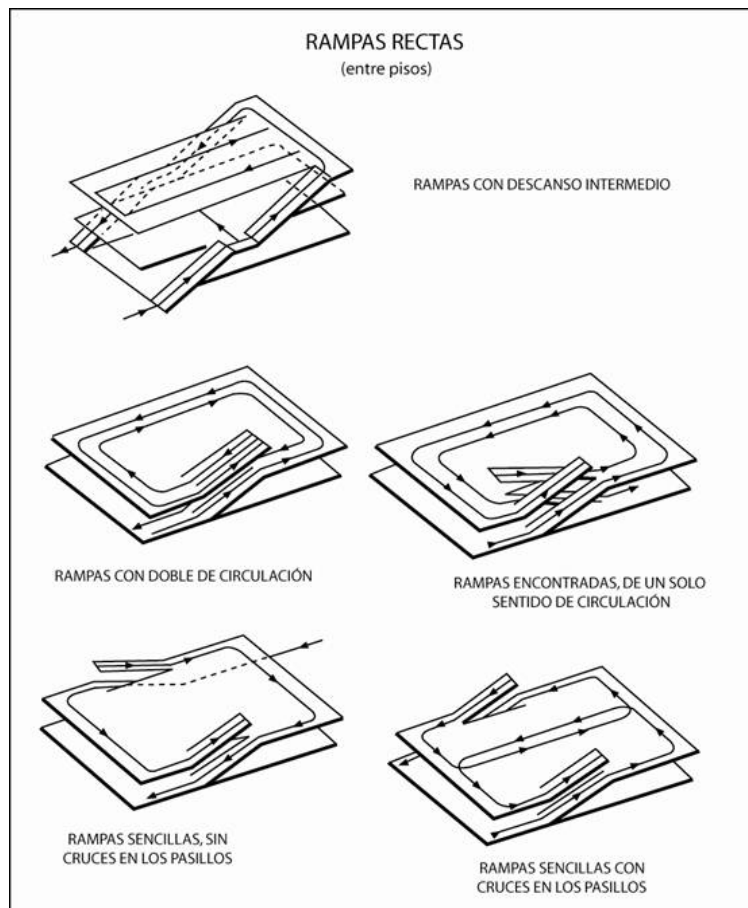


Figura 12. Tipos de rampas rectas

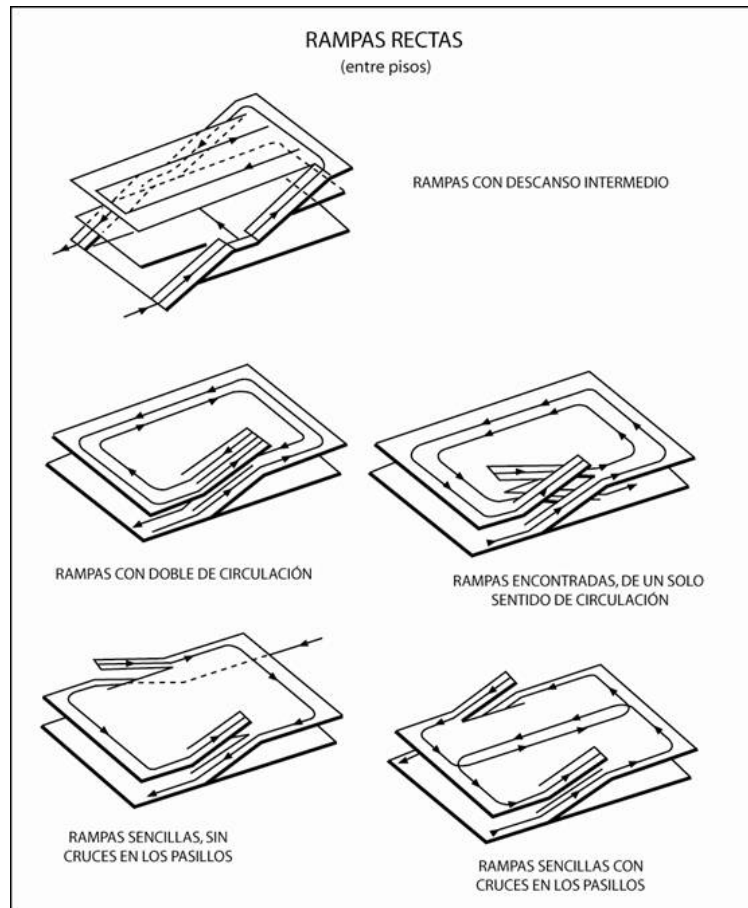


Figura 13. Tipos de rampas rectas entre pisos

### 2.6.3. Instalaciones de apoyo

#### Torre de Control

Para ubicar bien una torre de control, ésta debe tener una visual sin ninguna obstrucción de un objeto hacia la zona aeronáutica (superficie interna de aproximación, cabeceras, pistas, calles de rodaje y plataformas) y su ángulo de visión debe llegar hasta el punto más alejado del aeropuerto. Por eso ninguna edificación debe rebasar la línea visual del observador, para garantizar la visibilidad de todas las aeronaves en movimiento, tanto las ubicadas en las aproximaciones, como en pista, calles de rodaje y plataformas.

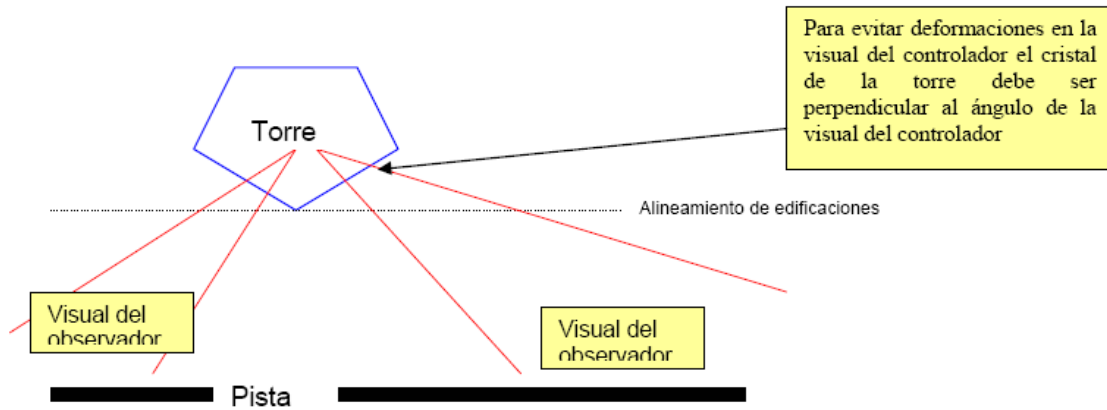


Figura 14. Configuración de la torre de control

El ángulo visual hacia el horizonte también es muy importante y deberá conservarse aún cuando se realicen ampliaciones en la longitud de la pista. Para ello se utiliza la fórmula:

$$\text{Altura visual del controlador} = \text{distancia crítica por la tangente de } 0.5$$

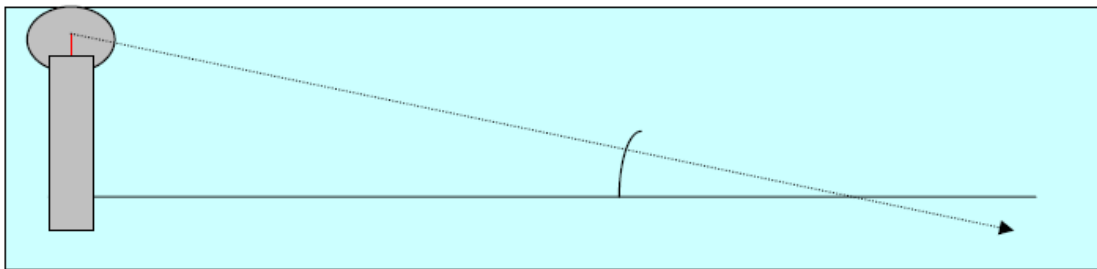


Figura 15. Altura visual del controlador hacia el horizonte formando el ángulo visual.

Otro aspecto importante que se debe considerar es la seguridad, debiendo estar protegida de acceso a personas ajenas, debido a que es un punto vital en la operación del aeropuerto. La capacidad de las torres está definida por el buen funcionamiento de los equipos e instalaciones y su mantenimiento.

### **Almacenamiento y Distribución de Combustibles**

La ubicación ideal de la zona donde se suministra el combustible, debe ser alejada de las instalaciones donde se hace el embarque de pasajeros. Esto con el fin de garantizar la seguridad en caso de un incendio.

De acuerdo al estudio de los vientos las instalaciones de combustibles se deben colocar en un lugar alejado de la zona terminal y posteriormente en el extremo posterior donde predomina la dirección del viento.

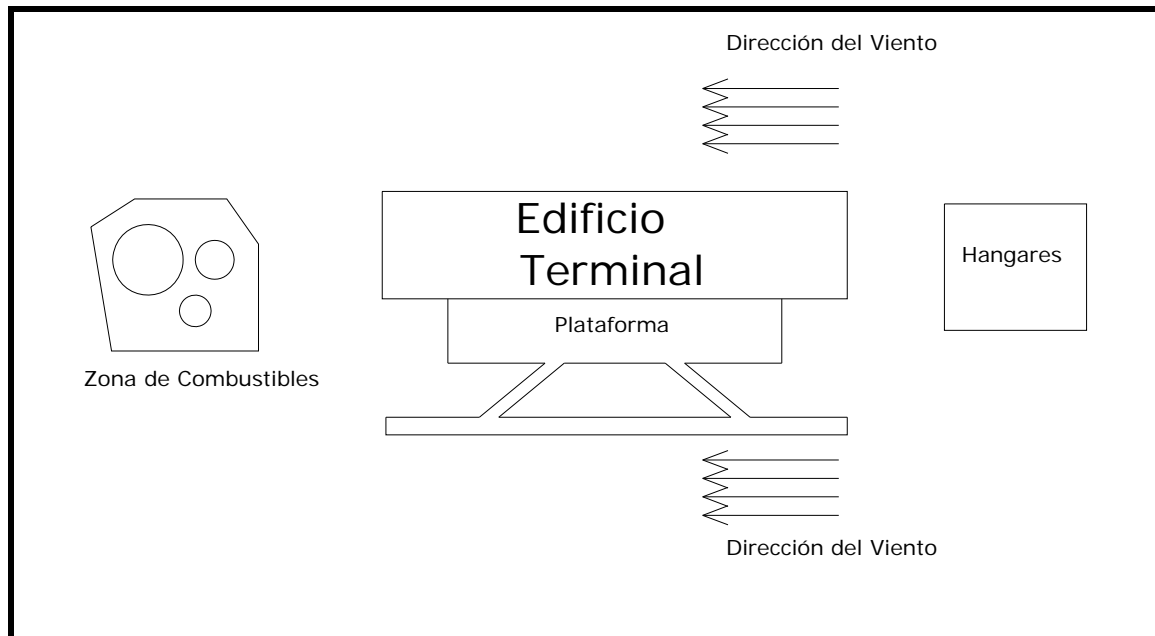


Figura 16 Ubicación de la zona de combustible con respecto a la dirección de los vientos predominantes.

La zona de combustibles se posiciona, de manera que si llega a suceder un incendio, el viento direcciones las llamas a una parte donde no exista peligro para las instalaciones y los usuarios.

### **Vialidades y transporte terrestre**

En los aeropuertos más grandes es conveniente separar la circulación de los vehículos de servicio de los de pasajeros y personal que labora en el aeropuerto.

Esto puede ser de tres maneras:

- a) Una entrada independiente tanto para los pasajeros o personal de aeropuerto.
- b) Los caminos públicos de servicio con puestos de control de seguridad, que sólo permitan el acceso a los vehículos autorizados

c) La red de caminos de servicio restringidos al público, con puesto de control de seguridad, para el uso exclusivo de los vehículos autorizados, tales como los de mantenimiento, extinción de incendios y salvamento, reabastecimiento de combustible, etcétera.

También debe tomarse en cuenta el volumen y tipo de tráfico de vehículos para determinar el número de vías o carriles de circulación necesarios.

### **Terminal de Carga y de Mantenimiento**

Primero se debe analizar si en el aeropuerto existe la necesidad de construir una plataforma de carga, si la carga se transporta en el aeropuerto junto con las aeronaves de pasajeros, lo más conveniente es emplazar el edificio de la terminal de carga cerca de la plataforma de la terminal para pasajeros.

Plataforma de la terminal de mantenimiento: El mantenimiento de las aeronaves es una importante actividad previa al vuelo para que las operaciones sean seguras y puntuales. Con frecuencia se divide del modo siguiente:

- Mantenimiento en línea;
- Mantenimiento de célula;
- Mantenimiento de la planta motriz; y
- Mantenimiento de componentes.

Para planificar un área de mantenimiento el planificador debe de consultar a las líneas usuarias en cada etapa de la planificación. Por lo general se recomienda que las plataformas de la terminal de mantenimiento se encuentren en una zona bastante remota con respecto a la plataforma de pasajeros.

Ahora bien con esta información se analizará y se dará paso a la metodología de este estudio, la cual se presenta en el capítulo siguiente.



### **CAPITULO 3. Metodología**

Este capítulo habla de cómo nos involucramos en el estudio y la selección del tema. Así mismo los pasos para realizar el desarrollo de este estudio.

La idea de este proyecto surgió a partir de seleccionar un aeropuerto importante para hacer un análisis técnico aeroportuario con base en sus operaciones y funcionamiento. Por lo tanto, se escogió el Aeropuerto Internacional de Monterrey por ser el 4<sup>o</sup> más importante de México en cuanto a transporte de pasajeros.

Los datos requeridos para llevar a cabo el análisis se obtuvieron a través del Plan Maestro Actual (PMD) y de esta manera tener información oficial para poder hacer un estudio completo con datos fidedignos, además de tener como información auxiliar fuentes de información electrónicas.

Este aeropuerto estaba en remodelación de esta manera se pudo dar la oportunidad de analizar la construcción, lo que en el mundo laboral de la aeronáutica se presenta, ya que de esta manera se emplearían los conocimientos adquiridos en la carrera, y a su vez los pondríamos en práctica.

De esta manera se empezaron a recopilar los datos estadísticos del aeropuerto para realizar un estudio de pronóstico, y así proyectar a futuro, posteriormente hacer el análisis de capacidad y demanda.

A partir de la pronóstico obtendremos datos numéricos, y de esta manera se analizará el panorama aproximado de cuanta demanda habrá en el futuro, y con base en esto, ajustar la capacidad aeroportuaria para ese horizonte. Conforme a lo anterior dimensionaremos y configuraremos el área de movimiento.

Para analizar las pistas es necesario emplear información de la circular 150-5060 "Airport Capacity And Delay" ya que este documento es una guía de cómo hacer el análisis de las pistas y la terminal de pasajeros de cualquier

aeropuerto, además es importante mencionar que esta circular es la principal para desarrollar este estudio, pero a su vez también nos apoyaremos como de otras circulares como información adicional, tales como: "Desing airport" circular 150/5300-13 emitida en el año de 1989, "Planning and design guidelines for airport terminal facilities" 150/5360-13 emitida en el año de 1988, "Airport Capacity/Demand Management" emitido por la ACI y IATA tercera edición 1996 y el anexo 14 de la OACI.

Después de elaborar el análisis se sabrá el estado actual del aeropuerto, dependiendo del resultado obtenido se determinará si se llevará a cabo la propuesta de mejora, para algunas partes de la infraestructura del aeropuerto o solo para las más deficientes, si es que se llegará a detectar instalaciones que requieran mejora.

## CAPITULO 4 Desarrollo

Después de haber tenido antecedentes históricos, los objetivos bien definidos de este estudio, los datos necesarios para sustentar la credibilidad de los cálculos empleados y haber llevado una metodología, estos recursos, se emplean para realizar la propuesta de mejora del Plan Maestro.

### 4.1 Pronósticos del Plan Maestro quinquenio 2006-2011 (actual).

Estadísticas de la DGAC (operaciones y pasajeros).

AÑO	OPERACIONES	PASAJEROS
1984		1243133
1985		1399675
1986	25300	1235076
1987	25357	1173161
1988	22417	1053222
1989	23682	1321662
1990	32294	1568536
1991	44261	1611064
1992	47386	1689005
1993	50386	2140911
1994	72882	2723398
1995	74317	2310964
1996	76004	2544677
1997	80348	2870859
1998	85672	3208853
1999	90460	3782970
2000	92427	3680397
2001	91.034	3479921
2002	84540	3446469
2003	89426	3703288
2004	97004	4217315
2005	92868	4435676
2006	98320	4924494
2007	114744	6359564

Tabla 4.1 Estadísticas de la DGAC

**Pronósticos de pasajeros del Plan Maestro actual**

	2003	2004	2006	2007	2008	2009	2010	crec. Anual 2006 - 2010	crec. Anual 2011- 2015	Crec. Anual 2016-2020
<b>PROBABLE</b>										
Regular y charter	758, 155	957, 596	1, 017, 385	1, 077, 758	1, 117, 812	1, 157, 866	1, 197, 920	1, 197, 920	1, 398, 191	1, 598, 461
Tasa Crecimiento Anual.		26.3%	4.1%	3.9%	3.7%	3.6%	3.5%	3.7%	3.1%	2.7%
Aviación general y Taxi aéreo	3, 820	2, 932	3, 030	3, 075	3, 122	3, 169	3, 219	3, 219	3, 484	3, 787
Tasa Crecimiento Anual.		23.2%	1.6%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	1.6%	1.7%
Conexión	43, 231	90, 025	113, 525	126, 671	140, 793	145, 838	150, 883	150, 883	176, 108	201, 333
Tasa Crecimiento Anual.		108.2%	12.3%	11.6%	11.1%	3.6%	3.5%	0.0%	3.1%	2.7%
TOTAL	805, 206	1, 050, 553	1, 154, 259	1, 207, 504	1, 261, 727	1, 306, 874	1, 352, 022	1, 352, 022	1, 577, 784	1, 803, 82
Tasa Crecimiento Anual.		30.5%	4.8%	4.6%	4.5%	3.6%	3.5%	4.0%	3.1%	2.7%
<b>OPTIMISTA</b>										
Regular y charter	2, 785, 075	3, 023, 988	3, 263, 246	3, 407, 515	3, 556, 717	3, 711, 019	3, 870, 596	3, 870, 596	4, 754, 137	5, 799, 388
Tasa Crecimiento Anual.		8.6%	3.9%	4.4%	4.4%	4.3%	4.3%	4.4%	4.2%	4.1%
Aviación general y Taxi aéreo	6, 818	12, 933	13, 362	13, 562	13, 768	13, 978	14, 195	14, 195	15, 367	16, 703
Tasa Crecimiento Anual.		89.7%	1.6%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	1.6%	1.7%
Conexión	106, 189	270, 245	336, 780	381, 447	431, 553	450, 275	469, 637	469, 637	576, 842	703, 667
Tasa Crecimiento Anual.		154.5%	11.6%	13.3%	13.1%	4.3%	4.3%	0.0%	4.2%	4.1%
TOTAL	2, 898, 082	3, 307, 166	3, 613, 387	3, 802, 524	4, 002, 037	4, 175, 272	4, 354, 428	4, 354, 428	5, 346, 346	6, 519, 758
Tasa Crecimiento Anual.		14.1%	4.5%	5.2%	5.2%	4.3%	4.3%	3.8%	4.2%	4.0%
<b>PESIMISTA</b>										
Regular y charter	3, 543, 230	3, 981, 584	4, 300, 950	4, 485, 273	4, 674, 529	5, 068, 885	5, 068, 516	5, 068, 516	6, 152, 328	7, 397, 850
Tasa Crecimiento Anual.		12.4%	3.9%	4.3%	4.2%	4.2%	4.1%	4.2%	4.0%	3.8%
Aviación general y Taxi aéreo	10, 638	15, 865	16, 392	16, 637	16, 889	17, 148	17, 413	17, 413	18, 851	20, 491
Tasa Crecimiento Anual.		49.1%	1.6%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	1.6%	1.7%
Conexión	149, 420	360, 270	450, 304	508, 118	572, 347	596, 114	620, 521	620, 521	752, 950	905, 000
Tasa Crecimiento Anual.		141.1%	11.8%	12.8%	12.6%	4.2%	4.1%	8.3%	3.9%	3.7%
TOTAL	3, 703, 288	4, 357, 719	4, 767, 646	5, 010, 028	5, 263, 765	5, 482, 147	5, 706, 451	5, 706, 451	6, 924, 130	8, 323, 340
Tasa Crecimiento Anual.		17.7%	4.6%	5.1%	5.1%	4.1%	4.1%	4.1%	3.9%	3.7%

Tabla 4.2 Pronósticos de Pasajeros del Plan Maestro Actual

## Pronóstico de operaciones

### Pronóstico Anual de Operaciones – Escenario Probable Aeropuerto Internacional de Monterrey

Año	Operaciones Internacionales				Operaciones Nacionales				Total	Crecimiento Anual
	Clave B	Claves C, D, E	Total	Crecimiento Anual	Clave B	Claves C y D	Total	Crecimiento Anual		
2001	4,383	13,362	17,745		28,013	39,138	67,151		84,896	
2002	5,798	11,120	16,918	-4.7%	22,512	39,658	62,170	-7.4%	79,088	-6.84%
2003	7,256	11,110	18,366	8.6%	21,951	40,203	62,154	0.0%	80,520	1.81%
2004	10,049	15,384	25,433	38.5%	24,799	45,451	70,250	13.0%	95,683	18.8%
2005	10,451	15,403	25,854	1.7%	26,496	46,673	73,169	4.2%	99,023	3.5%
2006	10,762	15,997	26,759	3.5%	28,577	48,286	76,863	5.0%	103,622	4.6%
2007	11,067	16,593	27,660	3.4%	30,796	49,951	80,747	5.1%	108,407	4.6%
2008	11,365	17,192	28,557	3.2%	33,161	51,670	84,831	5.1%	113,388	4.6%
2009	11,656	17,632	29,288	2.6%	34,257	53,361	87,618	3.3%	116,906	3.1%
2010	11,939	18,061	30,000	2.4%	35,376	55,086	90,462	3.2%	120,462	3.0%
2011	12,216	18,481	30,697	2.3%	36,520	56,844	93,364	3.2%	124,061	3.0%
2012	12,487	18,890	31,377	2.2%	37,687	58,638	96,325	3.2%	127,702	2.9%
2013	12,751	19,289	32,040	2.1%	38,880	60,468	99,348	3.1%	131,388	2.9%
2014	13,008	19,678	32,686	2.0%	40,098	62,335	102,433	3.1%	135,119	2.8%
2015	13,259	20,058	33,317	1.9%	41,343	64,240	105,583	3.1%	138,900	2.8%
2016	13,504	20,428	33,932	1.8%	42,615	66,184	108,799	3.0%	142,731	2.8%
2017	13,742	20,789	34,531	1.8%	43,914	68,167	112,081	3.0%	146,612	2.7%
2018	13,975	21,141	35,116	1.7%	45,242	70,192	115,434	3.0%	150,550	2.7%
2019	14,202	21,484	35,686	1.6%	46,598	72,259	118,857	3.0%	154,543	2.7%
2020	14,422	21,818	36,240	1.6%	47,985	74,370	122,355	2.9%	158,595	2.6%

Nota: Las operaciones de aeronaves Clave D representan el 5% de las operaciones totales a lo largo de período de proyección y las operaciones Clave E solo se atenderán en forma muy esporádica.

Tabla 4.3 Pronóstico Anual de Operaciones del Plan Maestro Actual

### 4.1.1 Pronósticos basados en la proyección de Gompertz

#### Pronósticos de pasajeros

Los tres puntos tomados para realizar estos pronósticos fueron: 1991, 1999 y 2007.

La separación de los años que tienen los puntos es de 8 años.

Año de proy.	Y	y'
P1´ 1991	1611064	
P2´ 1999	3782970	
P3´ 2007	6359564	
P4´ 2015	8723854,51	15,9815717
P5´ 2023	10574214,5	16,173929
P6´ 2031	11887336,7	16,2909843
P7´ 2039	12764978,5	16,3622159
P8´ 2047	13079632,7	16,3865668
P9´ 2055	13529469,9	16,4203808

Tabla 4.4 Pronóstico de pasajeros con el modelo matemático de Gompertz, cada 8 años.

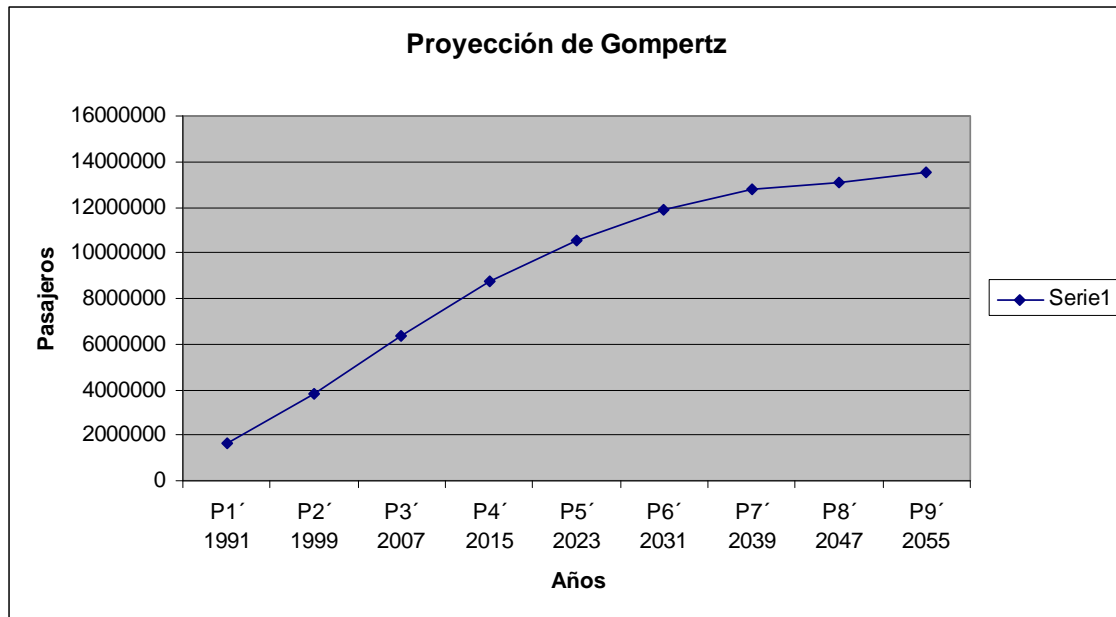


Figura 17. Pronóstico de pasajeros con el modelo matemático de Gompertz

Para esta proyección de Gompertz se tomaron los puntos espaciados por 10 años de 1986, 1996 y 2006. Proyectando de año en año hasta 2023.

Año de proy.	y	y'
P1' 1986	1235076	
P2' 1996	2544677	
P3' 2006	4924494	
2007	5243612,42	15,4725212
2008	5580247,33	15,5347437
2009	5935159,96	15,5964045
2010	6309133,59	15,6575089
2011	6702973,7	15,7180618
2012	7117508,03	15,7780682
2013	7553586,66	15,8375331
2014	8012082,08	15,8964612
2015	8493889,17	15,9548575
2016	8999925,23	16,0127268
2017	9531129,92	16,0700738
2018	10088465,2	16,1269033
2019	10672915,4	16,1832198
2020	11285486,7	16,2390281
2021	11927207,6	16,2943327
2022	12599128,1	16,3491382
2023	13302320	16,403449

Tabla 4.5 Proyección de pasajeros con el modelo matemático de Gompertz anual.

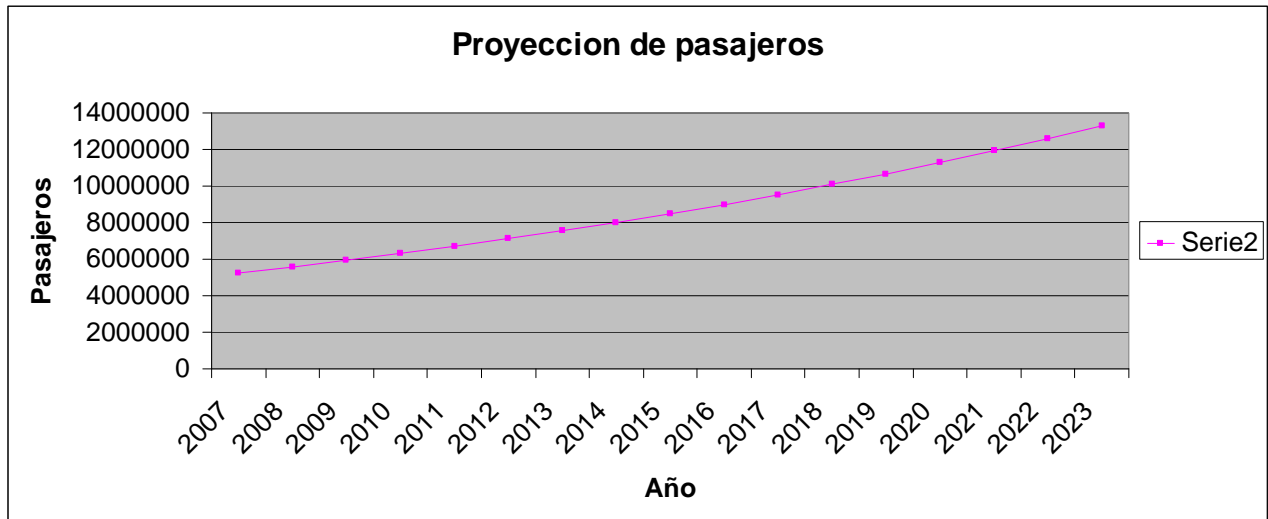


Figura 18. Proyección de pasajeros con el modelo matemático de Gompertz anual

Este último pronóstico es el que resulta más coherente entre los dos anteriores proyectados, ya que no tiene tanta incertidumbre como el pronóstico hasta el 2055 y muestra el crecimiento anual, por lo cual es el que se empleará para compararlo con el del Plan Maestro actual del Aeropuerto de Monterrey.

### Pronóstico de operaciones

Pronóstico hecho con intervalos de 8 años, escogiendo tres puntos: 1991, 1999 y 2007, proyectando cada ocho años hasta el 2055:

Año de proy.	y	y'
P1´ 1991	44261	
P2´ 1999	90460	
P3´ 2007	114744	
P4´ 2015	124189,888	11,729567
P5´ 2023	127501,598	11,7558842
P6´ 2031	128622,775	11,7646392
P7´ 2039	128997,941	11,7675517
P8´ 2047	129077,235	11,7681662
P9´ 2055	129149,39	11,7687251

Tabla 4.6 Proyección de operaciones con el modelo matemático de Gompertz cada 8 años.

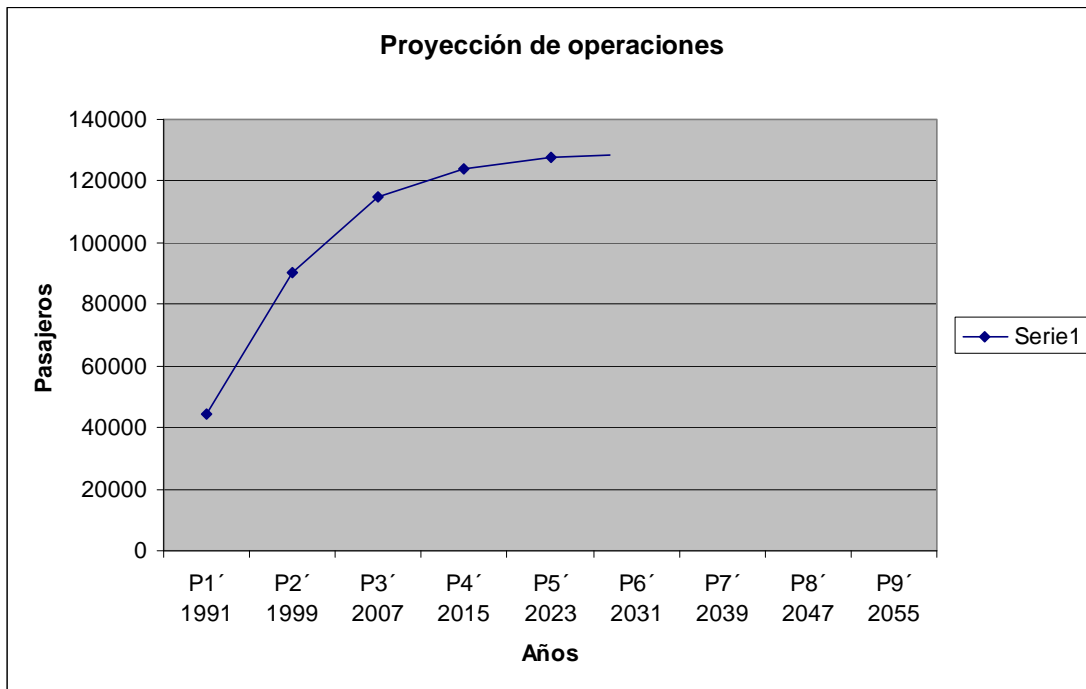


Figura 19. Proyección de operaciones con el modelo matemático de Gompertz cada 8 años.

Proyección hecha tomando tres puntos espaciados por 10 años, que son: 1986, 1996 y 2006, proyectando cada año hasta el 2023

Año de proy.	y	y'
P1' 1986	25300	
P2' 1996	76004	
P3' 2006	98320	
2007	99371,0147	11,5066157
2008	100289,016	11,5158115
2009	101089,765	11,5237642
2010	101787,427	11,5306419
2011	102394,666	11,5365899
2012	102922,743	11,5417339
2013	103381,634	11,5461826
2014	103780,145	11,55003
2015	104126,027	11,5533572
2016	104426,084	11,5562348
2017	104686,279	11,5587233
2018	104911,825	11,5608755
2019	105107,276	11,5627368
2020	105276,6	11,5643465
2021	105423,256	11,5657385
2022	105550,253	11,5669425
2023	105660,207	11,5679836

Tabla 4.7. Proyección de operaciones con el modelo matemático de Gompertz anual.



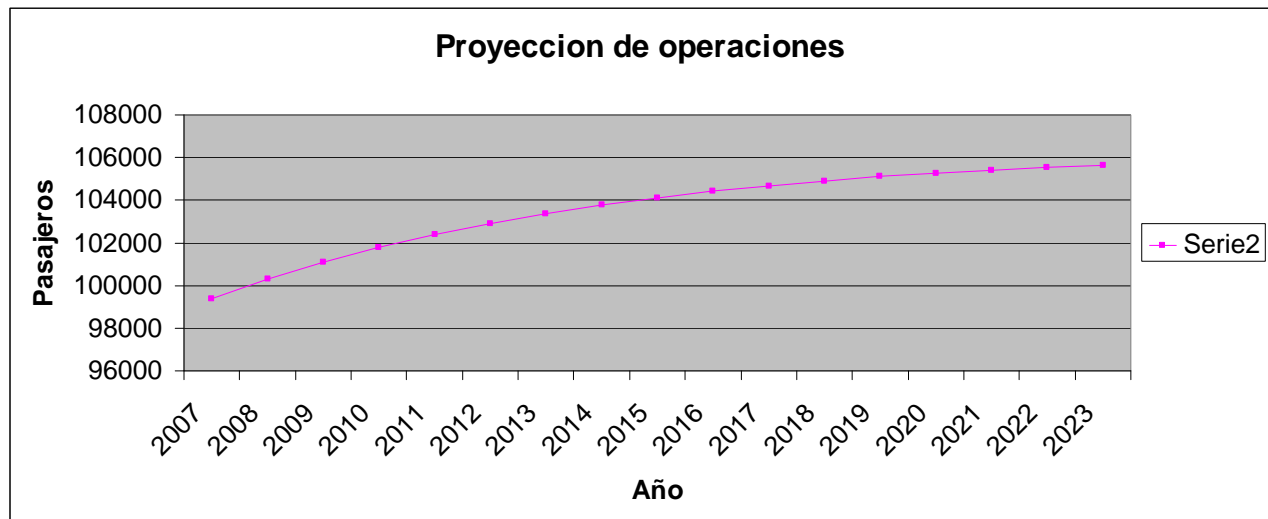


Figura 20. Proyección de operaciones con el modelo matemático de Gompertz anual.

Este último pronóstico es el que resulta más coherente para las operaciones y los pasajeros, entre los dos anteriores proyectados, ya que no tiene tanta incertidumbre como el pronóstico hasta el 2055 y se muestra el crecimiento anual hasta 2023, por lo cual es el que se empleará para compararlo con el del Plan Maestro actual del Aeropuerto de Monterrey.

#### 4.1.2 Hora pico

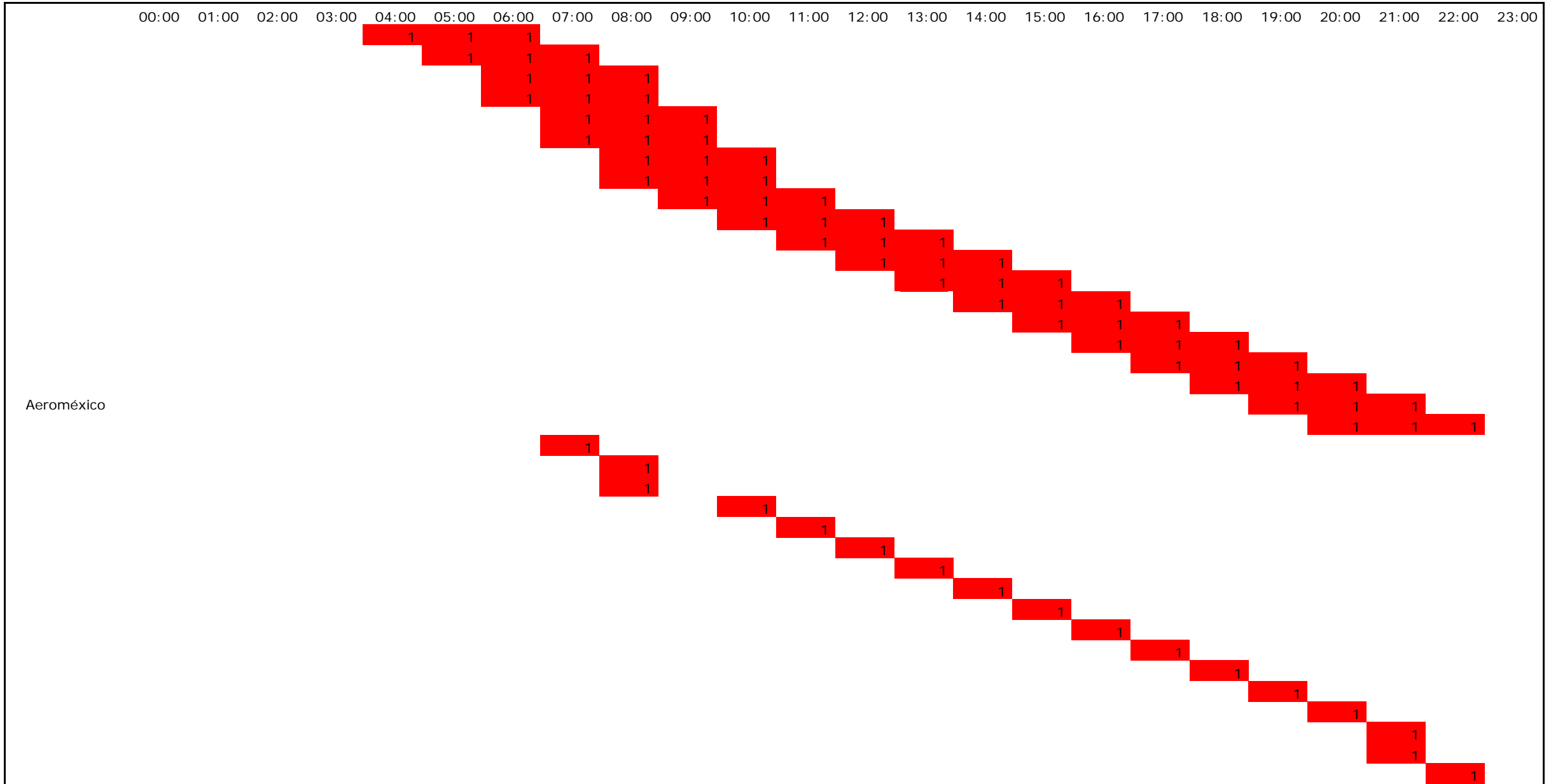
Para analizar la hora pico es necesario tener estadísticas del itinerario de un día del aeropuerto, esta información, más que al aeropuerto es información de las aerolíneas que operan en las instalaciones. Esta información es muy difícil de conseguir directamente con las aerolíneas, ya que lo consideran como confidencial, esto se debe a la competencia que tienen entre las mismas.

Al no contar con este dato oficial, se realizó un bosquejo de construir un día en el aeropuerto de Monterrey, para esto, se requirió ingresar a la página electrónica de OMA, en ésta sólo se mostraba las operaciones (llegadas y salidas) de un rango de hora y media, es decir, mostraba la actividad real de las operaciones en el aeropuerto, por ejemplo: de 7:00pm – 8:30pm, y se iba actualizando la página cada 15 minutos, dando a conocer los diferentes vuelos que se estaban realizando en tiempo real.

La información recabada para determinar la hora pico, es obtenida de los itinerarios de las aerolíneas más importantes que operan en el aeropuerto de Monterrey, las cuales son Aeroméxico, Mexicana y Aviacsa. Se tomó lectura de estas tres empresas y así se hizo el esquema de un día de operaciones, para establecer la hora pico del día.

Mexicana

1 1 1



Aviacsa

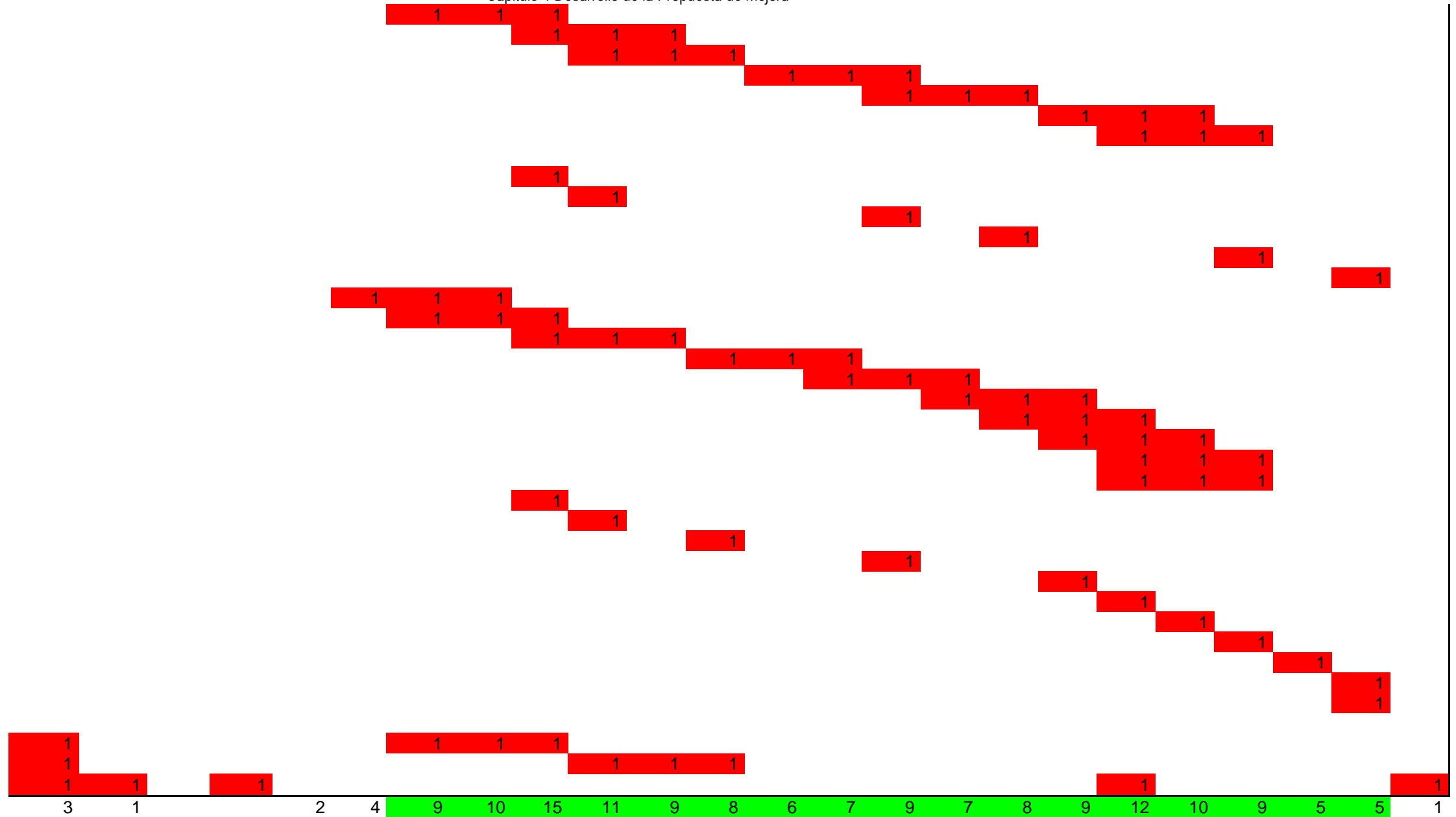


Tabla 4.8 Estudio de un día de operaciones en el aeropuerto Internacional de Monterrev. para estimación de la hora pico

Después de haber consultado los itinerarios de estas líneas aéreas, se determinó que la hora pico es a las 8:00 am.

Debido a que no fue posible encontrar los itinerarios de todas la líneas aéreas que operan en el aeropuerto, como ya fue dicho antes, el resultado de la hora pico no involucra las operaciones (aterrizajes y despegues) totales. Tampoco fue posible saber que tipo de aeronave, en cuanto a su clasificación para deducir la mezcla de aeronaves, realiza cada operación, es por esto, que el número de asientos en cada operación serán cifras estimadas.

Para estimar el número de pasajeros por operación, se realizará el promedio de los asientos de cada tipo de aeronave, considerando el avión lleno en la hora pico, de las aeronaves que cubren más rutas aéreas de cada aerolínea.

### Flota Actual de Aeroméxico

Solo se tomaran en cuenta las aeronaves que están sombreadas, ya que son mayoría en la flota.

Avión	Total	Pasajeros	Rutas	Notas
Boeing 737-700	33	124 (12/112)	México, Estados Unidos Y Sudamérica	Rutas cortas y medianas internacionales y nacionales
Boeing 737-800	6	150 (24/126)	México, Estados Unidos Y Sudamérica	Rutas cortas y medianas internacionales y nacionales
Boeing 767-200ER	3	181 (21/160)	Europa Y Sudamérica	Rutas largas Internacionales
Boeing 767-300ER	3	209 (21/188)	Europa Y Sudamerica	Rutas largas internacionales
Boeing 777-200ER	4	277 (49/228)	Europa,Sudamerica Y Asia	Rutas largas internacionales
Boeing 787-800 Dreamliner	5 (ordenes)	250	Europa y Sudamerica	Entra en servicio: 2010 (3) y 2011 (2)
McDonnell Douglas MD-82	06	142	México y Estados Unidos	Rutas cortas y medianas internacionales y nacionales

"Análisis Técnico del Aeropuerto Internacional de Monterrey "Gral. Mariano Escobedo" y Propuesta de Mejora".  
Capítulo 4 Desarrollo de la Propuesta de Mejora

McDonnell Douglas MD-83	09	142	México y Estados Unidos	Rutas cortas y medianas internacionales y nacionales
McDonnell Douglas MD-87	16	109	México y Estados Unidos	Rutas cortas y medianas internacionales y nacionales
McDonnell Douglas MD-88	10	142	México y Estados Unidos	Rutas cortas y medianas internacionales y nacionales
Embraer 145(Para Aeroméxico Connect)	32(mas 5 ordenes)	50	Mexico,Estados Unidos y Centroamérica	Rutas cortas y medianas nacionales e internacionales
Embraer 190(Para Aeroméxico Connect)	6(mas 10 ordenes para 2009-2011)	98-114	Mexico.Estados Unidos y Cetroamérica	Rutas cortas y medianas nacionales e internacionales

Tabla 4.9 Flota de aeronaves de Aeroméxico

### Flota de Mexicana

Solo fueron tomadas las aeronaves que son mayoría en la flota.

Total	Cant.	Pasajeros	Tipo de Ruta
Airbus A318	10	107	Rutas cortas y medianas internacionales y nacionales
Airbus A319	21	124	Rutas cortas y medianas internacionales y nacionales
Airbus A320	29	179	Rutas cortas y medianas internacionales y nacionales

Tabla 4.10 Flota de aeronaves de Mexicana

### Flota de Aviacsa

Aviacsa cuenta con 23 B737-200 (capacidad de 120 pasajeros) y 3 B737-300 (capacidad de 138 pasajeros).

Promedio de asientos por aeronave:

$$124 + 142(3) + 109 + 50 + 107 + 124 + 179 + 120 + 138 = 1377$$

$$1377 / 11 = 125.18 \approx 126$$

El número que se obtuvo como promedio de número de pasajeros es 126.

Considerando 15 operaciones totales en la hora pico para el año 2009, con 126 pasajeros por aeronave obtenemos:

$$(126 \text{ pasajeros})(15 \text{ operaciones}) = 1890 \text{ pasajeros / hora - pico - al - día}$$

### Tendencia de crecimiento anual

La tendencia de crecimiento aquí mostrada, es la que se empleará para proyectar la hora pico en cada año, y así determinar la capacidad de las instalaciones a futuro.

Año	Pasajeros	Porcentaje de crecimiento
2007	5243612,42	
2008	5580247,33	6,42
2009	5935159,96	6,36
2010	6309133,59	6,30
2011	6702973,70	6,24
2012	7117508,03	6,18
2013	7553586,66	6,13
2014	8012082,08	6,07
2015	8493889,17	6,01
2016	8999925,23	5,96
2017	9531129,92	5,90
2018	10088465,24	5,85
2019	10672915,40	5,79
2020	11285486,75	5,74
2021	11927207,60	5,69
2022	12599128,09	5,63
2023	13302319,96	5,58

Tabla 4.11 Tendencia de crecimiento de pasajeros anuales hasta 2023.

Para hacer la comparación de los pronósticos, se considera el porcentaje de crecimiento de operaciones que hay de 2020 respecto a 2009 es 90,14%, en el año 2009 el estudio dice que hay 15 operaciones en hora pico, tomando esta tendencia de crecimiento obtenemos para el año 2020:

$$(0.9014)(15 \text{ operaciones}) = 13.521 \text{ operaciones}$$

$$(15 + 13.521) = 28.521 \text{ ops} \approx 29 \text{ ops / hora - pico - día}$$

Entonces para el año 2020 tendremos 29 ops/hr, y tomando en cuenta 1890 pasajeros por operación, obtenemos:

$$(126 \text{ pasajeros})(29 \text{ operaciones}) = 3654 \text{ pasajeros / hora – pico – día}$$

En el plan maestro actual se utiliza la Hora 30<sup>a</sup>, para estimar la hora pico, este es el resultado comparando 2003 y 2020:

Año	Operaciones totales	Pasajeros totales
2003	24	1392
2020	40	2645

Tabla 4.12 Comparación de operaciones por hora del Plan Maestro actual.

#### 4.1.3 Comparación del estudio

##### Pasajeros

Año	Análisis del estudio	Plan Maestro	Diferencia	Diferencia (%)
2009	5,935,160	1,306,874	4,628,286	78
2020	11,285,487	1,803,582	9,481,905	84

Tabla 4.13 Comparación de pasajeros anuales entre el Análisis y el Plan Maestro.

##### Operaciones

Año	Análisis del estudio	Plan Maestro	Diferencia	Diferencia (%)
2009	101,090	116,906	15,816	16
2020	105,277	158,595	53,318	51

Tabla 4.14 Comparación de operaciones anuales entre el Análisis y el Plan Maestro.

##### Hora pico

##### Pasajeros

Año	Análisis del estudio	Plan Maestro	Diferencia	Diferencia (%)
2009	1890	1942	52	3
2020	3654	2645	1009	28

Tabla 4.15 Comparación de pasajeros en hora pico entre el Análisis y el Plan Maestro.

##### Operaciones

Año	Análisis del estudio	Plan Maestro	Diferencia	Diferencia (%)
2009	15	31	16	107
2020	29	40	11	38

Tabla 4.16 Comparación de operaciones en hora pico entre el Análisis y el Plan Maestro.



El resultado del Grupo Aeroportuario Centro Norte (OMA) varía con el de este estudio, ya que no se emplearon los mismos datos. Pero se considera que es más apropiado el resultado de 3654 ops/hr, ya que este estudio es para una planeación a largo plazo.

Cabe destacar que las formulas del Plan Maestro de Monterrey, corresponden a las recomendadas por la IATA y por eso varia el resultado. Las formulas que se utilizaron en el estudio están dadas en el Capítulo 2, apartado *2.3 Evolución del tráfico y métodos para hacer pronósticos de éste*.

El grupo aeroportuario en teoría debería darle prioridad a las inversiones de los servicios comerciales regulados (infraestructura del aeropuerto, seguridad, calidad, etc.), pero existe la posibilidad de que el grupo aeroportuario invierta en servicios comerciales no regulados, es decir todo lo que esté fuera de brindarle un servicio al usuario, que esté comprendido entre los límites de los servicios que un aeropuerto tiene que dar, un servicio no regular, por ejemplo, sería invertir en locales dentro del aeropuerto para después rentarlos, de esta manera obtiene ingresos y por lo consiguiente ganancias, que nada más benefician al grupo aeroportuario (capital privado, inversionistas), sin beneficiar tanto al desarrollo máximo del aeropuerto.

En teoría el Grupo Aeroportuario, según el título de concesión, el gobierno le da derecho a explotar los aeropuertos nacionales, siempre y cuando, inviertan en el desarrollo del aeropuerto. Sin embargo esto no ha sido así, el no querer invertir la cantidad que se necesita en los servicios regulados, se refleja en la infraestructura de los aeropuertos de México.

Por eso en la proyección de los pronósticos y la capacidad prevista por el Grupo Aeroportuario es baja. El procedimiento para pronosticar, usado para el estudio, es diferente al del Grupo Aeroportuario Centro Norte (OMA), se obtuvieron resultados más altos y se considera que para una proyección a largo plazo, es mejor tomar esta propuesta.

Este estudio se hace pensando simplemente para que en teoría, el aeropuerto alcance su máximo desarrollo.

## 4.2 Pistas

En este apartado las pistas serán analizadas en cuanto a su capacidad.

### 4.2.1 Capacidad de las Pistas de acuerdo al Plan Maestro actual

Actualmente las pistas con que cuenta el aeropuerto son las que se muestran en la tabla.

MTY				
Clave de referencia OACI 4E				
Elemento	Actual 2006	Anexo 14	N o R	Cumple
<b>Pista 11 – 29</b>				
Ancho	45 m.	45 m.	R	SI
Márgenes de pista	3.5 m.	7.5 m.	R	NO
Ancho pista + márgenes	53 m.	60 m.	R	NO
<b>Pista 16 – 34 (clave 3B)</b>				
Ancho	30 m.	30 m.	R	SI
Márgenes de pista	10 m.	---	---	SI
Ancho pista + márgenes	50 m.	---	---	SI

Tabla 4.16 Pistas actualmente y sus características en el aeropuerto de Monterrey.

La pista 11-29 es una pista de longitud 3000m, con ILS Categoría I, donde pueden operar aeronaves hasta categoría E. Como se puede observar en la tabla, ésta no cumple con el ancho especificado en el Anexo 14 de la OACI. En el Plan Maestro se tiene contemplada la adecuación de esta pista para que su ancho alcance los 60 metros, pero no se menciona cuando.

Esta pista se tiene proyectada para que se prolongue 600m como mínimo y así poder recibir aviones como el B 747-300, y también hay la posibilidad de ampliarla a lo ancho, hasta llegar a 60m para que reciba aviones de categoría F.

Al norte de donde se encuentra esta pista, se prevé construir una pista paralela a la 11-29, con una distancia de 400m de separación entre sus ejes.

La pista 16-34, es una pista cruzada con longitud de 1800m, y solo es para operaciones visuales, donde operan aeronaves de categorías A y B. Se tiene contemplado que para el 2010 esta pista sea cerrada; este cierre no afectaría a la capacidad del aeropuerto, ya que la operación de estas aeronaves representa el 0.3% del total de operaciones, además este tipo de aeronaves pueden tomar como alternativo el Aeropuerto del Norte (MMAN) ubicado a 9.2 M.N al NW. La finalidad a futuro es dejar que este tipo de aeronaves lleguen a dicho aeropuerto, ya que ahí, la aviación general y de negocios es la que predomina.

En el año 2003, la repartición entre las operaciones de categoría C y D es de 64% y 36% de aviones de categoría B. Tomando en cuenta también, que las operaciones de aeronaves de categoría D representan el 5% del total, la mezcla de aeronaves, de acuerdo a la fórmula que proporciona la FAA resulta así:

$$\%(C + 3D) = \%(59 + 15) = 74\%$$

De acuerdo a la configuración de pistas que está prevista en el Plan Maestro actual, tomando 74% como valor de la mezcla de aeronaves, éstas tienen una capacidad hasta de 56 operaciones IFR por hora y capacidad anual de pasajeros de 260,000.

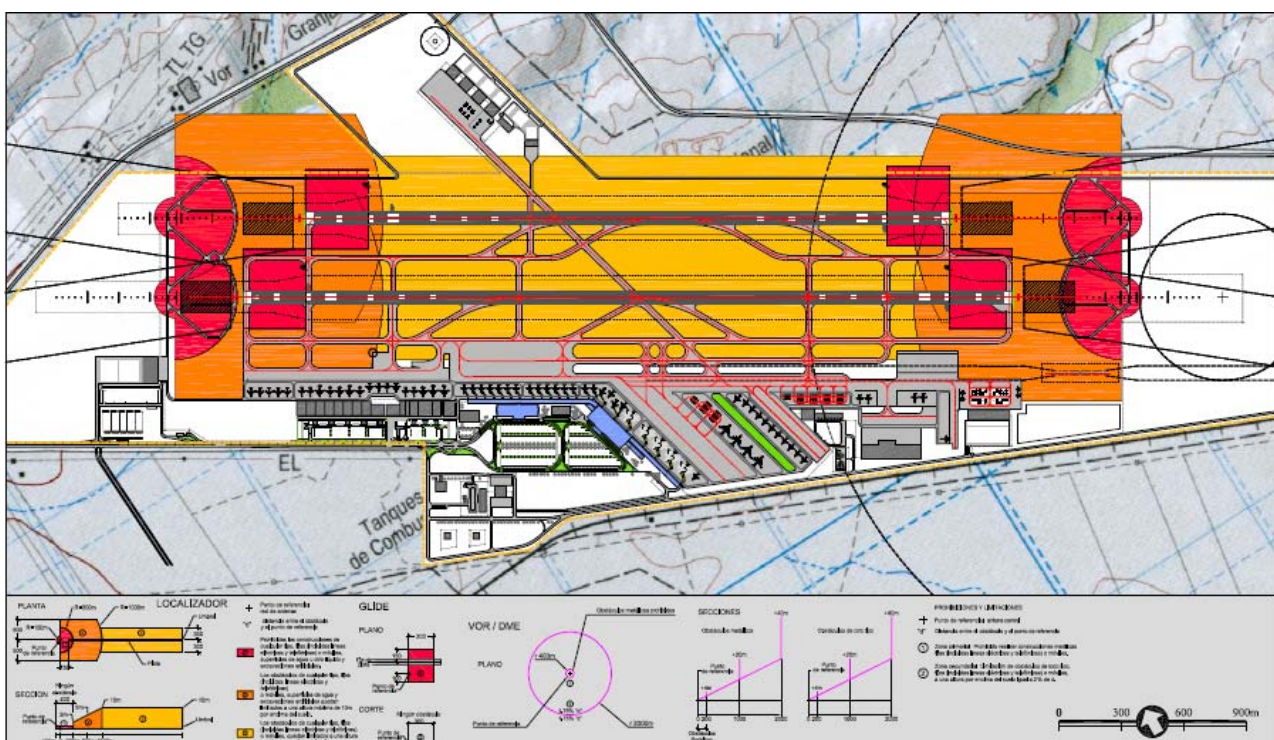


Figura 21. Pistas proyectadas en el Plan Maestro actual.

#### 4.2.2 Desarrollo de pistas a futuro

La proyección de pistas que se tiene para este estudio, es totalmente diferente, respecto a la del Plan Maestro actual, ya que se propone una pista paralela a la pista 11-29, separada a 1200m y ubicada al norte del aeropuerto, con objetivo de tener operaciones simultáneas. La pista nueva sería la 11R-29L con una longitud de 3600m y ancho de 70m incluyendo márgenes, y la que está actualmente sería la 11L-29R. Para su desarrollo se tienen que hacer las siguientes consideraciones:

- o La expropiación de los terrenos al norte del aeropuerto.
- o Desviación de la vialidad que se encuentra en esos terrenos.
- o Eliminación del lago que se encuentra al este, dentro del terreno actual del aeropuerto.
- o Ampliación de la pista existente, en longitud a 3600m y en ancho a 70m, con la finalidad de que el aeropuerto tenga la categoría 4F de la OACI en las dos pistas.

Tomando datos estadísticos de los aviones que operan el aeropuerto de Monterrey, clasificándolos de acuerdo a la clave de referencia de aeródromo de la OACI, en el año de 2007 se obtiene:

Aerolínea	Avión	Clave
Aeroméxico	B737	C
	MD80	C
Aladia	B737	C
	DC9	C
	ERJ	C
	MD80	C
Aviacsa	B737	C
Continental Airlines	B737	C
	ERJ	C
Líneas Areas Azteca	B737	C
Magnicharters	B737	C
Mexicana de Aviación	A318	C
	A319	C
Polar Airlines de México	B737	C
Transportes Aeromar	ATR42	C
	ATR72	C
Viva Aerobus	B737	C
Volaris	A319	C

	DC9	C
Allegiant Air	MD80	C
Alma de México	CRJ	C
Astar Air Cargo	B727	C
	B737	C
Estafeta Carga Aerea	B737	C
UPS	B727	C
	B767	D
	B757	D
American Airlines	B757	D
Interjet	A320	C
	A320	C
	B767	D
	B757	D
Aerocalifornia	A320	C
Cubana de Aviación	A320	C
	B757	D
	B777	E
		36

Tabla 4.17 Clasificación de aeronaves que operan en el aeropuerto de acuerdo a clave de la OACI

De las aeronaves que realizan operaciones en el aeropuerto, 29 aeronaves son de clave C representando el 80.5% y 6 son operaciones con aeronaves clave D representando el 16.6%, las operaciones con aviones categoría E como el 747.400 y el B777 representan 3%. Se estima que para el año 2020 de acuerdo a lo que establece la FAA con la fórmula  $\%(C+3D)$  y una configuración de pistas paralelas con operaciones simultáneas, se tendrá una mezcla de aeronaves con un porcentaje de 121% - 180%, llegando a una capacidad de pistas de 75 ops/hr y pudiendo recibir 365,000 operaciones al año.

De acuerdo a los pronósticos de operaciones de este estudio para el 2020 las operaciones se calculan en 105,276.6 anuales, comparando esta cantidad con la capacidad obtenida de acuerdo a la FAA, las pistas no se saturan.

Estas son las consideraciones de acuerdo al Anexo 14 de la OACI que se deben hacer para el diseño de las pistas:

### **Dimensiones de las áreas de seguridad de extremo de pista**

El área de seguridad de extremo de pista se extenderá desde el extremo de una franja de pista hasta por lo menos 90 m.

Recomendación. 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 ó 4.

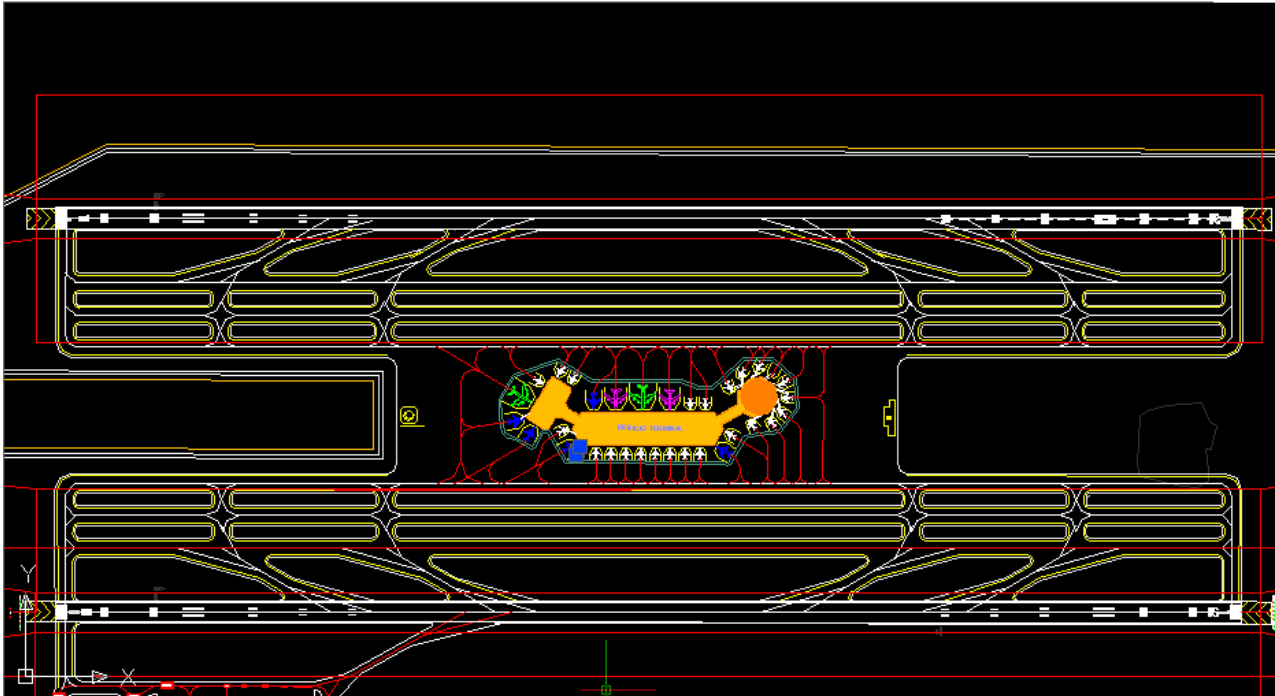


Figura 22. Pistas proyectadas en la propuesta de mejora.

#### 4.2.3 Comparación del estudio y el Plan Maestro en cuanto a pistas

Comparando los pronósticos de tráfico del estudio y del Plan Maestro, se puede observar que son más altos los resultados del primero, debido a esto se decidió tener una configuración de pistas con más capacidad.

Las configuraciones analizadas fueron la de pistas cruzadas, pistas paralelas y pistas paralelas con operaciones simultáneas. La razón por la cual se eligieron las pistas paralelas con operaciones simultáneas es debido a que la capacidad aumenta a 75 operaciones horarias, considerando el porcentaje de mezcla de aeronaves entre 121 a 180, de acuerdo a lo que dice la FAA.

Los puntos que se deben destacar en la comparación del estudio con el Plan Maestro son:

- El acomodo de pistas de la propuesta tiene mayor capacidad, ofreciendo un mayor tiempo sin que se sature el aeropuerto.
- Tiene una proyección a más largo plazo.
- Las pistas de la propuesta, tienen la capacidad de recibir aviones categoría F.

### 4.3 Calles de Rodaje

En esta sección se desarrolla el sistema de calles de rodaje para el aeropuerto.

#### 4.3.1 Calles de rodaje en el Plan Maestro

Actualmente el aeropuerto cuenta con calles de rodaje de pavimento flexible, entre las cuales están **Bravo** paralela a la pista principal y tiene su origen en la cabecera 11 y finaliza en la 29; en el cadenamiento 0+600 de la pista, antes de la intersección con la pista secundaria, se encuentra **Coca**; le sigue **Delta** que inicia en la intersección de las dos pistas y después, en el cadenamiento 2+400 se encuentra **Eco**.

La calle de rodaje Bravo, paralela a la pista, aproximadamente del cadenamiento 0+670 al 0+960 es utilizada como la calle de acceso a la plataforma comercial norte de pavimento rígido, la cual cuenta con cuatro posiciones de contacto (tres para aeronaves clasificación D y una para clasificación C) y una de falso contacto para aeronaves hasta clave E. A lo largo de Bravo nacen cuatro rodajes que son **Alfa 1**, **Alfa 2** que termina en las dos posiciones de carga de pavimento flexible para aeronaves hasta clave E; **Alfa 3** la cual es calle de acceso a tres plataformas: Whisky, de pavimento rígido, con cinco posiciones remotas para aeronaves clave C, plataforma de aviación regional, de pavimento flexible con seis posiciones para aeronaves clave B y plataforma comercial sur de pavimento rígido, con cinco posiciones de contacto para aeronaves clave C y **Alfa 4** que sirve también de calle de acceso a plataforma comercial sur y a plataforma de aviación general de pavimento flexible.

El plan Maestro prevé que se construyan dos calles de rodaje paralelas a la pista existente 11-29 e independientes de las calles de acceso a las plataformas. Estos dos rodajes son necesarios para que la pista (y en la fase final, la pareja de pistas) alcance su máxima capacidad.

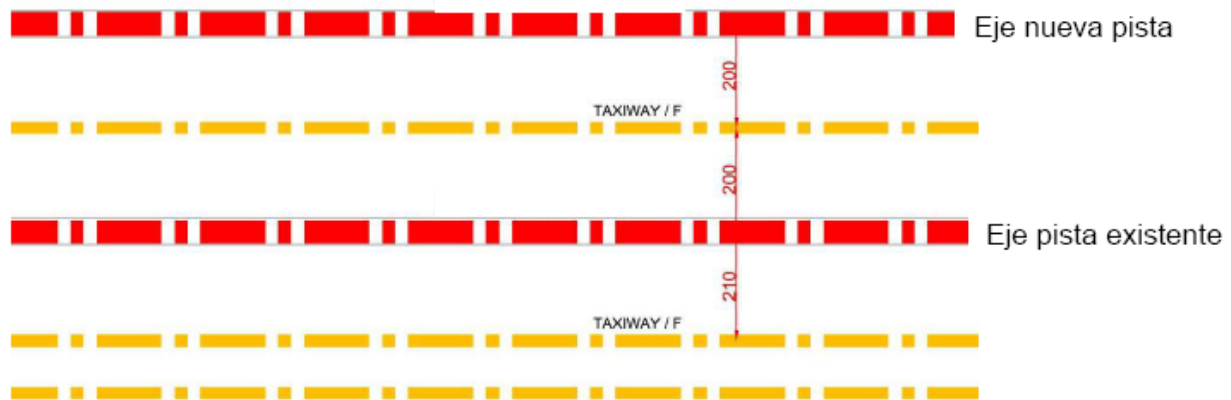


Figura 23. Calles de rodaje proyectadas en el Plan Maestro actual.

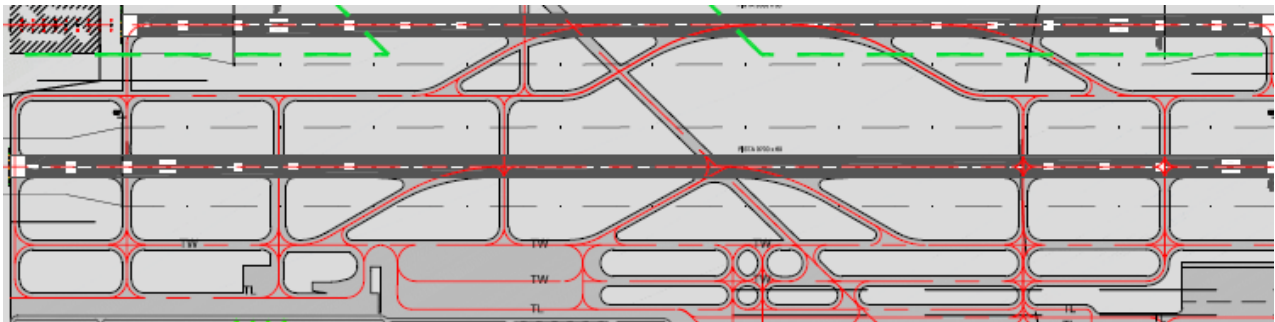


Figura 24. Calles de rodaje actuales y proyectadas en el Plan Maestro actual.

#### 4.3.2 Propuesta de Calles de Rodaje

Para este estudio requerimos de un buen desarrollo en cuanto a calles de rodaje, ya que las pistas a las que van a conectar son de categoría 4F, para hacer el arreglo de los rodajes, se tomaron en cuenta las separaciones y anchos mínimos de calles de rodaje que se recomiendan en el Anexo 14 de la OACI para la categoría 4F; 190m de separación del eje de una pista a una calle de rodaje, 97.5m entre los ejes de dos calles de rodajes y 57.5 m entre el eje una calle de rodaje en plataforma y un objeto.

Todos los rodajes se dibujaron con un ancho de 60m, que es lo que recomienda la OACI para tramos rectilíneos y tomando en cuenta los márgenes. Las salidas rápidas son del mismo ancho, con una inclinación de 30° y un radio de curva de viraje de 550m.



El diseño de la propuesta es simétrico, en cuanto a rodajes se cuenta con dos rodajes paralelos de longitud 3600m a cada pista, un tercer rodaje en plataforma paralelo a estos dos últimos, seis rodajes paralelos que cruzan los dos rodajes de 3600m, también se cuentan con 2 salidas rápidas con distancia de 859m y 1343m a partir de cada umbral, en el umbral contrario se encuentran separadas a la misma distancia las mismas salidas rápidas. Ya que es un diseño simétrico, se cuenta con las mismas calles para la otra pista.

Para el diseño de estas pistas se hicieron las siguientes consideraciones:

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.

Las vueltas de las calles de salida rápida, están trazadas con un radio de 550m, ya que la categoría de la OACI es 4.

Se tomo el ángulo recomendado de salidas rápidas recomendado por la OACI: El ángulo de intersección de una calle de salida rápida con la pista no debería ser mayor de  $45^\circ$  ni menor de  $25^\circ$ , pero preferentemente debería ser de  $30^\circ$ .

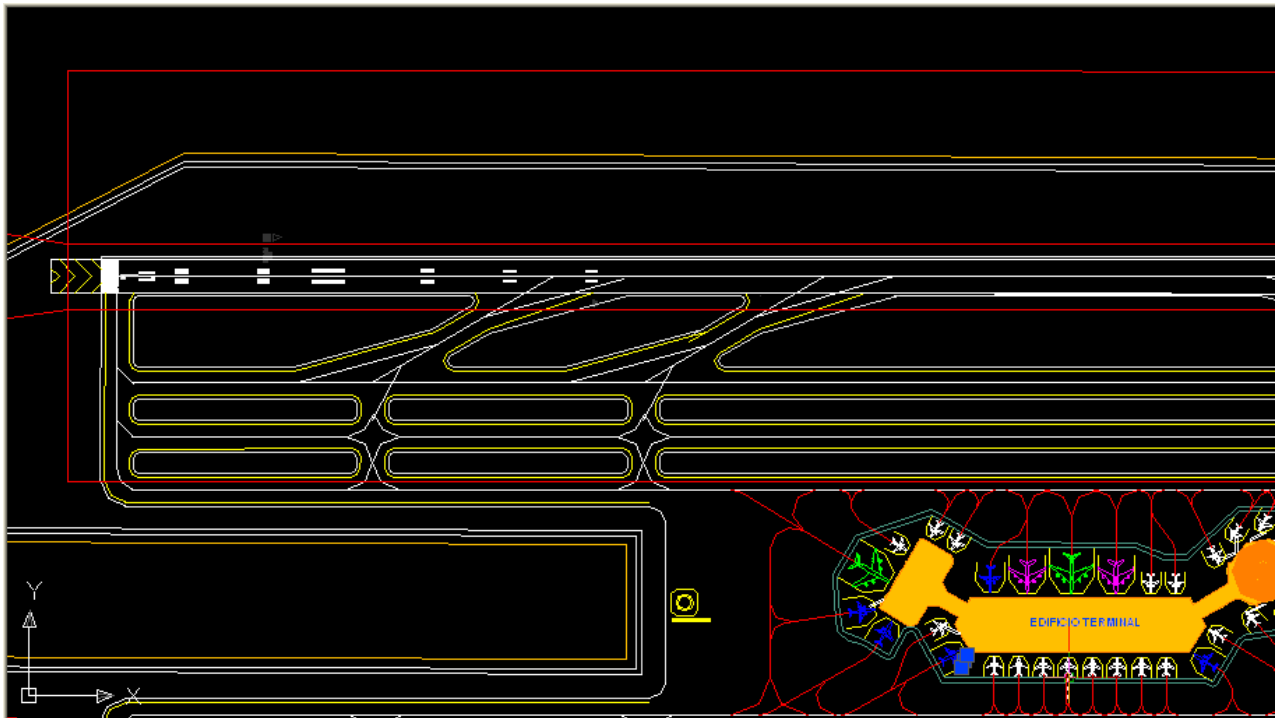


Figura 25. Calles de rodaje desarrolladas en la Propuesta de Mejora.

#### 4.3.3 Comparación del estudio y el Plan Maestro en cuanto a calles de rodaje

Prácticamente el acomodo de las calles de rodaje depende de la configuración y categoría de pistas a las que se van a conectar, la distribución de los rodajes del estudio, no involucran a los rodajes que ya estaban previstos en el Plan Maestro actual, puesto que la localización de las pistas y del edificio terminal son totalmente diferentes.

Haciendo un análisis en el diseño actual del aeropuerto, los rodajes que conectan la pista 11-29 con la plataforma Whisky, no dejan fluir a las aeronaves con rapidez, ya que en horas pico retrasa el avance de las operaciones. En la proyección prevista, de los rodajes del Plan maestro para 2020, no son suficientes para desocupar las pistas eficazmente.

Las calles de rodaje propuestas en el estudio son suficientes para atender el sistema de pistas y plataformas, ya que con las calles de salida rápida y los dos rodajes paralelos a las pistas de cada lado, siendo de categoría F, la desocupación de las pistas es más rápida.

Las calles de rodaje que existen actualmente, se prevén en este estudio que sigan funcionando a futuro, ya que el edificio terminal A, B y C juntamente con sus plataformas, se ocupen para aviación general y operaciones de carga.

#### 4.4 Plataformas

En este apartado se describe el análisis y la propuesta de mejora de las plataformas.

##### 4.4.1 Plataformas en el Plan Maestro

La zona dedicada al tráfico de pasajeros comprende:

- o 6 posiciones para la recepción de aviones de la categoría B de la OACI (envergadura inferior a 24m).
- o 10 posiciones para la recepción de aviones de las categorías C, D, e incluso E de la OACI (del Boeing 737 al Boeing 747). Entre estas 10 posiciones, una no está equipada con pasillo telescópico. La posición en contacto para aviones de la categoría E no respecta las restricciones aeronáuticas. Esto implica restricciones de explotación y autorizaciones particulares por parte de las autoridades mexicanas.

Una de las características del aeropuerto de Monterrey que se desprende de los puntos anteriores, es el alto porcentaje de tratamiento de pasajeros en contacto (avión-terminal).

Además, la plataforma de Monterrey tiene 5 posiciones remotas (plataforma whisky) compartidas entre el tráfico de pasajeros y el tráfico de carga.

El número de plataformas que se tienen proyectadas en este Plan son:

Posiciones	Aviación regional	Contacto para mediana capacidad	Remotas para mediana capacidad	Contacto para gran capacidad	Remota para gran capacidad	Total	Reserva para gran capacidad	Reserva para mediana capacidad
Número	14	20	12	5	2	53	2	9

"Análisis Técnico del Aeropuerto Internacional de Monterrey "Gral. Mariano Escobedo" y Propuesta de Mejora".  
 Capítulo 4 Desarrollo de la Propuesta de Mejora

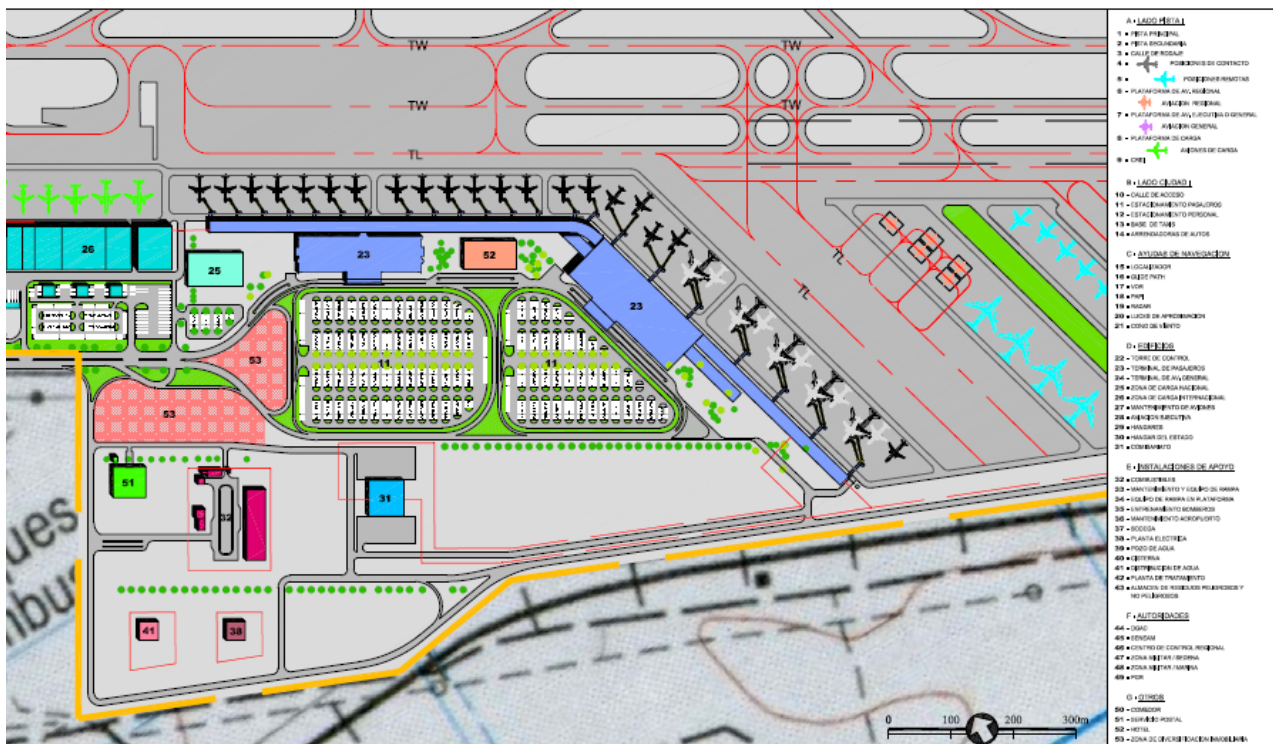


Figura 26. Plataformas proyectadas en el Plan Maestro actual.

#### 4.4.2 Propuesta de Plataformas

Para calcular las posiciones de contacto en la plataforma que va a servir al edificio terminal propuesto, se considera el tiempo que permanecen las aeronaves recomendado por la IATA, esto es que para aeronaves de fuselaje angosto (clave C y D) se considera un tiempo de 60 minutos y para aeronaves de fuselaje ancho (claves E y F), un tiempo de 90 minutos.

Lo anterior es para calcular el número de posiciones con la formula:

$$S = \text{Suma } (Ti / 60 * Ni) + \text{alfa}$$

Donde:

S = Número requerido de posiciones de plataforma

Ti = Tiempo de ocupación de la posición de embarque en minutos del grupo de aeronaves i

Ni = Número de aeronaves que llegan del grupo i durante hora pico

Alfa = Número de plataforma extra en reserva

Tomando en cuenta que son 29 operaciones en hora pico conforme a lo pronosticado, el número de posiciones de contacto, siendo

$$S = (60 / 60 * 29) + 1 = 30 \text{ posiciones}$$

Considerando que las operaciones con aeronaves clasificación E representan un 5%, tenemos 2 operaciones de estas en la hora pico:

$$S = (90 / 60 * 2) + 1 = 3 \text{ posiciones}$$

Haciendo un total de 30 posiciones, éstas son para aeronaves categoría C y D, pero las aeronaves categoría C representan el 80% de acuerdo a la mezcla de aeronaves, por lo tanto son 24 posiciones de categoría C y 5 de categoría D. También se tienen contempladas 5 de categoría E (2 en la plataforma nueva y 3 en las instalaciones actuales) y 2 para categoría F; ya que en el estudio se consideran aviones como el A380 o el B787, para realizar operaciones en este aeropuerto. Se toma en cuenta por que Aeroméxico va adquirírsete 5 aviones B787, y comienzan a operar en 2010. En las posiciones se cuenta con 11 pasillos telescópicos, de las cuales son 10 para aeronaves categoría C y una para categoría D, las demás posiciones son tipo pasarela estacionaria.

La plataforma que se realiza en este estudio es única, queda ubicada al centro del aeropuerto, junto con el edificio terminal, ninguna de las posiciones calculadas exposición remota. Debido a que no se obtuvo información de la carga, no se hizo un pronóstico de carga, pero a futuro en esta propuesta se destinan las instalaciones actuales para aviación de carga.

Ya que la aviación general no representa un porcentaje importante del total de operaciones, no se tomó en cuenta las posiciones para aeronaves categoría B, pero considerando que las instalaciones de plataformas y edificio terminal actual, servirán para carga y aviación comercial, se considera que no es necesario hacer un estudio profundo.

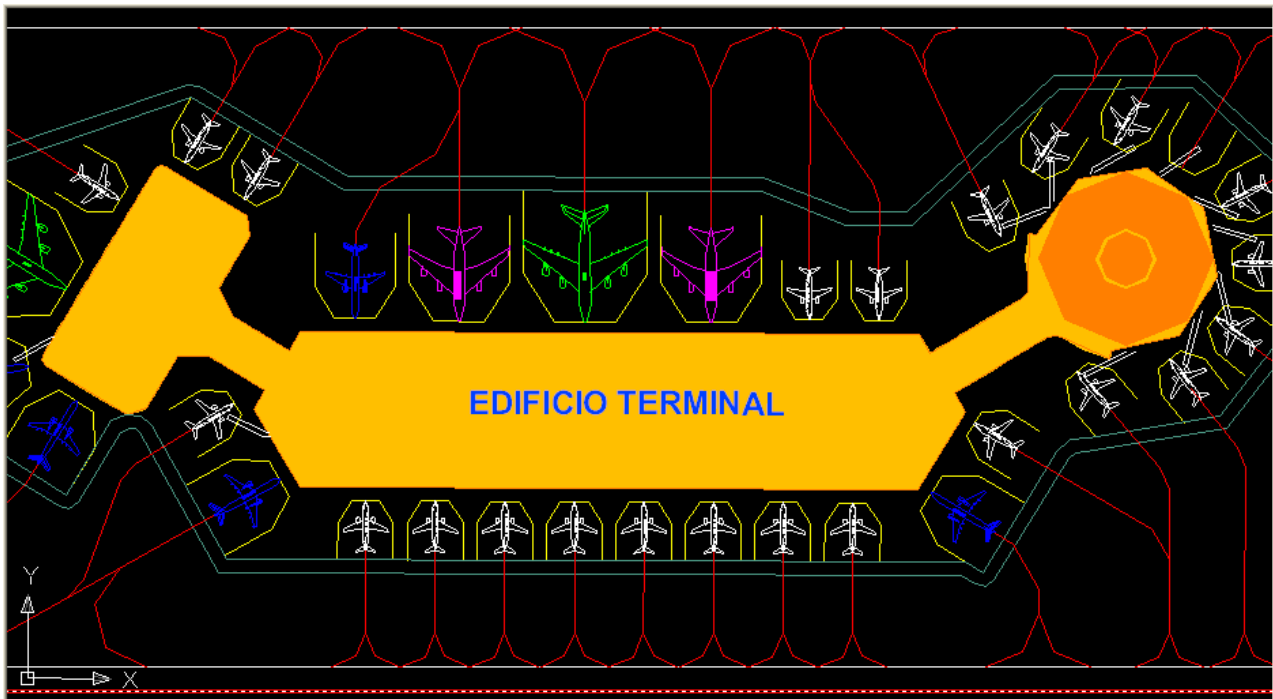


Figura 27. Plataforma desarrollada en la propuesta de mejora.

#### 4.4.3 Comparación del estudio y el Plan Maestro en cuanto a plataformas

Las capacidades proyectadas para el estudio y en el Plan Maestro son diferentes, de esta manera se entiende que la necesidad de las plataformas difiere para cada configuración.

Se considera que esta nueva configuración es mejor, ya que toda la aviación nacional e internacional comercial, se tiene en un mismo lado sin posiciones remotas, que retarden el traslado de los pasajeros. Otra mejora que se tiene es que la aviación general y de carga está muy separada de este conjunto, dejando el edificio terminal nuevo, solo para las operaciones comerciales.

## **4.5 Edificio terminal**

Este apartado muestra el desarrollo del edificio terminal de la propuesta de mejora.

### **4.5.1 Edificio terminal del Plan Maestro**

La terminal de Monterrey es de tipo "Terminal con Satélite" y, por lo tanto, está formada por dos edificios.

El primero, el Terminal, (del lado ciudad) con un nivel de tráfico, agrupa las funciones de documentación, y reclamo de equipaje, y todas las funciones complementarias en la zona pública (venta de boletos, información, administración, comercios, servicios, etc.).

En el segundo, el Satélite (del lado plataforma), se realiza el embarque y el desembarque de los pasajeros mediante pasillos telescópicos en la primera planta, mientras que en la planta baja se encuentra una sala de última espera para posiciones regionales y remotas, salones VIP, migración, aduana, punto de control de seguridad para los pasajeros en conexión, comercios, y locales técnicos.

Estos dos edificios están enlazados por un túnel subterráneo que pasa por debajo de la plataforma Sur.

La superficie actual de la terminal es de 28,966m<sup>2</sup>. La superficie operacional disponible de las principales zonas del edificio terminal, se resume en la tabla siguiente:

		actual
<u>Documentación</u>		
No. Mostradores		61
superficie de filas y Equipo	m2	1,497
<u>Sala de Ultima Espera</u>		
superficie operacional + sanitarios	m2	2,963
<u>Sala de Reclamo Nacional</u>		
superficie operacional	m2	997
<u>Sala de Reclamo Internacional</u>		
superficie operacional	m2	537
<u>Ambulatorio</u>		
superficie de espera + sanitarios	m2	3,535

Tabla 4.18 Capacidad de las áreas que integran el edificio terminal actual.

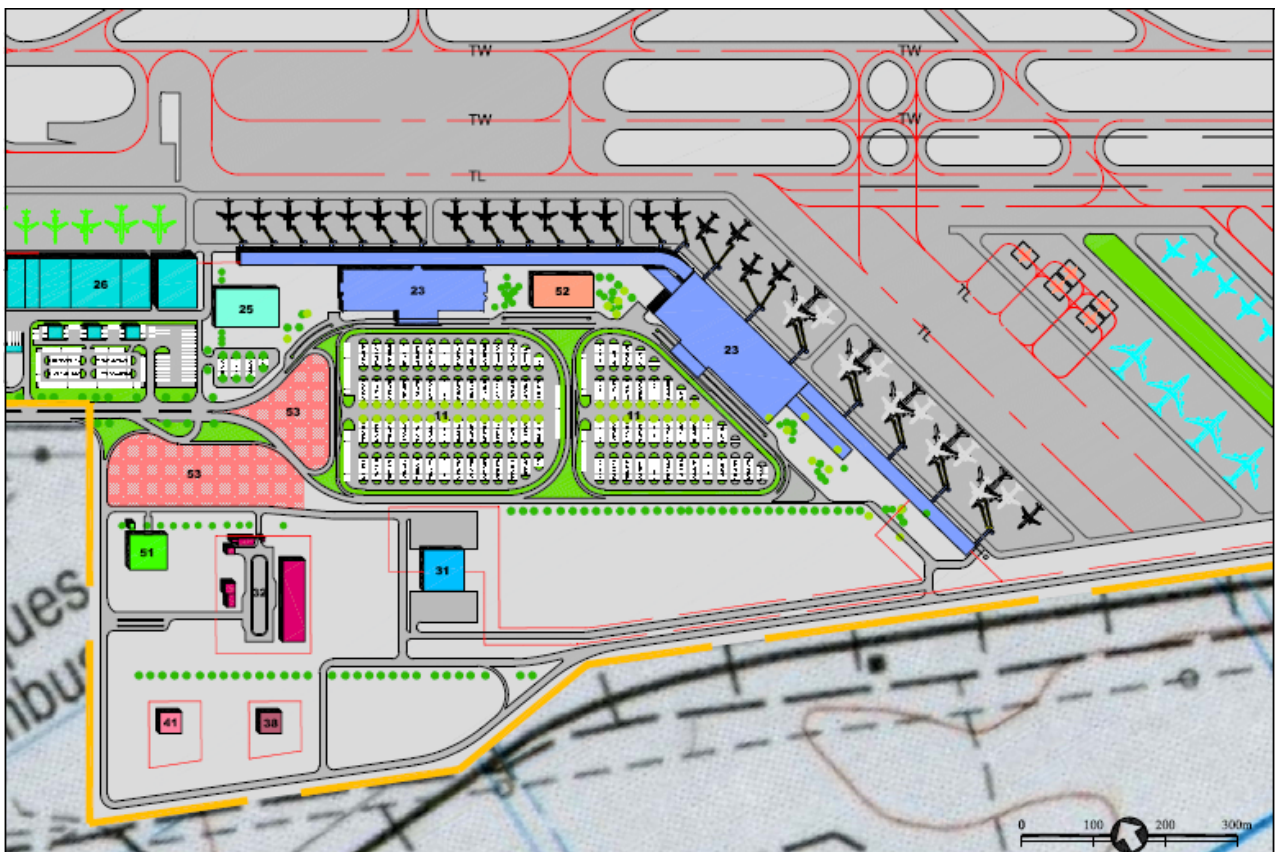


Figura 28. Edificio terminal proyectado en el Plan Maestro actual.

#### 4.5.2 Propuesta de edificio terminal

Ya que no se obtuvo la configuración interna del edificio, ni la separación del flujo de pasajeros en nacionales e internacionales, el cálculo del área del edificio terminal será total.



"Análisis Técnico del Aeropuerto Internacional de Monterrey "Gral. Mariano Escobedo" y Propuesta de Mejora".

Capítulo 4 Desarrollo de la Propuesta de Mejora

Para el cálculo del área del edificio terminal, se requirió de la recomendación de área por pasajero de la IATA, que es de 19 metros cuadrados por pasajero, si tenemos 3654 pasajeros para el año 2020, el cálculo del área total es :

$$(19m^2) * (3654 \text{ pasajeros}) = 69426m^2$$

Esta es el área requerida para el 2020, pero debido a que el diseño en planta del edificio, esta compuesto por diversas formas geométricas el área que se diseñó es de 70262m<sup>2</sup>.

El edificio terminal de la propuesta es de forma lineal, pero tiene una parte del lado este que es de tipo satélite, este lado se considera para aviación comercial nacional, esta configuración tipo satélite agiliza el embarque y desembarque de pasajeros, en este lado del edificio se atenderán vuelos nacionales.

En la parte central del edificio se atenderán vuelos nacionales e internacionales, siendo la mayor parte de estos nacionales, en la parte oeste del edificio, se atenderán en su mayoría vuelos internacionales.

#### **4.5.3 Comparación del estudio y el Plan Maestro en cuanto a edificio terminal**

El edificio terminal de este estudio es lineal, igual que el que se tiene planeado en el desarrollo del Plan Maestro, la ubicación de este, es en medio de las dos pistas que se tienen proyectadas en este estudio, ya que se encuentra en medio de las dos pistas, agiliza las operaciones debido a que puede recibir o despachar aviones por ambos lados.

El edificio que se tiene contemplado en el Plan Maestro, es un edificio nuevo que estaría ligado a uno viejo, y cuando el viejo llegue al final de su vida útil, lo más probable es que se tenga que demoler y reconstruirlo totalmente. Además la distancia que recorren los pasajeros dentro del edificio es muy grande cuando tienen que cambiar de aerolínea por ejemplo en un vuelo transnacional.

La configuración que se hace en la propuesta es de tipo híbrido, ya que en la parte central se tiene una forma lineal, en el extremo izquierdo se tiene una extensión de superficie rectangular; esto para separar a los vuelos internacionales, en el extremo izquierdo se tiene una configuración tipo satélite; debido a que de este lado se necesita agilizar el flujo de pasajeros, por que se destina a los vuelos nacionales, siendo estos los que predominan en el aeropuerto.

Se descartaron las demás configuraciones, ya que son para edificios de menor capacidad y en algunos casos implica el transporte de pasajeros por medio de vehículos terrestres de la terminal a la zona de embarque. En conclusión la forma del

edificio es conveniente para un aeropuerto de gran capacidad, considerando que aeropuertos de este tipo en el mundo tienen configuraciones similares.

Es evidente que en este estudio no se tiene la configuración interna del edificio, pero por la posición que tiene en general el conjunto de pistas-rodajes-plataforma-edificio terminal, las operaciones se estima que sean más ágiles que con la configuración que se proyecta en el Plan Maestro.

#### 4.6 Comparación final

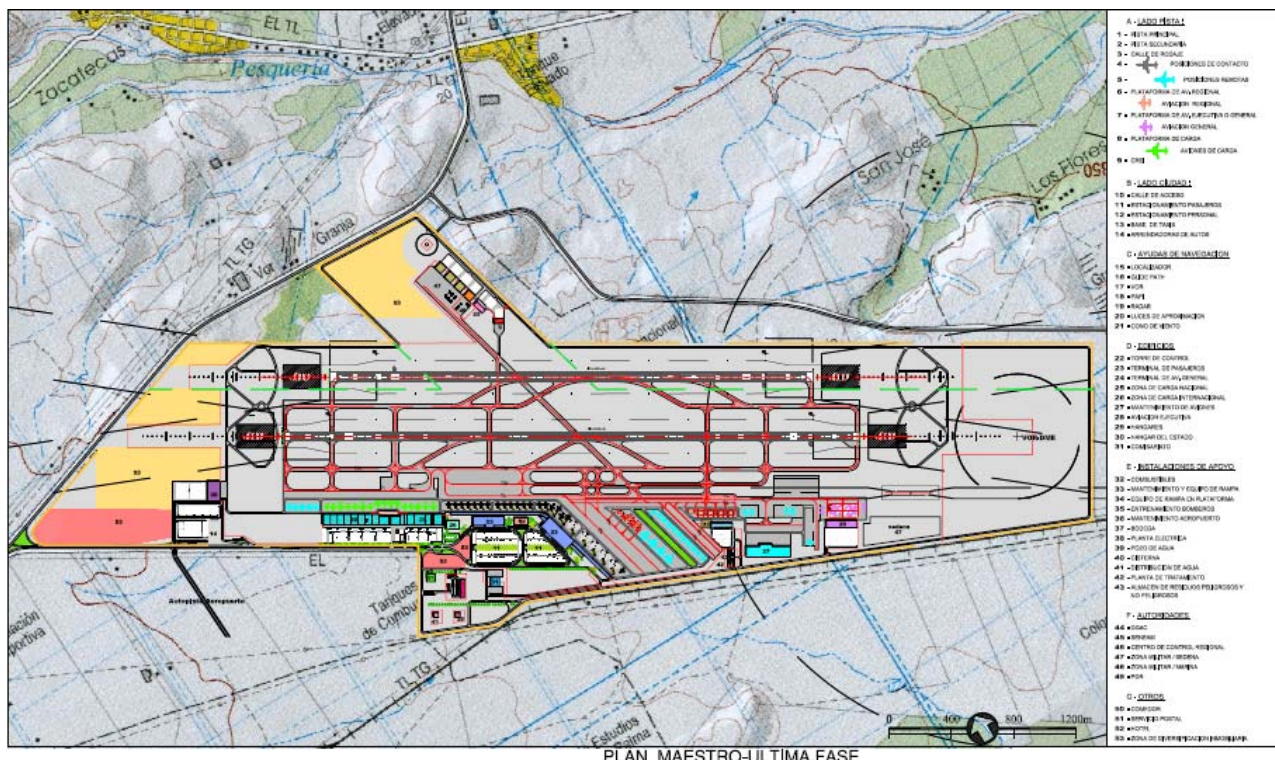


Figura 29. Plan Maestro de Oma. desarrollo de última fase

En la imagen anterior se observa el diseño final que se tiene planeado para el aeropuerto según OMA. La configuración de las pistas es de tipo paralelo, la cercanía de las dos pistas reduce la capacidad del aeropuerto, por que no se pueden realizar operaciones simultáneas, esto quiere decir que solo se puede usar una pista a la vez y no es adecuado para una planeación a largo plazo.

1. Las calles de rodaje que se tienen proyectadas no son un sistema eficaz para desocupar las pistas rápidamente, ya que carece de salidas rápidas. Además el rodaje paralelo a la pista actual en un tramo se convierte en rodaje de plataforma, lo cual reduce la velocidad de las aeronaves en esta zona, congestionándose el área de plataforma.

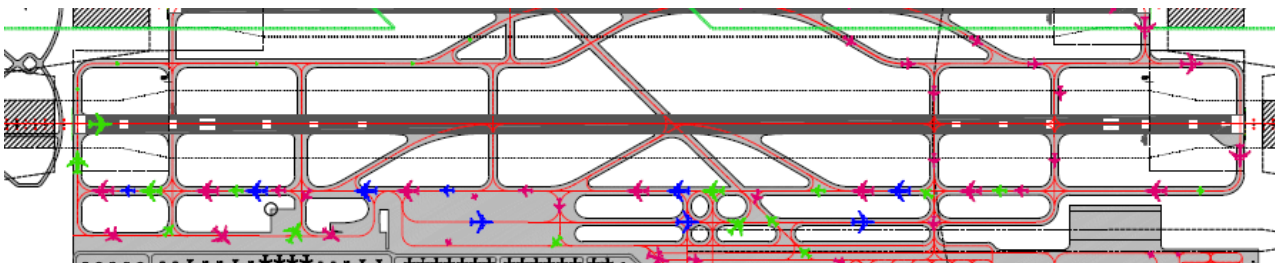


Figura 30. Rodajes del Plan Maestro de OMA

Las calles de rodaje propuestas están integradas por cuatro calles de salida rápida para cada pista, con dos rodajes paralelos a cada pista. Fue conveniente hacerlo de esta manera, ya que con dos calles paralelas a las pistas se desalojan rápidamente.

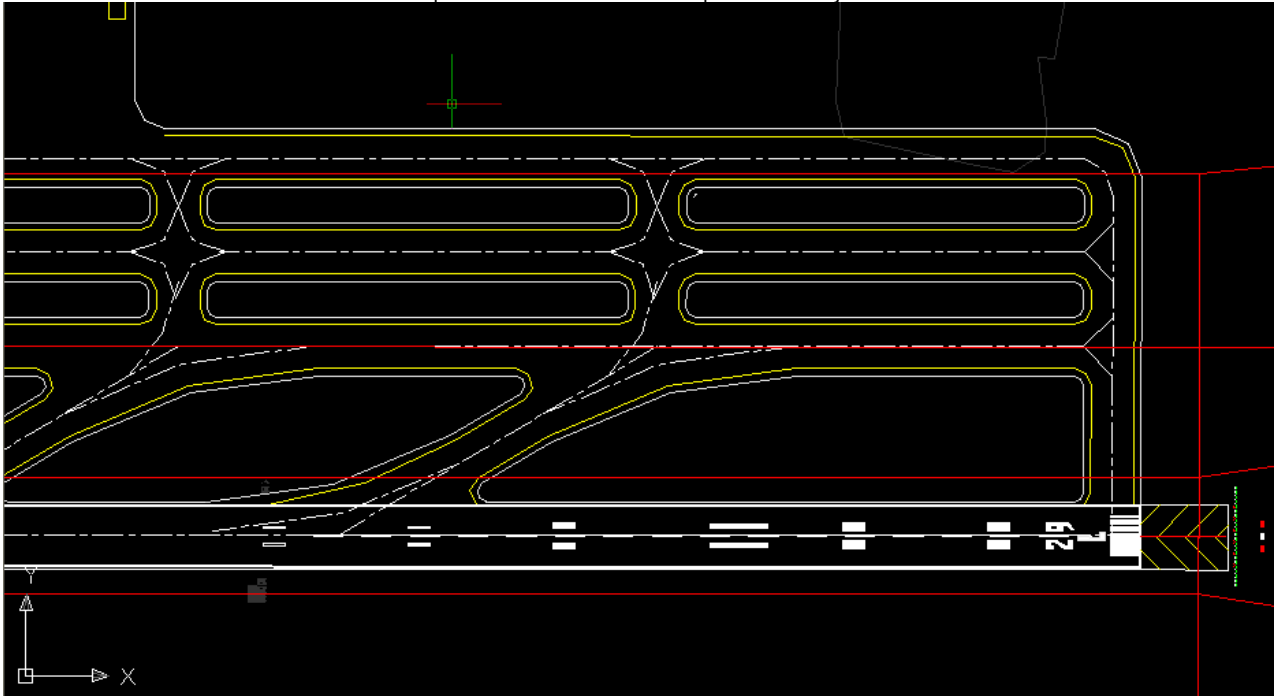


Figura 31. Calles de Rodaie de la Propuesta de Mejora

2. Otro problema identificado es que el avión para despegar en la segunda pista necesita cruzar la primera, esto interrumpe con las operaciones.

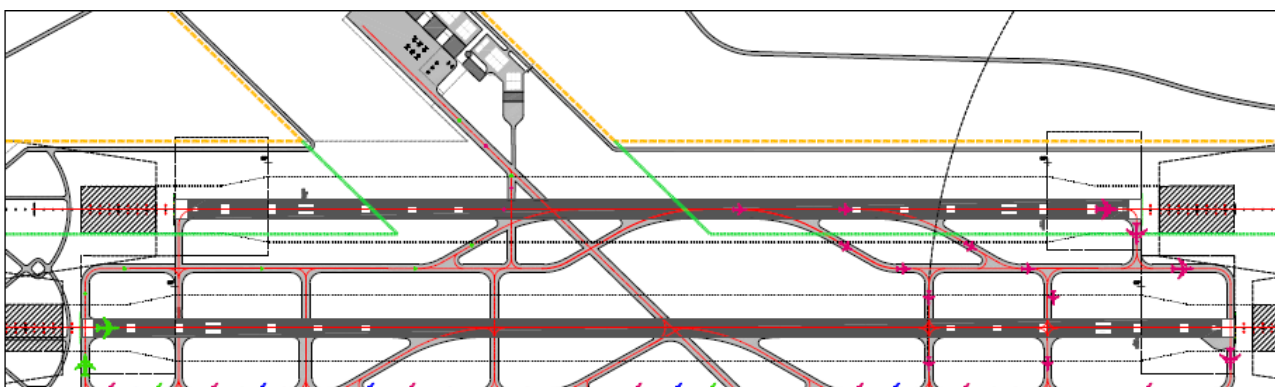


Figura 32. Pistas del Plan Maestro de OMA

Al proponer las pistas simultáneas, aumenta el 30% de rapidez de las operaciones, de acuerdo al análisis que se hizo en el tema 4.2.1, ya que no se interrumpen las operaciones como en el Plan Maestro de OMA, en el cual la aeronave tiene que interrumpir las operaciones de la pista primaria cuando se traslada a la secundaria.



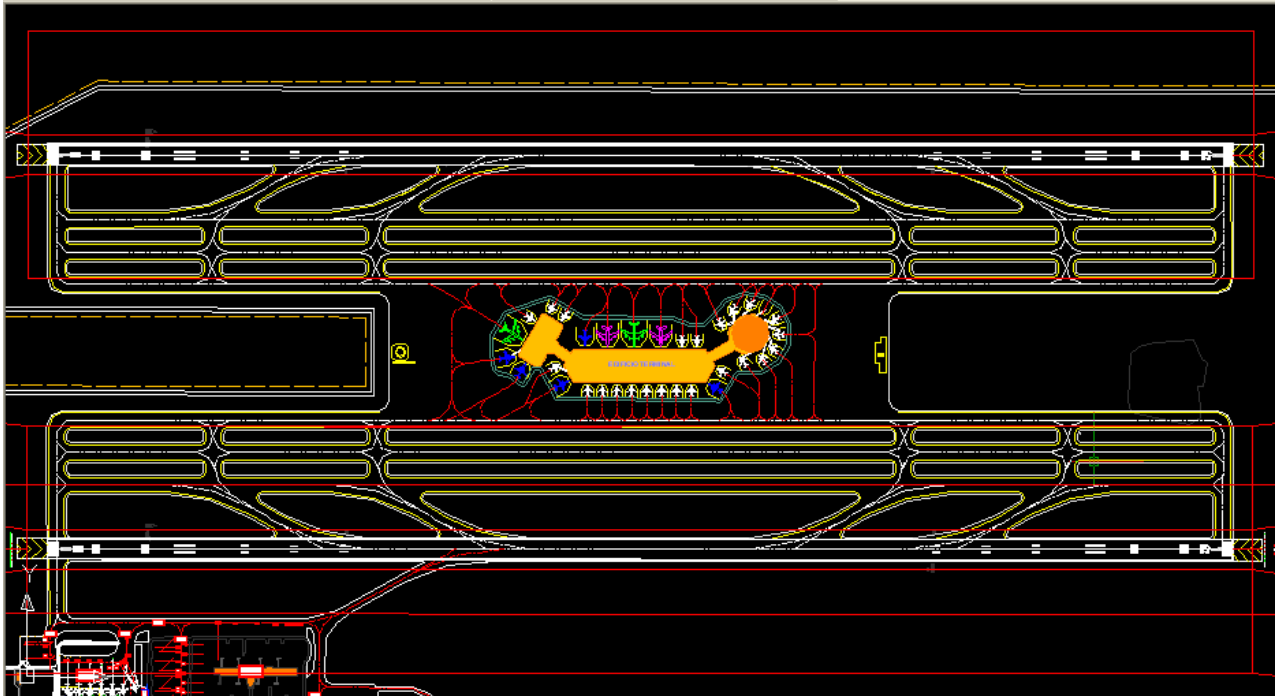


Figura 33. Pistas de la Propuesta de Mejora

3. El edificio terminal es del mismo tipo que la plataforma, se tiene un concepto lineal, compuesto del edificio que ya se tenía y la nueva construcción de la terminal B. Al ser un concepto lineal, los pasajeros recorren una larga distancia en el edificio para trasladarse de un punto a otro.



Figura 34. Edificio terminal en el Plan Maestro de OMA

En el Plan Maestro el edificio terminal es lineal, esto no es recomendable ya que los pasajeros tienen que recorrer largas distancias para llegar a su destino, ahora bien por el lado de las operaciones de las aeronaves, el concepto lineal es bueno, pero con el paso del tiempo al incrementarse las

"Análisis Técnico del Aeropuerto Internacional de Monterrey "Gral. Mariano Escobedo" y Propuesta de Mejora".

Capítulo 4 Desarrollo de la Propuesta de Mejora

operaciones se volvería deficiente. Nuestra propuesta considera el edificio terminal en concepto híbrido (véase figura 9, Cap. 2) que está compuesto de la siguiente manera:

- o Al centro el edificio terminal principal que se encuentra en concepto de espigón o muelle (véase figura 6, Cap. 2); a la izquierda un anexo en concepto lineal con una variación tipo muelle (véase figura 5, Cap. 2). Este concepto está diseñado par ser más rápido que el lineal, por lo cual esta diseñado para operaciones internacionales; a la derecha se encuentra un concepto satélite (véase figura 7, Cap. 2), ya que éste es el concepto para aeropuertos de gran volumen y por consiguiente para un gran número de operaciones; es el que va a darle eficiencia al aeropuerto y respectivamente se destinará para operaciones nacionales, que representan el 70% de las operaciones. Por lo que respecta a los pasajeros, al ser un concepto no tan lineal, no tienen que recorrer demasiada distancia para su traslado.

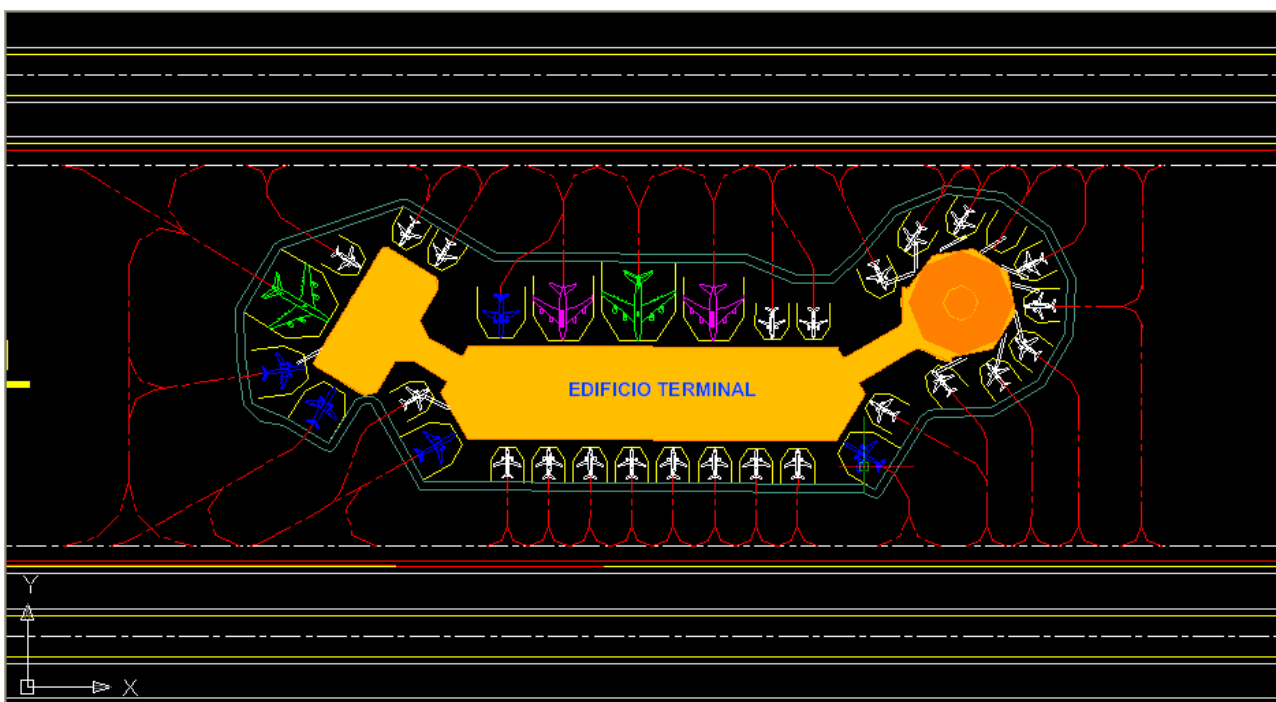


Figura 35. Edificio Terminal de la Propuesta de Mejora

#### 4.7 Otras consideraciones

Para el desarrollo de esta propuesta se toman en cuenta estos otros puntos de vital importancia:

- Se tendrán que expropiar terrenos al norte y al este del aeropuerto.
- Reubicar al nuevo perímetro del aeropuerto, la vialidad que se ve en el mapa del aeropuerto en la parte norte.
- Hacer un estacionamiento subterráneo que quede debajo de las instalaciones del edificio terminal, siendo el acceso a este último por el estacionamiento.
- Construir una vialidad que llegue hasta ese estacionamiento, con entrada y salida por esa misma vía.
- Incorporar la vialidad nueva, con la que se llega actualmente al aeropuerto.
- Reubicar la torre de control como se ubica en los planos, el cálculo de la altura de la torre se calcula de la siguiente manera:

Tomando en cuenta la nueva posición de la torre de control, la distancia de visión crítica en el aeropuerto es de 2600m. La altura es:

$$(2600m) * (\tan(0.5)) = 22.68 \approx 25m$$

- Reubicar el CREI como se indica en los planos, este se ubica de forma central y en el extremo derecho de la plataforma.
- La ubicación de todas las instalaciones no se analizaron, ya que el estudio se centra más en las pistas, rodajes, plataformas y edificio terminal.
- Las instalaciones que se encuentran actualmente, a futuro ocuparlas para terminal de carga, aviación general y combustibles.

## Capítulo 5. Conclusiones

Este estudio como esta escrito al principio, se daría a conocer una propuesta de mejora si el Aeropuerto Internacional de Monterrey "*General Mariano Escobedo*" (MMMY) así lo requería, en todo el capítulo 4 se demostró analíticamente que las instalaciones lado aire necesitaban mejoras, ya que algunas instalaciones estaban deficientes o se saturarían un corto plazo de tiempo.

La mayoría de los Aeropuertos en México son de categoría 4E o 4D, esto se debe a que no se tiene la ambición de crecer en el ámbito aeronáutico, ya que la mayoría de los aeropuertos importantes en el mundo son 4F, esta categoría es la más alta para cualquier aeropuerto ya que tiene la capacidad de albergar la aeronave A380, que actualmente es la aeronave comercial más Critica que se tiene a nivel mundial.

Si México empezara a tener infraestructura para estos aviones tendría un crecimiento aeronáutico muy avanzado, se desarrollaría tanto en el medio de la industria aeronáutica como aeroportuaria, y tendría aeropuertos para competir a nivel mundial y esto a su vez tendría un crecimiento tanto económico como social dentro del País.

Este estudio se realizo pensando solo y únicamente en un ámbito aeronáutico, esto por que es necesario que los aeropuertos en México estén 100% bien diseñados desde la opinión de un Ingeniero en Aeronáutica, ya que este, es el único capaz de diseñar un aeropuerto con las demandas que la misma aeronáutica requiere. Esto es algo que la mayoría de la gente debería entender, que cuando se hace un proyecto de diseño, siempre se van por el lado económico, ya sean los grupos aeroportuarios o el gobierno, no les gusta invertir demasiado dinero, pero desgraciadamente lo ven desde un punto de vista Capitalista, Económico y Financiero, no por que en verdad les interese el desarrollo aeronáutico nacional.



Lo mismo pasa con el aeropuerto de Monterrey, el grupo Aeroportuario Centro Norte así como los demás grupos aeroportuarios, no quieren invertir tanto dinero por que hacen estudios de factibilidad, pero aunque se hagan estos estudios, en este estudio no se tomo en cuenta, ya que entonces no sería un análisis íntegramente aeronáutico.

Este estudio revela que si en verdad el capital privado o el gobierno quisieran invertir sin escatimar o dudar, cualquier aeropuerto mexicano puede llegar a ser competitivo a nivel mundial, en cuanto a Operaciones y por supuesto en infraestructura. El aeropuerto Internacional de Monterrey no esta tan limitado en cuanto a espacio como sería el ejemplo del AICM, es por esto que se presta para que se le hiciera una propuesta de mejora muy bien estructurada en cuanto a las recomendaciones de la OACI, ya que estas son muy estrictas.

Hablando de las instalaciones que se proyectaron en este estudio, tienen una capacidad superior a las que el grupo aeroportuario OMA diseñó, debido a que la visión de dicho grupo no fue a muy largo plazo. El diseño de la propuesta fue inspirado en diseños de aeropuertos de categoría 4F de los más importantes en el mundo.

# **A** PÉNDICE 1

## **GLOSARIO**

Aeródromo civil:	Área definida de tierra o agua adecuada para el despegue, aterrizaje, acuatizaje o movimiento de aeronaves, con instalaciones o servicios mínimos para garantizar la seguridad de su operación. Los aeródromos civiles se clasifican en aeródromos de servicio al público y aeródromos de servicio particular.
Aeródromo de servicio al público:	Aeródromo civil en el que existe la obligación de prestar servicios aeroportuarios y complementarios de manera general e indiscriminada a los usuarios. Los aeródromos de servicio al público incluyen, en los términos de la presente Ley, a los aeropuertos, que son de servicio público y están sujetos a concesión, y a los aeródromos de servicio general, sujetos a permiso.
Aeródromo de servicio general:	Aeródromo de servicio al público, distinto a los aeropuertos, destinado a la atención de las aeronaves, pasajeros, carga y correo del servicio de transporte aéreo no regular, así como del transporte privado comercial y privado no comercial.
Aeropuerto:	Aeródromo civil de servicio público, que cuenta con las instalaciones y servicios adecuados para la recepción y despacho de aeronaves, pasajeros, carga y correo del servicio de transporte aéreo regular, del no regular, así como del transporte privado comercial y privado no comercial. Únicamente los aeródromos civiles que tengan el carácter de aeropuerto podrán prestar servicio a las aeronaves de transporte aéreo regular.
OMA	Nombre de persona moral que se le da al Grupo Aeroportuario Centro Norte (GACN).
Servicio al público de transporte aéreo:	El que se ofrece de manera general y que, en términos de la presente Ley, incluye el servicio público sujeto a concesión, así como otros servicios sujetos a permiso.
Servicio de transporte aéreo nacional:	El que se presta entre dos o más puntos dentro del territorio nacional.
Servicio de transporte aéreo regular:	El que está sujeto a itinerarios, frecuencias de vuelos y horarios.
Zona de protección:	Espacio aéreo de dimensiones definidas, destinado a proteger los procedimientos de aproximación y salida de las aeronaves en los aeródromos civiles.

# **A** PÉNDICE 2

## **ABREVIATURAS Y ACRÓNIMOS**

<b>Abreviatura / Símbolo</b>	<b>Significado</b>
ACI	Consejo Internacional de Aeropuertos (Airports Council International)
ASA	Aeropuertos y Servicios Auxiliares; México
CREI	Cuerpo de Rescate y Extinción de Incendios
DGAC	Dirección General de Aeronáutica Civil
FAA	Administración Federal de Aviación (Federal Aviation Administration); EEUU
h	Hora
IATA	Asociación del Transporte Aéreo Internacional (International Air Transport Association); Asociación del Tráfico Aéreo Internacional (International Air Traffic Association)
ICAO	Organización de Aviación Civil Internacional (International Civil Aviation Organization); ONU
IFR	Reglas de Vuelo por Instrumentos (Instrument Flight Rules)
Kg	Kilogramo
m	Metro
MMTY	Código OACI del Aeropuerto de Monterrey
MTY	Código IATA del Aeropuerto de Monterrey
OACI	Organización de Aviación Civil Internacional; ONU
OMA	Grupo Aeroportuario Centro Norte
SCT	Secretaría de Comunicaciones y Transportes
SENEAM	Servicios a la Navegación en el Espacio Aéreo Mexicano
VFR	Reglas de Vuelo Visual (Visual Flight Rules)

# BIBLIOGRAFIA

1. DGAC, SCT. Quinquenio 2005-2010 (Actual) Plan Maestro de Desarrollo (PMD) del Aeropuerto Internacional de Monterrey "Gral. Mariano Escobedo". México: Autor.
2. OACI (Organización de Aviación Civil Internacional) (2004). Anexo 14 al Convenio Sobre Aviación Civil Internacional, Aeródromos, Volumen 1 "Diseño y Operaciones de Aeródromos" (Cuarta Edición). Montreal: Autor.
3. OACI (Organización de Aviación Civil Internacional) (2005). Manual de Diseño de Aeródromos Parte 2, (Cuarta Edición). Montreal: Autor.
4. OACI (Organización de Aviación Civil Internacional) (1985). Manual de Previsión de Tráfico Aéreo, (segunda edición). Montreal: Autor.
5. FAA (Federal Aviation Administration). (9/23/1983). Circular 150/5060-5 "Airport Capacity and Delay". Washington: Autor.
6. FAA (Federal Aviation Administration) (9/29/1989). Circular 150/5300-13, Design Airport". Washington: Autor.
7. FAA (Federal Aviation Administration) (4/29/2005). Circular 150/5340-1J, Standards for Airport Markings". Washington: Autor.
8. FAA (Federal Aviation Administration) (12/06/2004). Circular 150/5340-18D, Standards for Airports Sign Systems". Washington: Autor.
9. FAA (Federal Aviation Administration). (04/22/1988). Circular 150/5360-13, "Planning and Design Guidelines for Airport Terminal Facilities". Washington: Autor.

- 10.FAA (Federal Aviation Administration). (04/04/1980). Circular 150/5360-9, Planning and Design of Airport Terminal Building Facilities at Nonhub Locations". Washington: Autor.
- 11.FAA (Federal Aviation Administration). (09/30/2000). Apéndice 1 de la Circular 150/5300-13 CHG6, "Wind Analysis". Washington: Autor.
- 12.ACI y IATA (1996). Documento "Airport Capacity/Demand Management" (Tercera edición). Montreal: Autores.
- 13.FAA-H-8083-25,( 10/24/2003). Capitulo 13 "Airspace" del "Pilot's Handbook of Aeronautical Knowledge". Washington: Autor
- 14.DOC CJ 7/06/2006 (26 April 2006). "Sunshine Coast Airport, Master Plan". Preliminary Draft – Version 4. Capítulo 4 "Passenger Terminal".
- 15.Dr. Richard de Neufville. "Defining Capacity of Airport Passenger Buildings". Airport Systems Planning and Design/RdN. (Inédito).
- 16.SCT (Secretaría de Comunicaciones y Transportes) (1995). "Ley de Aeropuertos". México: Autor.
- 17.SCT (Secretaría de Comunicaciones y Transportes) (2002). "Reglamento ley de Aeropuertos". México: Autor.
- 18.SCT (Secretaría de Comunicaciones y Transportes) (1995). "Ley de Aviación Civil". México: Autor.
- 19.SCT (Secretaría de Comunicaciones y Transportes) (1998). "Reglamento de la Ley de Aviación Civil". México: Autor.
- 20.ASA (Aeropuertos y Servicios Auxiliares). Manual Guía para Planes Maestros en Aeropuertos. Ciudad de México: Autor.

21. Rafael de la Vega Núñez (1980) "Estudio para la Ampliación del Aeropuerto de Guadalajara. Jal. 137 páginas. México: Autor.

### **INFORMACIÓN DE FUENTES VÍA ELECTRÓNICA.**

- ☞ [es.wikipedia.org](http://es.wikipedia.org)
- ☞ [www.boeing.com](http://www.boeing.com)
- ☞ [earth.google.es](http://earth.google.es)
- ☞ <http://www.oma.aero/es/aeropuertos/monterrey/>
- ☞ [www.guiamundialdeaeropuertos.com](http://www.guiamundialdeaeropuertos.com)
- ☞ [www.mexicana.com](http://www.mexicana.com)
- ☞ [www.aeromexico.com](http://www.aeromexico.com)
- ☞ [www.aviacsa.com](http://www.aviacsa.com)
- ☞ <http://dgac.sct.gob.mx/index.php?id=467>