



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

Análisis de Pista del Aeropuerto Internacional
“Ponciano Arriaga” de San Luís Potosí S. L. P.

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO CIVIL

PRESENTA:

Raúl Celis Gallegos



DIRECTOR DE TESIS: ING. FEDERICO DOVALI RAMOS

MEXICO, D.F. CIUDAD UNIVERSITARIA 2008



Análisis de Pista del Aeropuerto Internacional "Ponciano Arriaga" de San Luis Potosí S. L. P.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA
DIRECCIÓN
FING/DCTG/SEAC/UTIT/014/06

Señor
RAÚL CELIS GALLEGOS
Presente

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor ING. FEDERICO DOVALI RAMOS, que aprobó esta Dirección, para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de INGENIERO CIVIL.

"ANÁLISIS DE PISTA DEL AEROPUERTO INTERNACIONAL "PONCIANO ARRIAGA" DE SAN LUIS POTOSÍ, S.L.P."

- INTRODUCCIÓN
- I. ANTECEDENTES
- II. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL AEROPUERTO
- III. ANÁLISIS DE LA PISTA
- IV. NUEVO PLAN MAESTRO
- V. RECOMENDACIONES DEL ORDENAMIENTO URBANO
- VI. CONCLUSIONES

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

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

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
Cd. Universitaria a 16 de Febrero del 2006.
EL DIRECTOR

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



AGRADECIMIENTOS.

A Dios por darme mi familia.

A mis padres, Martha J. Gallegos de Celis y Raúl Celis Gendrón por ser un sin número de calificativos hermosos, mi orgullo y mis eternos amigos. A ellos que siempre han creído en mí y que me acompañarán a donde vaya.

A mi hermanita Magie que siempre esta a mi lado jugando y diciendome que me quiere, gracias por tu apoyo y confianza “Margot”. Te quiero mucho

A mi abuela Alicia y mis abuelos Juvencio y Raúl que cuando me abrazan me siento cobijado. Gracias por sus palabras y oraciones.

A mis tías y tíos Carmen, Laura, Paty, Normita, Lupita, Lore, Toño, Lalo, Pancho, Marino y Miguel por sus consejos y apoyo. Gracias Tío Guicho y tío Luis, se les extraña.

A mis primos Paty, Sandy, Rocio, Marisol, Bertita, Pilar, Ara, Danny y Lazaro (bienvenidos a la familia) Nacho, Beto, Abram, Lalito y Gerardo por ser mis hermanos y disfrutar conmigo momentos inolvidables. Los quiero primos.
Sofi, Montse y Juanpi, gracias por que dan más felicidad a nuestras vidas.

A mis Súper-Cuates, Eric, Oscar, Jorge, Ricardo, Gabo y Benjamín, por darme siempre su apoyo, su hermandad y por ser auténticos y magníficos amigos.

A mis grandes amigos de la Facultad Yunuen, Miguel, Pablo, Roberto, Carlos, Nohemí, Monica por sus palabras de aliento en los peores momentos, gracias Yun.

A mis hermanos del alma “Escorpinones Rojos de la Facultad de Ingeniería” por ser mis hermanos mayores dentro y fuera del campo de juego.

Agradezco el haber conocido a personas tan agradables, fiesteras y sinceras como Verush (gracias por ayudarme con el último esfuerzo), Mara, Mad-Carlillos y su bebé Alonso, Tribu, Nick, Alejo-Aquiflakes, Guada-Ariel, Michelin, Juano, Dolce, Doc, Pablito, Indrita y Karen. Gracias por su amistad y cariño, los quiero...

Gracias a mis profesores por sus enseñanzas, ejemplo y paciencia.

Gracias al Ing. Federico Dovali Ramos por ser una persona ejemplar que desde el momento en el que lo conocí eh recibido amistad y apoyo.

Por último agradezco al que es mi segundo hogar, mi Alma Mater, que se dejo ser, lugar de estudio, de juego, de fiesta, que soporto triunfos y fracasos, que esta y siempre estará con las puertas abiertas para que regrese, gracias a la Universidad, gracias UNAM, mi alma mater, por siempre mi hogar. la Universidad Nacional Autónoma de México.

**Análisis de Pista del Aeropuerto Internacional “Ponciano Arriaga” de San Luis Potosí S. L. P.**

INDICE

Introducción.	4
Prefacio.	12
Prólogo.	13
I. Antecedentes.	14
I.1 Descripción General del Estado.	15
I.2 Datos Generales del Proyecto.	16
I.3 Programas de Reordenamiento Urbano del Gobierno Municipal	22
II. Descripción General del Aeropuerto.	27
II.1 Superficie.	28
II.2 Zona Aeronáutica.	29
II.3 Zona Terrestre.	34
II.4 Número de Aerolíneas.	35
II.5 Flota Comercial.	36
II.6 Estadísticas. Pasajeros, Operaciones, Aviación Comercial y General.	39
III. Análisis de Pista.	46
III.1 Distancia de Vuelo.	47
III.2 Tipo de Aviación.	50
III.3 Condiciones de Operación. Longitud de Pista Actual. Nueva Longitud.	52
III.4 Posibilidades de Prolongación.	71
III.4.1 Terrenos.	71
III.4.2 Espacios Aéreos.	72
III.4.3 Instalaciones Existentes.	79
III.5 Recomendaciones.	80
IV. Nuevo Plan Maestro.	83
V. Recomendaciones de Ordenamiento Urbano.	110
VI. Conclusiones.	115
Bibliografía	119

INDICE TABLAS, GRÁFICAS Y FIGURAS**Tablas**

Tabla A. Comparación de operaciones 2005, 2006 y 2007 SAM.	9
Tabla 1.1 Carga, Correo y Equipaje de Aguascalientes, Bajío, San Luis Potosí, Tampico y Zacatecas Acumulado en 2005	17
Tabla 1.2 Carga, Correo y Equipaje de Aguascalientes, Bajío, San Luis Potosí, Tampico y Zacatecas Acumulado en 2006	17
Tabla 1.3 Carga, Correo y Equipaje de Aguascalientes, Bajío, San Luis Potosí, Tampico y Zacatecas Acumulado en 2007	17
Tabla 2.1 Aerolíneas que Operan en SLI	35
Tabla 2.2 Pasajeros por Nivel de Aviación en 2005	41
Tabla 2.3 Pasajeros por Nivel de Aviación en 2006	41
Tabla 2.4 Pasajeros por Nivel de Aviación en 2007	41

**Análisis de Pista del Aeropuerto Internacional “Ponciano Arriaga” de San Luis Potosí S. L. P.**

Tabla 2.5 Operaciones por Nivel de Aviación en 2005	44
Tabla 2.6 Operaciones por Nivel de Aviación en 2006	44
Tabla 2.7 Operaciones por Nivel de Aviación en 2007	44
Tabla 3.1 Conversión de Coordenadas	48
Tabla 3.2 Resumen de Coordenadas	49
Tabla 3.3 Resumen de Distancias	50
Tabla 3.4 Características Generales	53
Tabla 3.5 Resumen de Alcances de vuelo y Carga de Paga (Pyld)	60
Tabla 3.6 Características Generales	64
Tabla 3.7 Características Generales	65
Tabla 3.8 Porcentajes de incremento de Pista	70
Tabla 4.1 Operaciones de SLP Anuales	87
Tabla 4.2 Clasificación de Tipo de Aeronave	91
Tabla 4.3 Clasificación de Aeropuertos por Categoría	91
Tabla 4.4 Distancias Mínimas de Separación de las calles de Rodaje	92

Gráficas

Gráfica A. Comparación de Operaciones 2005, 2006 y 2007 SAM.	10
Gráfica 1.1 Comparación Anual de Carga. Aguascalientes, Bajío, San Luís Potosí, Tampico y Zacatecas	18
Gráfica 1.2 Comparación Anual de Correo. Aguascalientes, Bajío, San Luís Potosí, Tampico y Zacatecas	19
Gráfica 1.3 Comparación Anual de Equipaje. Aguascalientes, Bajío, San Luís Potosí, Tampico y Zacatecas	20
Gráfica 2.1 Comparación Anual de Pasajeros. Aguascalientes, Bajío, San Luís Potosí, Tampico y Zacatecas	42
Gráfica 2.2 Comparación Anual de Operaciones. Aguascalientes, Bajío, San Luís Potosí, Tampico y Zacatecas	45
Gráfica 3.1 Peso de Despegue	54
Gráfica 3.2 Alcance del Vuelo	55
Gráfica 3.3 Longitud de Pista	56
Gráfica 3.4 Alcance del Vuelo	57
Gráfica 3.5 Peso Vacío más Carga de Paga (OEW+Pyld)	58
Gráfica 3.6 Longitud de Pista	59
Gráfica 3.7 Peso máximo Autorizado	62
Gráfica 3.8 Peso Vacío más Carga de Paga (OEW+Pyld)	63
Gráfica 3.9 Peso de Despegue	66
Gráfica 3.10 Longitud de Pista	67
Gráfica 3.11 Peso de Despegue	68
Gráfica 3.12 Longitud de Pista	69
Gráfica 4.1 Demanda vs. Tiempo	85
Gráfica 4.2 Comportamiento de la Operación en SLP	87
Gráfica 4.3 Comportamiento Optimista y Pesimista	88
Gráfica 4.4 Análisis de Pronósticos para un Aeropuerto	104

**Análisis de Pista del Aeropuerto Internacional “Ponciano Arriaga” de San Luis Potosí S. L. P.****Figuras**

Figura 1.1 Posición de San Luis Potosí en la Republica Mexicana	15
Figura 1.2 Aeronave B737-200C	26
Figura 1.3 Aeronave B737-300C	26
Figura 2.1 Límites del Aeropuerto	28
Figura 2.2 Comparación de elevaciones entre aeropuertos	29
Figura 2.3 Distribución de pistas	32
Figura 2.4 Plataformas comerciales para Pasajeros	33
Figura 2.5 Plataforma de Estafeta	33
Figura 2.6 Edificio de Pasajeros	34
Figura 2.7 Almacenamiento y distribución de combustible	34
Figura 2.8 Rutas actuales partiendo de SLP	36
Figura 2.9 Aeronave Embraer ERJ-190	36
Figura 2.10 Aeronave ATR-42	37
Figura 2.11 Aeronave ERJ-145	37
Figura 2.12 Aeronave B737-200	37
Figura 2.13 Aeronave B737-300	38
Figura 2.14 Aeronave F-100	38
Figura 2.15 Aeronave DC-9	38
Figura 2.16 Aeronave EMB-140	39
Figura 3.1 Distancia Ortodrómica entre dos puntos	47
Figura 3.2 Aeronave B747/400F	50
Figura 3.3 Dimensiones de la Aeronave B747/400F	51
Figura 3.3 Terreno del Aeropuerto SLP	71
Figura 3.4 Superficies limitadoras de obstáculos	74
Figura 3.5 Superficies limitadoras de obstáculos de aproximación interna, de transición interna y de aterrizaje interrumpido	78
Figura 4.1 Calles de Rodaje	90
Figura 4.2 Distancia entre eje de pista y objeto más próximo	90
Figura 4.3 Distancia entre ejes recomendada en el anexo 14	93
Figura 4.4 Propuesta de Rodajes	94
Figura 4.5 Distancias para salidas rápidas	95
Figura 4.6 Distancia Real Geométrica	96
Figura 4.7 Distancia Real Geométrica 1 ^{er} salida desde el Umbral hasta Punto de Inflexión (PI)	98
Figura 4.8 Distancia Real Geométrica 2 ^a salida desde el Umbral hasta Punto de Inflexión (PI)	99
Figura 4.9 Distancia Real Geométrica 3 ^{er} salida desde el Umbral hasta Punto de Inflexión (PI)	101
Figura 4.10 Distancias Reales Geométricas desde el Umbral hasta Punto de Inflexión (PI)	102
Figura 4.11 Salidas a 45 y 30 grados	102
Figura 4.12 Señalamiento de calle de rodaje cerrada	103
Figura 4.13 Propuesta de distribución final	103
Figura 4.14 Nuevas Rutas	105
Figura 5.1 Vista Aérea de San Luis Potosí	111
Figura 5.2 Vista Aérea del Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México	112
Figura 5.3 Vista Aérea de Rinconada	113
Figura 5.4 Recomendación para Adquisición de Terreno.	114
Figura 6.1 Destinos actuales y propuestos (YVR y JFK)	117
Figura 6.2 Recinto Fiscal Aeropuerto de San Luis Potosí	118



Introducción.





Análisis de Pista del Aeropuerto Internacional “Ponciano Arriaga” de San Luis Potosí S. L. P.

A lo largo de los años el transporte aéreo ha ido ganando mercado, por encima de otros medios, en cuanto a movimiento de pasajeros se refiere ya sea a destinos nacionales o internacionales lo que provoca que los aeropuertos tiendan a mejorar su infraestructura. La reducción de las tarifas aéreas experimenta una revolución permanente hasta llegar a los momentos actuales en los que viajar en avión, en particular a través de las compañías denominadas de bajo costo ("low cost airlines") resulta ser más económico que en cualquier medio de transporte alternativo.

Por otra parte la carga y mensajería aéreas han tenido un auge cada vez mayor debido al corto tiempo que tardan los envíos a pesar de las distancias. Considerando los factores antes mencionados se han venido presentando incrementos significativos en las demandas de las operaciones de los aeropuertos, alrededor de 8.12% y 12.95% en el 2006 y 2007 respectivamente, a nivel país según estadísticas del Sistema Aeroportuario Mexicano y con esto la necesidad de ampliar las instalaciones aeroportuarias para ofrecer un mejor servicio con la menor inversión. *Ver tabla y gráfica anexa.*

Cabe destacar que la reciente formación del Sistema Metropolitano de Aeropuertos (SMA) ha fortalecido dicho crecimiento ya que a los aeropuertos que conforman el SMA (Cuernavaca, Puebla, Toluca y Querétaro) se han visto beneficiados con una inversión superior a los mil millones de dólares, destinada al fortalecimiento y expansión de sus instalaciones. Se pronostica que el SMA en su conjunto podrá realizar 700 mil operaciones y transportar 60 millones de pasajeros anualmente.



Análisis de Pista del Aeropuerto Internacional “Ponciano Arriaga” de San Luis Potosí S. L. P.

Actualmente el Sistema Aeroportuario Mexicano SAM está subdividido en 5 grupos aeroportuarios que son:



1. ASA (Aeropuerto y Servicios Auxiliares)

- Campeche
- Cd. Obregón
- Cd. Del Carmen
- Cd. Victoria
- Chetumal
- Colíma
- Cuernavaca
- Guaymas
- Loreto
- Matamoros
- Nogales
- Nuevo Laredo
- Palenque
- Poza Rica
- Puerto Escondido
- San Cristóbal C.
- Tamuín
- Tehuacan
- Tepic
- Uruapan



- ASUR (Aeropuertos del Sureste)
 - Cancún
 - Cozumel
 - Huatulco
 - Mérida



Análisis de Pista del Aeropuerto Internacional “Ponciano Arriaga” de San Luis Potosí S. L. P.

- Minatitlán
- Oaxaca
- Tapachula
- Veracruz
- Villahermosa

- GACM (Grupo Aeroportuario de la Ciudad de México)

- México



- GAP (Grupo Aeroportuario del Pacífico)

- Aguascalientes
- Guanajuato
- Guadalajara
- Hermosillo
- La Paz
- Los Mochis
- Morelia
- Mexicali
- Puerto Vallarta
- Los Cabos
- Tijuana
- Manzanillo



- OMA (Grupo Aeroportuario Centro Norte)

- Acapulco
- Cd. Juárez
- Chihuahua
- Culiacán
- Durango





Análisis de Pista del Aeropuerto Internacional “Ponciano Arriaga” de San Luis Potosí S. L. P.

- Mazatlán
- Monterrey
- Reynosa
- San Luis Potosí
- Tampico
- Torreón
- Zacatecas
- Zihuatanejo



Análisis de Pista del Aeropuerto Internacional “Ponciano Arriaga” de San Luis Potosí S. L. P.

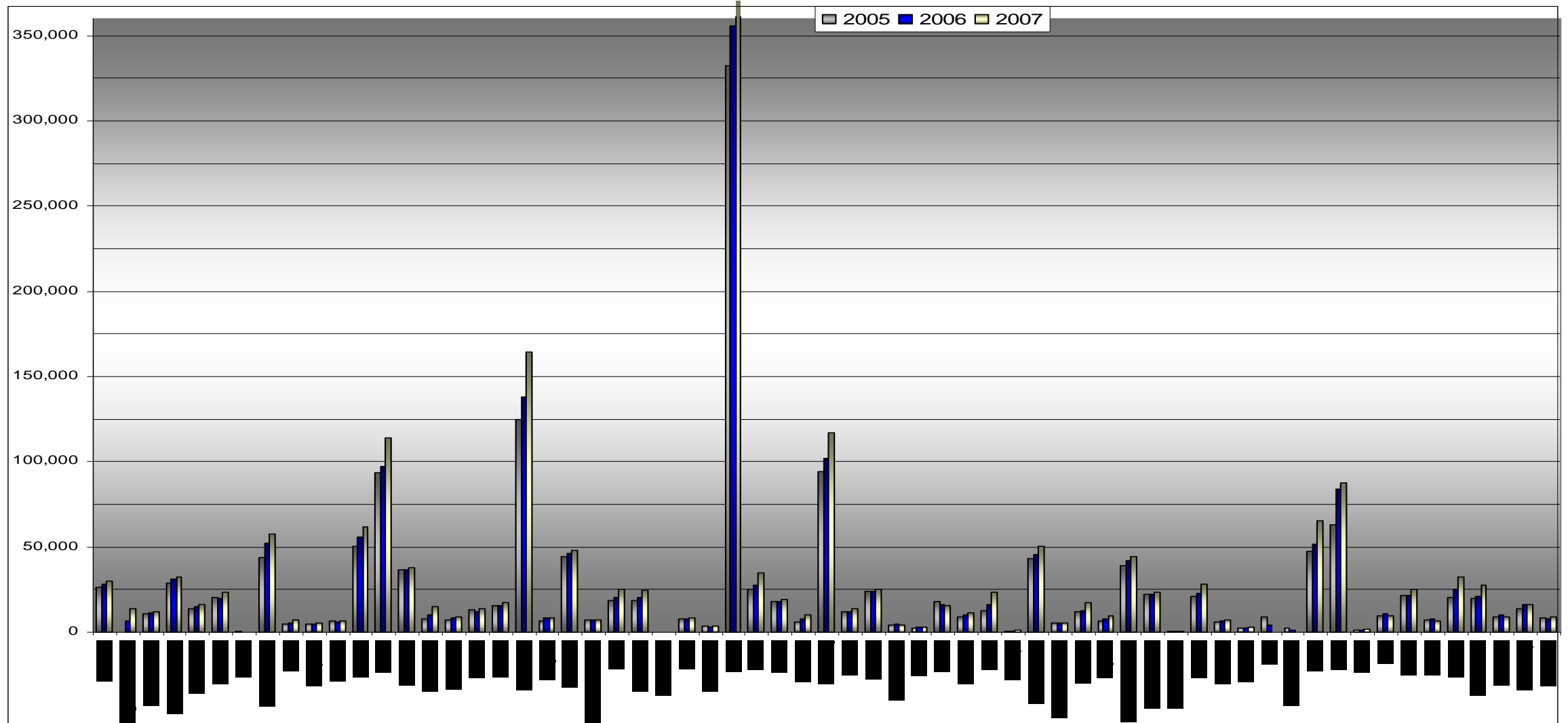
A continuación se presenta la tabla y la gráfica que representa el comportamiento del SAM de la cantidad de operaciones que se tuvieron en el 2005, 2006 y 2007.

Sigla	Aeropuerto	Operaciones			Sigla	Aeropuerto	Operaciones		
		2005	2006	2007			2005	2006	2007
ACA	Acapulco	26,336	28,015	30,016	MXL	Mexicali	11,843	12,272	13,877
ACC	Ángel Albino Corzo		6,586	13,756	MZT	Mazatlán	23,965	24,046	25,292
AGU	Aguascalientes	11,076	11,546	12,174	NLD	Nuevo Laredo	4,356	4,663	4,279
BJX	Bajío (León, Gto)	29,096	30,973	32,263	NOG	Nogales	2,188	2,775	2,905
CEN	Cd. Obregón	14,031	15,131	16,347	OAX	Oaxaca	17,796	16,148	15,578
CJS	Cd. Juárez	20,424	19,612	23,567	PAZ	Poza Rica	9,248	10,487	11,635
CJT	Comitán	512			PBC	Puebla	12,782	16,328	23,181
CME	Cd. Del Carmen	43,948	51,958	57,450	PQM	Palenque	617	692	951
COL	Colima	5,030	5,207	7,432	PVR	Puerto Vallarta	43,495	45,557	50,501
CPE	Campeche	4,607	4,647	5,521	PXM	Puerto Escondido	5,255	5,380	5,521
CTM	Chetumal	6,594	6,274	6,420	QET	Querétaro	11,870	12,892	17,539
CUL	Culiacán	50,648	55,691	61,675	REX	Reynosa	6,513	7,877	9,483
CUN	Cancún	93,761	97,228	114,067	SJD	San José Del Cabo	38,939	42,135	44,485
CUU	Chihuahua	36,614	36,681	37,992	SLP	San Luis Potosí	22,102	22,150	23,696
CVJ	Cuernavaca	7,649	10,299	14,750	SZT	San Cristóbal C.	315	365	335
CVM	Cd. Victoria	7,367	8,211	9,131	TAM	Tampico	21,299	22,730	27,938
CZM	Cozumel	13,381	12,122	13,801	TAP	Tapachula	6,169	6,621	7,441
DGO	Durango	15,599	15,672	17,112	TCN	Tehuacan	2,196	2,660	2,961
GDL	Guadalajara	124,677	138,203	164,244	TGM	Terán	8,861	3,973	
GYM	Guaymas	6,662	8,224	8,344	TGZ	Tuxtla Gutiérrez	2,411	1,063	
HMO	Hermosillo	44,680	46,122	48,297	TIJ	Tijuana	47,259	51,832	65,460
HUX	Bahías de Huatulco	6,996	7,179	7,041	TLC	Toluca	63,149	83,995	87,812
LAP	La Paz	18,569	20,358	25,011	TMN	Tamuín	1,315	1,359	1,577
LMM	Los Mochis	18,705	20,419	24,445	TNY	Tepic	9,876	10,894	9,452
LOM	Loma Bonita	133			TRC	Torreón	21,523	21,546	25,101
LTO	Loreto	7,524	7,629	8,175	UPN	Uruapan	7,358	7,569	6,869
MAM	Matamoros	3,771	3,055	3,566	VER	Veracruz	20,520	24,905	32,308
MEX	México	332,623	355,593	378,161	VSA	Villahermosa	19,892	21,098	27,351
MID	Mérida	25,449	27,610	34,686	ZCL	Zacatecas	9,112	10,381	9,169
MLM	Morelia	18,166	18,144	19,395	ZIH	Zihuatanejo	13,899	16,474	16,190
MTT	Minatitlán	5,937	7,625	9,999	ZLO	Manzanillo	8,217	8,004	8,809
MTY	Monterrey	94,292	101,736	116,826	Sumas		1,569,197	1,696,621	1,899,360
					Var %		8.12		11.95

Tabla 1 Comparación de Operaciones 2005, 2006 y 2007 SAM



Análisis de Pista del Aeropuerto Internacional "Ponciano Arriaga" de San Luis Potosí S. L. P.



Gráfica 1. Comparación de Operaciones 2005, 2006 y 2007 SAM



Análisis de Pista del Aeropuerto Internacional “Ponciano Arriaga” de San Luis Potosí S. L. P.

Para el desarrollo de esta tesis, se tratará el caso particular del Aeropuerto Internacional “Ponciano Arriaga” de San Luis Potosí (SLP) perteneciente al Grupo Aeroportuario Centro – Norte (OMA).

Este grupo tuvo un incremento en sus operaciones de 6.28% y 9.55% en el 2006 y 2007 respectivamente, mientras que el aeropuerto SLP por si solo tuvo un incremento de 0.22% para 2006 y 6.98% para 2007. Considerando que este aeropuerto tiene la mayor parte de sus operaciones destinadas para correo y carga se propondrán nuevas rutas al extranjero, ya que como se verá a lo largo del desarrollo del trabajo, el aeropuerto de San Luis Potosí tiene un gran potencial para incrementar las operaciones no solo dentro de nuestras fronteras.

La manera más eficiente de demostrarlo es conociendo a fondo las diferentes características de la ciudad y el aeropuerto de San Luis Potosí, realizar el respectivo análisis de pista, elaborar un plan maestro enfocado a la demanda que deberá cubrirse a lo largo de los años y finalmente hacer las debidas recomendaciones para el ordenamiento urbano con el fin de evitar principalmente la invasión de los terrenos que vayan a usarse en un futuro por parte de la población que ya habita en las zonas aledañas al aeropuerto y en segundo lugar para evitar la construcción de posibles obstáculos que impidan los despegues y los aterrizajes de las aeronaves.

Todo lo anteriormente dicho se debe llevar a cabo de manera que el mercado se expanda, cuidando que la inversión sea rentable y bien fundamentada.



Prefacio

La intención de desarrollar este tema es brindar opciones para que el aeropuerto internacional de San Luis Potosí explote de manera progresiva, la privilegiada ubicación del Estado en la que se encuentra dentro de la Republica Mexicana.

Cabe mencionar que el país se encuentra en un momento de crecimiento acelerado en cuanto a transporte aéreo que sirve como indicador para hacer mejoras en la infraestructura de los aeropuertos. Este es el caso del aeropuerto que se analiza en este trabajo, ya que la empresa Estafeta se ha convertido en una impulsora del movimiento de carga aérea.

Esta empresa decidió ampliar sus instalaciones para satisfacer la demanda, por lo cuál necesitará de aeronaves de mayor capacidad, provocando que el aeropuerto se de a la tarea de proveer los recursos necesarios para recibir las aeronaves de mayor envergadura.

Es así como se plantea y desarrolla esta tesis para la satisfacción de demandas en cadena gracias a la incipiente movilización de carga, a través del espacio aéreo dentro y fuera de nuestras fronteras.



Prólogo

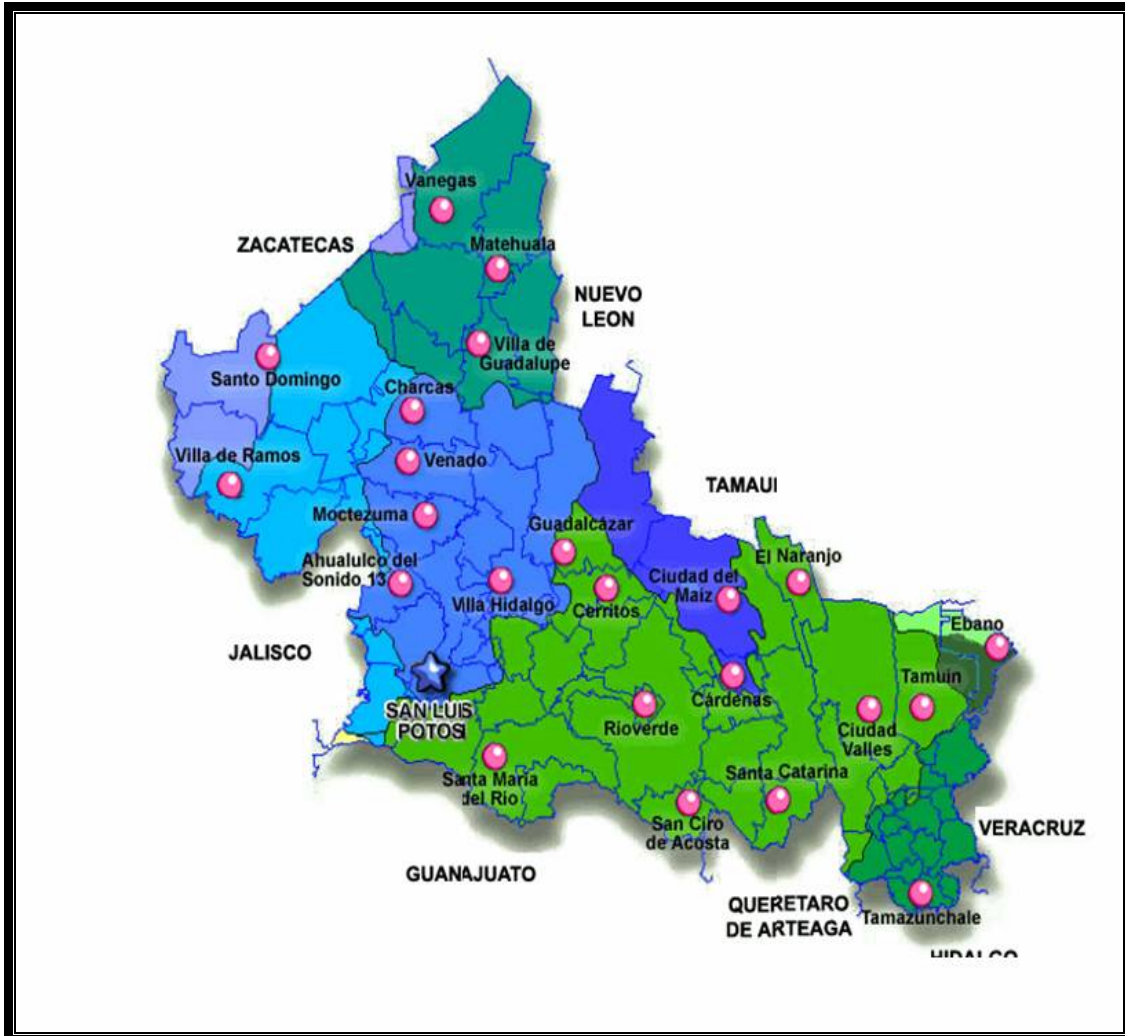
Este trabajo, que en un inicio plantea una investigación del sistema, el comportamiento del mercado y la demanda de crecimiento, se ha convertido en el resultado de todo un esfuerzo realizado, con información de más de un año y llevando a cabo aplicaciones continuas de procesos directamente relacionados con el Sistema Aeroportuario Mexicano (SAM) con beneficios tangibles y crecimientos considerables.

La importancia y fuerza que adquiere esta tesis como parte fundamental del crecimiento académico y laboral, refleja una madurez en su contenido y desarrollo que no solo queda explícito como trabajo de investigación, sino que expone una alternativa actual con aplicación y comprobación de la misma.

Es una tesis que denota el compromiso que se ha tenido hasta hoy, con el fin de obtener los mejores resultados y ofrecer un documento de calidad. Siendo así un trabajo que representa un alto valor profesional y sentimental.



I. Antecedentes





Análisis de Pista del Aeropuerto Internacional “Ponciano Arriaga” de San Luis Potosí S. L. P.

I.1 Descripción general del estado.

El estado de San Luis Potosí cuenta con una extensión territorial de 62,848 km² que representa el 3.2% del territorio del país, la población es de 2, 400,000 habitantes, además el estado ofrece al inversionista su privilegiada ubicación geográfica y las oportunidades que ha creado, para que incremente intercambios de inversión, comercio, cultura y amplíe su participación, fundamentalmente con los países de América del Norte y en general Latinoamérica.

Su localización es ideal dentro de la República Mexicana. Se halla equidistante de las ciudades de México, Monterrey y Guadalajara. Está comunicado por carretera y ferrocarril a los más importantes puntos del territorio nacional, entre otros, a los puertos de Tampico y Veracruz en el Golfo de México, Mazatlán y Manzanillo en el Océano Pacífico, así como a las ciudades fronterizas en Estados Unidos como son Brownsville, Mc Allen y Laredo, por las que se realiza un alto porcentaje de comercio exterior.



Figura 1.1 Posición de San Luis Potosí en la Republica Mexicana



Análisis de Pista del Aeropuerto Internacional “Ponciano Arriaga” de San Luis Potosí S. L. P.

Sus modernos centros urbanos proporcionan toda clase de servicios a núcleos importantes de personas procedentes de otras regiones del país y del exterior. Su industria y sectores productivos se han modernizado gradualmente y la economía potosina es cada vez más competitiva y orientada a la exportación en el marco del proceso de globalización comercial.

Existen también sitios en donde se conjugan las actividades agrícolas, ganaderas, industriales y sobre todo para la población trabajadora, por el nivel de abasto y consumo de los productos por los diversos sectores.

Cabe señalar que el gobernador de San Luis Potosí, Marcelo de los Santos Fraga, menciona que el PIB (Producto Interno Bruto) con el que cuenta el estado es de 11 mil millones de dólares, lo que representa un poco más del 2% del PIB nacional. Por otra parte, con 2, 400,000 habitantes y con una densidad de población de 36 habitantes por km² da como resultado un PIB per capita de 4 mil 500 dólares cuando el promedio nacional es de 6 mil dólares.

I.2 Intereses para manejar carga internacional

Al hacer una comparación, respecto a carga, correo y equipaje entre los aeropuertos próximos a San Luis Potosí, tales como: Aguascalientes, Bajío (León, Gto.), Tampico y Zacatecas, con la finalidad de ver la eficiencia del aeropuerto en cuestión, tenemos que el tonelaje de carga para San Luis Potosí es muy superior que los otros cuatro aeropuertos. En cuanto al correo los líderes son Bajío (León, Gto.) y Zacatecas, quedando San Luis Potosí en último lugar. Para el equipaje sucede casi lo mismo, Bajío (León, Gto.) es el primer lugar mientras que San Luis Potosí se queda en último lugar.

La posible explicación por la que San Luis Potosí esté en último lugar en correo y equipaje se debe a que Zacatecas y Bajío (León, Gto.) son los aeropuertos que mueven mayor número de trabajadores inmigrantes en el país, pero en cuanto a carga San Luis Potosí tiene el mayor tonelaje por que es el principal distribuidor a las tres ciudades mas importantes: Ciudad de México, Guadalajara y Monterrey ya que es, aproximadamente la misma distancia hacia las tres saliendo de San Luis Potosí.



Análisis de Pista del Aeropuerto Internacional “Ponciano Arriaga” de San Luis Potosí S. L. P.

Carga, Correo y Equipaje de Aguascalientes, Bajío, San Luis Potosí, Tampico y Zacatecas Acumulado en 2005 (Kilogramos)

Sigla	Aeropuerto	Carga			Correo			Equipaje			Total Kg
		Nal.	Int.	Suma	Nal.	Int.	Suma	Nal.	Int.	Suma	
AGU	Aguascalientes	1,178,316	166,296	1,344,612	605	304	909	7,935,931	4,380,280	12,316,211	13,661,732
BJX	Bajío (León, Gto)	1,370,006	531,289	1,901,295	5,169	1	5,170	9,135,760	9,363,566	18,499,326	20,405,791
SLP	San Luis Potosí	15,912,577	271	15,912,848	0	0	0	1,557,175	1,222,472	2,779,647	18,692,495
TAM	Tampico	877,753	150	877,903	153	0	153	3,311,063	415,360	3,726,423	4,604,479
ZCL	Zacatecas	1,016,118	24,567	1,040,685	5,138	10	5,148	4,071,304	2,968,231	7,039,535	8,085,368

Tabla 1.1

Carga, Correo y Equipaje de Aguascalientes, Bajío, San Luis Potosí, Tampico y Zacatecas Acumulado en 2006 (Kilogramos)

Sigla	Aeropuerto	Carga			Correo			Equipaje			Total Kg
		Nal.	Int.	Suma	Nal.	Int.	Suma	Nal.	Int.	Suma	
AGU	Aguascalientes	744,130	229,171	973,301	1,225	0	1,225	3,097,411	2,469,900	5,567,311	6,541,837
BJX	Bajío (León, Gto)	1,257,218	310,790	1,568,008	929	932	1,861	9,264,680	9,723,388	18,988,068	20,557,937
SLP	San Luis Potosí	17,751,775	5,780	17,757,555	6	0	6	1,480,058	1,511,193	2,991,251	20,748,812
TAM	Tampico	835,518	612	836,130	214	0	214	485,120	4,429,727	4,914,847	5,751,191
ZCL	Zacatecas	1,483,611	14,816	1,498,427	608	0	608	5,093,275	2,903,651	7,996,926	9,495,961

Tabla 1.2

Carga, Correo y Equipaje de Aguascalientes, Bajío, San Luis Potosí, Tampico y Zacatecas Acumulado en 2007 (Kilogramos)

Sigla	Aeropuerto	Carga			Correo			Equipaje			Total Kg
		Nal.	Int.	Suma	Nal.	Int.	Suma	Nal.	Int.	Suma	
AGU	Aguascalientes	475,160	153,897	629,057	106	82	188	3,691,118	2,350,264	6,041,382	6,670,627
BJX	Bajío (León, Gto)	1,138,769	193,346	1,332,115	383	2	385	10,703,846	9,110,396	19,814,242	21,146,742
SLP	San Luis Potosí	18,795,552	3,741	18,799,293	5	0	5	1,675,237	1,455,742	3,130,979	21,930,277
TAM	Tampico	885,187	1,639	886,826	212	0	212	4,745,011	456,153	5,201,164	6,088,202
ZCL	Zacatecas	623,127	93,051	716,178	111	0	111	3,386,167	2,641,779	6,027,946	6,744,235

Tabla 1.3



Análisis de Pista del Aeropuerto Internacional "Ponciano Arriaga" de San Luis Potosí S. L. P.

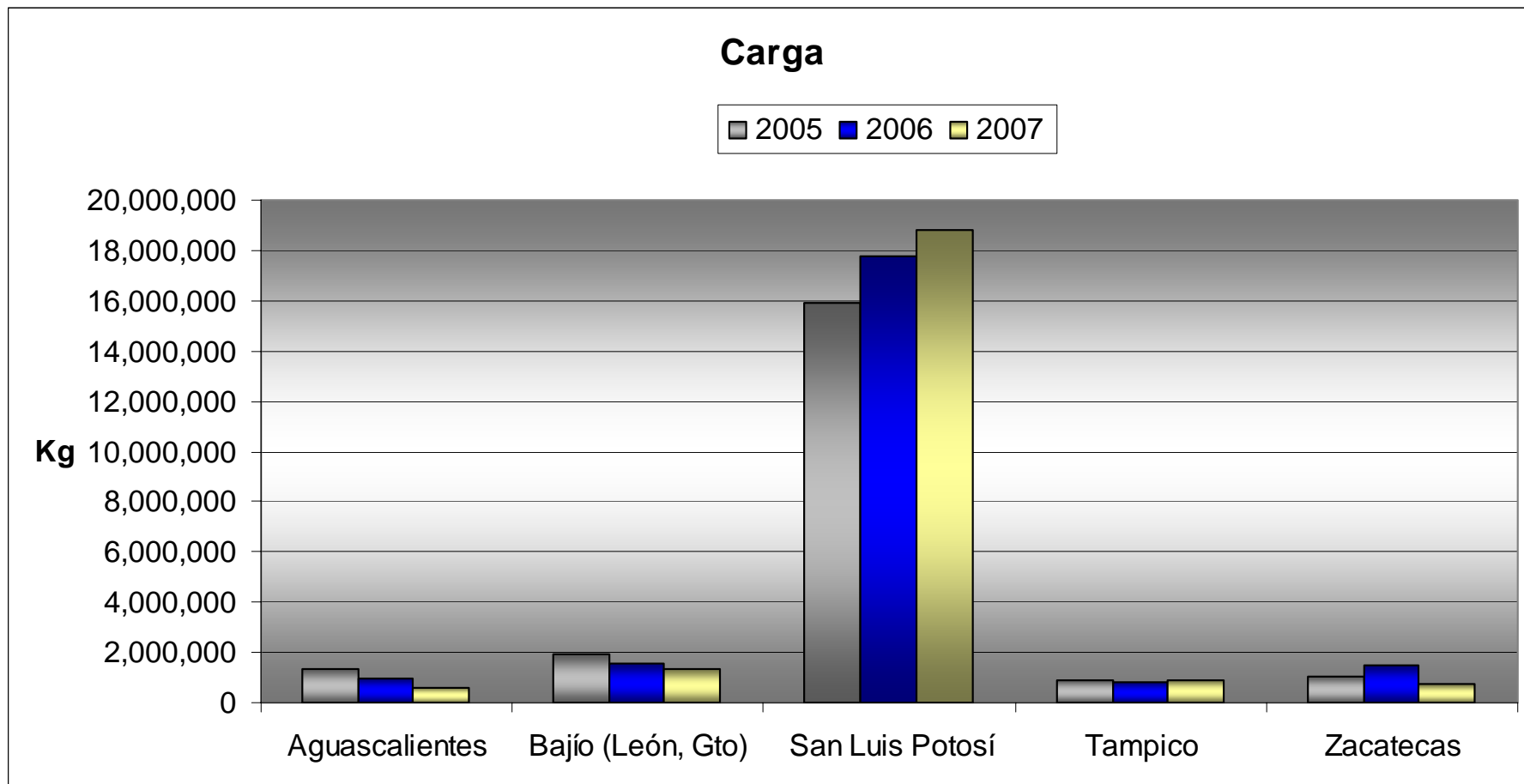


Gráfico 1.1 Comparación Anual de Carga. Aguascalientes, Bajío, San Luis Potosí, Tampico y Zacatecas



Análisis de Pista del Aeropuerto Internacional “Ponciano Arriaga” de San Luis Potosí S. L. P.

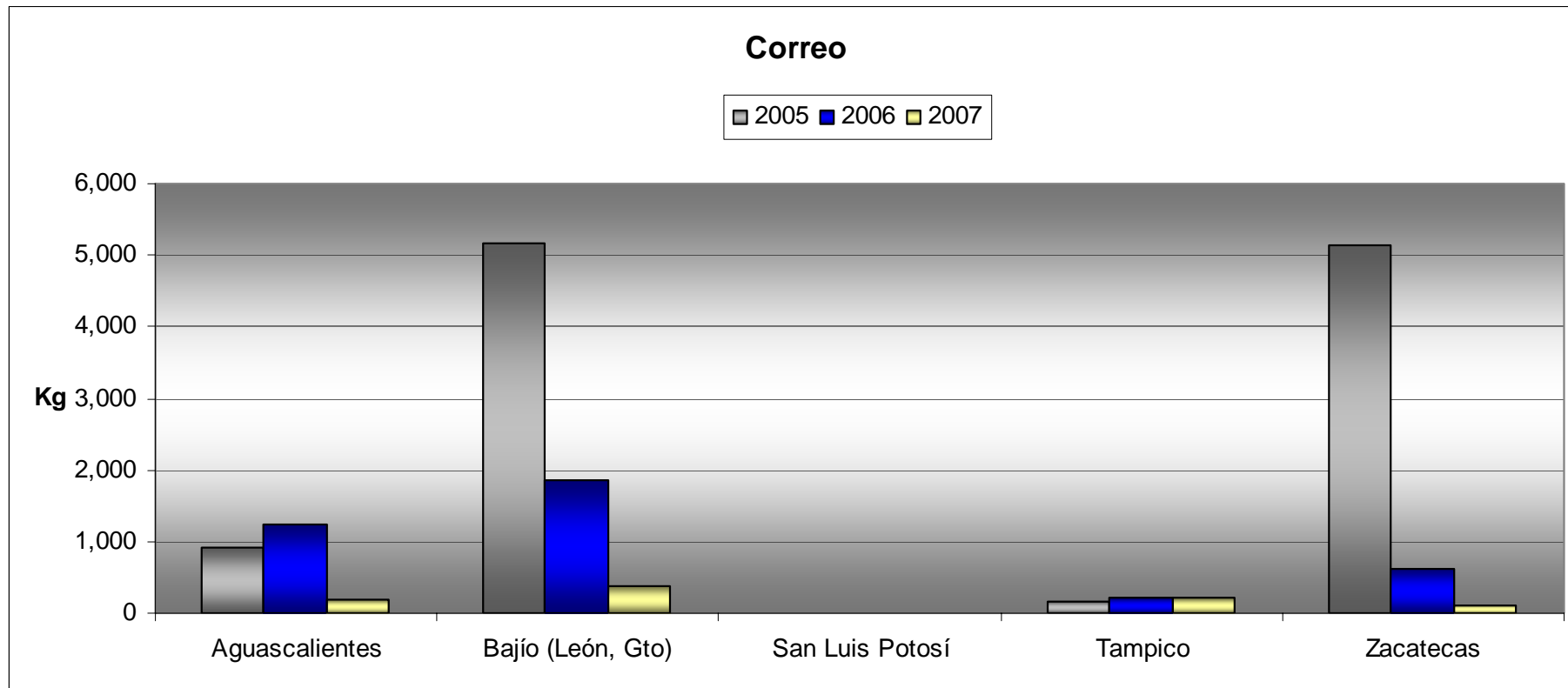


Gráfico 1.2 Comparación Anual de Correo. Aguascalientes, Bajío, San Luís Potosí, Tampico y Zacatecas



Análisis de Pista del Aeropuerto Internacional “Ponciano Arriaga” de San Luis Potosí S. L. P.

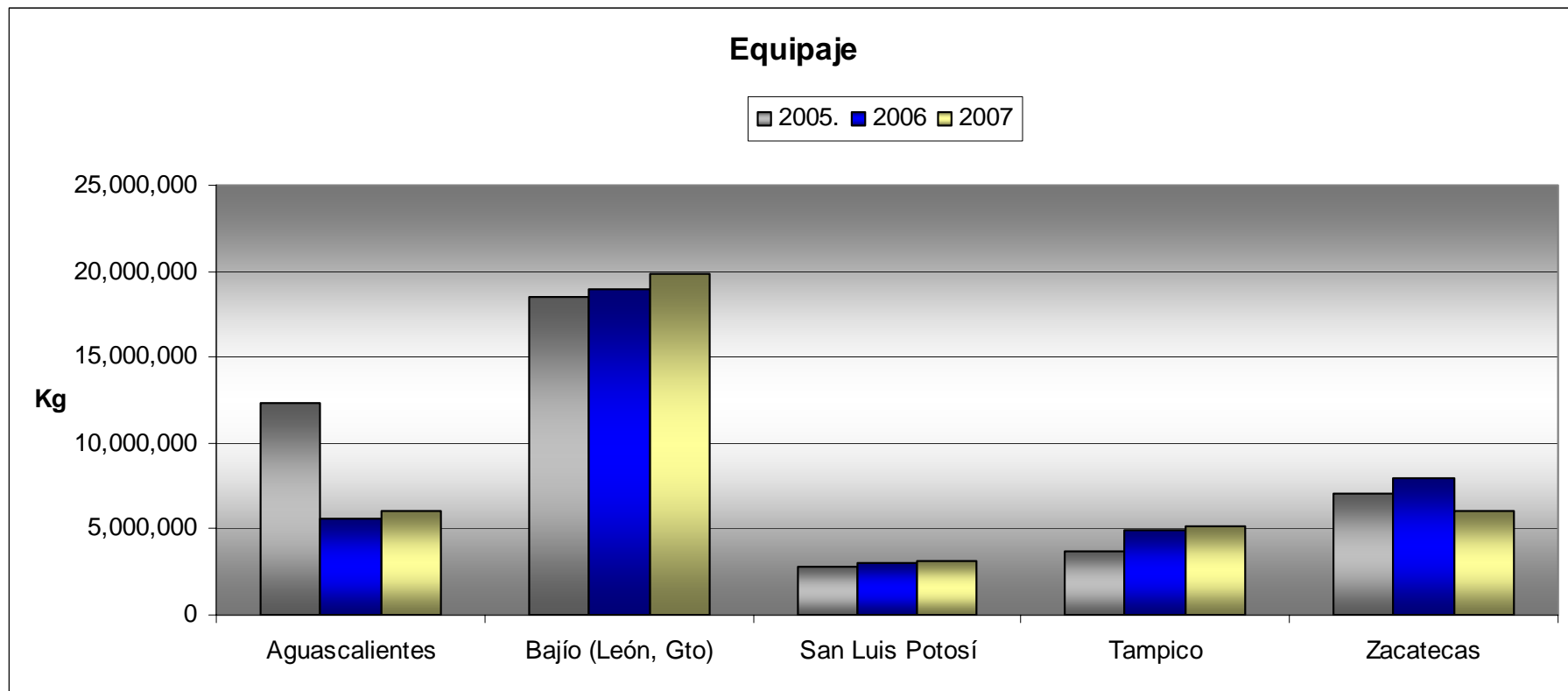


Gráfico 1.3 Comparación Anual de Equipaje. Aguascalientes, Bajío, San Luis Potosí, Tampico y Zacatecas



Análisis de Pista del Aeropuerto Internacional “Ponciano Arriaga” de San Luis Potosí S. L. P.

El martes 18 de enero de 2005 se hizo un comunicado en el estado sobre la ampliación de la pista del aeropuerto internacional de San Luis Potosí y por medio de Internet se difundió al resto del país. El comunicado dice lo siguiente:

Ampliarán un Kilómetro la pista del Aeropuerto Internacional Ponciano Arriaga

Martes 18 de enero de 2005

Se invertirán 150 millones de pesos para fortalecer las operaciones y recibir aviones de gran envergadura.

San Luis Potosí se consolidará como un centro nacional de carga aérea con nuevas inversiones de Estafeta y la llegada de DHL. Con una inversión del orden de los 150 millones de pesos, durante el 2005 se ampliará un kilómetro la pista del aeropuerto internacional Ponciano Arriaga con objeto de que pueda recibir aeronaves de gran envergadura, con lo que se consolidará como un centro de carga y pasaje.

Acorde al crecimiento económico que registra la entidad derivado del intenso trabajo de promoción que realiza el Gobierno del Estado, este año se fortalecerán las acciones emprendidas para hacer del aeropuerto de San Luis Potosí, un centro de distribución nacional de carga y se emprenderán nuevas gestiones para que las líneas aéreas operen nuevos vuelos tanto nacionales como internacionales.

Como se recordará, el aeropuerto de San Luis Potosí es operado por el Grupo Aeroportuario Centro-Norte, con quien se han sostenido pláticas para la ampliación de la pista, obra que se ejecutará este mismo año.

Cabe mencionar además, que este miércoles se realizará la inauguración oficial del nuevo vuelo Dallas-San Luis Potosí que implementó la aerolínea estadounidense American Eagle y que en diciembre pasado Mexicana implementó el vuelo Chicago-San Luis, así mismo durante el 2004, esta misma empresa reinició sus operaciones aéreas entre San Luis Potosí y la Ciudad de México.



Análisis de Pista del Aeropuerto Internacional “Ponciano Arriaga” de San Luis Potosí S. L. P.

Así mismo, por su ubicación geográfica privilegiada, la empresa Estafeta esta invirtiendo en nuevas instalaciones en el Centro de Carga que ya opera en el Ponciano Arriaga y se estima que durante el primer semestre de 2006, DHL se instale en esta plaza. De esta manera, por su crecimiento industrial y turístico San Luis Potosí se esta convirtiendo en uno de los polos de desarrollo económico más atractivos del país y con la ampliación de la pista de su aeropuerto, se fortalecerá este objetivo.

Referencia: Comunicación Social del Gobierno del Estado

Dado que Estafeta es la primera empresa mexicana en estar interesada en la ampliación de la pista del aeropuerto internacional “Ponciano Arriaga” a continuación se presenta una breve historia.

I.3 Programas de reordenamiento urbano del Gobierno Municipal

El gobierno del estado de San Luis Potosí ha creado un programa con el nombre “Alianza Contigo” en el cuál se tienen diversos objetivos, el primero es el Objetivo General que pretende impulsar la participación creciente y autogestiva, principalmente de los productores de bajos ingresos y sus organizaciones, para el establecimiento de los Agronegocios en el medio rural, encaminados a obtener beneficios de impacto social, económico y ambiental, y el fortalecimiento de la competitividad de las cadenas agroalimentarias, tanto para incrementar el ingreso de los productores y elevar su calidad de vida, como para diversificar las fuentes de empleo y fomentar el arraigo en el campo. Los objetivos específicos consisten en una Alianza para el Campo que busca Impulsar el desarrollo rural con una visión más amplia a la actividad agropecuaria y silvícola, considerando para ello la aplicación de cuatro líneas estratégicas:

- a) la reconversión productiva;
- b) la integración de las cadenas agroalimentarias y de pesca;



Análisis de Pista del Aeropuerto Internacional “Ponciano Arriaga” de San Luis Potosí S. L. P.

- c) la atención a grupos y regiones prioritarias y
- d) la atención a factores críticos.

En este marco de atención se establecen los objetivos específicos siguientes:

I. Fomentar la organización económica campesina como una prioridad para elevar la participación activa y corresponsable de los productores del campo, mediante el fortalecimiento de la participación organizada de los productores rurales en el desarrollo de las cadenas productivas a nivel local, regional y nacional.

II. Fomentar la inversión rural de los productores, principalmente a través de proyectos que les permitan incrementar su productividad y rentabilidad en los diferentes tramos de la cadena productiva, mediante el otorgamiento de apoyos para la capitalización de sus unidades de producción.

III. Establecer esquemas para el desarrollo de las capacidades de la población rural, para el mejoramiento de los procesos productivos, comerciales, organizativos y empresariales, mediante apoyos para servicios de capacitación, asistencia técnica, consultoría y de proyectos para apropiación de tecnologías.

IV. Fortalecer la organización de las Unidades de Producción Rural (UPR) para su incorporación a la captación de valor agregado, mediante la entrega de apoyos para su consolidación organizativa y empresarial.

V. Fortalecer y avanzar en los niveles de sanidad e inocuidad del sector agroalimentario y pesquero, a nivel regional y estatal, sin distinción de estratos sociales para mejorar la calidad de los productos y favorecer su acceso a los mercados interno y externo.



Análisis de Pista del Aeropuerto Internacional “Ponciano Arriaga” de San Luis Potosí S. L. P.

Historia de *ESTAFETA*

La primera empresa mexicana de mensajería y paquetería, nace el 8 de agosto de 1979 con el nombre de Estafeta. Su fundador, Gerd Grimm, un empresario con una larga trayectoria en el negocio de carga y mensajería internacional, decide introducir el innovador servicio puerta a puerta en el país.

En el primer día se manejó solo un envío pero 28 años después, se operan 100 mil envíos diarios a más de 2 500 destinos.

A principio de los años 80, con dos productos: Esporádico y Contrato, un pequeño grupo de personas, interesadas en hacer crecer el nombre de Estafeta, se lanza al mercado de los envíos y empieza el movimiento de manera regular.

Había que llegar a más destinos en tiempos definidos a como diera lugar. Así, se fue formando la red de oficinas y centros operativos en el país, al ritmo del acelerado crecimiento de los envíos.

En un inicio, se recurrió al transporte público, pero pronto se descubrió la importancia de contar con vehículos propios tanto para las rutas foráneas como para las locales.

Con la formación de los primeros equipos de vendedores, un portafolio más amplio de productos y una exitosa campaña de publicidad masiva, Estafeta comenzó a ganar el mercado.

En los años 90, a la notable expansión de los primeros diez años, corresponde ahora una organización más estructurada capaz de generar un crecimiento sostenido.

En esta década no sólo se logró consolidar la operación terrestre sino que también se incorporó la operación aérea y se optimizó la red logística con



Análisis de Pista del Aeropuerto Internacional “Ponciano Arriaga” de San Luis Potosí S. L. P.

Centros de Intercambio y Operativos de vanguardia, ubicados estratégicamente: San Luis Potosí, La Tinaja (Veracruz), Tepetzotlán (Estado de México), entre otros.

La automatización se traduce en valores agregados para los clientes con el sistema de rastreo electrónico, el comando interactivo y el sitio de Estafeta en Internet, soportados en una robusta red de telecomunicaciones.

En los últimos años, Estafeta formó una línea aérea de carga propia que fortalece la capacidad logística al poder transportar envíos, a lugares más distantes, en el menor tiempo posible.

Estafeta Carga Aérea fue creada en Febrero del año 2000 como parte del grupo Estafeta. Entre sus principales objetivos está el de ofrecer servicios logísticos de carga aérea internacional y nacional, siendo el servicio aeropuerto-aeropuerto, el principal producto.

Estafeta Carga Aérea (Estafeta Cargo) es una línea que resuelve las necesidades de transportación de mercancía, con vuelos de itinerario desde y hacia México, vuelos charter, vuelos propios a Estados Unidos y conexiones al resto del continente americano, Europa y Oriente.

Los aviones transportan toneladas de mensajería, paquetería y carga a lo largo de diferentes destinos, incluyendo perecederos y animales vivos.



Análisis de Pista del Aeropuerto Internacional “Ponciano Arriaga” de San Luis Potosí S. L. P.

Estafeta Cargo en el año 2004 contaba con 4 aeronaves Boeing modelo 737-200C (fig. 1.2), con la ventaja de tratarse de aviones cargueros que le permitían manejar carga paletizada y carga de grandes dimensiones hasta de 16 toneladas.

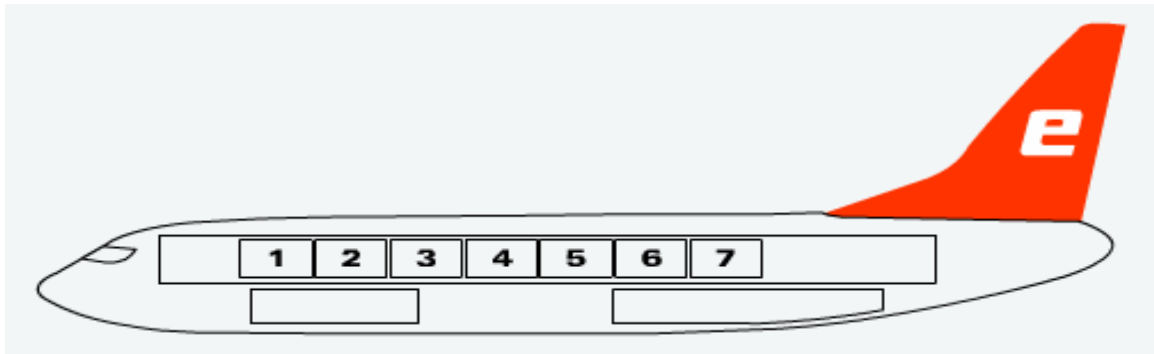


Figura 1.2 Aeronave B737-200C

Para el año 2005, Estafeta Cargo integra a su flota 2 aviones Boeing modelo 737-300C (fig. 1.3), para el transporte de carga con capacidad de hasta 18 toneladas.

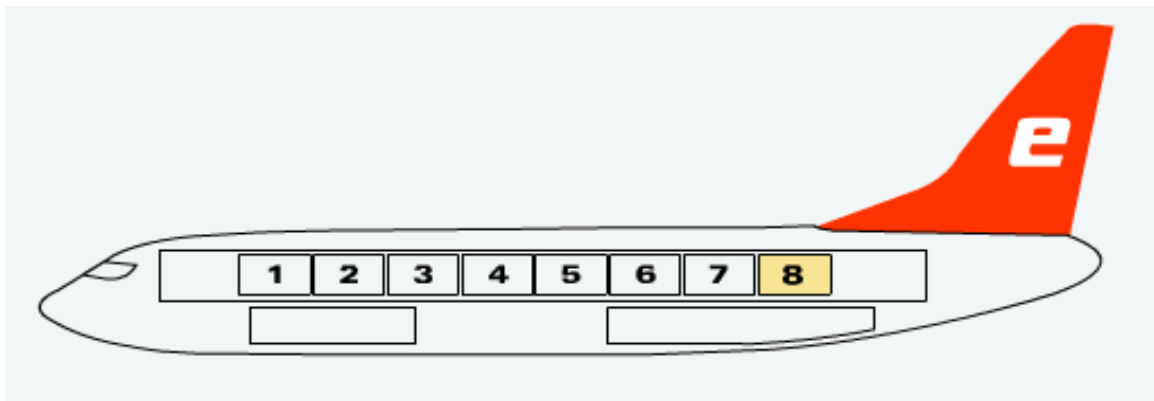


Figura 1.3 Aeronave B737-300C



II. Descripción General del Aeropuerto





Análisis de Pista del Aeropuerto Internacional “Ponciano Arriaga” de San Luis Potosí S. L. P.

II.1 Superficie.

El aeropuerto internacional “Ponciano Arriaga” de San Luis Potosí, S. L. P. de coordenadas geográficas lat $22^{\circ}15'15.3422''N$ y long $100^{\circ}55'50.7383''W$ está ubicado en el km 9.5 de la carretera 57 que va de San Luis Potosí a Matehuala, en el Ejido Maravillas.

La superficie total del aeropuerto es aproximadamente de 5.28 km^2 , es decir, 528 hectáreas distribuidas como se muestra en la imagen.



Figura 2.1 Límites del Aeropuerto



Análisis de Pista del Aeropuerto Internacional “Ponciano Arriaga” de San Luis Potosí S. L. P.

La temperatura de referencia es de 29.4 °C, el clima que se presenta con mayor regularidad es el seco-desértico, donde también se encuentra una gran variedad de cactáceas, algunas únicas en su género.

La elevación es de 1,839 m. s. n. m. que si la comparamos y mostramos gráficamente con respecto a las elevaciones del Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México (MEX) con elevación 2,228 m. s. n. m. y el Aeropuerto Internacional de Toluca (TLC) con 2,587 m. s. n. m. se vería de la siguiente manera:



Figura 2.2 Comparación de elevaciones entre aeropuertos

II.2 Zona Aeronáutica.

Ésta zona se delimita alrededor del mismo aeropuerto, el espacio que se requiere mantener libre de obstáculos, o en el peor de los casos a liberar de obstáculos, a fin de permitir la seguridad y la regularidad de las operaciones.



Análisis de Pista del Aeropuerto Internacional “Ponciano Arriaga” de San Luis Potosí S. L. P.

Las partes que la componen son:

- *Espacio Aéreo.* El espacio aéreo está clasificado por la OACI en 7 partes, definidos con una letra de la A a la G. Clase A representa el nivel más alto de control, mientras que clase G es espacio aéreo no controlado. No todos los países tienen todas las clasificaciones de los espacios aéreos, se seleccionan los que más estén acorde a las necesidades que éste requiera.
- *Pista.* Es la superficie de un campo de aviación o de un aeropuerto, así como también de un portaaviones, sobre la cual los aviones toman tierra y frenan para efectuar el aterrizaje o bien aceleran hasta alcanzar la velocidad que les permite despegar.
- *Franja de seguridad (300 m * Longitud de Pista + 120 m).* Una superficie definida que comprende la pista y la zona de parada, si la hubiese, destinada a:
 - a) reducir el riesgo de daños a las aeronaves que salgan de la pista
 - b) proteger a las aeronaves que sobrevuelan durante las operaciones de despegue o aterrizaje.
- *Superficie horizontal.* Superficie situada en un plano horizontal sobre un aeropuerto y sus alrededores.
- *Superficie cónica.* Superficie de pendiente ascendente y hacia fuera que se extiende desde la periferia de la superficie horizontal externa.
- *Superficie de transición.* Superficie que se extiende a lo largo del borde de la franja y parte del borde de la superficie de aproximación, de pendiente ascendente y hacia afuera hasta la superficie horizontal interna.
- *Trapecios de aproximación.* Plano inclinado o combinación de planos anteriores al umbral.
- *Superficies de ascenso.* Plano inclinado u otra superficie especificada situada más allá del extremo de una pista o zona libre de obstáculos.



Análisis de Pista del Aeropuerto Internacional “Ponciano Arriaga” de San Luis Potosí S. L. P.

- *Calles de rodaje.* Vía definida en un aeropuerto terrestre, establecida para el rodaje de aeronaves y destinada a proporcionar enlace entre una y otra parte del aeropuerto, incluyendo:
 - a) *Calle de acceso al puesto de estacionamiento de aeronave.* La parte de una plataforma designada como calle de rodaje y destinada a proporcionar acceso a los puestos de estacionamiento de aeronaves solamente.
 - b) *Calle de rodaje en la plataforma.* La parte de un sistema de calles de rodaje situada en una plataforma y destinada a proporcionar una vía para el rodaje a través de la plataforma.
 - c) *Calle de salida rápida.* Calle de rodaje que se une a una pista en un ángulo agudo y está proyectada de modo que permitan a los aviones que aterrizan virar a velocidades mayores que las que se logran en otras calles de rodaje de salida y logrando así que la pista esté ocupada el mínimo tiempo posible.
 - d) *Calle de rodaje de entrada.* Aún cuando en San Luis Potosí no exista.
- *Plataforma.* Área definida, en un aeropuerto terrestre, destinada a dar cabida a las aeronaves para los fines de embarque o desembarque de pasajeros, correo o carga, abastecimiento de combustible, estacionamiento o mantenimiento.
- *Cercado y camino perimetral.* El cercado será con la finalidad de establecer los límites del aeropuerto además de no permitir el libre acceso ya sea de personas o animales que pongan en peligro la seguridad y continuidad de las operaciones. El camino perimetral es una ruta aledaña a los límites del aeropuerto con fines de mantenimiento sin interrumpir la operación diaria.

Estas áreas se encuentran asociadas a ciertos equipos, como son las ayudas visuales, las radio ayudas y los equipos meteorológicos.



Análisis de Pista del Aeropuerto Internacional “Ponciano Arriaga” de San Luis Potosí S. L. P.

En el caso del aeropuerto de San Luis Potosí se cuenta con una pista principal de pavimento asfáltico con dimensiones de 3000 m de longitud y 45 m de ancho, con designación 14-32.

La pista secundaria, con designación 04-22, para aeronaves de menor peso, tiene 1000 m de longitud y 30 m de ancho.

La distribución de dichas pistas es la siguiente.

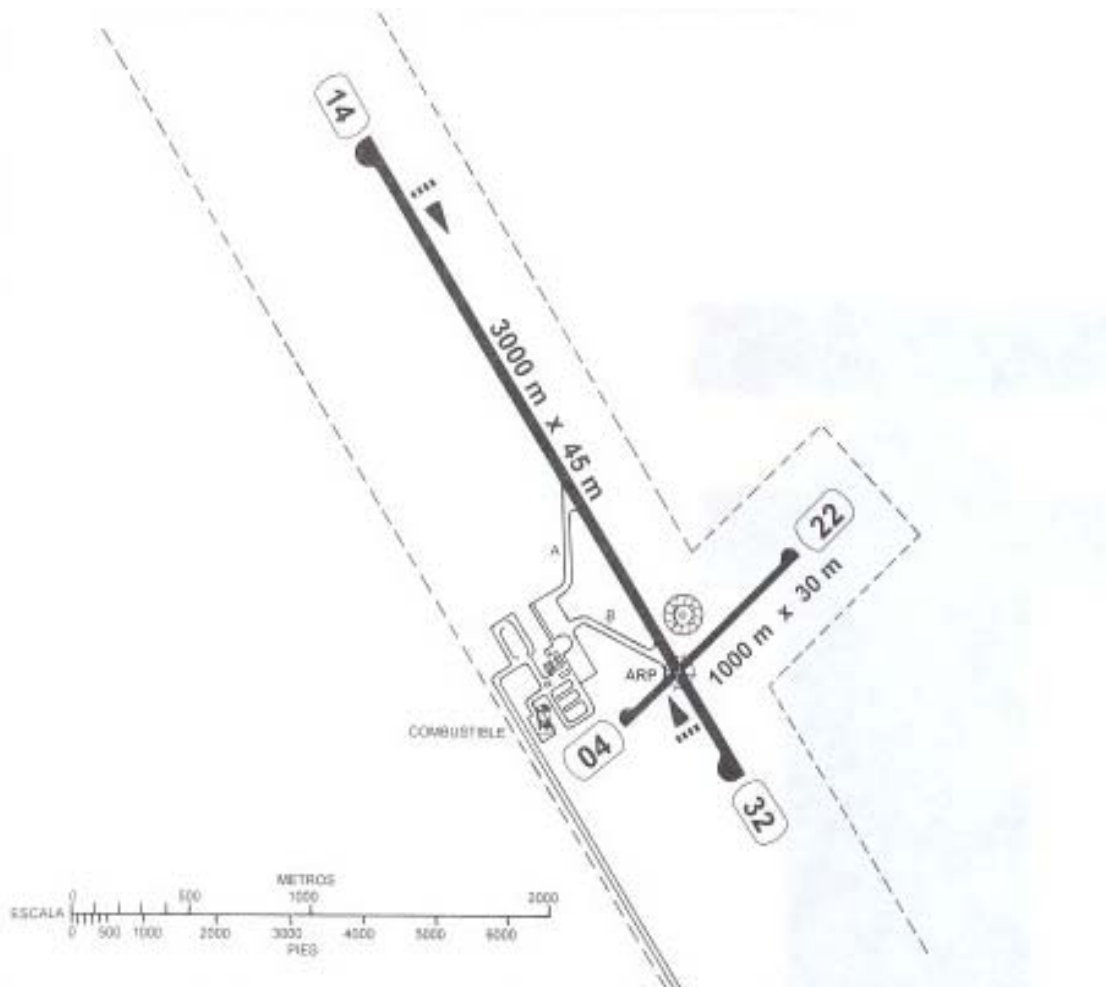


Figura 2.3 Distribución de pistas



Análisis de Pista del Aeropuerto Internacional “Ponciano Arriaga” de San Luis Potosí S. L. P.

También se tienen dos calles de rodaje, Alfa y Bravo. Alfa con una longitud de 485 m y ancho de 23 m aproximadamente mientras que Bravo tiene una longitud de 485 m y con ancho de 25 m aproximadamente.

Existen cuatro plataformas comerciales, una de ellas es de la empresa Estafeta. Las tres plataformas comerciales para pasajeros tienen en total un área de 16,200 m² aproximadamente, es decir que cada una de las tres tendrá 5,400 m². La plataforma de Estafeta tiene un área de 2,600 m² aproximadamente.



Figura 2.4 Plataformas comerciales para Pasajeros.



Figura 2.5 Plataforma de Estafeta



Análisis de Pista del Aeropuerto Internacional “Ponciano Arriaga” de San Luis Potosí S. L. P.

II.3 Zona Terrestre.

Comprende edificio de pasajeros, camino de acceso y liga vial, almacenamiento y distribución de combustible.

El edificio de pasajeros tiene aproximadamente 2,285 m² mientras que el camino de acceso desde la autopista hasta dicho edificio tiene 2.5 km aproximadamente.



Figura 2.6 Edificio de Pasajeros

El espacio destinado al almacenamiento y distribución de combustible es de 1,500 m² aproximadamente.



Figura 2.7 Almacenamiento y distribución de combustible.



Análisis de Pista del Aeropuerto Internacional “Ponciano Arriaga” de San Luis Potosí S. L. P.

II.4 Número de Aerolíneas.

El número de aerolíneas que actualmente operan en el aeropuerto es 6 y estas son algunas de sus características:

<i>Aerolínea</i>	<i>Códigos OACI</i>	<i>Inicio de operaciones</i>	<i>Vuelos a la semana</i>	<i>Origen</i>	<i>Destino</i>
AEROLITORAL o AEROMEXICO CONNECT	SLI	01/03/2003	24	MTY	MTY
AEROMAR	TAO	01/05/2005	90	MEX	MEX
CONTINENTAL	COA	02/03/2006	28	IAH	IAH
ESTAFETA (Solo en mensajería y carga)	ESF	01/09/2005	36	HMO, MEX, CUL	HMO, MID, MEX, CUL
CLICK MEXICANA	CBE	01/03/2006	24	MEX	MEX
AMERICAN EAGLE	AAL	02/03/2006	14	DFW	DFW
Totales			216		

Tabla 2.1 Aerolíneas que Operan en SLI

Los nombres de los aeropuertos antes mencionados en abreviatura según código OACI (Organización de Aviación Civil Internacional) son los siguientes:

- CUL – Culiacán
- DFW – Dallas/Fort Worth
- HMO – Hermosillo
- IAH – International Airport Houston
- MEX – Ciudad de México
- MID – Mérida



Análisis de Pista del Aeropuerto Internacional “Ponciano Arriaga” de San Luis Potosí S. L. P.

- MTY – Monterrey

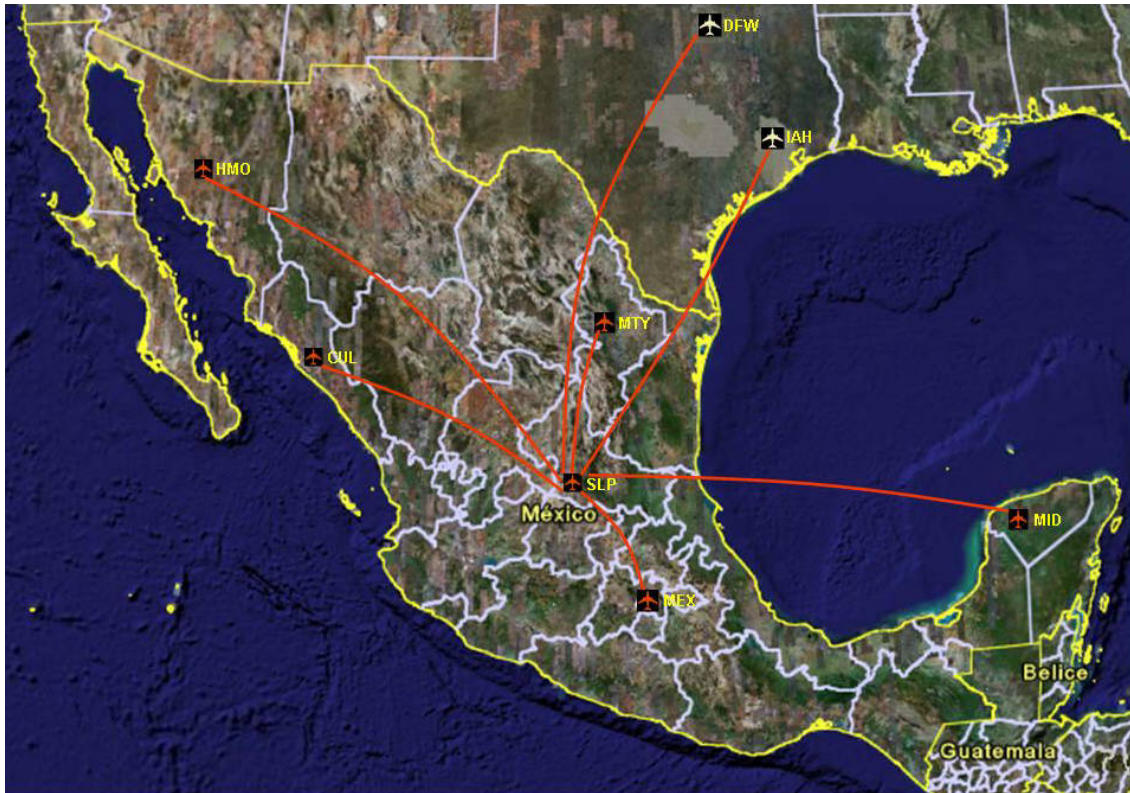


Figura 2.8 Rutas actuales partiendo de SLP

II.5 Flota comercial.

AEROLITORAL o *Aeromexico Connect* opera el avión SAAB 340 B de Turbohélice para 37 pasajeros



Figura 2.9 Aeronave Embraer ERJ-190



Análisis de Pista del Aeropuerto Internacional “Ponciano Arriaga” de San Luis Potosí S. L. P.

AEROMAR opera con el avión ATR – 42 de turbohélice para 46 pasajeros



Figura 2.10 Aeronave ATR-42

CONTINENTAL opera el avión ERJ – 145 de Turboabánico para 50 pasajeros



Figura 2.11 Aeronave ERJ-145

ESTAFETA opera con cinco aviones, tres de ellos B737 – 200 de Turboabánico



Figura 2.12 Aeronave B737-200



Análisis de Pista del Aeropuerto Internacional “Ponciano Arriaga” de San Luis Potosí S. L. P.

y los otros dos aviones son B737 – 300 de Turboabanico



Figura 2.13 Aeronave B737-300

CLICK MEXICANA opera aviones F – 100 de Turboabanico para 100 pasajeros



Figura 2.14 Aeronave F-100

y el DC – 9 de turboabanico para 130 pasajeros



Figura 2.15 Aeronave DC-9



Análisis de Pista del Aeropuerto Internacional “Ponciano Arriaga” de San Luis Potosí S. L. P.

AMERICAN EAGLE opera el avión EMB – 140 de Turboabanico para 44 pasajeros



Figura 2.16 Aeronave EMB-140

II.6 Estadísticas. Pasajeros, operaciones, aviación comercial y general.

Pasajeros:

Aviación Comercial Regular

Pasajeros transportados en aeronaves de líneas aéreas con rutas e itinerarios establecidos.

Aviación Comercial No Regular

Pasajeros transportados en taxis aéreos.

Charter

Pasajeros transportados en aeronaves comerciales con rutas no concesionadas y/o fuera de itinerario, que operan no regularmente.

Aviación General

- Pasajeros transportados en aeronaves privadas de uso particular, sin fines de lucro; además, de los que hacen uso de aeronaves de servicios



Análisis de Pista del Aeropuerto Internacional “Ponciano Arriaga” de San Luis Potosí S. L. P.

especializados: aerofotografía, aerotopografía, publicidad comercial, fumigación aérea, capacitación y adiestramiento, entre otros.

- Pasajeros transportados en aeronaves oficiales (gobierno estatal, municipal, paraestatal y dependencias federales).
- Pasajeros transportadas en aeronaves militares (del ejercito, de la marina, de la fuerza aérea y presidencia de la república).
- Pasajeros de aviación general transportados en aeronaves con matrícula extranjera.

Abajo se muestran las estadísticas de pasajeros de 2005, 2006 y 2007 de los aeropuertos de Aguascalientes, Bajío, San Luís Potosí, Tampico y Zacatecas con la finalidad de hacer una comparación del aeropuerto de San Luís Potosí contra los aeropuertos aledaños a él.



Análisis de Pista del Aeropuerto Internacional “Ponciano Arriaga” de San Luis Potosí S. L. P.

Pasajeros por Nivel de Aviación en 2005														
Sigla	Aeropuerto	Comercial Regular			Charter			Comercial no Regular			General			Total
		Nal.	Int.	Suma	Nal.	Int.	Suma	Nal.	Int.	Suma	Nal.	Int.	Suma	
AGU	Aguascalientes	228,392	114,337	342,729	2,971	390	3,361	2,372	96	2,468	4,654	698	5,352	353,910
BJX	Bajío (León, Gto)	627,441	468,915	1,096,356	0	0	0	4,920	340	5,260	11,829	1,494	13,323	1,114,939
SLP	San Luis Potosí	147,436	68,401	215,837	0	0	0	6,031	403	6,434	10,005	1,334	11,339	233,610
TAM	Tampico	338,511	38,137	376,648	862	3,766	4,628	8,256	678	8,934	8,975	2,937	11,912	402,122
ZCL	Zacatecas	191,189	98,096	289,285	512	0	512	1,813	178	1,991	4,262	1,087	5,349	297,137

Tabla 2.2

Pasajeros por Nivel de Aviación en 2006														
Sigla	Aeropuerto	Comercial Regular			Charter			Comercial no Regular			General			Total
		Nal.	Int.	Suma	Nal.	Int.	Suma	Nal.	Int.	Suma	Nal.	Int.	Suma	
AGU	Aguascalientes	243,010	131,099	374,109	2,353	322	2,675	2,339	68	2,407	6,752	464	7,216	386,407
BJX	Bajío (León, Gto)	649,540	488,972	1,138,512	0	0	0	5,464	457	5,921	11,160	974	12,134	1,156,567
SLP	San Luis Potosí	133,748	74,452	208,200	450	16	466	7,196	688	7,884	9,363	1,189	10,552	227,102
TAM	Tampico	412,782	43,920	456,702	1,870	4,263	6,133	8,409	1,059	9,468	9,356	3,466	12,822	485,125
ZCL	Zacatecas	230,934	95,182	326,116	162	0	162	1,301	90	1,391	3,060	1,495	4,555	332,224

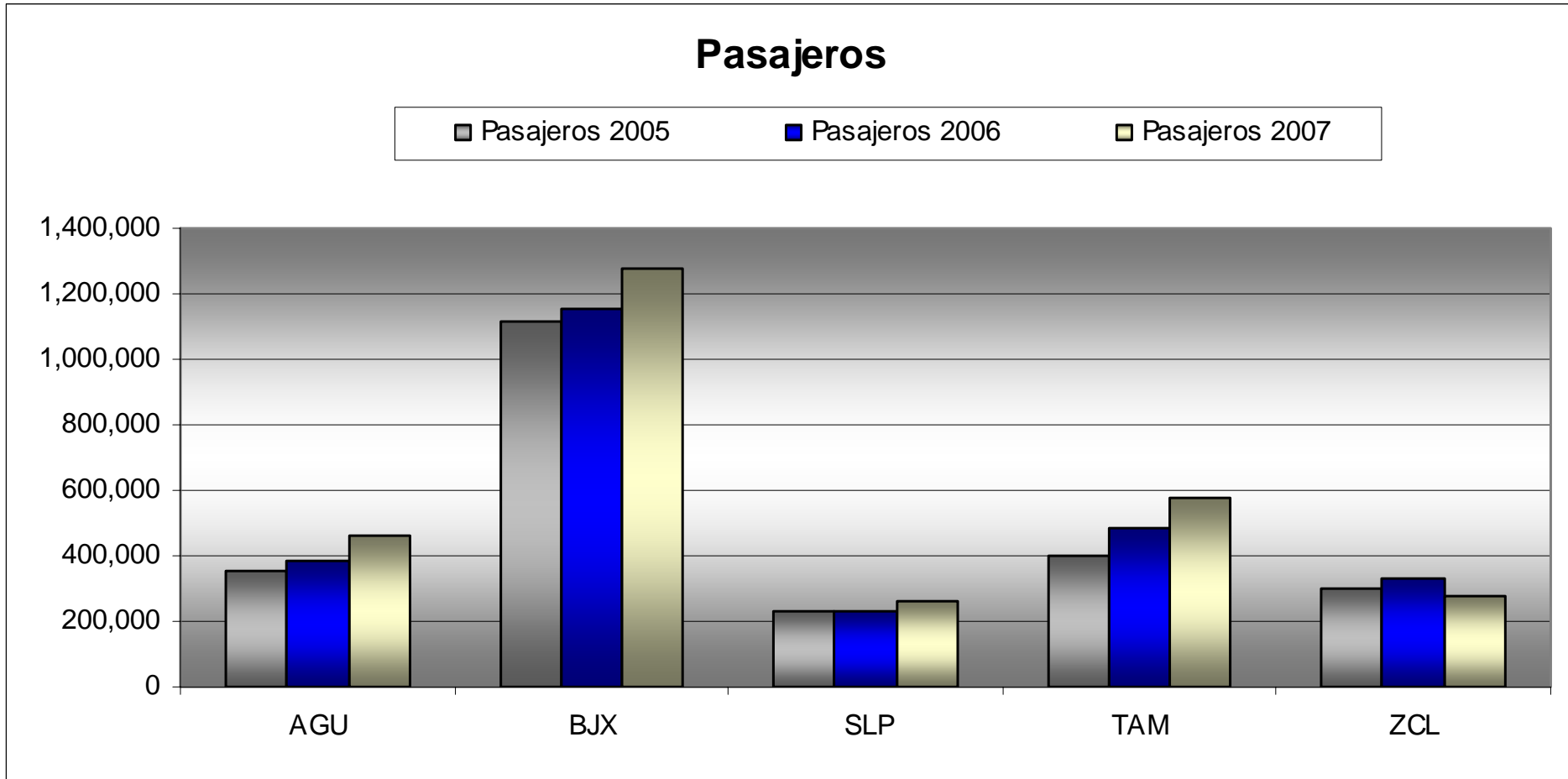
Tabla 2.3

Pasajeros por Nivel de Aviación en 2007														
Sigla	Aeropuerto	Comercial Regular			Charter			Comercial no Regular			General			Total
		Nal.	Int.	Suma	Nal.	Int.	Suma	Nal.	Int.	Suma	Nal.	Int.	Suma	
AGU	Aguascalientes	331,520	122,020	453,540	2,465	0	2,465	2,480	67	2,547	4,665	457	5,122	463,674
BJX	Bajío (León, Gto)	791,439	468,332	1,259,771	0	0	0	4,718	419	5,137	7,933	1,235	9,168	1,274,076
SLP	San Luis Potosí	162,915	78,419	241,334	770	76	846	7,856	1,265	9,121	11,820	1,228	13,048	264,349
TAM	Tampico	512,326	44,260	556,586	148	270	418	8,775	1,180	9,955	10,794	2,364	13,158	580,117
ZCL	Zacatecas	179,909	90,561	270,470	43	0	43	1,600	115	1,715	3,775	1,336	5,111	277,339

Tabla 2.4



Análisis de Pista del Aeropuerto Internacional "Ponciano Arriaga" de San Luis Potosí S. L. P.



Gráfica 2.1 Comparación Anual de Pasajeros. Aguascalientes, Bajío, San Luis Potosí, Tampico y Zacatecas



Análisis de Pista del Aeropuerto Internacional “Ponciano Arriaga” de San Luis Potosí S. L. P.

Operaciones:

Aviación Comercial Regular

Operaciones de aeronaves de líneas aéreas destinadas al servicio público de transporte de pasajeros o mixtas (pasajeros, carga, correo y equipaje), con rutas e itinerarios establecidos.

Aviación Comercial No Regular

Operaciones de aeronaves empleados como taxis aéreos.

Charter

Operaciones de aeronaves comerciales destinadas al servicio público de transportes de pasajeros o mixtas (pasajeros, carga, correo y equipaje), con rutas no concesionadas o fuera de itinerario, que operan no regularmente.

Aviación General

- Operaciones de aeronaves privadas de uso particular, sin fines de lucro; además, de las aeronaves de servicios especializados: aerofotografía, aerotopografía, publicidad comercial, fumigación aérea, capacitación y adiestramiento, entre otros.
- Operaciones de aeronaves oficiales (gobierno estatal, municipal, paraestatal y dependencias oficiales).
- Operación de aeronaves militares (del ejército, de la marina, fuerza aérea y presidencia de la república).
- Operaciones de aeronaves de aviación general con matrícula extranjera.

Abajo se muestran las estadísticas de operaciones de 2005, 2006 y 2007 de los aeropuertos de Aguascalientes, Bajío, San Luis Potosí, Tampico y Zacatecas con la finalidad de hacer una comparación del aeropuerto de San Luis Potosí contra los aeropuertos aledaños a él.



Análisis de Pista del Aeropuerto Internacional “Ponciano Arriaga” de San Luis Potosí S. L. P.

Operaciones por Nivel de Aviación en 2005														
Sigla	Aeropuerto	Comercial Regular			Charter			Comercial no Regular			General			Total
		Nal.	Int.	Suma	Nal.	Int.	Suma	Nal.	Int.	Suma	Nal.	Int.	Suma	
AGU	Aguascalientes	4,241	2,919	7,160	117	7	124	1,056	30	1,086	2,464	89	2,553	10,923
BJX	Bajío (León, Gto)	12,577	6,362	18,939	1	0	1	2,348	125	2,473	6,064	509	6,573	27,986
SLP	San Luis Potosí	10,193	2,231	12,424	0	0	0	4,070	140	4,210	4,834	634	5,468	22,102
TAM	Tampico	9,546	725	10,271	38	30	68	2,961	296	3,257	6,306	1,397	7,703	21,299
ZCL	Zacatecas	4,458	1,218	5,676	4	8	12	1,276	41	1,317	1,498	609	2,107	9,112

Tabla 2.5

Operaciones por Nivel de Aviación en 2006														
Sigla	Aeropuerto	Comercial Regular			Charter			Comercial no Regular			General			Total
		Nal.	Int.	Suma	Nal.	Int.	Suma	Nal.	Int.	Suma	Nal.	Int.	Suma	
AGU	Aguascalientes	4,240	3,049	7,289	106	3	109	940	29	969	2,717	122	2,839	11,206
BJX	Bajío (León, Gto)	12,671	7,309	19,980	0	0	0	2,371	150	2,521	6,420	477	6,897	29,398
SLP	San Luis Potosí	9,694	2,176	11,870	12	0	12	4,927	185	5,112	4,574	582	5,156	22,150
TAM	Tampico	9,984	727	10,711	45	33	78	3,162	428	3,590	6,771	1,580	8,351	22,730
ZCL	Zacatecas	5,990	1,119	7,109	2	0	2	1,139	32	1,171	1,317	782	2,099	10,381

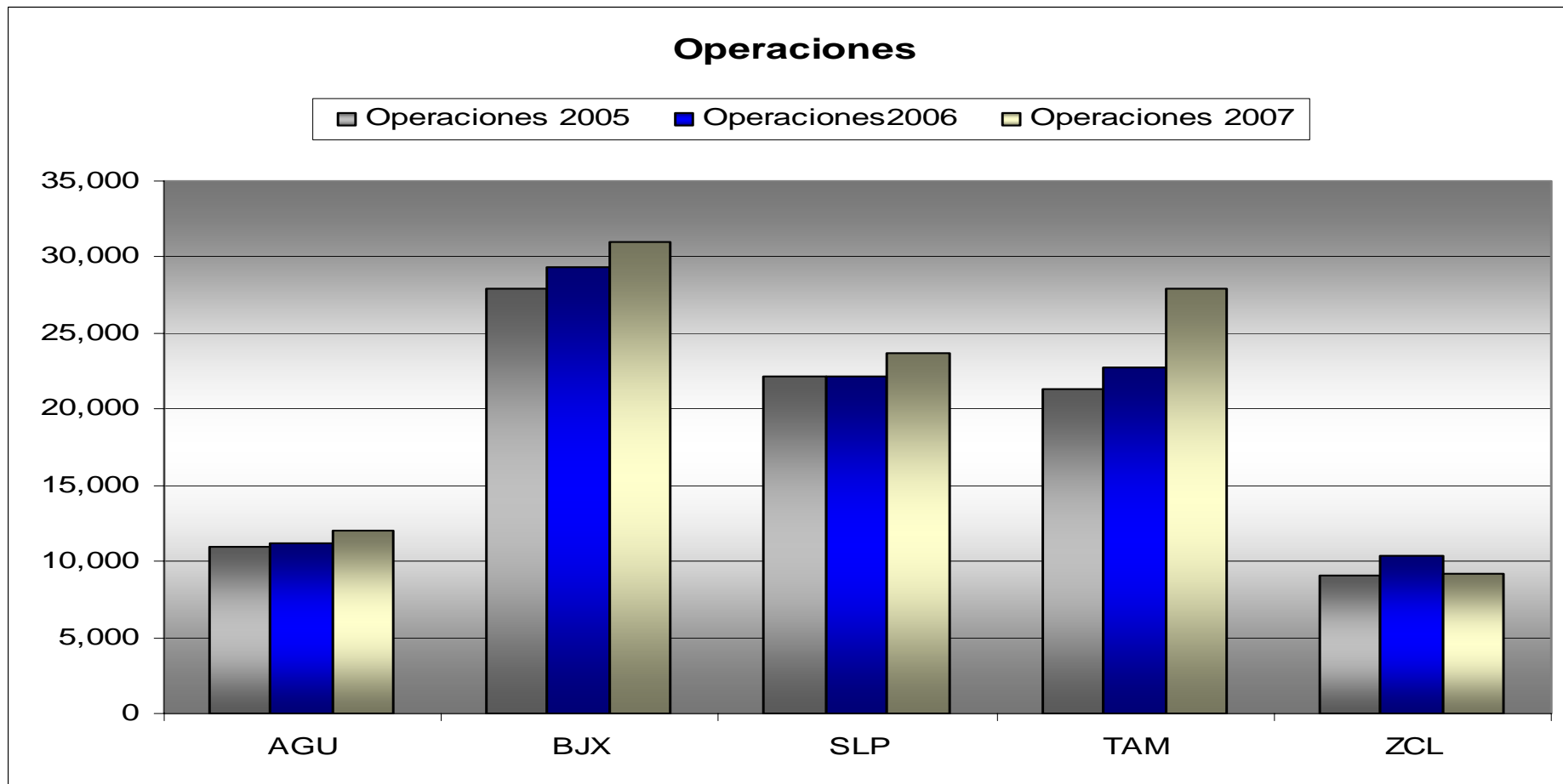
Tabla 2.6

Operaciones por Nivel de Aviación en 2007														
Sigla	Aeropuerto	Comercial Regular			Charter			Comercial no Regular			General			Total
		Nal.	Int.	Suma	Nal.	Int.	Suma	Nal.	Int.	Suma	Nal.	Int.	Suma	
AGU	Aguascalientes	5,778	2,874	8,652	91	0	91	1,051	27	1,078	2,069	116	2,185	12,006
BJX	Bajío (León, Gto)	14,333	8,284	22,617	0	0	0	2,365	131	2,496	5,385	517	5,902	31,015
SLP	San Luis Potosí	10,029	2,283	12,312	10	2	12	5,788	370	6,158	4,792	422	5,214	23,696
TAM	Tampico	13,533	742	14,275	8	6	14	3,823	456	4,279	7,973	1,397	9,370	27,938
ZCL	Zacatecas	4,210	1,226	5,436	2	0	2	1,332	93	1,425	1,402	904	2,306	9,169

Tabla 2.7



Análisis de Pista del Aeropuerto Internacional “Ponciano Arriaga” de San Luis Potosí S. L. P.



Gráfica 2.2 Comparación Anual de Operaciones. Aguascalientes, Bajío, San Luís Potosí, Tampico y Zacatecas



III. Análisis de la Pista





Análisis de Pista del Aeropuerto Internacional “Ponciano Arriaga” de San Luis Potosí S. L. P.

III.1 Distancia de vuelo.

Las distancias que se analizan son:

San Luis Potosí (SLP) – Roma Fiumicino (FCO),

San Luis Potosí (SLP) – Milán Malpensa (MXP),

San Luis Potosí (SLP) – Nueva York (JFK) y

San Luis Potosí (SLP) – Vancouver (YVR).

Debido a que la empresa Estafeta tiene planeado hacer viajes hacia Europa y Asia, considerando la posibilidad de reexpedir la carga en Estados Unidos y Canadá.

El método que se utiliza para el cálculo de las distancias de vuelo se basa en el siguiente esquema:

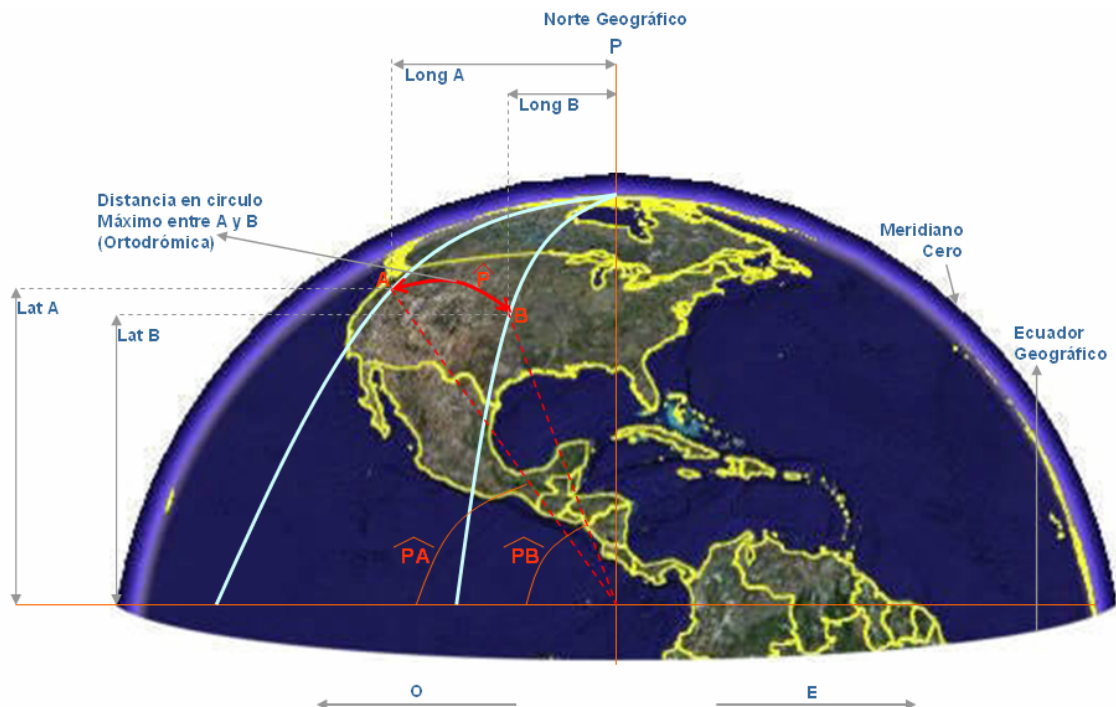


Figura 3.1 Distancia Ortodrómica entre dos puntos



Análisis de Pista del Aeropuerto Internacional “Ponciano Arriaga” de San Luis Potosí S. L. P.

Para el caso de San Luis Potosí (SLP) – Roma (FCO)

Primero se obtienen las coordenadas geográficas de cada aeropuerto en latitud y longitud en grados, minutos y segundos. Con la ayuda del software Google Earth que contiene datos provenientes del Airport Improvement Program (AIP) y en español Manual de Publicación de Información Aeronáutica (PIA) para cada país. Los datos deberán convertirse a decimales:

Aeropuerto	Coordenadas Geográficas		Coordenadas	
	Latitud	Longitud	Latitud	Longitud
SLP	22°15'15.34''N	100°55'50.73''O	22.25°N	100.93°O
FCO	41°48'16''N	12°15'03''E	41.80°N	12.25°E

Tabla 3.1 Conversión de Coordenadas

Después se realizan los cálculos para encontrar la distancia en círculo máximo.

$$\hat{P}A = 90 - (latA)$$

$$\hat{P}A = 90 - 22.25 = 67.75$$

$$\hat{P}B = 90 - (latB)$$

$$\hat{P}B = 90 - 41.80 = 48.20$$

$$P = longA \pm longB \dots(a)$$

En este caso el ángulo será $P = longA + longB$ por que la trayectoria de

Roma es con dirección Este

$$P = 100.93 + 12.25 = 113.18$$

$$\hat{P}A \approx \hat{P}B = \hat{P}A_{Mayor} - \hat{P}B_{menor}$$

$$\hat{P}A \approx \hat{P}B = 67.75 - 48.20 = 19.55$$

$$\text{sen } \hat{P}A = 0.9255$$

$$\text{sen } \hat{P}B = 0.7454$$

$$\text{cos } P = -0.3936$$

$$\text{cos}(\hat{P}A \approx \hat{P}B) = 0.9423$$

$$\text{sen}^{-1} P = \frac{1 - \text{cos } P}{2} = \frac{1 - (-0.3936)}{2} = 0.6968$$

$$\text{sen}^{-1}(\hat{P}A \approx \hat{P}B) = \frac{1 - \text{cos}(\hat{P}A \approx \hat{P}B)}{2} = \frac{1 - 0.9423}{2} = 0.0288$$

$$\text{sen}^{-1} AB = \text{sen}^{-1} P * \text{sen } \hat{P}A * \text{sen } \hat{P}B + \text{sen}^{-1}(\hat{P}A \approx \hat{P}B)$$

$$\text{sen}^{-1} AB = 0.6968 * 0.9255 * 0.7454 + 0.0288 = 0.5094$$

$$\text{cos } AB = 1 - 2(\text{sen}^{-1} AB) = 1 - 2(0.5094) = -0.0188$$

$$\overline{AB} = \text{cos}^{-1} AB * 60 = 91.0772 * 60 = 5,464 \text{ mn}$$



Análisis de Pista del Aeropuerto Internacional “Ponciano Arriaga” de San Luis Potosí S. L. P.

La distancia calculada es aproximada por el hecho de que la distancia real de vuelo depende de las asignaciones de rutas de América del norte oceánicas y europea, por lo tanto, la distancia ortodrómica se incrementará en 5%, estimándose aceptable en vuelos intercontinentales.

La distancia entre los aeropuertos SLP y FCO es de:

$$\overline{AB} = 5,464 * 1.05 = 5,737 \text{ Millas náuticas}$$

Convirtiendo a kilómetros se tiene:

$$\overline{AB} = 5,737 * 1.852$$

$$\overline{AB} = 10,626 \text{ km}$$

Recordando las posiciones geográficas de cada aeropuerto ya que para la suma o resta de longitudes tiene que ver con la posición Oeste y Este:

Aeropuerto	Posición Geográfica (Coordenadas)	
	Latitud	Longitud
San Luis Potosí (SLP)	22.25°N	100.93°O
Roma (FCO)	41.80°N	12.25°E
Milán (MXP)	45.63°N	8.73°E
Nueva York (JFK)	40.64°N	73.78°O
Vancouver (YVR)	49.19°N	123.17°O

Tabla 3.2 Resumen de Coordenadas

Dado que el procedimiento de cálculo es el mismo para las demás rutas se muestra una tabla con las distancias de vuelo ya calculadas y agregando la distancia corregida.

Se debe cuidar el sentido de la trayectoria para la ecuación (a) citada en la pagina anterior.



Análisis de Pista del Aeropuerto Internacional “Ponciano Arriaga” de San Luis Potosí S. L. P.

Tramo	Distancia Ortodrómica		Distancia Corregida (+5%)	
	<i>mn</i>	<i>km</i>	<i>mn</i>	<i>km</i>
(SLP) - Roma (FCO)	5,464	10,119	5,737	10,626
(SLP) - Milán (MXP)	5,218	10,147	5,479	10,147
(SLP) - Nueva York (JFK)	1,762	3,263	1,850	3,426
(SLP) - Vancouver (YVR)	1,930	3,575	2,027	3,753

Tabla 3.3 Resumen de Distancias

III.2 Tipo de Aviación.

La flota probable de aviones es el B747/400F



Figura 3.2 Aeronave B747/400F



Análisis de Pista del Aeropuerto Internacional “Ponciano Arriaga” de San Luis Potosí S. L. P.

Las dimensiones son las siguientes

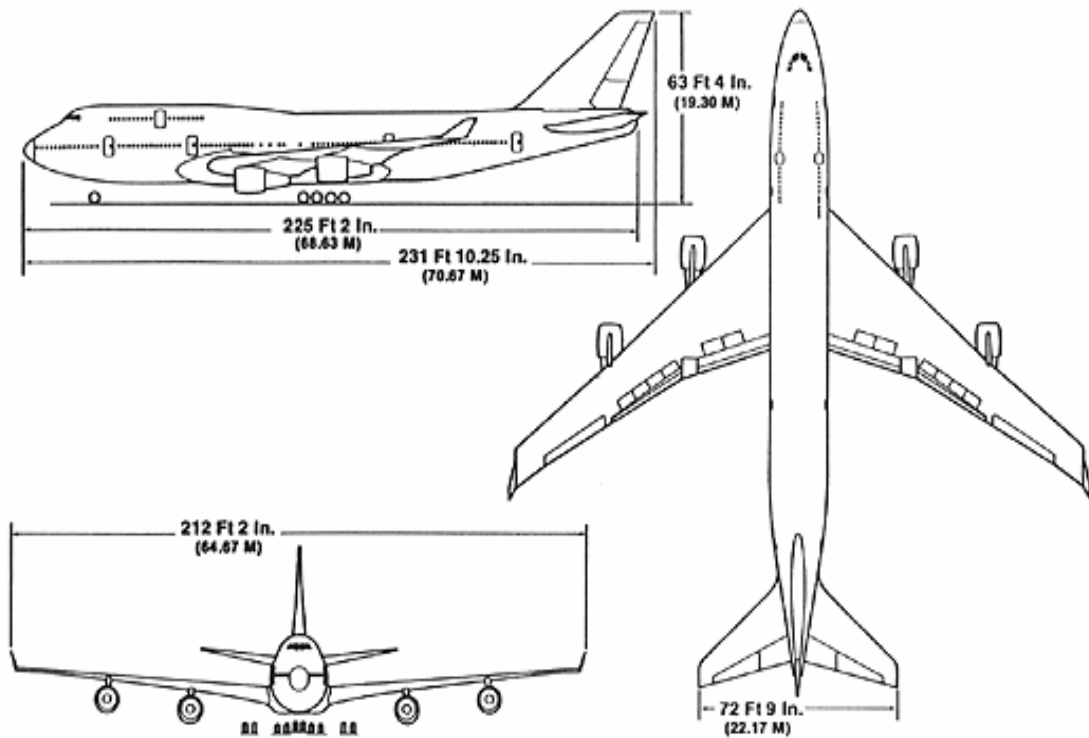


Figura 3.3 Dimensiones de la Aeronave B747/400F

Este tipo de avión tiene una capacidad de carga de 110 toneladas, el modelo de sus motores es CF6-80C2B1 de 57,900 libras de empuje X 4, la altitud máxima de vuelo a la que puede llegar es de 45,100 pies, es decir 13,746 m y la velocidad máxima que desarrolla es de 0.86 M

Análisis de Pista del Aeropuerto Internacional “Ponciano Arriaga” de San Luis Potosí S. L. P.**III.3 Condiciones de operación. Longitud de pista actual. Nueva longitud.**

Se hace el análisis para capacidades de carga y posible ampliación de pista para los destinos Roma (FCO) y Milán (MXP):

a) Distancias calculadas

<u>Tramo</u>	<u>Distancia Ortodrómica</u>	<u>Distancia Corregida (+5%)</u>
<i>San Luis Potosí – Roma</i>	5,464 m. n. 10,119 km.	5,737 m. n. 10,626 km.
<i>San Luis Potosí – Milán</i>	5,218 m. n. 10,147 km.	5,479 m. n. 10,147 km.

b) Cálculo de pesos

b.1) Condiciones actuales.

- Longitud de pista 14-32 3,000 m (9,842')
- Elevación del aeropuerto 1,839 m (6,035')
- Distancia a Roma 5,737 m. n.
- Distancia a Milán 5,479 m. n.
- Tipo de avión B747/400-F



Análisis de Pista del Aeropuerto Internacional “Ponciano Arriaga” de San Luis Potosí S. L. P.

b.2) Con las condiciones del aeropuerto, pero con el máximo peso vacío más carga de paga, a máximo peso pero con cero de combustible.

Primero se consulta la tabla de Características Generales del modelo del avión que estamos analizando, así se puede obtener el peso vacío más carga de paga (OEW+Pyld) y además el peso vacío (OEW):

CHARACTERISTICS	UNITS	CF6-80C2B1 ENGINES				
MAX DESIGN TAXI WEIGHT	POUNDS	803,000	836,000	853,000	873,000	877,000
	KILOGRAMS	364,234	379,207	386,913	395,985	397,800
MAX DESIGN TAKEOFF WEIGHT	POUNDS	800,000	833,000	850,000	870,000	875,000
	KILOGRAMS	362,873	377,846	385,553	394,625	396,893
MAX DESIGN LANDING WEIGHT (1)	POUNDS	652,000	652,000	652,000	666,000	666,000
	KILOGRAMS	295,741	295,741	295,741	302,092	302,092
MAX DESIGN ZERO FUEL WEIGHT (2)	POUNDS	610,000	610,000	610,000	635,000	635,000
	KILOGRAMS	276,691	276,691	276,691	288,031	288,031
SPEC OPERATING EMPTY WEIGHT (3)	POUNDS	363,954	363,954	363,954	363,954	363,954
	KILOGRAMS	165,086	165,086	165,086	165,086	165,086
MAX STRUCTURAL PAYLOAD	POUNDS	246,046	246,046	246,046	271,046	271,046
	KILOGRAMS	111,605	111,605	111,605	122,945	122,945
TYPICAL CARGO - MAIN DECK CONTAINERS (4)	CUBIC FEET	18,720	18,720	18,720	18,720	18,720
	CUBIC METERS	530	530	530	530	530
MAX CARGO - LOWER DECK CONTAINERS (LD-1)	CUBIC FEET	5,250	5,250	5,250	5,250	5,250
	CUBIC METERS	149	149	149	149	149
MAX CARGO - LOWER DECK BULK CARGO	CUBIC FEET	845	845	845	845	845
	CUBIC METERS	24	24	24	24	24
USABLE FUEL CAPACITY (5)	U.S. GALLONS	53,765	53,763	53,765	57,065	57,065
	LITERS	203,501	203,493	203,501	215,991	215,991
	POUNDS	360,226	360,226	360,226	382,336	382,336
	KILOGRAMS	163,368	163,368	163,368	173,395	173,395

Tabla 3.4 Características Generales

- Peso vacío más carga de paga
OEW + Pyld 610,000 lb
276,689 kg
- Peso vacío OEW 363,954 lb
165,085 kg

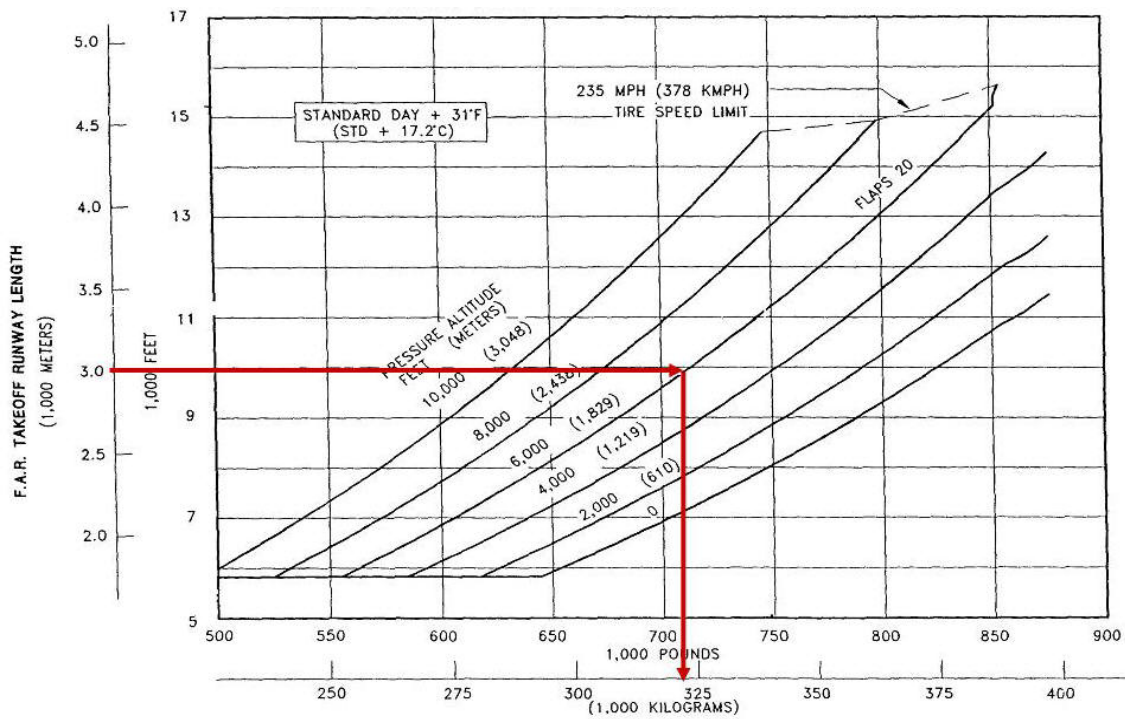


Análisis de Pista del Aeropuerto Internacional “Ponciano Arriaga” de San Luis Potosí S. L. P.

Restando las cantidades anteriores se tiene:

- Carga de paga Pyld 246,046 lb
111,604 kg

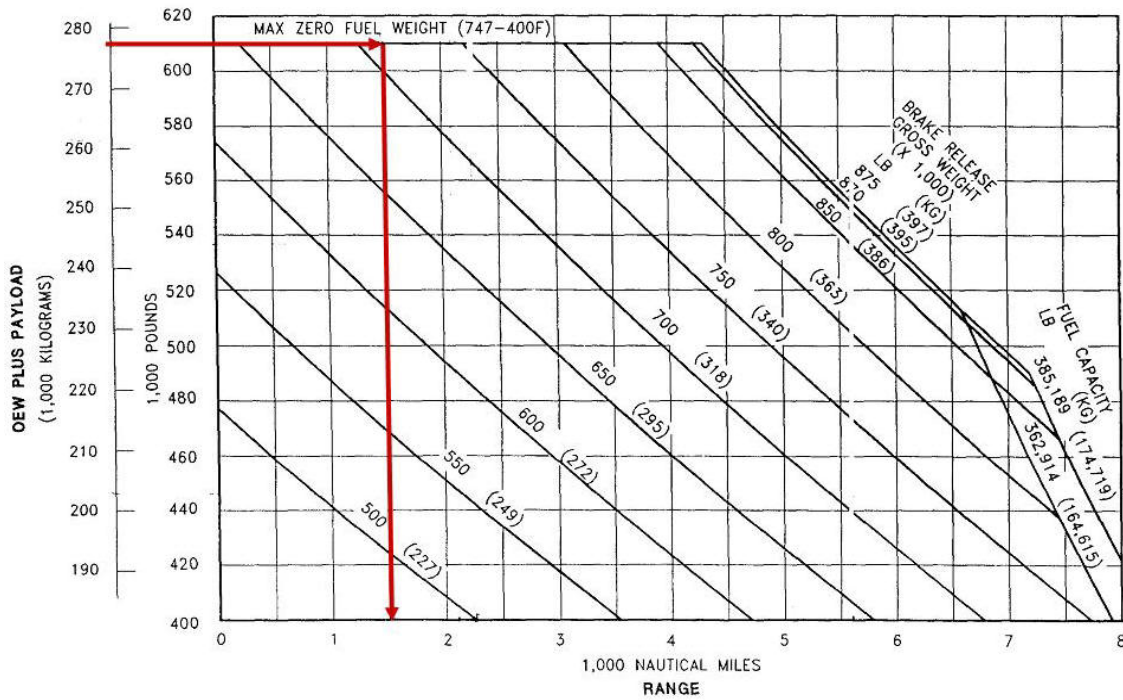
Sabiendo que la pista actual tiene 3,000 m de longitud se usa la gráfica de longitudes de pista contra pesos de despegue para obtener un peso de 708,500 lb (321,368 kg) para el despegue.



Gráfica 3.1 Peso de Despegue

Análisis de Pista del Aeropuerto Internacional “Ponciano Arriaga” de San Luis Potosí S. L. P.

Con ayuda de la gráfica siguiente, teniendo el dato de peso vacío más carga de paga y el peso de despegue resulta el alcance de vuelo.



Gráfica 3.2 Alcance del Vuelo

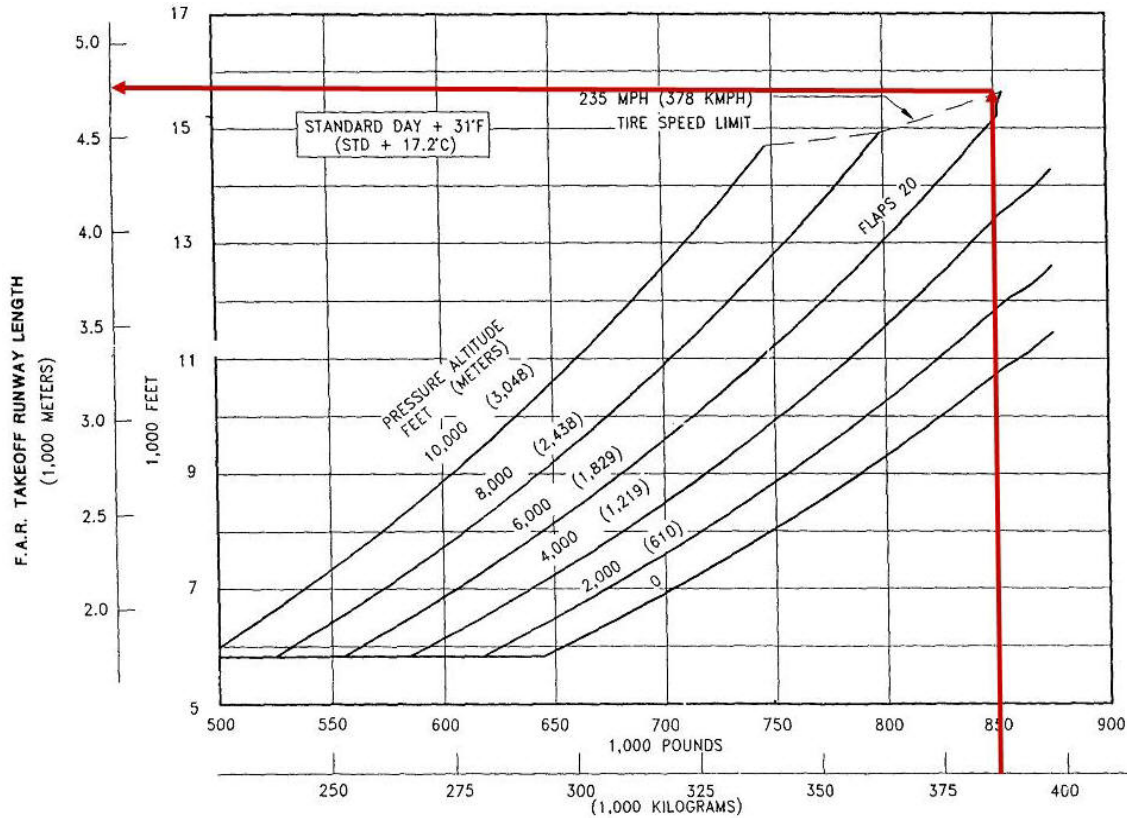
Máxima carga estructural de paga obtenida de gráfica anterior

Alcance de vuelo	1,500 m. n.
	2,778 km.



Análisis de Pista del Aeropuerto Internacional “Ponciano Arriaga” de San Luis Potosí S. L. P.

b.3) Para el caso de considerar el peso máximo de despegue permisible, con motores CF6-80C2B1, ISA + 17.2° C, y elevación 1,839 m, se obtiene.



Gráfica 3.3 Longitud de Pista

- Peso máximo permisible de despegue limitado por velocidad de llanta 850,000 lb
385,551 kg
- Longitud necesaria de pista 4,632 m
15,200'

Considerando la misma tabla de características generales y el mismo valor.

- Peso vacío más carga de paga OEW + Pyld 610,000 lb
276,689 kg
- Si consideramos el peso vacío OEW 366,082 lb
166,051 kg

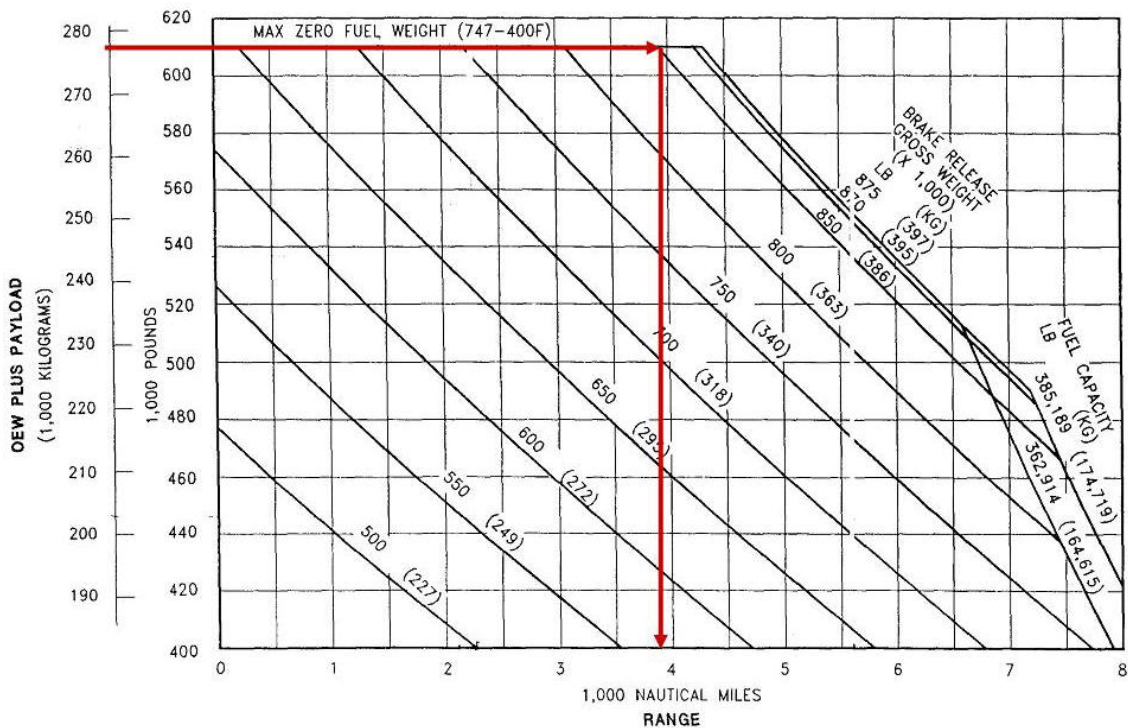


Análisis de Pista del Aeropuerto Internacional “Ponciano Arriaga” de San Luis Potosí S. L. P.

Haciendo la resta de pesos

- La carga de paga Pyld será 243,918 lb
110,638 kg

Tomando en cuenta los datos de 610,000 lb para OEW + Pyld interceptando la línea de 850,000 lb



Gráfica 3.4 Alcance del Vuelo

- Por lo que el alcance del vuelo es 3,993 m. n.
7,395 km

Lo cuál no llega a la distancia más larga (Roma FCO) que son 5,737 m. n. (10,626 km)

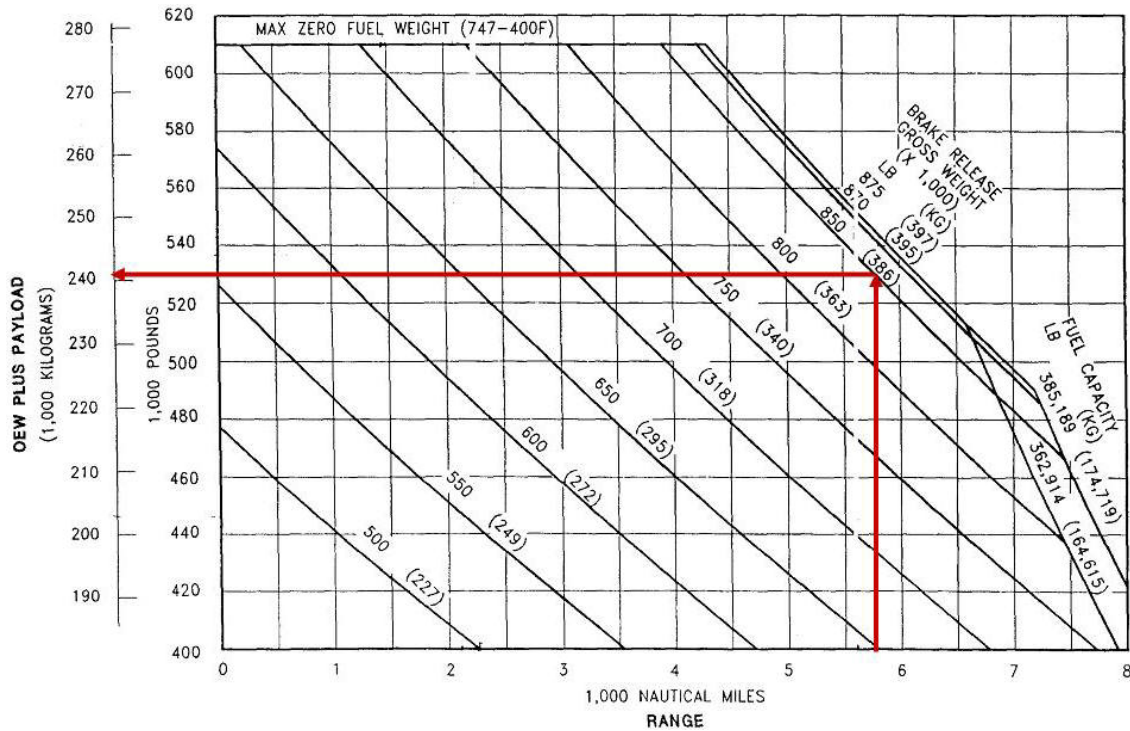
b.4) Al considerar el alcance requerido de 5,737 m. n. (10,626 km)

- Peso máximo permisible de despegue 850,000 lb
limitado por velocidad de llanta 385,551 kg



Análisis de Pista del Aeropuerto Internacional “Ponciano Arriaga” de San Luis Potosí S. L. P.

Tomando en cuenta la distancia requerida de 5,737 m. n. y el peso máximo de 850,000 lb.



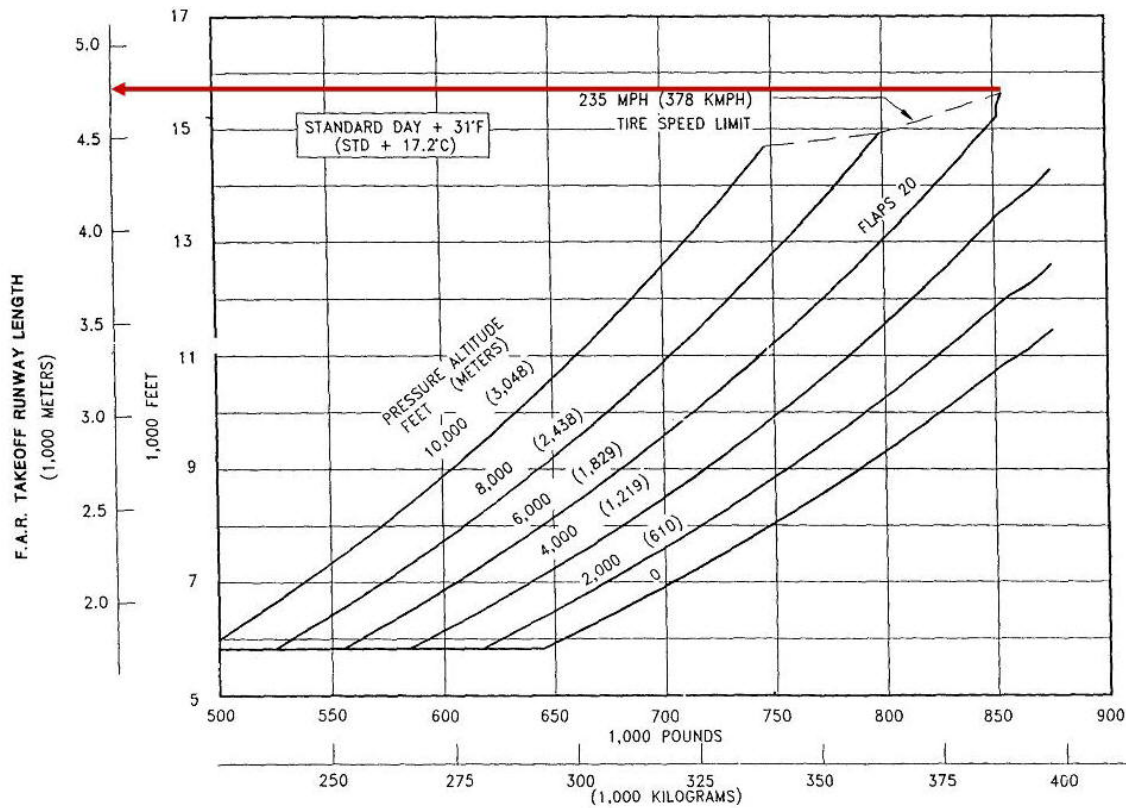
Gráfica 3.5 Peso Vacío más Carga de Paga (OEW+Pyld)

La gráfica indica:

- Peso vacío más carga de paga 530,000 lb
OEW + Pyld 240,403 kg
- Si consideramos el peso vacío OEW 366,082 lb
166,051 kg
- La carga de paga Pyld será 170,918 lb
77,526 kg



Análisis de Pista del Aeropuerto Internacional “Ponciano Arriaga” de San Luis Potosí S. L. P.



Gráfica 3.6 Longitud de Pista

Por lo que la longitud necesaria de pista: 4,632 m (15,200')

Con las condiciones actuales de longitud de pista de 3,000 m y considerando el alcance supuesto de 5,737 m. n. la carga de paga posible varía entre 36,250 kg (79,918 lb) a 37,215 kg (82,046 lb), dependiendo el tipo de motores. Con la misma longitud de pista de 3,000 m y el peso máximo permisible de despegue de 385,551 kg (850,000 lb) con la carga de paga máxima estructural de 111,604 kg (246,046 lb), el alcance del vuelo se reduce a 1,500 m. n. (2,778 km).

Con el peso máximo permisible de despegue, la carga de paga posible es de 110,638 kg (243,918 lb), la longitud necesaria de pista se incrementa a 4,632 m (15,200'), es decir, 1,632 m adicionales a los 3,000 m existentes, y el alcance se incrementa a 3,993 m. n. (7,395 km).



Análisis de Pista del Aeropuerto Internacional “Ponciano Arriaga” de San Luis Potosí S. L. P.

Finalmente, con el peso máximo permisible de despegue de 385,551 kg (850,000 lb), la longitud de pista de 4,632 m (15,200’) y el alcance de vuelo de 5,737 m. n. la carga de paga es de 77,526 kg (170,918 lb).

<i>Peso Máximo de Despegue (TOW)</i>	<i>Longitud de Pista</i>	<i>Alcance del Vuelo</i>	<i>Carga de Paga (Pyld)</i>
385,551 kg 850,000 lb	3,000 m	2,778 km	111,604 kg
	9,842’	1,500 m. n.	246,046 lb
	4,632 m 15,200’	7,395 km	110,638 kg
		3,993 m. n.	243,918 lb
		10,626 km	77,526 kg
		5,737 m. n.	170,918 lb

Tabla 3.5 Resumen de Alcances de vuelo y Carga de Paga (Pyld)

En vista de que la carga de paga resultante de 77,526 kg (170,918 lb) es menor en comparación con la esperada de 111,604 kg (246,046 lb) y como la ampliación de la pista requerida no es factible para efectos económicos, se analizan unas rutas más cortas con la finalidad de que se obtenga la mayor capacidad de carga.

En consecuencia se ha pensado en contar con una estructura más lógica de envío y recepción de la carga internacional, a partir de alianzas en proceso con aerolíneas cargueras de Europa y Asia.

Así, se ha considerado en principio la posibilidad de usar como centros de distribución para San Luis Potosí, a New York (JFK) en Estados Unidos para la carga desde y hacia Europa, y a Vancouver (YVR) en Canadá para la distribución asiática.

Así, los nuevos destinos serían New York (JFK) y Vancouver (YVR).

Análisis de Pista del Aeropuerto Internacional “Ponciano Arriaga” de San Luis Potosí S. L. P.a) *Distancias calculadas.*

<u>Tramo</u>	<u>Distancia Ortodrómica</u>	<u>Distancia Corregida (+5%)</u>
San Luis Potosí – New York.	1,726 m. n. 3,263 km.	1,850 m. n. 3,426 km.
San Luis Potosí – Vancouver.	1,930 m. n. 3,575 km.	2,027 m. n. 3,753 km.

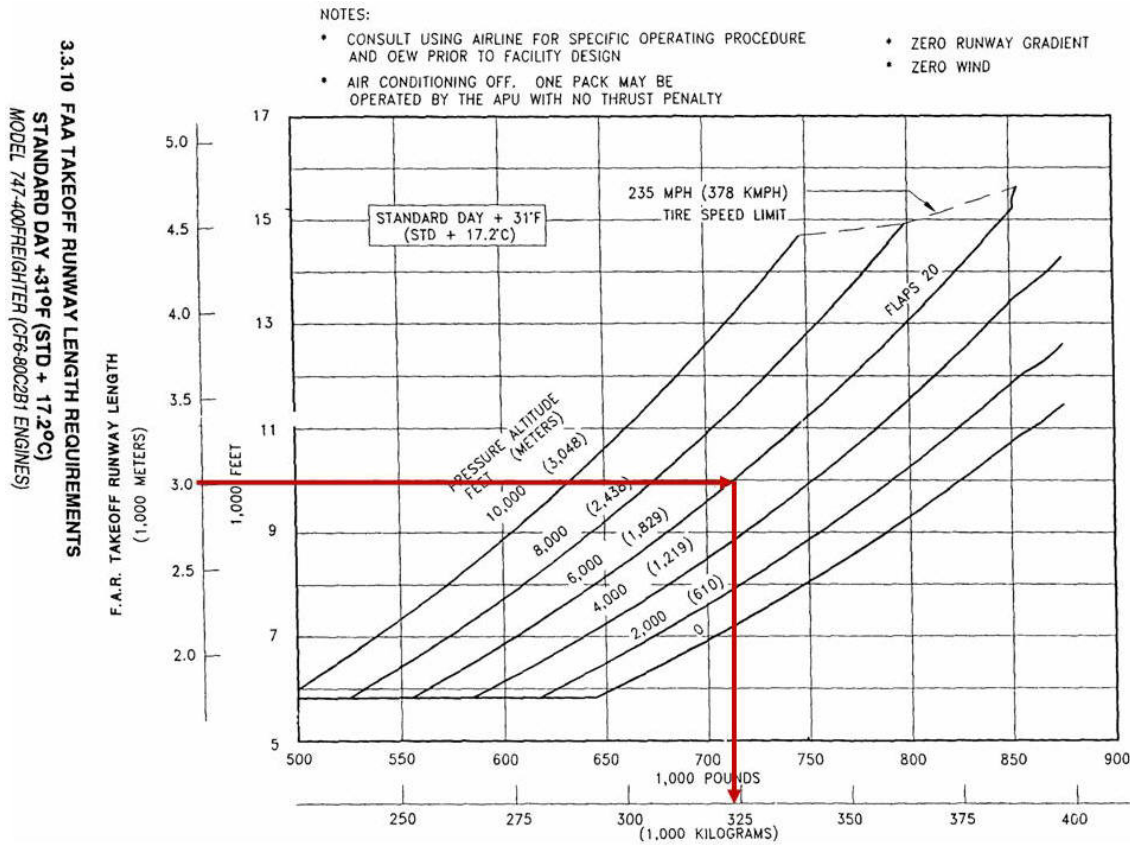
b) *Cálculo de pesos*b.1) *Condiciones actuales.*

- Longitud de pista 14-32 3,000 m (9,842')
- Elevación del aeropuerto 1,839 m (6,035')
- Distancia a New York 1,850 m. n.
- Distancia a Vancouver 2,027 m. n.
- Tipo de avión B747/400-F



Análisis de Pista del Aeropuerto Internacional “Ponciano Arriaga” de San Luis Potosí S. L. P.

Con el dato de longitud existente y la elevación del aeropuerto se puede obtener el peso máximo autorizado como se muestra a continuación:



Gráfica 3.7 Peso máximo Autorizado

- Peso máximo autorizado 708,500 lb
de despegue TOW 321,368 kg

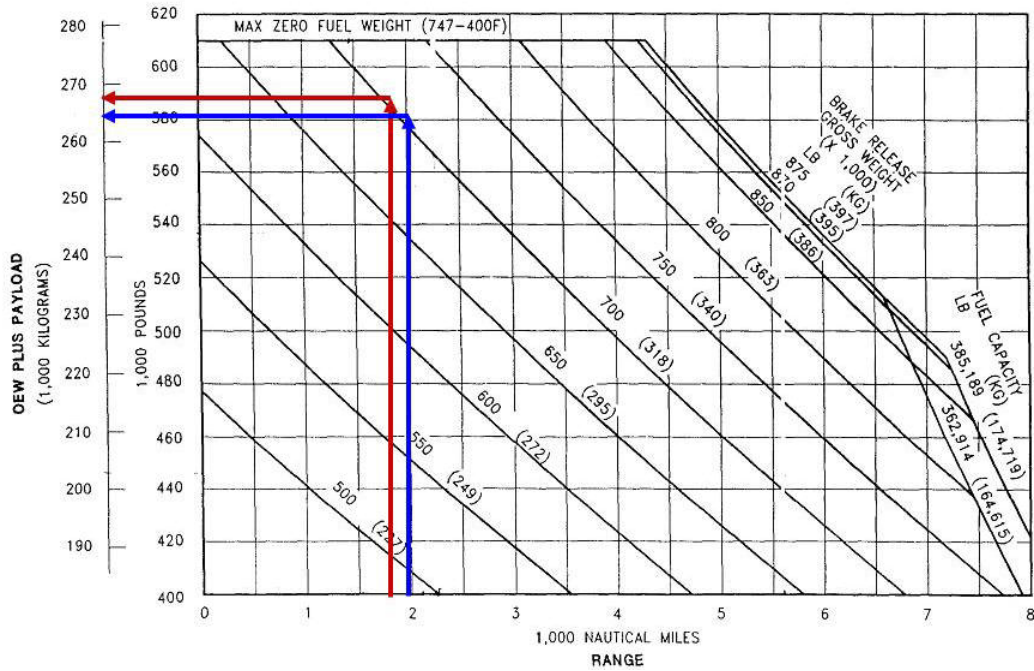
Para el caso de peso vacío más carga de paga se toman los datos de millas náuticas para cada destino y el peso máximo autorizado obtenido anteriormente:



Análisis de Pista del Aeropuerto Internacional “Ponciano Arriaga” de San Luis Potosí S. L. P.

3.2.4 PAYLOAD/RANGE FOR 0.85 MACH CRUISE
MODEL 747-400(FREIGHTER (CF6-80C2B1F ENGINES))

- NOTES:
- * STANDARD DAY
 - * 0.84 MACH STEP CRUISE
 - * FAR INTERNATIONAL RESERVES
 - * 10% TRIP AIR TIME
 - * 200-NMI ALTERNATIVE
 - * 1/2 HOUR HOLD AT 1,500 FT
 - * NORMAL POWER EXTRACTION AND AIR CONDITIONING BLEED
 - * CONSULT USING AIRLINE FOR SPECIFIC OPERATING PROCEDURE AND OEW PRIOR TO FACILITY DESIGN



➔ JFK
➔ YVR

Gráfica 3.8 Peso Vacío más Carga de Paga (OEW+Pyld)

- Peso vacío más carga de paga OEW+Pyld. Obtenidos de la gráfica:

> JFK 580,000 lb
 263,083 kg

> YVR 587,000 lb
 266,258 kg



Análisis de Pista del Aeropuerto Internacional “Ponciano Arriaga” de San Luis Potosí S. L. P.

Consultando la tabla de Características Generales del modelo del avión que estamos analizando podemos obtener el peso vacío:

CHARACTERISTICS	UNITS	CF6-80C2B1 ENGINES				
MAX DESIGN TAXI WEIGHT	POUNDS	803,000	836,000	853,000	873,000	877,000
	KILOGRAMS	364,234	379,207	386,913	395,985	397,800
MAX DESIGN TAKEOFF WEIGHT	POUNDS	800,000	833,000	850,000	870,000	875,000
	KILOGRAMS	362,873	377,846	385,553	394,625	396,893
MAX DESIGN LANDING WEIGHT (1)	POUNDS	652,000	652,000	652,000	666,000	666,000
	KILOGRAMS	295,741	295,741	295,741	302,092	302,092
MAX DESIGN ZERO FUEL WEIGHT (2)	POUNDS	610,000	610,000	610,000	635,000	635,000
	KILOGRAMS	276,691	276,691	276,691	288,031	288,031
SPEC OPERATING EMPTY WEIGHT (3)	POUNDS	363,954	363,954	363,954	363,954	363,954
	KILOGRAMS	165,086	165,086	165,086	165,086	165,086
MAX STRUCTURAL PAYLOAD	POUNDS	246,046	246,046	246,046	271,046	271,046
	KILOGRAMS	111,605	111,605	111,605	122,945	122,945
TYPICAL CARGO - MAIN DECK CONTAINERS (4)	CUBIC FEET	18,720	18,720	18,720	18,720	18,720
	CUBIC METERS	530	530	530	530	530
MAX CARGO - LOWER DECK CONTAINERS (LD-1)	CUBIC FEET	5,250	5,250	5,250	5,250	5,250
	CUBIC METERS	149	149	149	149	149
MAX CARGO - LOWER DECK BULK CARGO	CUBIC FEET	845	845	845	845	845
	CUBIC METERS	24	24	24	24	24
USABLE FUEL CAPACITY (5)	U.S. GALLONS	53,765	53,763	53,765	57,065	57,065
	LITERS	203,501	203,493	203,501	215,991	215,991
	POUNDS	360,226	360,226	360,226	382,336	382,336

Tabla 3.6 Características Generales

- Peso vacío OEW 363,954 lb
165,085 kg

Finalmente se hace una resta entre los dos pesos obtenidos anteriormente para obtener la carga de paga.

- Carga de paga Pyld
 - > JFK 216,048 lb
97,998 kg
 - > YVR 223,048 lb
101,173 kg



Análisis de Pista del Aeropuerto Internacional “Ponciano Arriaga” de San Luis Potosí S. L. P.

El peso máximo autorizado de despegue TOW está limitado por la longitud de pista existente de 3,000 m.

b.2) Condiciones requeridas para carga de paga máxima de 111,604 kg (246,046 lb) obtenidas de la tabla de características generales

CHARACTERISTICS	UNITS	CF6-80C2B1 ENGINES				
MAX DESIGN TAXI WEIGHT	POUNDS	803,000	836,000	853,000	873,000	877,000
	KILOGRAMS	364,234	379,207	386,913	395,985	397,800
MAX DESIGN TAKEOFF WEIGHT	POUNDS	800,000	833,000	850,000	870,000	875,000
	KILOGRAMS	362,873	377,846	385,553	394,625	396,893
MAX DESIGN LANDING WEIGHT (1)	POUNDS	652,000	652,000	652,000	666,000	666,000
	KILOGRAMS	295,741	295,741	295,741	302,092	302,092
MAX DESIGN ZERO FUEL WEIGHT (2)	POUNDS	610,000	610,000	610,000	635,000	635,000
	KILOGRAMS	276,691	276,691	276,691	288,031	288,031
SPEC OPERATING EMPTY WEIGHT (3)	POUNDS	363,954	363,954	363,954	363,954	363,954
	KILOGRAMS	165,086	165,086	165,086	165,086	165,086
MAX STRUCTURAL PAYLOAD	POUNDS	246,046	246,046	246,046	271,046	271,046
	KILOGRAMS	111,605	111,605	111,605	122,945	122,945
TYPICAL CARGO - MAIN DECK CONTAINERS (4)	CUBIC FEET	18,720	18,720	18,720	18,720	18,720
	CUBIC METERS	530	530	530	530	530
MAX CARGO - LOWER DECK CONTAINERS (LD-1)	CUBIC FEET	5,250	5,250	5,250	5,250	5,250
	CUBIC METERS	149	149	149	149	149
MAX CARGO - LOWER DECK BULK CARGO	CUBIC FEET	845	845	845	845	845
	CUBIC METERS	24	24	24	24	24
USABLE FUEL CAPACITY (5)	U.S. GALLONS	53,765	53,763	53,765	57,065	57,065
	LITERS	203,501	203,493	203,501	215,991	215,991
	POUNDS	360,226	360,226	360,226	382,336	382,336

Tabla 3.7 Características Generales

b.2.1) Para el Vuelo a JFK.

Obteniendo de la tabla anterior

- Peso vacío más carga de paga 610,000 lb
- OEW + PylD 276,689 kg

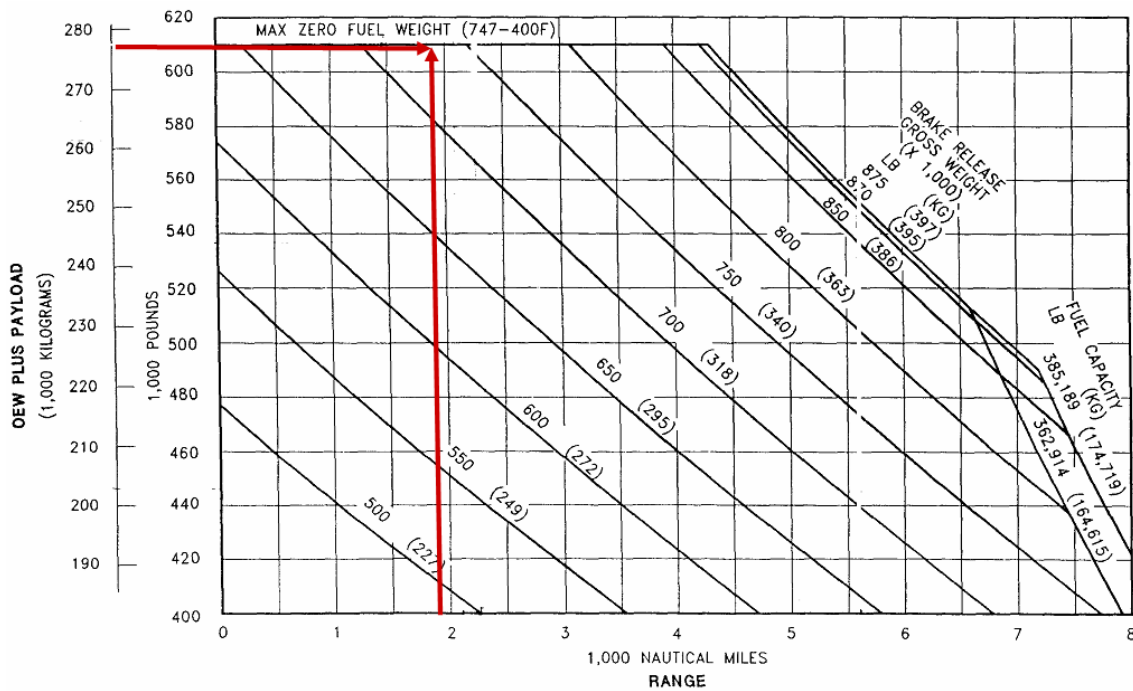


Análisis de Pista del Aeropuerto Internacional “Ponciano Arriaga” de San Luis Potosí S. L. P.

Restando las cargas anteriores 610,000 lb. (OEW+PLYD), menos 216,048 lb. (PLYD) obtenido de la gráfica, tenemos:

- **Peso vacío OEW** 393,952 lb
178,693 kg

Para obtener el peso de despegue se usan el peso vacío más carga de paga 610,000 lb y la distancia en millas náuticas 1,850 m. n. como se ilustra en la siguiente gráfica:



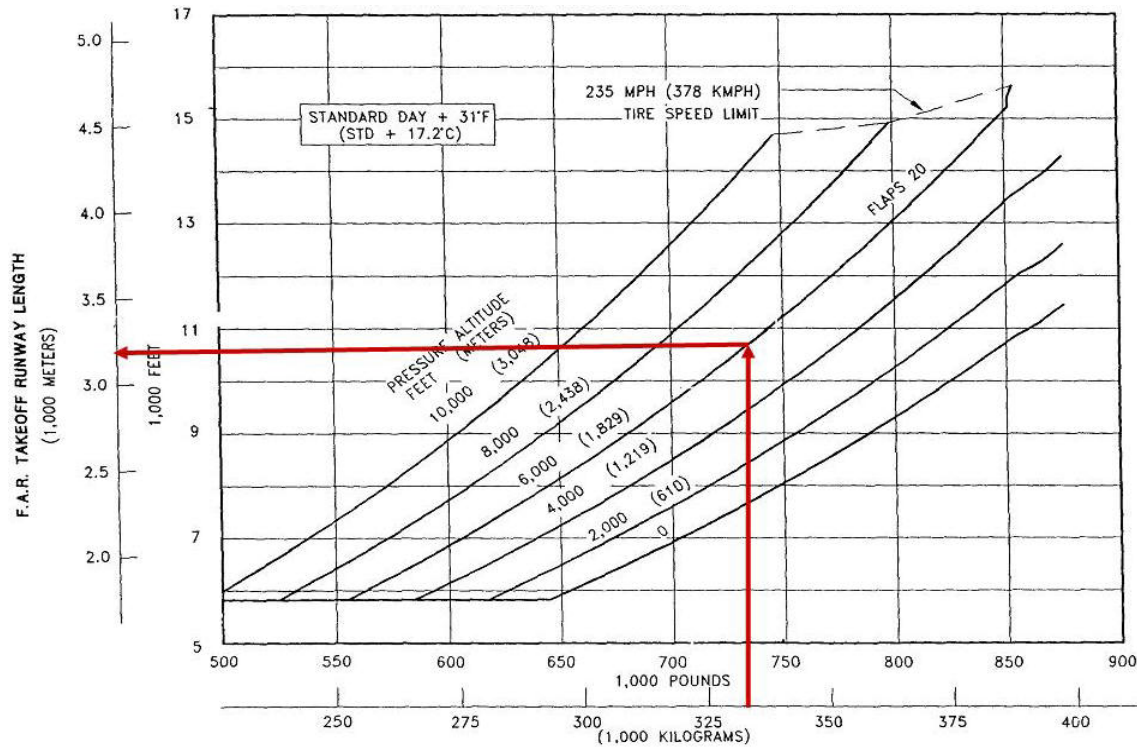
Gráfica 3.9 Peso de Despegue

- **Peso de despegue TOW** 730,000 lb
331,122 kg



Análisis de Pista del Aeropuerto Internacional “Ponciano Arriaga” de San Luis Potosí S. L. P.

Finalmente se consideran el peso anterior y la elevación del aeropuerto 1,839 m (6,035') para obtener la longitud de pista necesaria.



Gráfica 3.10 Longitud de Pista

Longitud de pista requerida: 3,200 m (10,498')

b.2.2) Para el vuelo a YVR tomando en cuenta que también la condición requerida para carga de paga máxima es de 111,604 kg (246,046 lb).

Se considera el mismo criterio que para JFK
De la tabla de características generales

- Peso vacío más carga de paga 610,000 lb
- OEW + Pyld 276,689 kg

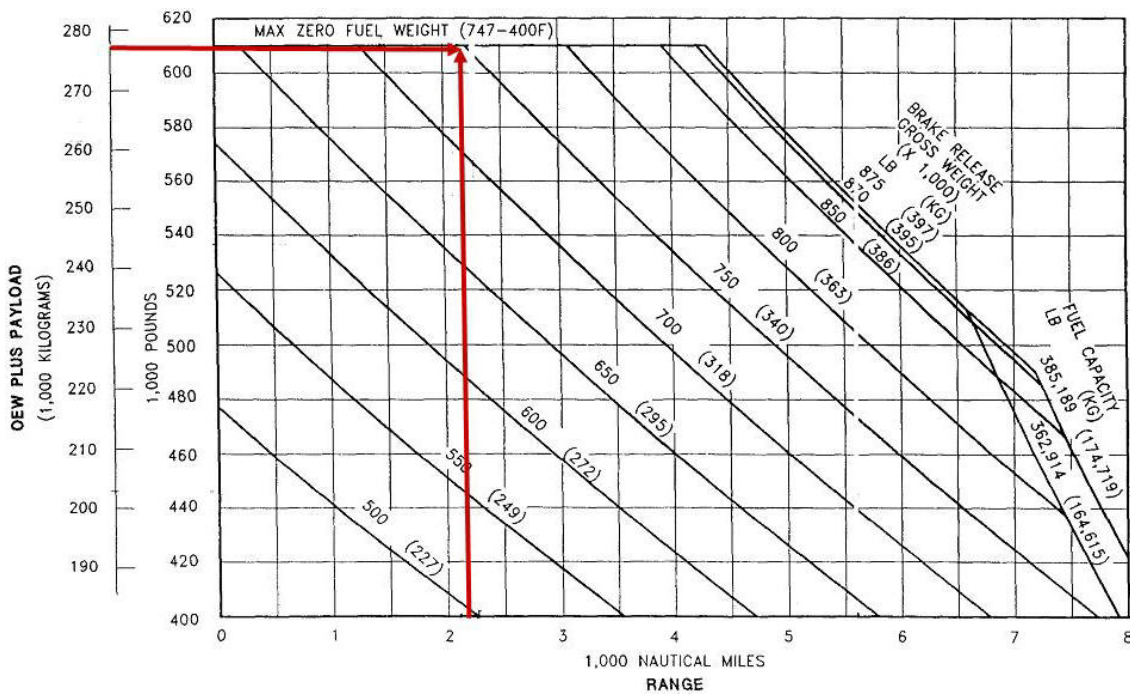


Análisis de Pista del Aeropuerto Internacional “Ponciano Arriaga” de San Luis Potosí S. L. P.

Restando las cargas anteriores

- Peso vacío OEW 363,954 lb
165,085 kg

Se ubica el peso de despegue para la distancia en millas correspondiente con los datos de peso vacío más carga de paga 610,000 lb (276,689 kg) y la distancia de vuelo que son 2,027 m. n. (3,753 km):



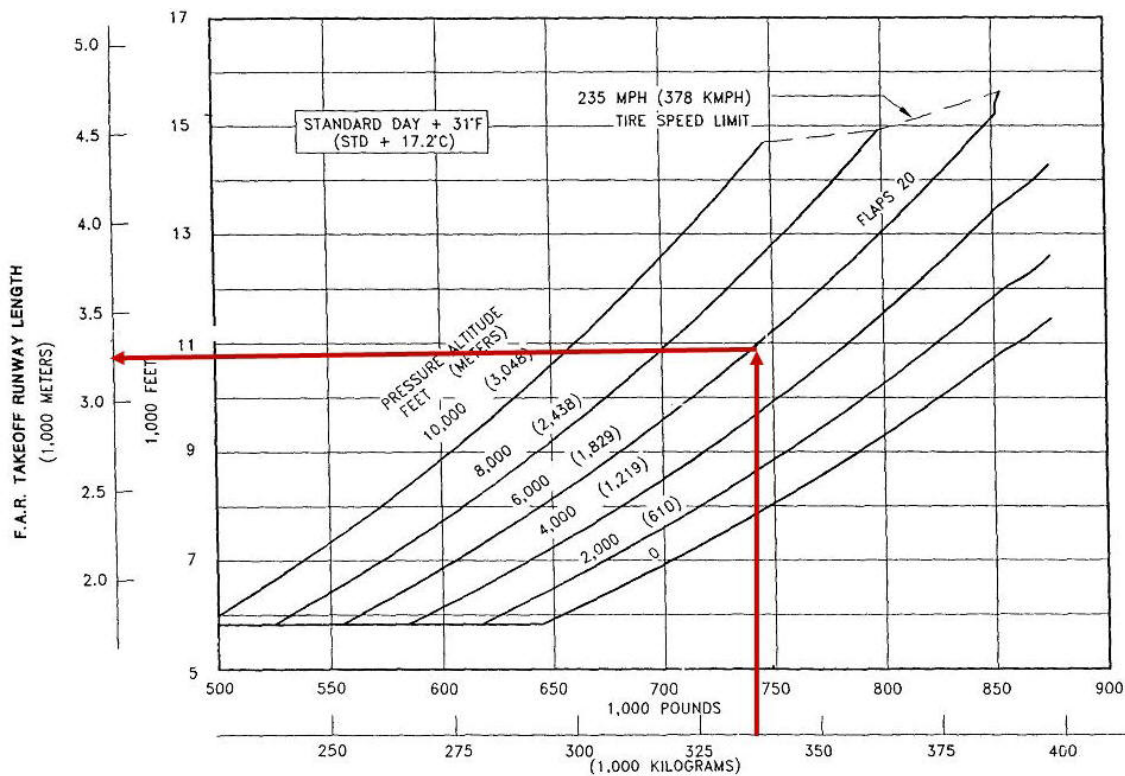
Gráfica 3.11 Peso de Despegue

- Peso de despegue TOW 748,000 lb
339,285 kg

Finalmente se usa la elevación del aeropuerto 1,839 m (6,035') y el peso de despegue 748,000 lb (339,285 kg) para que la gráfica nos indique cual será la longitud de pista necesaria.



Análisis de Pista del Aeropuerto Internacional “Ponciano Arriaga” de San Luis Potosí S. L. P.



Gráfica 3.12 Longitud de Pista

Longitud de pista requerida 3,340 m (10,958')

Se puede concluir que al reducir la distancia de vuelo, a New York (JFK) y Vancouver (YVR), la capacidad de carga de paga se incrementa substancialmente al requerir menor peso de combustible. Bajo estas nuevas condiciones, se hicieron dos supuestos. Uno operando con la longitud de pista actual de 3,000 m y obteniendo la carga de paga posible, y otro para máxima carga de paga determinando la longitud de pista requerida.

Para la longitud de pista actual, la carga de paga es: a JFK 95,728 kg, 15,876 kg menos que el máximo estructural de 111,604 kg, equivalentes al 14.22%.

En la ruta a VIA la carga de paga es de 98,631 kg, 12,973 kg menos que el máximo, 11.62%.

Para la carga de paga máxima estructural de 111,604 kg, las longitudes de pista requeridas son: para JFK de 3,200 m, es decir 6.25% más, con un peso

**Análisis de Pista del Aeropuerto Internacional “Ponciano Arriaga” de San Luis Potosí S. L. P.**

de despegue de 331,122 kg; y en la ruta a YVR, 3,340 m equivalente a 11.33% más, con un peso de despegue de 339,285 kg.

Las cifras anteriores, al igual que en el primer estudio, son referenciales obtenidas del documento del fabricante Boeing, sobre las Características para Planeación de Aeropuertos.

Así, las cifras finales deberán ser obtenidas de los manuales de vuelo de cada avión en particular y que contemplan entre otros conceptos a: la temperatura real, la componente longitudinal de viento y la presión barométrica, en el momento del despegue; permitiendo calcular el peso real de despegue con la longitud de pista respectiva, y considerando las distancias efectivas de acuerdo con las rutas de vuelo reales.

Resumiendo

<i>Tramo</i>	<i>Distancia</i>	<i>Long. de Pista modificada</i>	<i>% de Incremento de Pista</i>
SLP – JFK	1,850 m. n. 3,426 km.	10,498´ 3,200 m	6.25
SLP – YVR	2,027 m. n. 3,753 km.	10,958´ 3,340 m	11.33
SLP- MXP	5,479 m. n. 10,147 km.	15,200´ 4,632 m	54.40
SLP – FCO	5,590 m. n. 10,353 km.	15,200´ 4,632 m	54.40

Tabla 3.8 Porcentajes de incremento de Pista



III.4 Posibilidades de Prolongación.

III.4.1 Terrenos.

En el capítulo dos se vió que el área total que ocupa el aeropuerto es aproximadamente de 5.28 km², es decir, 528 hectáreas.

Según los cálculos obtenidos respecto a longitud de pista, para los vuelos que irían a New York (JFK) y Vancouver (YVR) se obtuvo que la longitud óptima sea 3,340 m (10,958'), es decir que se aumentan 340 m a la pista existente. Para el caso de los vuelos a Roma (FCO) y Milán (MXP) se calculó que la longitud requerida sería de 4,632 m (15,200'), o sea 1,632 m más a la pista actual. De acuerdo con el plano general del aeropuerto el terreno si alcanza para aumentar la longitud de la pista hasta para el caso de los vuelos a Milán y Roma ya que además de los 3,000 m existentes, en ambas cabeceras se pueden ampliar en ambos extremos hasta 1,685 m.

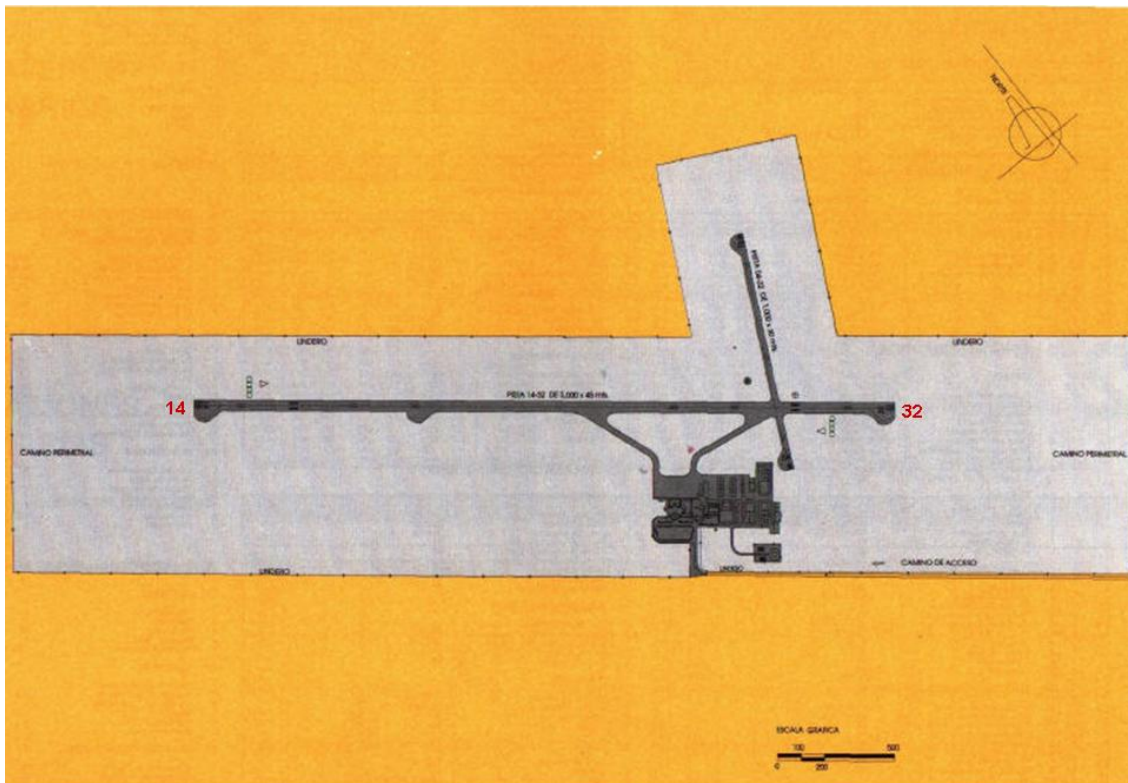


Figura 3.3 Terreno del Aeropuerto SLP



Análisis de Pista del Aeropuerto Internacional “Ponciano Arriaga” de San Luis Potosí S. L. P.

Como se puede apreciar en la imagen donde esta la cabecera 14 caben 685 m y donde comienza la pista 32 caben 1,000 m lo que da el total de 1,685 m extras.

Dicha ampliación dependerá de un estudio de los espacios aéreos disponibles y además de que no haya obstáculos o instalaciones existentes que repercutan para la ampliación.

III.4.2 Espacios Aéreos

El espacio aéreo debe mantenerse libre de obstáculos alrededor de los aeródromos para que puedan llevarse a cabo con seguridad las operaciones de aviones previstas y evitar que los aeródromos queden inutilizados por la multiplicidad de obstáculos en sus alrededores.

Esto se logra mediante una serie de superficies limitadoras de obstáculos que marcan los límites hasta donde los objetos pueden proyectarse en el espacio aéreo.

Existen superficies limitadoras de obstáculos que de acuerdo con el Anexo 14 al Convenio sobre Aviación Civil Internacional son:

Superficie Horizontal Externa.

Esta superficie comprende a su vez la Superficie Cónica que tiene una pendiente ascendente y hacia fuera que se extiende desde la periferia de la superficie horizontal interna.

La pendiente se medirá en un plano vertical perpendicular a la periferia de la superficie horizontal interna correspondiente.



Análisis de Pista del Aeropuerto Internacional “Ponciano Arriaga” de San Luis Potosí S. L. P.

Los límites que comprende la superficie cónica son:

- a) Un borde inferior que coincide con la periferia de la superficie horizontal interna.
- b) Un borde superior situado a una altura determinada sobre la superficie horizontal interna.

Superficie Horizontal Interna.

Esta superficie está situada en un plano horizontal sobre un aeródromo y sus alrededores.

El radio o límites exteriores se medirán desde el punto o puntos de referencia que se fijen con este fin, no es necesario que la superficie horizontal interna sea circular.

La altura de esta superficie se medirá por encima del punto de referencia para la elevación que se fije.

Superficie de aproximación.

Esta superficie es un plano inclinado o una combinación de planos anteriores al umbral. Los límites son:

- a) Un borde interior de longitud especificada, horizontal y perpendicular a la prolongación del eje de pista y situado a una distancia determinada antes del umbral.
- b) Dos lados que parten de los extremos del borde interior y divergen uniformemente en un ángulo determinado respecto a la prolongación del eje de pista.



Análisis de Pista del Aeropuerto Internacional "Ponciano Arriaga" de San Luis Potosí S. L. P.

- c) Un borde exterior paralelo al borde interior. La elevación de este borde será igual a la del punto medio del umbral.

La pendiente o pendientes de la superficie se medirán en el plano vertical que contenga al eje de pista.

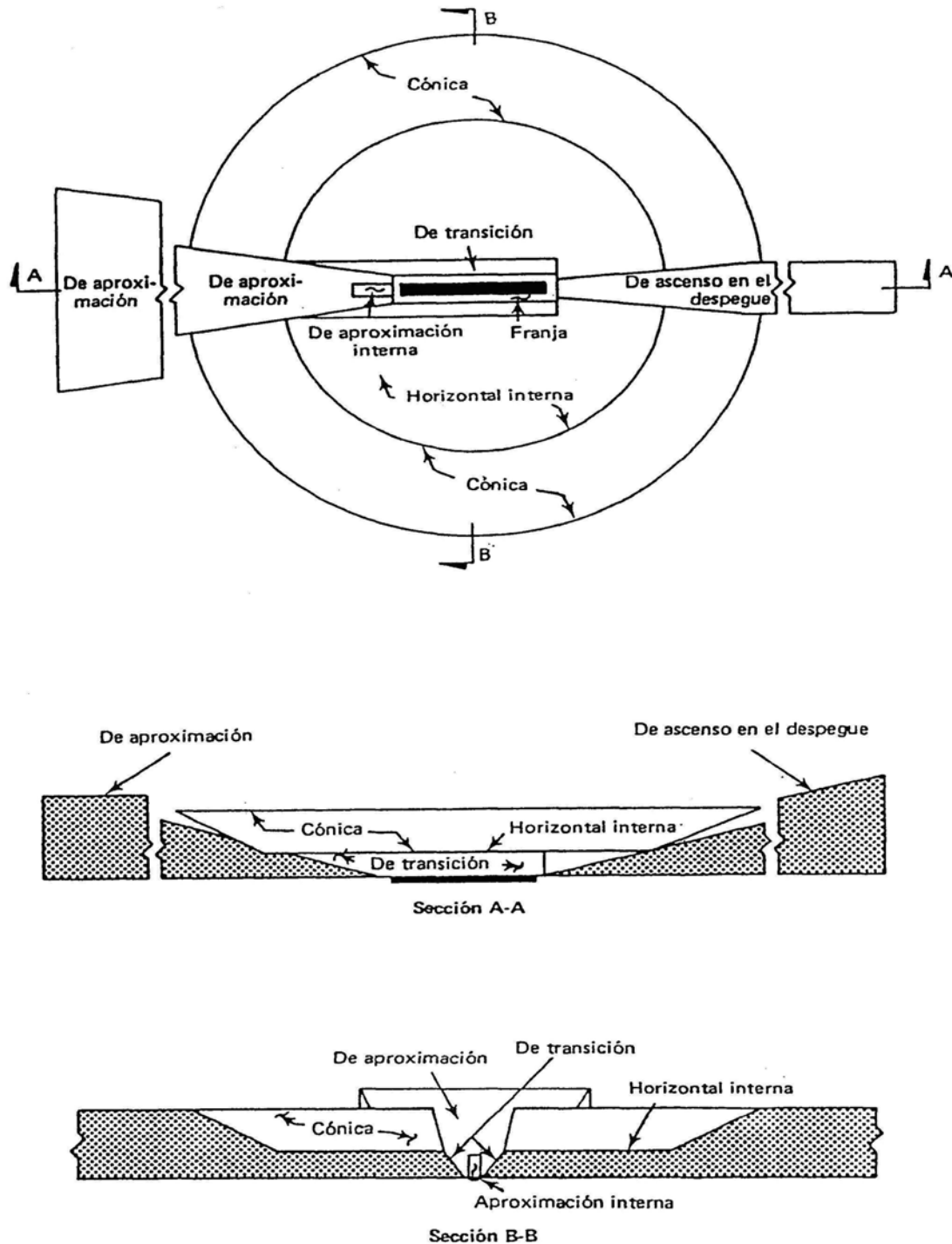


Figura 3.4 Superficies limitadoras de obstáculos



Análisis de Pista del Aeropuerto Internacional “Ponciano Arriaga” de San Luis Potosí S. L. P.

Superficie de aproximación interna.

Ésta superficie es una porción rectangular de la superficie de aproximación inmediatamente anterior al umbral.

Los límites de ésta superficie son:

- a) Un borde interior que coincide con el emplazamiento del borde interior de la superficie de aproximación pero que posee una longitud propia determinada.
- b) Dos lados que parten de los extremos del borde interior y se extienden paralelamente al plano vertical que contiene el eje de pista.
- c) Un borde exterior paralelo al borde interior.

Superficie de transición.

Es una superficie que se extiende a lo largo del borde de la franja y parte del borde de la superficie de aproximación, de pendiente ascendente y hacia fuera hasta la superficie horizontal interna.

Los límites de esta superficie son:

- a) Un borde inferior que comienza en la intersección del borde de la superficie de aproximación con la superficie horizontal interna y que se extiende siguiendo el borde de la superficie de aproximación hasta el borde interior de la superficie de aproximación y desde allí, por toda la longitud de la franja, paralelamente al eje de pista.
- b) Un borde superior situado en el plano de la superficie horizontal interna.



Análisis de Pista del Aeropuerto Internacional “Ponciano Arriaga” de San Luis Potosí S. L. P.

La elevación de un punto en el borde inferior será:

- a) A lo largo del borde de la superficie de aproximación igual a la elevación de la superficie de aproximación en dicho punto.
- b) A lo largo de la franja; igual a la elevación del punto más próximo sobre el eje de la pista o de su prolongación.

Superficie de transición interna.

Esta superficie es similar a la superficie de transición pero más próxima a la pista. Los límites son:

- a) Un borde inferior que comience al final de la superficie de aproximación interna y que se extienda a lo largo del lado de la superficie de aproximación interna hasta el borde interior de esta superficie; desde allí a lo largo de la franja paralela al eje de pista hasta el borde interior de la superficie de aterrizaje interrumpido y desde allí hacia arriba a lo largo del lado de la superficie de aterrizaje interrumpido hasta el punto donde el lado corta la superficie horizontal interna.
- b) Un borde superior situado en el plano de la superficie horizontal interna.

Superficie de aterrizaje interrumpido.

Es un plano inclinado situado a una distancia especificada después del umbral, que se extiende entre las superficies de transición internas. Los límites de esta superficie son:

- a) Un borde interior horizontal y perpendicular al eje de pista, situado a una distancia especificada después del umbral.



Análisis de Pista del Aeropuerto Internacional “Ponciano Arriaga” de San Luis Potosí S. L. P.

- b) Dos lados que parten de los extremos al borde interior y divergen uniformemente en un ángulo determinado del plano vertical que contiene el eje de pista.
- c) Un borde exterior paralelo al borde interior y situado en el plano de la superficie horizontal interna.

La elevación del borde interior será igual a la del eje de pista en el emplazamiento del borde interior.

En cuanto a la pendiente se medirá en el plano vertical que contenga el eje de la pista.

Superficie de ascenso en el despegue.

Es un plano inclinado u otra superficie especificada situada más allá del extremo de una pista o zona libre de obstáculos.

Los límites para la superficie son:

- a) Un borde interior, horizontal y perpendicular al eje de pista situado a una distancia especificada más allá del extremo de la pista o al extremo de la
- b) zona libre obstáculos, cuando la hubiere, y su longitud excede a la especificada.
- c) Dos lados que parten de los extremos al borde interior y divergen uniformemente, con un ángulo determinado respecto a la derrota de despegue, hasta una anchura final especificada, manteniendo después dicha anchura a lo largo del resto de la superficie de ascenso en el despegue.
- d) Un borde exterior horizontal y perpendicular a la derrota de despegue especificada.



Análisis de Pista del Aeropuerto Internacional “Ponciano Arriaga” de San Luis Potosí S. L. P.

La elevación del borde interior será igual a la del punto más alto de la prolongación del eje de pista entre el extremo de ésta y el borde interior; o a la del punto más alto sobre el suelo en el eje de la zona libre de obstáculos, cuando exista ésta.

En el caso de una trayectoria de despegue rectilínea la pendiente de superficie de ascenso en el despegue se medirá en el plano vertical que contenga al eje de pista.

En el caso de una trayectoria de vuelo de despegue en el que intervenga un viraje, la superficie de ascenso en el despegue será una superficie compleja que contenga las normales horizontales a su eje; la pendiente del eje será igual que la de la trayectoria de vuelo de despegue rectilínea.

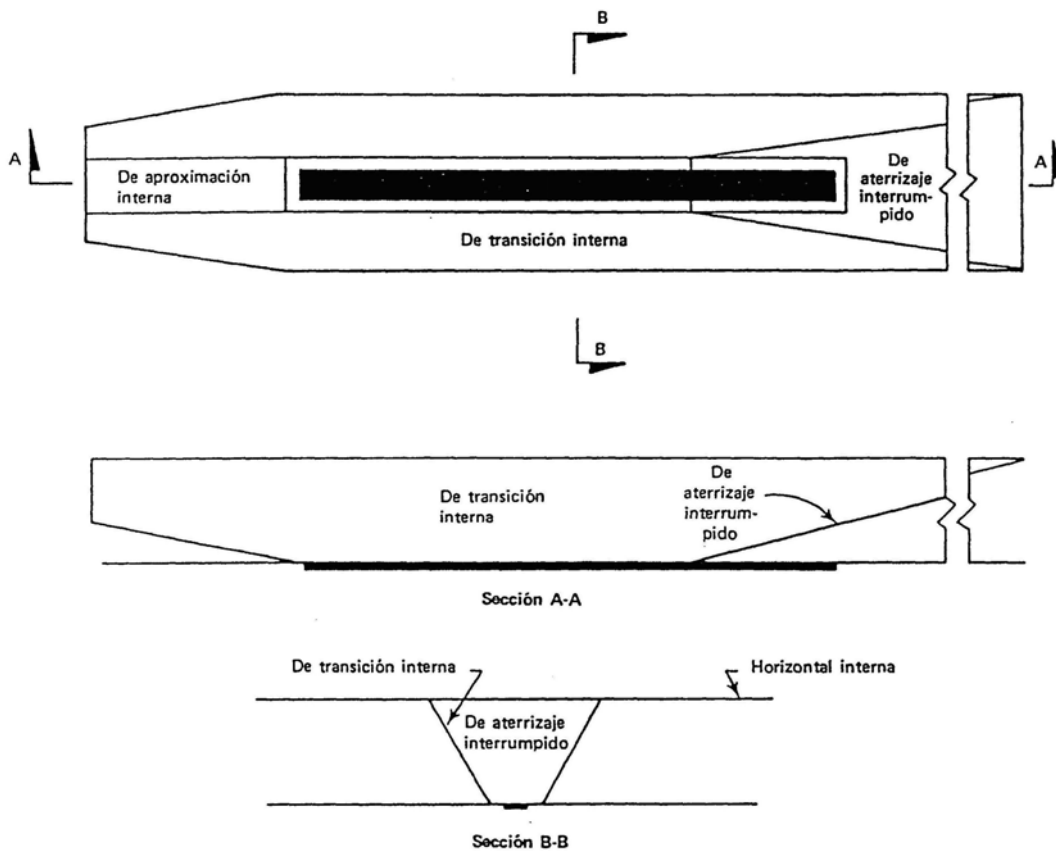


Figura 3.5 Superficies limitadoras de obstáculos de aproximación interna, de transición interna y de aterrizaje interrumpido



III.4.3 Instalaciones existentes.

Actualmente no se cuenta con un levantamiento topográfico a detalle actualizado del aeropuerto, el cual para los efectos es conveniente tomar fotografías aéreas y obtener planos con restitución aerofotogramétrica para conocer cuales son las condiciones topográficas y también los posibles obstáculos para efectos de la ampliación de la pista.

A simple vista se puede observar desde las cabeceras de la pista que existen conformaciones naturales como son árboles, depresiones y algunas pequeñas lomas, pero también se tienen construcciones que fueron realizadas durante la formación del actual aeropuerto.

Existen, dentro de los límites del aeropuerto tres obstáculos importantes para la prolongación de la pista. La primera construcción que se estima obstáculo es una línea de alta tensión que pasa por ambas cabeceras de la pista. Para que estas líneas sean reubicadas y vuelvan a operar de nuevo, primero deben ser analizadas y ver que tan factible es hacer el movimiento, para que después pudieran ser desplazadas por la Comisión Federal de Electricidad por lo que el costo sería importante.

El segundo obstáculo es el paso de un canal en la cabecera 32 que en la mayor parte del año esta seco, aunque cuando se tienen lluvias intensas éste canal sirve para drenar la gran cantidad de agua que se acumula en esa parte del aeropuerto y así evitar inundaciones de gran magnitud, por lo que se debe considerar el reubicarlo e inducir la concentración de agua.

Finalmente el tercer obstáculo a considerar es un camino de acceso al poblado de nombre Rinconada que si bien no afecta de manera directa a la ampliación de la pista, sí intervendría en el reacomodo de los espacios aéreos debido al gálibo necesario de camiones, además que el camino se ira mejorando y en un



Análisis de Pista del Aeropuerto Internacional “Ponciano Arriaga” de San Luis Potosí S. L. P.

futuro es de preverse que se colocara el alumbrado y posiblemente anuncios espectaculares que invadirán dichos espacios por lo que es recomendable que el camino sea desplazado de manera que no se llegue a considerar como un obstáculo.

III.5 Recomendaciones

1.- Para las distancias calculas en los tramos a New York (JFK) y Vancouver (YVR) se puede decir que al estimar al inicio de las operaciones no se tendrá una demanda equivalente al máximo de carga de paga, así se podrá operar en la longitud de pista actual de 3,000 m que como se anotó representa una restricción respecto de la carga de paga máxima de 14.22% para el caso de JFK.

2.- De estimarse necesario, proyectar con cuidado y detalle la prolongación de la pista con un máximo estimado de 400 m, tomando en cuenta: la adquisición de terrenos, las afectaciones a infraestructuras existentes, y las construcciones y orografía que pudieran violar las superficies libres de obstáculos.

3.- Calcular los valores del Número de Clasificación de los Pavimentos aeronáuticos PCN, interpretándolos como resistencia estructural aceptable, los cuales se compararan con el esfuerzo actuante de los aviones, medido en el Número de Clasificación de Aeronave ACN. En función de los valores obtenidos, se podrá calcular el incremento en el espesor de los pavimentos existentes (pista, calles de rodaje, plataformas), o proyectar los nuevos que se requieran.

El procedimiento que deberá emplearse para la determinación del PCN es el de pruebas dinámicas no destructivas, mediante los deflectómetros de caída libre para aviones pesados y programas de cómputo.



Análisis de Pista del Aeropuerto Internacional “Ponciano Arriaga” de San Luis Potosí S. L. P.

Es importante destacar que aún cuando se decida que la prolongación de la pista no sea necesaria, el refuerzo de los pavimentos es indispensable debido a que los actuales no fueron proyectados para un tránsito regular del tipo de avión que se está considerando.

4.- Por otro lado y tomando en cuenta los programas de reordenamiento urbano emprendidos por los Gobiernos Municipal y Estatal, es prudente preparar en conjunto con el Grupo Aeroportuario, un plan maestro del aeropuerto a largo plazo que podría incluir, inclusive una segunda pista.

En tal orden de ideas se estará en posibilidad de generar sugerencias y recomendaciones respecto a terrenos futuros; así como el ordenamiento municipal respecto al uso del suelo alrededor del aeropuerto, en función de las alturas de las construcciones futuras para proteger las superficies libres de obstáculos, y del destino de las construcciones como consecuencia de las curvas de niveles de ruido.

5.- Para los tramos de vuelo hacia Roma (FCO) y Milán (MXP) de manera independiente a la disponibilidad del terreno, al momento del análisis no se cuenta con elementos de juicio suficientes para sustentar la inversión requerida por la prolongación de la pista en 1,632 m adicionales, para los vuelos directos a esas ciudades estimándose que se requieran más de tres años de proyecto y construcción al tomar en cuenta que será necesario cuando menos:

- Prolongar la pista, bien en un extremo o desde los dos de la pista actual incrementando la longitud de la franja de seguridad, así como las áreas de seguridad de extremo de pista.
- Reforzar los pavimentos aeronáuticos de pista, calles de rodaje y plataformas, para ser congruentes con los nuevos pesos de despegue.
- Modificar ampliándolo, el sistema de drenaje aeronáutico.



Análisis de Pista del Aeropuerto Internacional “Ponciano Arriaga” de San Luis Potosí S. L. P.

- Aumentar el número de luces de borde de pista, cambiar el cable, modificar en su caso, la ubicación de las luces de umbral y de los PAPI, y aumentar la capacidad de la subestación eléctrica de ayudas visuales.
- Después de un estudio de espacios aéreos, modificar los procedimientos VFR/IFR de descenso, aproximación y ascenso, con los nuevos umbrales, suponiendo que no se requeriría cambiar la ubicación actual del VOR/DME y no se instalaría de momento el ILS.

Ante el escenario anterior como una opción más viable, cuando menos en una primera etapa, de darse el caso de los vuelos directos a Europa, es de sugerirse la operación con la longitud actual de pista de 3,000 m y dependiendo del peso de despegue real (carga de paga) y la distancia de vuelo efectiva, operar con una escala técnica para recarga de combustible que bien pudiera ser Mérida o Cancún en la península de Yucatán, o eventualmente algún aeropuerto en el norte del Caribe como por ejemplo Miami en Estados Unidos o Nassau en las islas Bahamas.

En el mismo análisis y en el supuesto de los vuelos directos a Asia, la escala técnica podría ser Los Ángeles o Vancouver.

En todo caso al seguir operando con la longitud de pista actual, se hace necesario considerar el proyecto y la obra para el aumento de la capacidad portante de los pavimentos aeronáuticos en el aeropuerto de origen en San Luis Potosí.



IV. Nuevo Plan Maestro





Análisis de Pista del Aeropuerto Internacional “Ponciano Arriaga” de San Luis Potosí S. L. P.

El Plan Maestro se define como el plan principal que perfila los métodos y procedimientos que necesitan ser seguidos para lograr las metas a largo plazo de un programa, o bien aplicado a nuestro tema, forma y tamaño que con los conocimientos actuales tendrá el aeropuerto al final del horizonte de planeación.

En el caso del aeropuerto de San Luis Potosí (SLP), nos ocuparemos por la reserva de terrenos que se necesitarían a futuro por sobrepasar la demanda de una pista aislada, pensando como posibles soluciones:

- I. Un rodaje paralelo a la pista principal.
- II. Construcción de una segunda pista.

En primera instancia, es necesario determinar el Horizonte de Planeación por lo que se debe tratar de pronosticar una demanda a futuro, generalmente se hace a plazos como se indica a continuación:

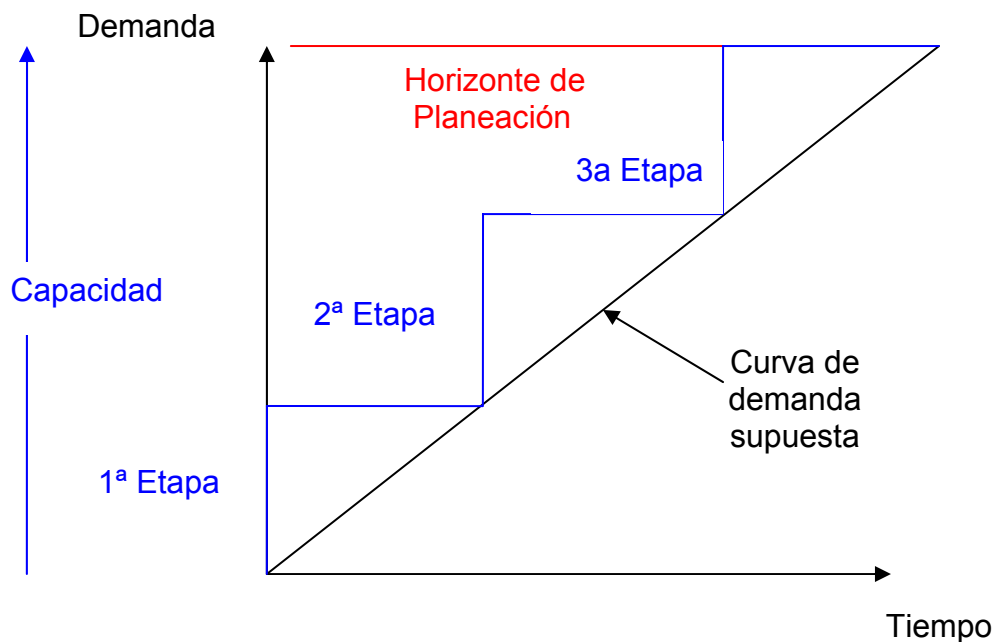
- Plazo corto de 4 a 5 años. Se tendrá una incertidumbre discreta.
- Plazo medio de 5 a 10 años. La incertidumbre se incrementa.
- Plazo largo de 10 o más años. El rango de error es aún mayor.

El Plan Maestro debe ser flexible para aceptar los cambios científicos y tecnológicos que se presentan a lo largo del tiempo, ya que no es lo mismo la tecnología que se maneja hoy que la tecnología que se usará 15 años más adelante.

En la gráfica que se muestra a continuación se puede representar la capacidad que puede alcanzar un aeropuerto.



Análisis de Pista del Aeropuerto Internacional “Ponciano Arriaga” de San Luis Potosí S. L. P.



Gráfica 4.1 Demanda vs. Tiempo

La *capacidad* es la posibilidad de atender una solicitud de servicio (demanda) y, en este caso por etapas para cumplir adecuadamente con la cobertura de la demanda que se vaya presentando en plazos. Dicha capacidad se referirá al nivel de servicio aceptado y al tiempo de ocupación.

Cuando el nivel de servicio que hemos adoptado se cumple, entonces tendremos el punto de 1ª etapa. Este nivel de servicio se fija desde el primer proyecto y se debe calcular para diferentes sistemas como pistas, edificios, entre otros.

Se debe considerar que de no ejecutarse ninguna acción, la demanda continuará subiendo y la capacidad del aeropuerto seguirá igual, deteriorando el nivel de servicio. En el caso de que se continúen tomando medidas para cuidar el nivel de servicio se tendrá la 2ª etapa y así consecutivamente hasta llegar al límite de la demanda.



Análisis de Pista del Aeropuerto Internacional “Ponciano Arriaga” de San Luis Potosí S. L. P.

Cabe destacar que al momento de llevar a cabo la planeación para la elaboración de un plan maestro, se presentan varios problemas comunes que se deben evitar, entre ellos se tiene:

- Recopilación excesiva de información.
- Falta de claridad en lo que debe hacerse y los resultados que se buscan.
- Organizaciones complejas y deficientes en actividades.
- Expectativas y tendencias a resolver problemas, por encima de las capacidades.
- Elaboración de propuestas que se establecen con desconocimiento de la problemática.
- Estructuración de proyectos que nunca se terminan.
- Número excesivo de trámites y personal.
- Desperdicio de recursos y retraso en los informes.
- Posibilidad de llevar a la práctica sugerencias que no resuelven e inclusive pueden agravar la problemática.
- Producción de material especulativo e impreciso.
- Demasiada confianza en la intuición de personal poco preparado y con experiencia limitada.



Análisis de Pista del Aeropuerto Internacional “Ponciano Arriaga” de San Luis Potosí S. L. P.

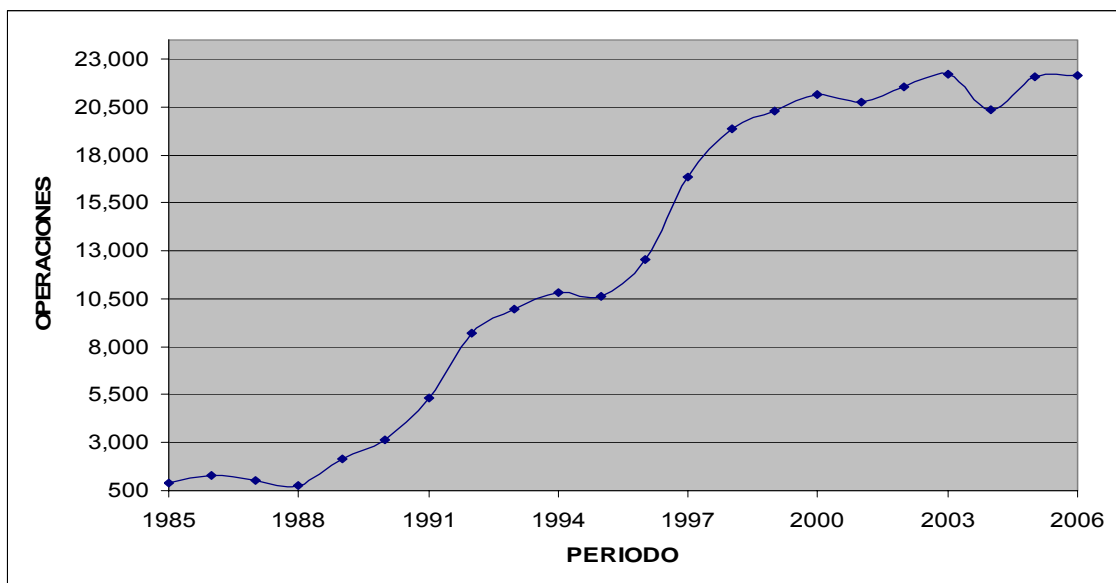
Una vez que se tienen identificados estos posibles errores se procederá a realizar la representación gráfica del comportamiento de la demanda para el aeropuerto en cuestión.

Estudios recientes indican que el aeropuerto de SLP cuenta con la siguiente relación de operaciones al año:

AÑO	OPERACIONES	AÑO	OPERACIONES
1985	928	1996	12,569
1986	1,303	1997	16,872
1987	1,044	1998	19,345
1988	758	1999	20,313
1989	2,128	2000	21,127
1990	3,128	2001	20,789
1991	5,359	2002	21,519
1992	8,721	2003	22,198
1993	9,945	2004	20,361
1994	10,831	2005	22,102
1995	10,608	2006	22,150

Tabla 4.1 Operaciones de SLP Anuales.

Lo cual se ve reflejado en la imagen.



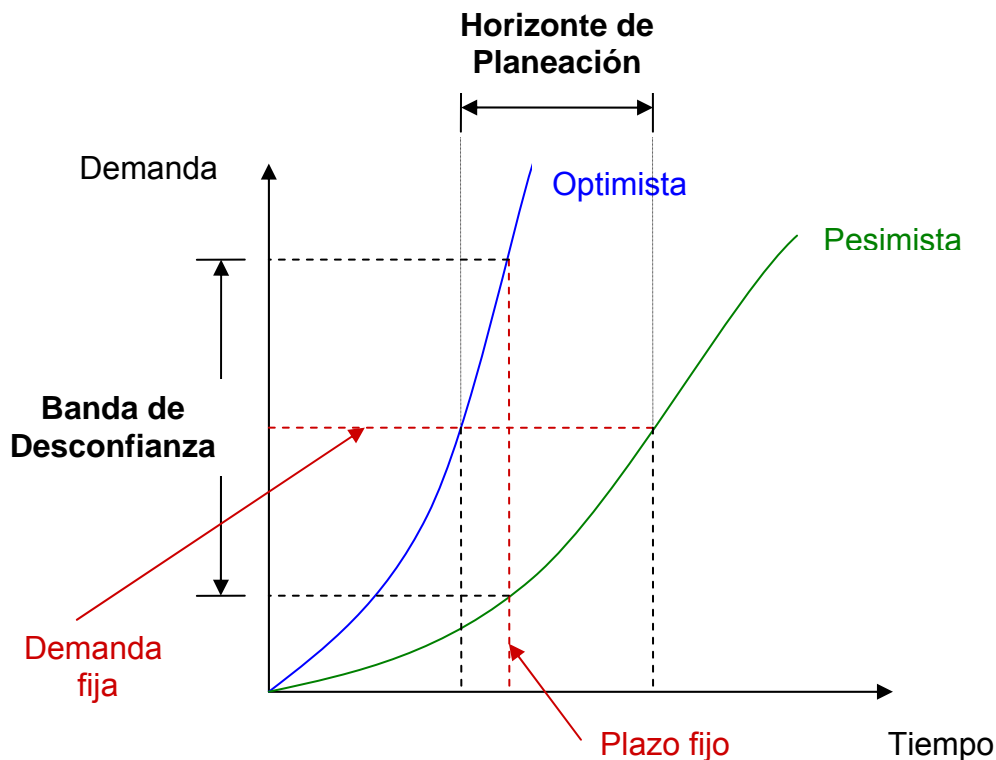
Gráfica 4.2 Comportamiento de la Operación en SLP



Análisis de Pista del Aeropuerto Internacional “Ponciano Arriaga” de San Luis Potosí S. L. P.

La gráfica indica que el aeropuerto tiene un constante crecimiento, que aunque de manera lenta la demanda continua en aumento.

Con el siguiente esquema se representa el comportamiento que puede tener la demanda con relación al tiempo que va transcurriendo de manera optimista o bien de manera pesimista.



Gráfica 4.3 Comportamiento Optimista y Pesimista

Para tener una correcta apreciación de la gráfica anterior se debe considerar que ya se efectuó el cálculo optimista y pesimista del comportamiento de la demanda por lo tanto se tienen dos panoramas.

- a) Si se fija un plazo, se tendrá una banda de desconfianza.
- b) Si se fija una demanda, se tendrá un horizonte de planeación, que nos dará tiempos para que se cumpla la curva pesimista a mayor plazo o la optimista en un plazo menor.



Análisis de Pista del Aeropuerto Internacional “Ponciano Arriaga” de San Luis Potosí S. L. P.

De acuerdo al anexo 14 se establece que existen 3 casos para el número de operaciones por hora (op/hr) en un aeropuerto:

- *Pista aislada.* Esta pista alcanza 50 despegues exclusivos o 36 aterrizajes exclusivos. En una combinación de 50% se obtiene un promedio del orden de 44 op/hr
- *Pistas segregadas.* Estas pistas tienen menos de 760 m entre ejes y tienen un promedio de operaciones combinadas del 50% de 54 op/hr
- *Pistas paralelas.* Este arreglo de pistas debe estar a 760 m como mínimo entre ejes y da una cantidad de 100 despegues exclusivos o 63 aterrizajes exclusivos por hora dando un promedio al 50% de 72 op/hr

Teniendo en cuenta lo anterior el límite de operaciones para nuestro aeropuerto con un 50% de despegues y 50% de aterrizajes, será del orden de 44 op/hr.

Una vez que se alcance dicho límite en el caso combinado se deben proponer opciones que económicamente sean factibles, para que el aeropuerto siga siendo eficiente. En todo caso y dependiendo de la relación horario de despegue a aterrizajes sería necesario una segunda pista.

De tal forma se pueden proponer etapas para cumplir con la capacidad del aeropuerto en un periodo de tiempo.

1ª Etapa

Construcción de una calle de rodaje paralela a la pista

Cuando nos referimos a las calles de rodaje debemos considerar que se conocen tres tipos, que son las de *entrada* para efectos de despegue, las de



Análisis de Pista del Aeropuerto Internacional “Ponciano Arriaga” de San Luis Potosí S. L. P.

salida para efectos de aterrizaje y las *paralelas* que son principalmente para evitar congestionamiento en la pista.

En el caso del aeropuerto SLP se tienen rodajes de entrada y de salida como se ve en la imagen.



Figura 4.1 Calles de Rodaje

Haciendo un acercamiento podemos ver los ángulos que tienen los rodajes y la distancia que existe entre el eje de la pista y el hangar más cercano.



Figura 4.2 Distancia entre eje de pista y objeto más próximo

**Análisis de Pista del Aeropuerto Internacional “Ponciano Arriaga” de San Luis Potosí S. L. P.**

En la siguiente tabla se indica la clasificación de los tipos de aeronaves dependiendo del tamaño de la envergadura y/o el ancho del tren principal.

Esta clave será necesaria más adelante para obtener algunos datos de tablas contenidas en el anexo 14.

Letra de Clave	Envergadura (m)	Ancho del Tren Principal (m)
A	$E < 15$	$a < 4.5$
B	$15 \leq E \leq 24$	$4.5 \leq a \leq 6.0$
C	$24 \leq E \leq 36$	$6.0 \leq a \leq 9.0$
D	$36 \leq E \leq 52$	$9.0 \leq a \leq 14.0$
E	$52 \leq E \leq 65$	$9.0 \leq a \leq 14.0$
F	$65 \leq E \leq 80$	$14.0 \leq a \leq 16.0$

Tabla 4.2 Clasificación de Tipo de Aeronave

Como se mencionó en el capítulo 3, la probable flota que se usará en el aeropuerto es el *B747/400F*, el cual tiene una envergadura de 64,67 m, por lo tanto es considerado una aeronave tipo **E**.

Una vez que sabemos cual es tipo de aeronave más grande que se tendrá en el aeropuerto, buscamos cual es la categoría del aeropuerto en cuestión ya que dicha categoría está directamente relacionada con la longitud de campo de referencia del avión (747/400F) a nivel del mar y bajo condiciones estándar.

Existen 4 categorías para aeropuertos que son:

Categoría	Longitud de campo de Referencia del Avión
1	Menos de 800 m
2	Desde 800 m hasta 1200 m (exclusive)
3	Desde 1200 hasta 1800 m (exclusive)
4	Desde 1800 m en adelante

Tabla 4.3 Clasificación de Aeropuertos por Categoría



Análisis de Pista del Aeropuerto Internacional “Ponciano Arriaga” de San Luis Potosí S. L. P.

Actualmente el avión DC-9 de Turboabánico que opera Click Mexicana usa una longitud de campo de referencia de más de 1800 m por lo que el aeropuerto tiene categoría 4.

Conociendo la categoría del aeropuerto y el tipo de aeronave más grande que operará, podemos conocer la distancia mínima que debe existir entre el eje de la pista y el eje del rodaje paralelo, además de la distancia de seguridad que debe tener el rodaje antes mencionado respecto a un objeto.

Anexo 14 — Aeródromos

Volumen I

Tabla 3-1 Distancias mínimas de separación de las 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 y el eje de otra calle de rodaje (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)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(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.

Tabla 4.4 Distancias Mínimas de Separación de las calles de Rodaje

Según la tabla anterior la distancia mínima debe ser de 182.5 m entre ejes y de 47.5 m para la distancia que debe haber entre el eje de la calle de rodaje y un objeto. Recordando que la distancia que existe actualmente entre el eje de la pista y el objeto más próximo es de 226 m.

La distancia entre eje de pista y eje de rodaje es factible, pero la distancia entre eje del rodaje y el objeto mas próximo no cumple por 4.0 m según lo establecido por el anexo 14.



Análisis de Pista del Aeropuerto Internacional “Ponciano Arriaga” de San Luis Potosí S. L. P.

Existen dos opciones para atender la demanda esperada considerando lo anterior.

La primera opción es estudiar la factibilidad de hacer la demolición del objeto que interfiere con la franja de seguridad de la calle de rodaje que se pretende construir y ubicarlo de manera que no interfiera con la operación de la pista, la plataforma y los rodajes.

La segunda opción es comprar más terreno en función de las distancias que deben existir entre ejes de pista y rodajes, franjas de seguridad entre otras y que deberán cumplir con las recomendaciones del anexo 14. Esto es con la finalidad de dejar la pista actual como una calle de rodaje y posteriormente construir una nueva pista considerando las distancias adecuadas.

Para efectos de desarrollo de este tema, optaré por la primera opción que es demoler el objeto y continuar con la construcción de la calle de rodaje paralela.



Figura 4.3 Distancia entre ejes recomendada en el anexo 14

El primer paso será identificar y proponer los ángulos de los rodajes de salida dependiendo de la flota de aeronaves que circularan. Siendo así, nos



Análisis de Pista del Aeropuerto Internacional “Ponciano Arriaga” de San Luis Potosí S. L. P.

apoyamos en el anexo 14 y conforme a los tipos de aeronaves que se manejarán en el aeropuerto tenemos que la flota estará compuesta por aviones tipo C, D y E.

Los tipos de calles de rodaje de salida son:

- Ángulo recto, entre 70° y 130° en donde la velocidad de salida es similar a la velocidad cero. $V_{salida} \approx V_0$
- Ángulo para baja velocidad, entre 40° y 50°, en donde $V_{salida} = 40 \text{ mph}$ ó 67 km/h
- Ángulo para alta velocidad, serán mayores o iguales a 30° en donde $V_{salida} = 60 \text{ mph}$ ó 96 km/h

En el caso de las cabeceras usaremos salidas a 90°

Para los aviones tipo C se usaran 45°

Para los aviones tipo D y E se usaran 30°

Propondremos la siguiente distribución de rodajes para ambas cabeceras, es decir, para la 14 y 32, destacando que aún no conocemos la ubicación exacta.



Figura 4.4 Propuesta de Rodajes



Análisis de Pista del Aeropuerto Internacional “Ponciano Arriaga” de San Luis Potosí S. L. P.

Como se puede apreciar ya se toma en cuenta la distancia calculada en el capítulo anterior.

El cálculo de la distancia será el siguiente paso. Para esto es necesario apoyarnos en la siguiente imagen.

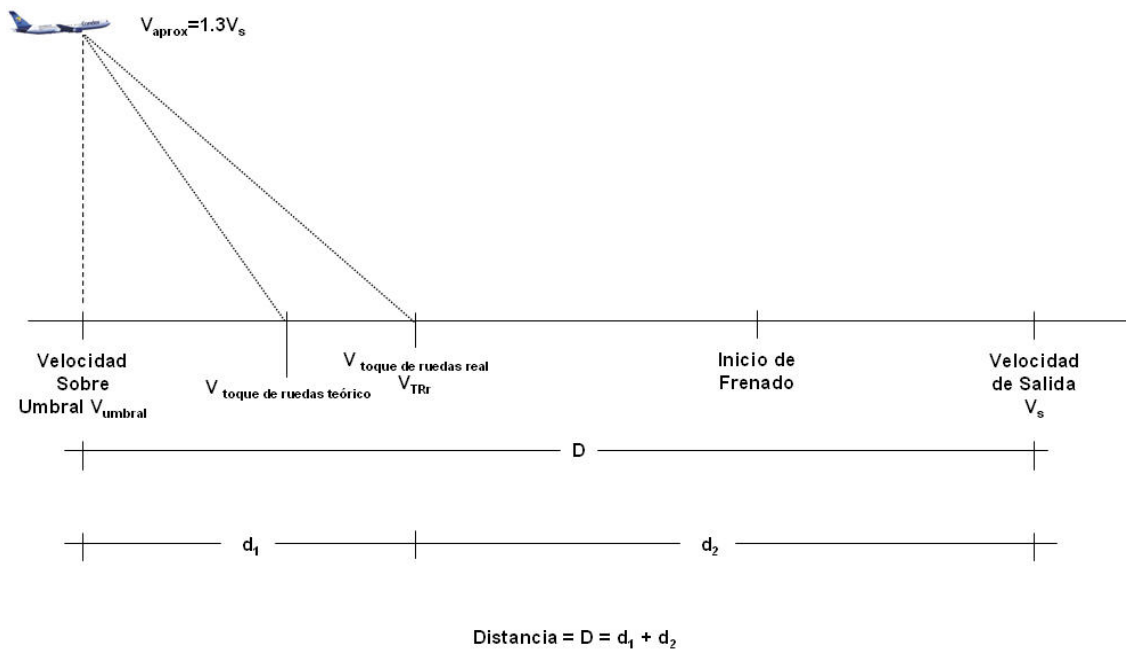


Figura 4.5 Distancias para salidas rápidas

En donde:

- Para d_1 se usan datos estadísticos que indican
 - Aeronaves tipo C, $d_1 = 300$ m
 - Aeronaves tipo D y E, $d_1 = 450$ m

- Para d_2 se considera a partir del toque real de ruedas con un movimiento uniforme

$$d_2 = \frac{V_{TRr}^2 - V_{salida}^2}{2a} \quad a = 1.5 \frac{m}{s^2}, \text{ que es un dato estadístico}$$



Análisis de Pista del Aeropuerto Internacional “Ponciano Arriaga” de San Luis Potosí S. L. P.

$V_{TRr} = V_{umbral} - 12.96 \frac{km}{hr}$; En donde la velocidad del umbral (V_{umbral}) es un dato estadístico

La forma de ubicar las intersecciones entre ejes de pista y rodajes será la siguiente

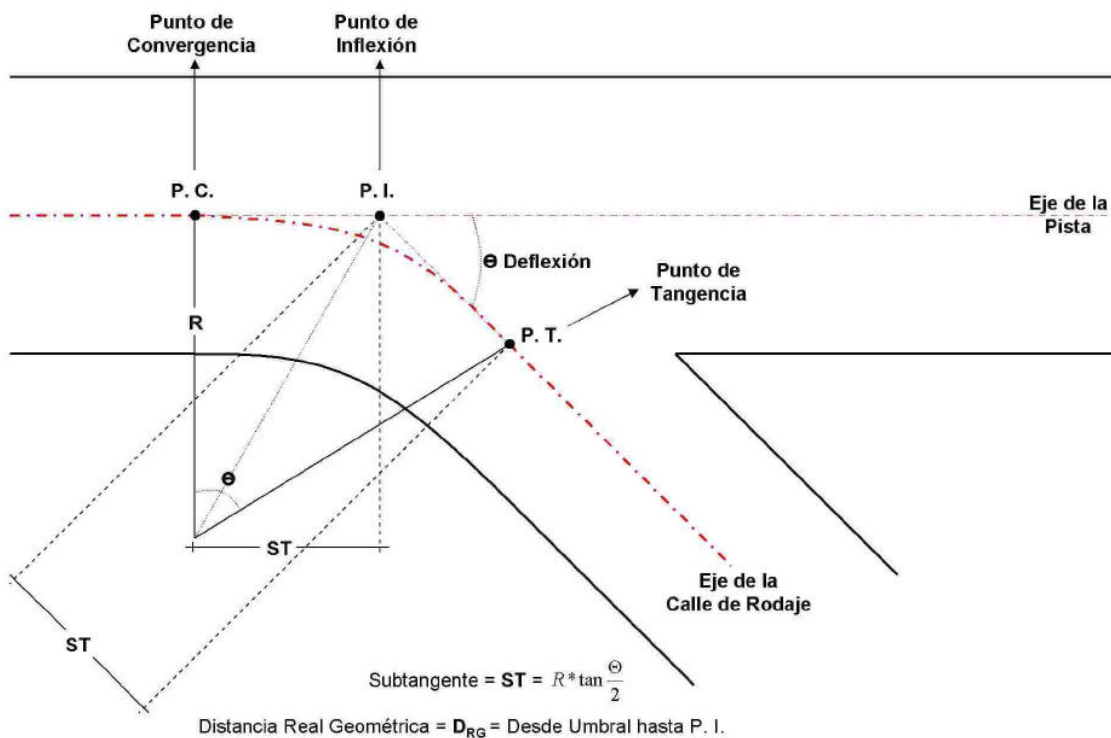


Figura 4.6 Distancia Real Geométrica

Siguiendo este orden de ideas procederemos al cálculo de la ubicación de las calles de rodaje para ambas cabeceras.

DATOS PARA CADA TIPO DE AERONAVE (datos estadísticos)

- Distancia entre umbral y toque de ruedas (d_1)
 $C = 300 \text{ m}$
 $D \text{ y } E = 450 \text{ m}$



Análisis de Pista del Aeropuerto Internacional “Ponciano Arriaga” de San Luis Potosí S. L. P.

- Radios (R) para los ángulos
 - C. $\Theta 45^\circ = 275 \text{ m}$
 - D y E. $\Theta 30^\circ = 550 \text{ m}$

- Aceleración
 - $a = 1.5 \text{ m/s}^2$

- Velocidad sobre el umbral y velocidad de salida
 - C. $V_{\text{umbral}} = 240 \text{ km/hr}$; $V_{\text{salida}} = 45 \text{ km/hr}$
 - D. $V_{\text{umbral}} = 270 \text{ km/hr}$; $V_{\text{salida}} = 90 \text{ km/hr}$
 - E. $V_{\text{umbral}} = 300 \text{ km/hr}$; $V_{\text{salida}} = 90 \text{ km/hr}$

Para la cabecera 14 se tiene:

Aviones tipo C.

$d_1 = 300 \text{ m}$

$$d_2 = \frac{V_{TRr}^2 - V_{salida}^2}{2a} \quad V_{TRr} = V_{umbral} - 12.96 \frac{km}{hr} \quad V_{TRr} = 240 \frac{km}{hr} - 12.96 \frac{km}{hr}$$

$V_{TRr} = 227.04 \frac{km}{hr}$, ahora se efectúa la conversión de las velocidades V_{TRr} y

V_{salida} de km/hr a m/s para tener las mismas unidades que la aceleración.

$$V_{TRr} = 227.04 \frac{km}{hr} = 63.07 \frac{m}{s} \quad V_{salida} = 45 \frac{km}{hr} = 12.50 \frac{m}{s}$$

Por lo que d_2 será,

$$d_2 = \frac{\left(63.07 \frac{m}{s}\right)^2 - \left(12.50 \frac{m}{s}\right)^2}{2\left(1.5 \frac{m}{s^2}\right)}$$

$$d_2 = 1273.86m$$



Análisis de Pista del Aeropuerto Internacional “Ponciano Arriaga” de San Luis Potosí S. L. P.

La última distancia que se calcula es la subtangente $ST = R * \tan\left(\frac{\Theta}{2}\right)$

$$ST = 275m * \tan\left(\frac{45^\circ}{2}\right)$$

$$ST = 113.91m$$

Finalmente la ubicación del primer rodaje que es a un ángulo de 45° será

$$D_{real\ geométrica} = \text{distancia del umbral hasta el P. I.} = d_1 + d_2 + ST$$

$$D_{real\ geométrica} = 300m + 1273.86m + 113.91m$$

$$D_{real\ geométrica} = 1687.77m$$



Figura 4.7 Distancia Real Geométrica 1^{er} salida desde el Umbral hasta Punto de Inflexión (PI)

Aviones tipo D.

$$d_1 = 450\text{ m}$$

$$d_2 = \frac{V_{TRr}^2 - V_{salida}^2}{2a} \quad V_{TRr} = V_{umbral} - 12.96 \frac{km}{hr} \quad V_{TRr} = 270 \frac{km}{hr} - 12.96 \frac{km}{hr}$$

$$V_{TRr} = 257.04 \frac{km}{hr}, \text{ ahora se efectúa la conversión de las velocidades } V_{TRr} \text{ y}$$

V_{salida} de km/hr a m/s para tener las mismas unidades que la aceleración.



Análisis de Pista del Aeropuerto Internacional “Ponciano Arriaga” de San Luis Potosí S. L. P.

$$V_{TRr} = 257.04 \frac{km}{hr} = 71.40 \frac{m}{s}$$

$$V_{salida} = 90 \frac{km}{hr} = 25 \frac{m}{s}$$

Por lo que d_2 será,

$$d_2 = \frac{\left(71.40 \frac{m}{s}\right)^2 - \left(25 \frac{m}{s}\right)^2}{2\left(1.5 \frac{m}{s^2}\right)}$$

$$d_2 = 1491m$$

La última distancia que se calcula es la subtangente $ST = R * \tan\left(\frac{\Theta}{2}\right)$

$$ST = 550m * \tan\left(\frac{30^\circ}{2}\right)$$

$$ST = 147.37m$$

Finalmente la ubicación del segundo rodaje que es a un ángulo de 30° será

$$D_{real\ geométrica} = distancia\ del\ umbral\ hasta\ el\ P. I. = d_1 + d_2 + ST$$

$$D_{real\ geométrica} = 450m + 1491m + 147.37m$$

$$D_{real\ geométrica} = 2088.36m$$



Figura 4.8 Distancia Real Geométrica 2ª salida desde el Umbral hasta Punto de Inflexión (PI)



Análisis de Pista del Aeropuerto Internacional “Ponciano Arriaga” de San Luis Potosí S. L. P.

Aviones tipo E.

$$d_1 = 450 \text{ m}$$

$$d_2 = \frac{V_{TRr}^2 - V_{salida}^2}{2a} \quad V_{TRr} = V_{umbral} - 12.96 \frac{km}{hr} \quad V_{TRr} = 300 \frac{km}{hr} - 12.96 \frac{km}{hr}$$

$V_{TRr} = 287.04 \frac{km}{hr}$, ahora se efectúa la conversión de las velocidades V_{TRr} y

V_{salida} de km/hr a m/s para tener las mismas unidades que la aceleración.

$$V_{TRr} = 287.04 \frac{km}{hr} = 79.73 \frac{m}{s} \quad V_{salida} = 90 \frac{km}{hr} = 25 \frac{m}{s}$$

Por lo que d_2 será,

$$d_2 = \frac{\left(79.73 \frac{m}{s}\right)^2 - \left(25 \frac{m}{s}\right)^2}{2\left(1.5 \frac{m}{s^2}\right)}$$

$$d_2 = 1910.62m$$

La última distancia que se calcula es la subtangente $ST = R * \tan\left(\frac{\Theta}{2}\right)$

$$ST = 550m * \tan\left(\frac{30^\circ}{2}\right)$$

$$ST = 147.37m$$



Análisis de Pista del Aeropuerto Internacional “Ponciano Arriaga” de San Luis Potosí S. L. P.

Finalmente la ubicación del tercer rodaje que es a un ángulo de 30° será

$$D_{real\ geométrica} = \text{distancia del umbral hasta el P. I.} = d_1 + d_2 + ST$$

$$D_{real\ geométrica} = 450m + 1910.62m + 147.37m$$

$$D_{real\ geométrica} = 2608m$$



Figura 4.9 Distancia Real Geométrica 3^{er} salida desde el Umbral hasta Punto de Inflexión (PI)

Para la cabecera 32 se tiene:

Al tratarse de los mismos datos y la misma distribución que para la cabecera 14 la distribución será para el primer rodaje que es a un ángulo de 45°

$$D_{real\ geométrica} = 1687.77m$$

Para el segundo rodaje que es a un ángulo de 30°

$$D_{real\ geométrica} = 2088.36m$$

Para el tercer rodaje que es a un ángulo de 30°



Análisis de Pista del Aeropuerto Internacional “Ponciano Arriaga” de San Luis Potosí S. L. P.

$$D_{real\ geométrica} = 2608m$$



Figura 4.10 Distancias Reales Geométricas desde el Umbral hasta Punto de Inflexión (PI)

De esta manera la distribución completa de salidas en ambas cabeceras será:



Figura 4.11 Salidas a 45 y 30 grados

Finalmente se tendrá que dar una distribución adecuada, es decir corregir o eliminar las salidas que tengan poco uso o nulo, por lo que la propuesta de distribución sería quitar las salidas a 30° de ambos extremos, cerrar uno de los rodajes existentes y construir un rodaje más para la plataforma de carga de tal manera de que el flujo de aeronaves sobre los rodajes que permanezcan sea el mejor posible.



Análisis de Pista del Aeropuerto Internacional “Ponciano Arriaga” de San Luis Potosí S. L. P.

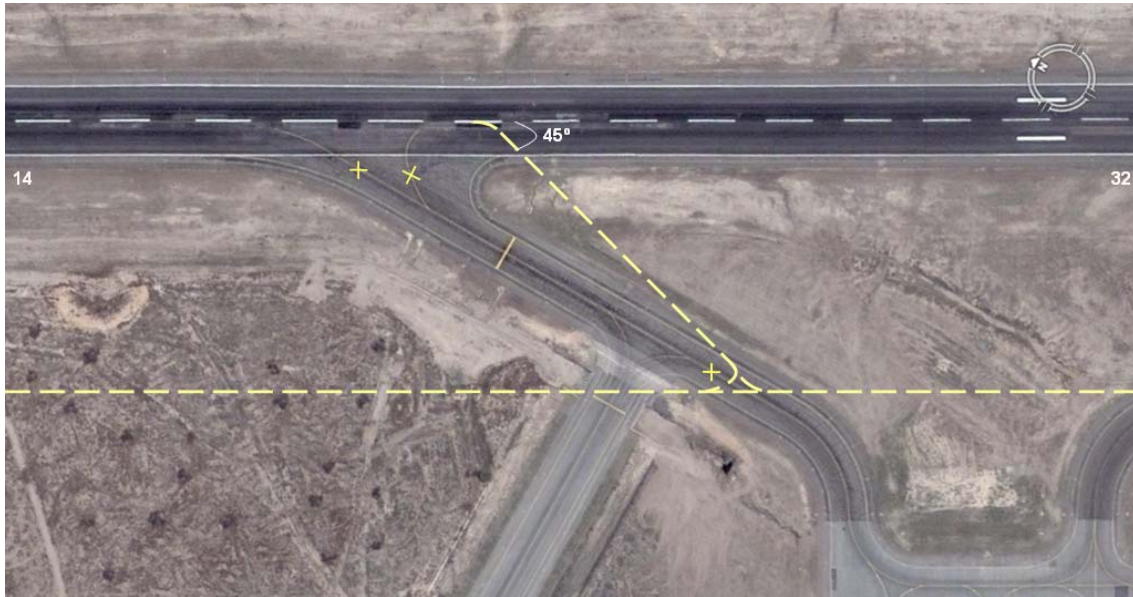


Figura 4.12 Señalamiento de calle de rodaje cerrada

Por lo tanto la propuesta para la distribución final será la siguiente



Figura 4.13 Propuesta de distribución final



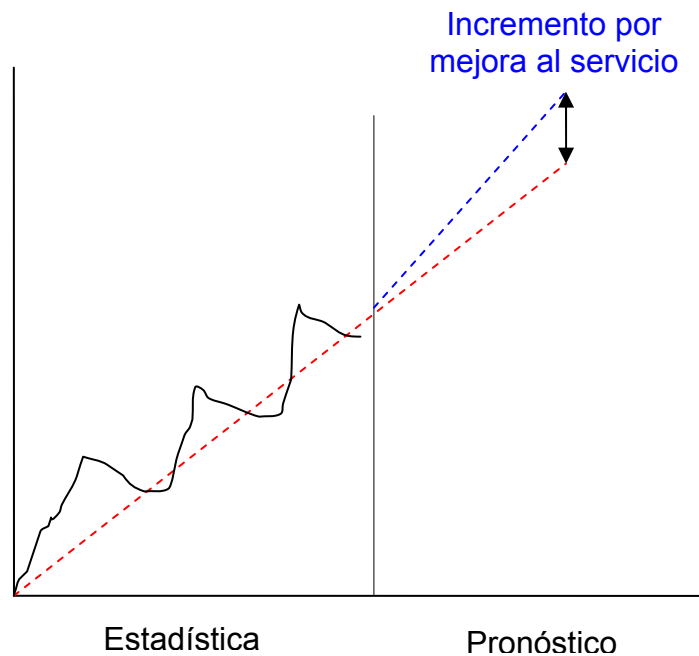
Análisis de Pista del Aeropuerto Internacional “Ponciano Arriaga” de San Luis Potosí S. L. P.

2ª Etapa

Construcción de una segunda pista

Un punto importante a considerar son los pronósticos que se subdividen en:

1) *Mecánicos.*



Gráfica 4.4 Análisis de Pronósticos para un Aeropuerto

Se ajusta la curva, entonces se prolonga siguiendo la tendencia.

2) *Analíticos.*

Se estudia cada cresta y valle para revisar los factores exógenos que los provocan, siendo estos algunos de los factores:

a) Condiciones Políticas.



Análisis de Pista del Aeropuerto Internacional “Ponciano Arriaga” de San Luis Potosí S. L. P.

- b) Condiciones Económicas.
- c) Condiciones Sociales.

- d) Condiciones Nacionales.

- e) Condiciones Internacionales.

Algunos de los parámetros que son necesarios para hacer los pronósticos son:

- No. De pasajeros.
 - Nacional
 - Internacional
 - Conexión

Quando se habla de conexiones es que el pasajero no salga del aeropuerto.

- Estructura de rutas.

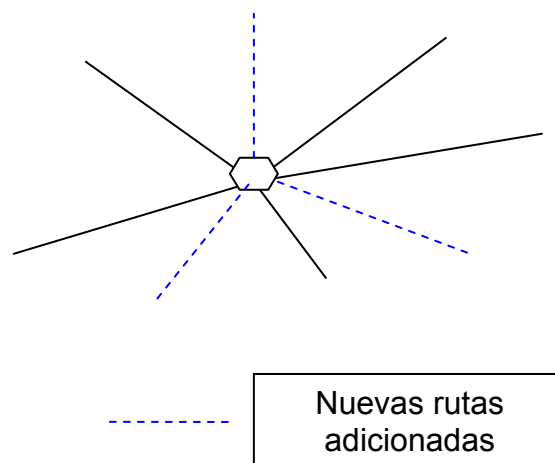


Figura 4.14 Nuevas Rutas



Análisis de Pista del Aeropuerto Internacional “Ponciano Arriaga” de San Luis Potosí S. L. P.

Las nuevas rutas adicionadas por incremento en relaciones económicas, políticas, con las rutas preseleccionadas.

- No. de operaciones.
 - Son aterrizajes y despegues.
- Flota de aviones.
 - Depende de la estructura de rutas y demanda de esas rutas.
- Número de empleados.
 - Directos (para considerar instalaciones del aeropuerto)
 - Indirectos (además para factibilidad económica, generación de empleos)
- No. de visitantes.
 - Acompañantes. Aquellos que dejan o reciben al pasajero.
 - No acompañante. Usan los servicios pero no dejan ni reciben pasajeros, son quienes solo van a comer, a alguna tienda o banco.
- No. y tipo de vehículos.
 - Nos sirven para generar vías de acceso y estacionamientos.
- Proveedores.
 - Que volumen se va a tener.
- No. de maletas.
 - Por vuelo y por pasajero.
- Litros de combustible.
 - Gas-Avión



Análisis de Pista del Aeropuerto Internacional “Ponciano Arriaga” de San Luis Potosí S. L. P.

➤ Turbosina

Esto nos ayudará al cálculo de tanques de almacenamiento.

Una vez que se tienen identificados los pronósticos para evaluar la demanda se proyecta la construcción de una segunda pista, para la cual será necesario adquirir una mayor cantidad de terreno en función de la distribución que se usará para el acomodo de las pistas.

Actualmente el aeropuerto de San Luis Potosí cuenta con instrumentos de aproximación como el VOR y el DME VOR es un acrónimo para la frase "*VHF Omnidirectional Range*", que en castellano significa *Radiofaro Omnidireccional de VHF*. Es un tipo de radioayuda a la navegación que utilizan las aeronaves para seguir en vuelo una ruta preestablecida. Generalmente se encuentra una estación VOR en cada aeropuerto. La antena VOR de la estación emite una señal de radiofrecuencia VHF en todas direcciones, que es recibida por el equipo VOR de cualquier aeronave que se encuentre dentro del rango de alcance (máximo unos 240 km) y tenga sintonizada la frecuencia de dicha estación (que puede variar de 108 a 118 MHz).

DME (Distance Measurement Equipment o Equipo de Medición de Distancia). Estos equipos son completamente independientes del sistema VOR y ayudan al piloto a saber la distancia que hay entre la aeronave y la estación VOR.

De esta manera se puede pensar de manera más clara que cuando se trata de pistas paralelas previstas para uso simultáneo en condiciones de vuelo por instrumentos, a reserva de lo especificado en los PANS-RAC (Doc. 4444) y en los PANS-OPS (Doc. 8168), Volumen I, la distancia mínima entre sus ejes debería ser de:

- ❖ 1035 m en aproximaciones paralelas independientes;



Análisis de Pista del Aeropuerto Internacional “Ponciano Arriaga” de San Luis Potosí S. L. P.

- ❖ 915 m en aproximaciones paralelas dependientes;
- ❖ 760 m en salidas paralelas independientes;
- ❖ 760 m en operaciones paralelas segregadas;

Salvo que:

- a) en operaciones paralelas segregadas, la distancia mínima indicada:
 1. podría reducirse 30 m por cada 150 m en que la pista de llegada esté adelantada respecto a la aeronave que llega, hasta una separación mínima de 300 m; y
 2. debería aumentarse 30 m por cada 150 m en que la pista de llegada esté retrasada respecto a la aeronave que llega;
- b) en aproximaciones paralelas independientes, cabe aplicar una combinación de distancia mínima y condiciones atinentes distintas a las especificadas en los PANS-RAC (Doc. 4444), cuando se haya determinado que con ello no se menoscabaría la seguridad de las operaciones de las aeronaves.

Una vez que se tome la decisión entre alguna de las recomendaciones antes citadas, se debe pensar en cumplir con algunas expectativas para el aeropuerto como son:

- 1) Ser adecuado para atender las necesidades de transporte aéreo, actuales y futuras.
- 2) Ser capaz de atraer nuevos beneficios de comercio, industria y negocios.



Análisis de Pista del Aeropuerto Internacional “Ponciano Arriaga” de San Luis Potosí S. L. P.

- 3) Crear y asistir en el origen de nuevos intereses y a su vez convertirse en uno.
- 4) Estar diseñado para una administración y operación sana que facilite el desarrollo.
- 5) Estar planeado, proyectado, construido y operado para permitir una autosuficiencia y en todo caso no representar una carga adicional o excesiva a los usuarios y contribuyentes.



V. Recomendaciones de Ordenamiento Urbano





Análisis de Pista del Aeropuerto Internacional “Ponciano Arriaga” de San Luis Potosí S. L. P.

Según datos del INEGI y de acuerdo con los resultados definitivos del II Censo de Población y Vivienda 2005, en el mes de Octubre del mismo año residían en San Luis Potosí un total de 2 millones 410 mil 414 personas, de los cuales el 51.6% son mujeres y 48.4% son hombres.

En el período 2000 a 2005 la tasa media de crecimiento anual de la población fue de 0.8%, mientras que en el quinquenio anterior fue de 1.0%, lo cuál indica que hubo una pequeña baja.

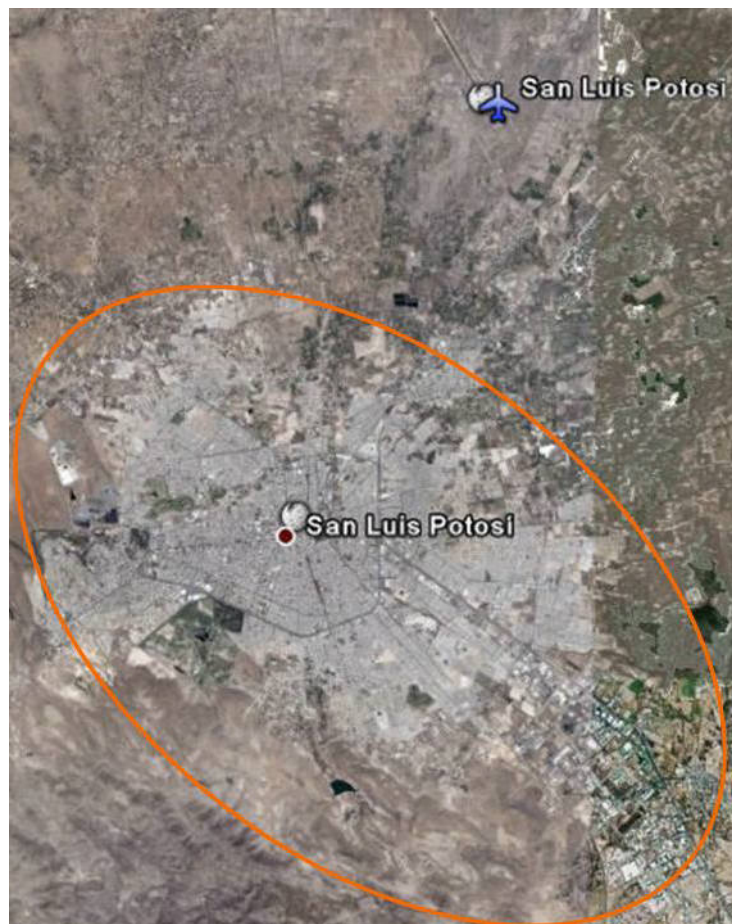


Figura 5.1 Vista Aérea de San Luís Potosí

En la ciudad capital (San Luís Potosí) se tienen 730,950 personas que se conurbizan hacia el estado de Guanajuato, es decir hacia el sur.



Análisis de Pista del Aeropuerto Internacional “Ponciano Arriaga” de San Luis Potosí S. L. P.

Esto es hasta cierto punto favorable para el aeropuerto, ya que éste se ubica al nor-noreste de la ciudad y la posibilidad de que la mancha urbana lo alcance es aún pequeña, tal como ocurre con varios aeropuertos que fueron situados a las orillas de alguna ciudad y que finalmente se vieron alcanzados por la urbanización, como es el caso del Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México.

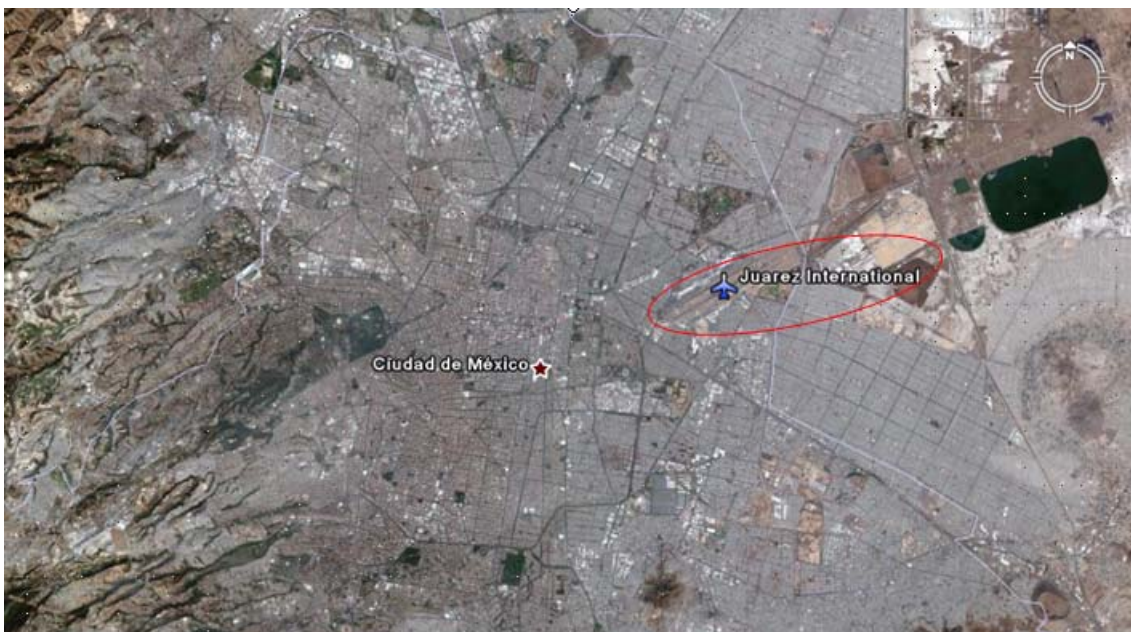


Figura 5.2 Vista Aérea del Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México

Al entrar a la ciudad de San Luis Potosí se puede ver que no solo está haciéndose más grande, sino que también se llevan a cabo obras de remodelación que indican que efectivamente dicha ciudad está creciendo.

Se construyen puentes, hoteles, unidades habitacionales, centros comerciales entre otras cosas ya que, como se mencionó en capítulos anteriores, San Luis Potosí se encuentra ubicado de manera preferente en el país al quedar a distancias semejantes de las tres ciudades más importantes, Monterrey, Guadalajara y Distrito Federal.



Análisis de Pista del Aeropuerto Internacional “Ponciano Arriaga” de San Luis Potosí S. L. P.

Por otra parte, existe una población de nombre Rinconada ubicado al oeste del aeropuerto y muy cercano a él, lo cuál debido a su cercanía cabe la posibilidad de que al crecer se aproxime demasiado y finalmente llegue a los linderos, por lo que sería en extremo recomendable hacer la debida urbanización, por parte del Municipio de dicha población pero enfocarlo en dirección contraria al aeropuerto, o sea hacia la ciudad de manera que no se afecte a las personas que ya viven en dicha población.

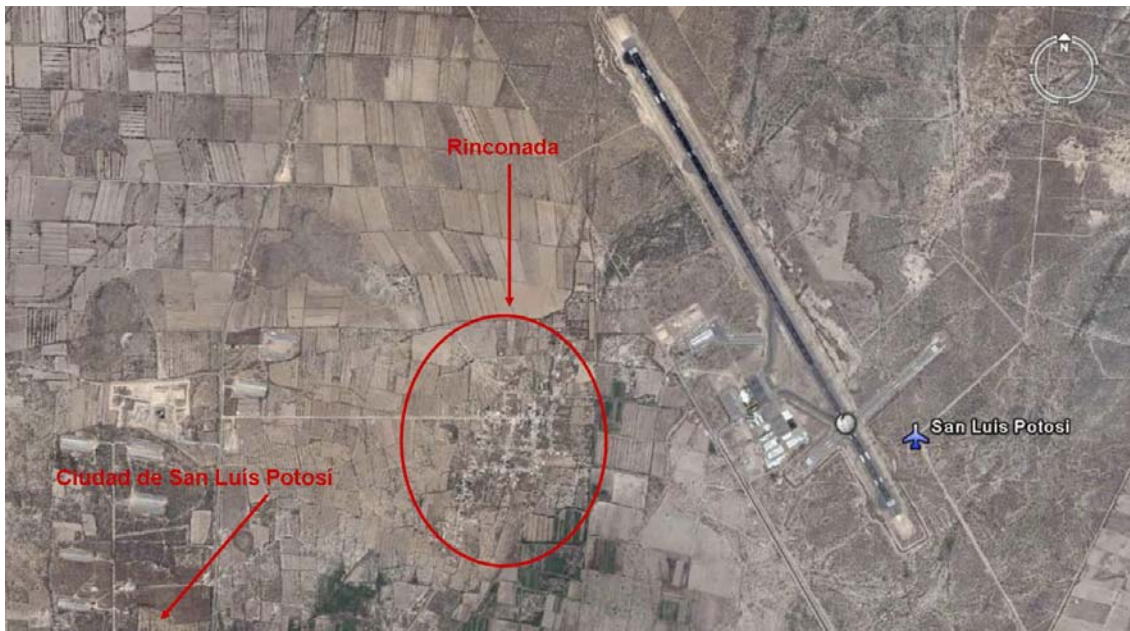


Figura 5.3 Vista Aérea de Rinconada

Como se vio en el capítulo anterior en un futuro será necesario ampliar la capacidad del aeropuerto. Primero se piensa en construir una calle de rodaje paralela y luego en una segunda pista, por lo que será necesario adquirir una mayor cantidad de terreno dependiendo de la distribución de pistas que se proponga. Ya sea para aproximaciones paralelas independientes, aproximaciones paralelas dependientes, salidas paralelas independientes u operaciones paralelas segregadas.



Análisis de Pista del Aeropuerto Internacional “Ponciano Arriaga” de San Luis Potosí S. L. P.

Es importante destacar que la futura adquisición de terreno deberá ser en dirección noreste ya que el edificio Terminal esta ubicado hacia el suroeste del terreno, por lo que en ningún momento se afectará la urbanización que actualmente se establece en el poblado Rinconada.



Figura 5.4 Recomendación para Adquisición de Terreno.



VI. Conclusiones





Análisis de Pista del Aeropuerto Internacional “Ponciano Arriaga” de San Luis Potosí S. L. P.

Al hacer el análisis de la pista del aeropuerto es posible darse cuenta que las primeras rutas propuestas, San Luis Potosí (SLP) – Roma (FCO) y San Luis Potosí (SLP) – Milán (MXP), afecta de manera importante la infraestructura que está actualmente disponible, es decir que se deberían hacer grandes cambios principalmente en la longitud de la pista ya que se necesitarían construir al menos 1,600 m de prolongación lo que implicaría un gasto considerable, incluyendo un incremento significativo en la capacidad de soporte de los pavimentos ante un fuerte incremento en el peso de despegue que pudiese no justificarse económicamente ante el número muy bajo de frecuencias.

En este orden de ideas, se propuso una segunda opción de rutas, San Luis Potosí (SLP) – Nueva York (JFK) y San Luis Potosí (SLP) – Vancouver (YVR), las cuales para efectuar tales vuelos se requieren no más de 400 m de prolongación, considerando la carga de paga máxima de un 747/400F, lo cual es más viable que la primera opción.

Considerando lo anterior se tiene una visión más amplia de lo que se podría lograr al poder efectuar esos vuelos, ya que actualmente solo se tienen itinerarios nacionales para el caso de vuelos de carga. En el caso de vuelos para pasajeros ya se cuenta con dos rutas que son San Luis Potosí (SLP) – Dallas (DFW) y San Luis Potosí (SLP) – Houston (IAH).

Tomando en cuenta que las aeronaves se supone despegarían con la máxima capacidad de carga, es inevitable pensar que la proyección que se le dará al estado de San Luis Potosí será mayúscula ya que los envíos que se hagan a través del aeropuerto llegarán de manera más directa a Estados Unidos y Canadá.

Al representar las nuevas rutas propuestas SLP – JFK y SLP – YVR sobre una imagen se puede apreciar que los vuelos tendrían un alcance prácticamente de todo el territorio de Estados Unidos y la parte sur de Canadá.



Análisis de Pista del Aeropuerto Internacional “Ponciano Arriaga” de San Luis Potosí S. L. P.

Con esta visión se puede pensar a futuro para planear y promover vuelos de carga y pasajeros a cualquier aeropuerto del país vecino ampliando cada vez más las fronteras de nuestra nación.

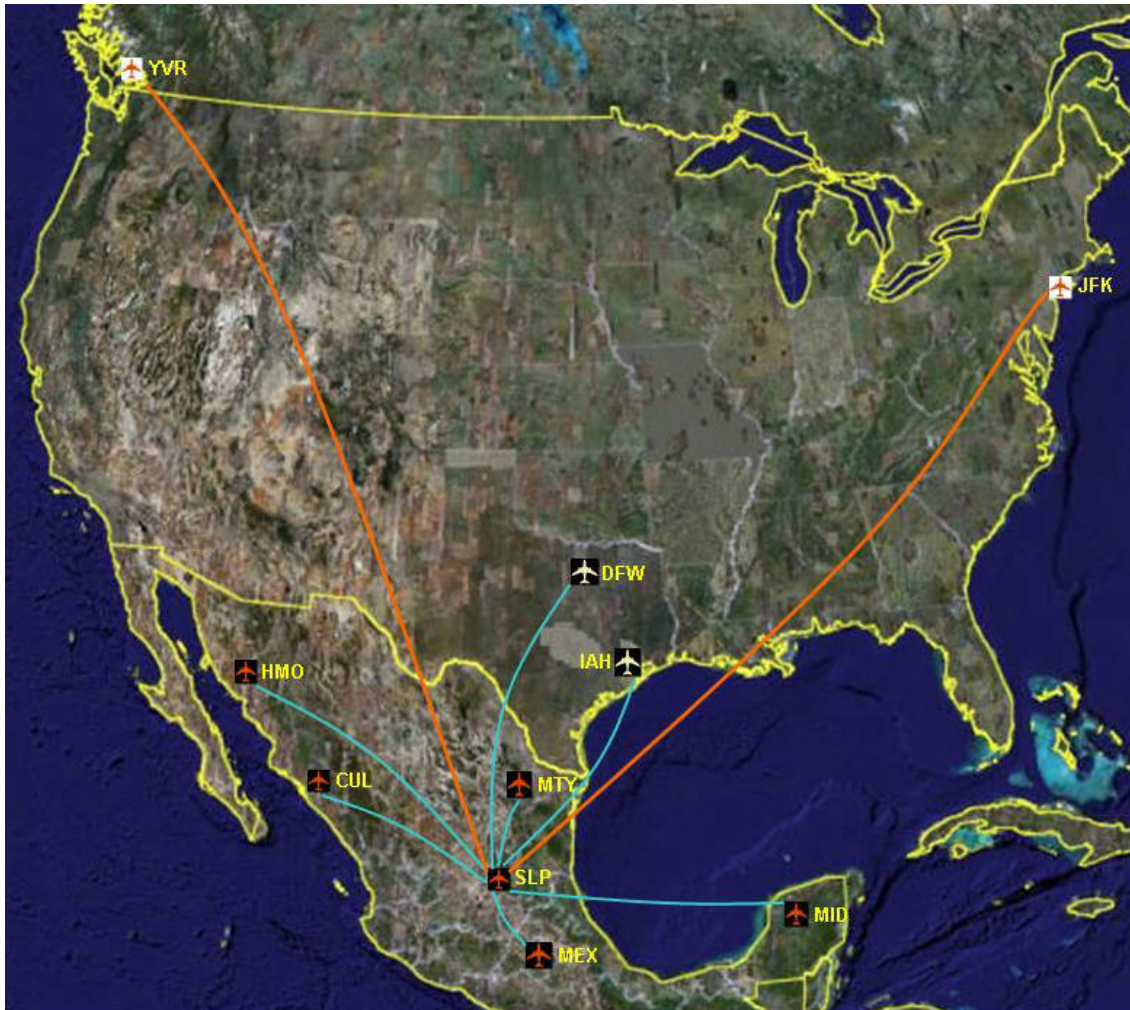


Figura 6.1 Destinos actuales y propuestos (YVR y JFK)

Cabe mencionar que la empresa Estafeta ha dado inicio con esta nueva apertura al mercado extranjero, al construir un recinto fiscal con aduana propia y una considerable ampliación a sus instalaciones y flota de aeronaves, esto con el fin de brindar un mejor servicio y no depender de las instalaciones del mismo aeropuerto que si bien no son escasas, si son de alguna manera insuficientes para permitir el despegue con las máximas capacidades de carga y de combustible.



Análisis de Pista del Aeropuerto Internacional “Ponciano Arriaga” de San Luis Potosí S. L. P.



Figura 6.2 Recinto Fiscal Aeropuerto de San Luis Potosí

Es de vital importancia que Estafeta continúe con la mentalidad emprendedora que ha mostrado hasta este momento para que la administración del aeropuerto a su vez, apoye con iniciativas y sea intermediario con el grupo OMA (Grupo Aeroportuario Centro-Norte) para que impulsen juntos al mejoramiento y amplificación de las pistas del aeropuerto.

Finalmente, considero que no se debe perder de vista a donde se desea llegar, analizar y tomar las oportunidades que se van presentando día a día. Así debemos enfocarnos en llevar el nombre de México muy en alto dentro y fuera de nuestras fronteras pero lo más importante es tener la fuerte convicción de que se pueden lograr los objetivos a corto, mediano y largo plazo siempre y cuando sean realistas sin importar las adversidades.



Bibliografía

- 📖 Normas y Métodos Recomendados Internacionales.
AERÓDROMOS. Anexo 14 al convenio sobre Aviación Civil Internacional
Volumen I Diseño y Operaciones de Aeródromos

- 📖 Sistema Estadístico Aeroportuario
ASA. XII Edición 1996

- 📖 Intranet de ASA
<https://intranet.asa.gob.mx>

- 📖 Sistema Metropolitano de Aeropuertos
<http://www.asa.gob.mx>

- 📖 INEGI
<http://www.inegi.gob.mx>

- 📖 Infraestructura del estado, PIB e Ingreso per Capita, Programas de Reordenamiento Urbano
<http://www.slp.gob.mx>