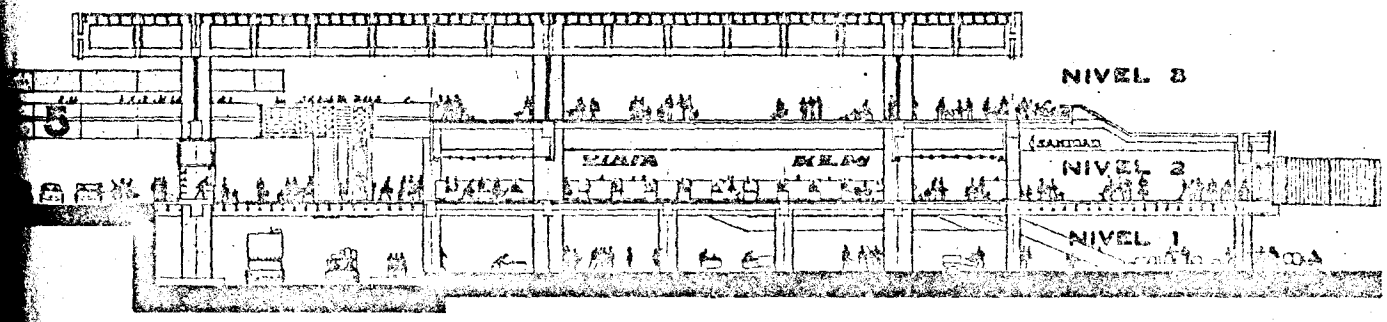
aaa/1967
aeropuerto
TESIS
JJP 914
71

UNIVERSIDAD CATOLICA "ANDRES BELLO"

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA DE INGENIERIA INDUSTRIAL

SIMULACION DE LOS SERVICIOS DEL TERMINAL AEREO INTERNACIONAL DEL AEROPUERTO DE MAIQUETIA



TRABAJO ESPECIAL PRESENTADO ANTE LA UNIVERSIDAD CATOLICA ANDRES BELLO COMO PARTE DE LOS REQUISITOS PARA OPTAR AL TITULO DE ING. INDUSTRIAL

BR. GABRIEL FARKAS POLGAR

UNIVERSIDAD CATOLICA ANDRES BELLO
BIBLIOTECA

PROFESOR GUIA: ING. JOSE YAMIN K.

CARACAS 1974

I N D I C E

		Página
	Introducción.	1
1.	El tráfico aéreo en Venezuela y el nuevo aeropuerto de Maiquetía.	5
	Láminas: -Aspecto final del Aeropuerto. -Ubicación del edificio y de las posiciones de estacionamiento.	
2.	Descripción del problema	17
3.	Definición de objetivos.	24
4.	Selección del tipo de estudio.	27
5.	Descripción del sistema:	
	5.1. El edificio del terminal aéreo internacional.	31
	Láminas: -Vista lateral del edificio. -Plano de cada nivel.	
	5.2 Itinerario y características de los aviones.	33
	5.3 Trayectoria de los pasajeros en el terminal.	36

/..

Página

Láminas: -Plano del nivel 2.

- Módulo de los servicios de llegada.
- Módulo de los servicios de salida.

5.4 Areas críticas. 41

6. Descripción del modelo.

6.1 Descripción de los programas. 47

6.2 Diagramas de flujo 49

6.3 Estadísticas. 57

7. Resultados. 62

8. Conclusiones y recomendaciones. 69

Bibliografía. 74

I N T R O D U C C I O N

Día a día el hombre adquiere más compromisos que le quitan tiempo para dedicarlo a actividades básicas, obligándolo a distribuir su horario de una forma eficiente. El tiempo se transforma en un recurso escaso y la falta de éste trae consigo consecuencias económicas y sociales. Para "crear tiempo" el hombre ha desarrollado al máximo las comunicaciones para eliminar el traslado de un lugar a otro, pero aún así hay veces que el desplazarse se hace necesario por diversas razones. La multiplicación de los medios de transporte ha creado el fenómeno del tráfico y del congestionamiento debido a lo escaso de las rutas de tránsito con respecto al número de personas que quieren usarlos. Dentro de esta revolución el avión ha venido a cumplir una función insustituible como transporte a medianas y largas distancias de personas y de cargas.

Se ha observado a escala mundial que el tráfico aéreo crece a un ritmo sumamente acelerado y vertiginoso. Las razones principales están integradas por: el explosivo crecimiento de la población mundial, el fomento del comercio que genera un tráfico tanto de persona como de objetos entre paises; y, por último, los gobiernos y las líneas aéreas han encontrado en el turismo, una forma exitosa de producir divisas. Para ello se han diseñado y creado aviones cada vez mayores para el transporte de más personas a más velocidad y se ha atraído al turista exhaltando la curiosidad humana por conocer nuevos lugares y costumbres, con el señuelo de las facilidades de pago. Esto ha llevado a los aeropuertos a niveles críticos de congestionamiento, los cuales tienden a saturizarse cada vez más debido a que las personas encargadas de la pla-

/..

nificación han sido incapaces de seguir el paso vertiginoso de la demanda.

Venezuela, por su estratégica posición e inmensa riqueza física y potencial, no puede abstraerse de esta corriente, hecho que nos obliga a realizar una profunda revisión del sistema de aeropuertos, tanto nacionales como internacionales.

Por razones económicas de peso y su proximidad a Caracas, se hace imprescindible que Maiquetía continúe siendo el sitio donde se encuentre el principal aeropuerto del país.

Tomando en cuenta que, ante esta crisis, nuestro aeropuerto cuenta actualmente con instalaciones y servicios ineficientes para afrontarla, el Gobierno Nacional creó la Oficina Ministerial del Nuevo Aeropuerto de Maiquetía, adscrita al M.O.P (OMAM). Este organismo está encargado de planificar, proyectar y construir el Nuevo Aeropuerto de Maiquetía cuyo nombre es "Simón Bolívar".

Motivo de principal preocupación por parte de OMAM, es asegurarse previamente a la puesta en marcha del aeropuerto, que el tránsito a través del terminal aéreo se desarrolle con un mínimo de retraso y un máximo de comodidad. Todo ésto con la intención de beneficiar a los pasajeros, acompañantes, personal y por supuesto a las líneas aéreas.

Entre los estudios realizados para mantener a un nivel aceptable el congestionamiento en las horas críticas de mayor tráfico de pasajeros y aviones, estuvo la determinación de la cantidad de servicios que logren obtener esta situación. Entendemos como servicios: las taquillas de boletería, control de emigración y aduana, ascensores, escaleras mecánicas, autobuses y otros.

/..

En este trabajo especial mi intención es desarrollar y ampliar dicho estudio y como tal debo hacer hincapié en que los criterios asumidos aquí, no son necesariamente los de OMAM.

El estudio consta de los siguientes pasos:

1. Observación del fenómeno.
2. Definición y análisis del problema.
3. Fijación de objetivos.
4. Elección del método de estudio.
5. Obtención de datos.
6. Desarrollo del modelo y validación.
7. Experimentos.
8. Análisis de los resultados.
9. Conclusiones.

Si bien este es el orden lógico en que se desarrolló, el orden de redacción será un poco diferente para presentarlo en forma tal que mantenga la atención del lector y éste pueda saltar facilmente la información que no le interese.

Por ser los directivos de OMAM quienes solicitaron el estudio, fué con ellos con quien se llevó a cabo una primera etapa de conversaciones para obtener una serie de informaciones. De estos contactos se obtuvieron datos sobre el funcionamiento esperado del nuevo aeropuerto, proyecciones de la demanda de servicios, tamaño de las instalaciones, comportamiento de los pasajeros y acompañantes; y en general toda la información necesaria para crear un modelo que fuera lo más real posible, pero que a la vez no perdiera tiempo y esfuerzo en detalle y variaciones no comunes

/..

que no afectan el comportamiento general. Además de estas conversaciones, salieron a la luz una serie de puntos interesantes tales como: que se considera congestionamiento y por ende que es un retraso aceptable,- cuales son las diferentes políticas de administración de servicios que pueden considerarse "practicable", independientes de su resultado puramente cuantitativo.

Podemos decir que cada servicio fué objeto de este análisis detallado y se escogió a aquellos que por el volúmen de usuarios es considerado crítico.

Gran parte de los datos técnicos fueron obtenidos de estudios y encuestas hechas por la Compañía Tippetts-Abbett-Mac Carthy-Stratton,en consorcio con Pérez-Guerra Ingenieros quienes fueron contratados por el Ejecutivo Nacional para realizar el Plan Maestro del Nuevo Aeropuerto.

1. EL TRAFICO AEREO EN VENEZUELA Y EL NUEVO AEROPUERTO DE MAIQUETIA

El aeropuerto de Maiquetía es el principal terminal aéreo de Venezuela. En él se originan la mayoría de las rutas aéreas del país; además la gran parte de los vuelos internacionales hacia o desde Sur América tienen un punto de escala obligatorio en Maiquetía para reabastecimiento de combustible, ya que la posición geográfica de Venezuela la hacen punto óptimo de cruce de las rutas de Europa y Norte América con Sur América. Esto nos pone en la necesidad de prestar servicios a una gran variedad de aviones y a un volúmen de ellos cada vez mayor.

En base a datos históricos sobre la población en Venezuela y sobre su economía, se ha podido establecer una serie de predicciones sobre lo que será el volúmen de tráfico aéreo en Maiquetía durante los próximos treinta años.

La lista de los factores considerados que tienen influencia sobre el volúmen de tráfico tanto nacional como internacional, aparece a continuación. Junto a cada uno de ellos se indica el factor de correlación que tiene con el volúmen de tráfico. Un factor de correlación cercano a 1.0 significa una alta relación, mientras que un factor cercano a 0 significa lo contrario.

TABLA I

FACTORES QUE DETERMINAN EL VOLUMEN DE PASAJEROS ANUALES

FACTOR	NACIONAL	INTERNACIONAL
Producto Nacional Bruto (PNB)	0.836	0.927
Población Nacional	0.858	0.939
PNB Percápita	0.913	0.971
Ingreso Nacional	0.893	0.962
Ingreso Nacional Percápita	0.898	0.947
Población Urbana	0.861	0.942
Población de Caracas	0.855	0.933

De este estudio de predicción se obtuvo el volúmen estimado de pasajeros para cada uno de los próximos 30 años. Un extracto de dichos valores muestra claramente la tendencia marcadamente creciente.

TABLA II

VOLUMEN ANUAL DE PASAJEROS

AÑO	NACIONAL	INTERNACIONAL
1975	1.200.000	1.140.000
1980	1.700.000	2.000.000
1985	2.400.000	3.300.000
1990	3.400.000	5.200.000
1995	4.200.000	7.300.000
2000	5.100.000	10.000.000

En esta tabla observamos que el volúmen de pasajeros nacionales crecerá a un 7% anual hasta 1990 y desde ese año en adelante a un 4% anual; mientras que el volúmen de pasajeros internacionales crecerá a una relación de 12% anual hasta 1980, desde ese año hasta 1990 a un 10% anual y de ese momento en adelante a una rata de 7% anual.

Por supuesto que estos volúmenes de pasajeros representan el potencial para cada una de esas fechas. Es impredecible decir que sucedería, si el aeropuerto de Maiquetía no tuviera las instalaciones necesarias para prestar los servicios requeridos por los aviones y pasajeros con la suficiente eficiencia y celeridad. Pero no podemos negar que traería consecuencias económicas y de imagen, tanto para el país en general como para el Gobierno.

El tamaño que deberá tener un nuevo aeropuerto es sumamente complicado de determinar. Generalmente se mide de un número de operaciones de aviones (una operación es un aterrizaje o un despegue, ya que se supone que todo avión que aterriza despega tarde o temprano). El número de operaciones por hora es el que determina el flujo de pasajeros y visitantes, número de taquillas disponibles en cada uno de los controles, ya sea de sanidad, aduana, emigración, etc.; y el número de los servicios a los aviones, como camiones tanque, puertas de embarque

/..

y desembarque, etc.

Para determinar el tamaño del nuevo aeropuerto de Maiquetía se decidió hacerlo en función del número de operaciones durante la hora de máximo tráfico, u hora pico, del día pico del mes pico, lo cual asegura un servicio adecuado y suficiente durante todo el año, pues este volúmen de operaciones es muy cercano al máximo anual.

La demostración de la factibilidad económica de decisión y el estudio de selección de sitio para el nuevo aeropuerto, se sale de los objetivos de este trabajo.

Pasamos a estudiar las características de esas operaciones. En venezuela las operaciones están clasificadas así:

a) Comerciales de pasajeros.

b) Comercial de carga.

c) Militares.

d) Oficiales.

e) Privadas.

f) Entrenamiento.

En Maiquetía, las más importantes son las operaciones comerciales de pasajeros. Estos, como ya hemos visto, se dividen en vuelos nacionales e internacionales.

/..

Para los vuelos nacionales las estimaciones de los tipos de avión y del número de operaciones para los años 1975 y 1985, fueron hechas por medio de un estudio de cada una de las rutas. Se considera que para 1975, aproximadamente un 30% de las operaciones nacionales serán de aviones jet bimotor. Este porcentaje aumentará al 75% en 1985. El factor de carga o de utilización de los aviones, alto actualmente (aproximadamente un 60%), se estima que continúe igual o aumente hasta un 70%.

Con respecto a los vuelos internacionales, podemos decir que en la actualidad el 100% de las operaciones es de aviones jet y que el factor de carga será de 55% en 1975 y 60% en 1985. Este último valor se presta mucho a posibles fluctuaciones debido a la introducción de aviones de gran capacidad como el 747 y el DC-10.

Otro detalle interesante con respecto a las operaciones internacionales es el porcentaje de pasajeros en tránsito (25% aprox.). Este porcentaje se espera se mantenga, ya que el crecimiento de la aviación es mundial y los efectos son los mismos en Venezuela como en otros paises. Es de hacer notar que este porcentaje es bajísimo para los vuelos nacionales, ya que una gran parte de ellos se genera o termina en Maiquetía.

También existen estudios de estimación de los volúmenes de operaciones de carga y de las operaciones pri-

/..

vadas oficiales y de entrenamiento más bien llamadas - Aviación General. Con respecto a esta última se espera que se mantenga la situación actual de que las operaciones nacionales se hacen a través de La Carlota, y las - internacionales a través de Maiquetía.

Esto es deseable porque el número de operaciones - anuales en La Carlota es solo un poco menor que el de Maiquetía y en caso de un traslado de la Aviación General desde Caracas se pueden prever las desastrosas consecuencias que ésto traería sobre el tráfico en el nuevo aeropuerto internacional.

TABLA III

NUMERO DE OPERACIONES ANUALES

AÑO	NACIONAL	INTERNACIONAL	OTROS
1975	32.500	22.000	15.500
1980	42.000	30.000	18.000
1985	46.000	41.000	21.000
1990	50.000	50.000	25.000
2000	59.000	63.000	38.000

TABLA IV

NUMERO DE OPERACIONES NACIONALES ANUALES SEGUN EL AVION

AÑO	707/DC8	DC9	TURBO-PROP
1975	0	11.000	21.500
1985	2.000	36.000	8.000

/..

TABLA V

No. DE OPERACIONES INTERNACIONALES ANUALES SEGUN EL AVION

A Ñ O	SST	747/DC10	DC8	DC9
1975	0	2.500	12.000	7.500
1.985	2.500	18.000	14.000	6.500

Las operaciones del aeropuerto tanto nacionales como internacionales tienen su pico entre las 8:00 a.m. y 9:00 a.m., y las 7:00 pm. y 8:00 pm.. La diferencia radica en que para los vuelos nacionales el flujo de pasajeros es máximo en las dos direcciones, mientras que para los vuelos internacionales en la mañana hay un máximo flujo de los pasajeros de salida y en la noche el máximo para los pasajeros de llegada.

TABLA VI

NUMERO DE OPERACIONES EN LA HORA PICO

A Ñ O	NACIONAL	INTERNACIONAL	OTROS
1975	15	10	3
1980	18	15	2
1985	21	19	2
1990	23	24	2
1995	25	29	2
2000	27	32	3

/..

TABLA VII

NUMERO DE PASAJEROS EN LA HORA PICO

A Ñ O	NACIONAL	INTERNACIONAL	TOTAL
1975	700	800	1.200
1980	1.000	1.400	2.000
1985	1.400	2.300	3.200
1990	2.000	3.000	4.900
1995	2.400	5.600	6.700
2000	2.900	7.800	9.200

Estos números solamente corresponden a los pasajeros que embarcan o desembarcan, no a los pasajeros en tránsito. Además como lo indicamos anteriormente, el flujo máximo de los pasajeros nacionales no coincide en la misma temporada del año que el flujo máximo internacional. En base a estos datos se estimaron los números de puertas que deberá tener el terminal aéreo para hacer frente a esta demanda.

TABLA VIII

NUMERO DE PUERTAS DE ACCESO A LOS AVIONES

A Ñ O	NACIONAL	INTERNACIONAL
1975	12	9
1980	14	14
1985	17	17
1990	19	21
1995	20	26
2000	22	28

Debido a lo acelerado que se espera que sea el crecimiento del tráfico aéreo en Venezuela, la Oficina Ministerial del Nuevo Aeropuerto de Maiquetía (O.M.A.M.), encargada del diseño, planificación y construcción del mismo, decidió que cualquier plan que se hiciera para el futuro debía ser desarrollado por etapas. La razón principal de ello es para poder ajustar cada una de las fases del proyecto a las necesidades reales que se presenten para el momento en que deban ponerse en práctica.

Otra razón es que se pretende que el proyecto sea capaz de sufragar sus propios costos de financiamiento y operación. a través del cobro de derecho de pista, alquiler de áreas de oficinas, etc. Para ésto se necesita que los costos de ampliación y expansión sean pequeños y proporcionales a la necesidad de la ampliación.

Este punto es sumamente importante pues determinó que se desechará una gran cantidad de posibles configuraciones de pistas y edificios del terminal en favor de lo que se consideró el proyecto más flexible y que permitirá aumentar la capacidad del aeropuerto a medida que se necesite.

La configuración escogida tiene la tremenda ventaja que, en poco tiempo y a un costo relativamente bajo, se puede construir instalaciones que permitan satisfacer las demandas de servicios y de áreas que se vayan presen

/..

tando. Además cada instalación puede crecer independiente una de otra para balancear y equilibrar las capacidades de las pistas, terminales internacional y nacional, estacionamiento y vías de acceso.

Para poder satisfacer la demanda de operaciones se siseñó un sistema de dos pistas paralelas de dirección Este - Oeste, desplazadas longitudinalmente una con respecto a la otra. Esta configuración tiene varias razones.

i) El 95% del año, el viento sopla en dirección Este - Oeste.

ii) Se coloca la pista en una dirección paralela a la Cordillera de la Costa, colocándola en una posición en que no hay interferencia de montañas a lo largo del eje logitudinal. Esto mejora con mucho las características del aterrizaje y despegue con respecto a la configuración anterior, pues evita a los aviones tener que realizar una maniobra ogiro bastante pronunciada durante el acercamiento a la pista.

Este mismo hecho de la cercanía del aeropuerto a la Cordillera, lo cual reduce el espacio aéreo disponible a la mitad, no es una gran desventaja debido a que gran parte de los vuelos se hace sobre el mar para

/..

evitar la turbulencia sobre la tierra; y además las - condiciones climatológicas de Maiquetía son francamente inmejorables la gran parte del año, lo cual reduce el riesgo de un accidente al mínimo.

Por estas razones se espera que la pista Norte - sea utilizada básicamente para aterrizaje Oeste-Este y la Sur para despegue. En caso de que el viento cambiara de dirección, las pistas invertirían su función. Para cumplir mejor con este requerimiento las pistas se colocarán desplazadas con respecto al eje logitudinal para disminuir la interferencia de la turbulencia. También se introdujo la modalidad de ramplas inclinadas - de salida, para que los aviones despejen la pista rapidamente.

Las pistas se van a construir en 2 etapas. La - primera será la construcción de la pista sur con lo - que se implantará el sistema de aterrizaje en una pista y despegue en la otra. En condiciones normales de viento, se aterrizará en la pista Sur y se despegará - por la pista actual.

En la segunda etapa se construirá la pista Norte y se eliminará la original. Para poder construir estas dos pistas se deberá realizar una serie de trabajos de reacondicionamiento del terreno.

Toda configuración de pistas tiene un máximo de -

/..

operaciones por hora que pueden realizarse en ellas. - Para 1975 se determinó que la flota de aerolíneas estará constituída un 15% por aviones jet gigantes (747 y - DC10), un 75% por cuatrirreactores internacionales (707, DC8 y 727) y 10% por birreactores DC9. Para 1985, los porcentajes supuestos fueron 25%, 60% y 15% respectivamente, y en base a estos porcentajes se determinó el número máximo de operaciones por hora, para cada una de - las configuraciones posibles en los años 1975 y 1985, y según las dos direcciones de aterrizaje y despegue, de Este a Oeste y de Oeste a Este.

TABLA IX

CAPACIDAD MAXIMA DE OPERACIONES POR HORA

	1975		1985	
	E - W	W - E	E - W	W - E
PISTA ACTUAL	36	40	32	35
1°etapa	59	47	47	44
2°etapa	--	--	75	75

2. DESCRIPCION DEL PROBLEMA

Un aeropuerto es una unidad de servicios y control tanto de pasajeros como de aviones. Por muchas razones es interés de todas las personas y entidades involucradas en el tráfico aéreo de un país, que dichos servicios y controles se lleven en forma eficiente en el tiempo más corto.

Por parte de las líneas aéreas el interés es claramente económico. Cualquier retraso en la salida de un vuelo representa una pérdida de dinero, pues la inversión de un avión "se paga en el aire". Además representa un desprestigio para la línea aérea, que repercute en una pérdida de clientes. Los retrasos de un avión pueden ser causados por defectos técnicos, condiciones meteorológicas, por congestionamiento de la pista o del terminal aéreo.

A los pasajeros que pueden estar haciendo un viaje de turísmo o de negocio, un retraso representa:

i) Una pérdida de un tiempo generalmente escaso, como son las vacaciones.

ii) La pérdida de una conexión con otro vuelo.

iii) La perdida de un negocio.

Y como último, pero no menos importante;

iv) una molestia y desagrado, proporcional al tiempo de retraso.

/..

Por parte del Gobierno, el cual está interesado en fiscalizar el flujo de personas y bienes a través de la frontera, también le interesa crear y mantener una imagen, tanto dentro como fuera del país. El hecho de que se provea al país de un aeropuerto cuyos servicios sean rápidos y eficientes, tiene consecuencias económicas, socio-culturales y políticas.

i) Económicas: porque podemos considerar que cualquier retraso de personas o bienes, es una pérdida económica para el país en general, pues ese tiempo podría ser empleado en funciones productivas. A nivel internacional la imagen del país le trae beneficios (o pérdidas) económicas, pues el turismo y el comercio es sumamente influenciable por una impresión agradable.

ii) Socio-culturales: pues fomenta el contacto a nivel nacional. Esto trae consigo un mayor intercambio de ideas y costumbres con otros paises, los cuales pueden ser beneficiosos para el país, al igual que nos permite darnos a conocer.

iii) Políticos: por la imagen que crea el Gobierno de sí mismo, especialmente en un punto álgido, tal como es el de obligar a una persona a pasar por un control.

Por eso cuanto más rápido y agradable sea este, mejor.

Todos estos factores deben ser tomados en cuenta en el momento de diseñar un aeropuerto que va a satisfacer las necesidades futuras de una zona o un país. Para el diseñador del aeropuerto, el primer problema con el que se encuentra, es lo fluctuante de la demanda de los servicios medidos en operaciones/hora. Esta demanda es sumamamente variable dentro de un mismo día y más aún a lo largo del año, dependiendo de la temporada de turísmo. Por eso se tomó como criterio para determinar el tamaño del aeropuerto y de sus instalaciones, el número de operaciones de la hora pico del día pico del mes pico. Luego conociendo la relación de operaciones de esa hora pico al número de operaciones anuales futuras, se puede obtener el número de operaciones durante la hora pico y su volúmen de pasajeros correspondientes para cualquier momento.

Solamente llegando a este punto es que se puede determinar de que tamaño debe ser el aeropuerto en cada etapa de su desarrollo para evitar congestionamiento de aviones y personas. Como se dijo anteriormente, el incremento de la aviación en Venezuela va a ser tan acelerado, que el proyecto constará de dos etapas para la pista, y de cuatro etapas para los edificios del terminal

/..

aéreo. Cada uno de los cuatro módulos del edificio está calculado para servir a 2,5 millones de pasajeros al año, o sea, 1.600 pasajeros por hora durante las horas picos en cualquiera de las dos direcciones del flujo. Estos se construirán cada vez que la demanda lo exija hasta llegar a 10 millones de pasajeros al año, que es el máximo permitido por la capacidad de las pistas paralelas.

La congestión del aeropuerto suele ocurrir en dos puntos, en las pistas y/o en el edificio del terminal.

En la pista el congestionamiento puede deberse a que está siendo usada por un avión en ese momento, ya sea que esté directamente en la pista o esté acercandose o alejandose de ella. Otra razón es la turbulencia que se forma detrás de un avión y que afecta a la estabilidad de los aviones que vienen detrás de éste. El fenómeno es de pocos minutos de duración y depende del tamaño y tipo de aviones. El conjunto de estos factores determina un tiempo de separación entre dos aterrizajes o despegues sucesivos limitando a un máximo el número de operaciones por hora

El otro punto de posible congestionamiento es el edificio del terminal aéreo, debido a la multiplicidad de servicios que debe suministrar tanto a pasajeros como a aviones.

Es justamente el estudio de los fenómenos de conges-

/..

tionamiento de un terminal de aeropuerto, la finalidad de este trabajo, con miras a establecer algunas políticas para la administración eficiente de dichos servicios. Para ellos se escogió el terminal aéreo del aeropuerto "Simón Bolívar", próximo a construirse en Maiquetía.

El estudio se centrará en el funcionamiento del edificio, sin tomar en cuenta las pistas de despegue y área de estacionamiento, y solo sobre el primero de los cuatro módulos que entrará en funcionamiento a mediados de 1976, y habrá llegado a su plena capacidad en 1982, aproximadamente.

El objetivo buscado, como dijimos antes, es establecer algunas políticas para que el retraso de pasajeros y aviones en su paso a través del terminal, se dé un mínimo aceptable, siendo también mínimo el costo de operación.

Antes de continuar debemos hacer notar que en este trabajo usaremos la denominación de servicio en su sentido más amplio: un servicio para una persona, avión o maleta es todo lugar físico donde ésta se vé obligada a permanecer durante cierto período de tiempo.

Para facilitar el estudio, los dividiremos en dos grupos principales.

Servicios a pasajeros

Servicios a aviones

/..

Los servicios a los pasajeros comprenden dos tipos a su vez:

Servicios independientes del vuelo.

Servicios dependientes del vuelo.

Llamándose vuelo a un avión específico que va a cubrir una cierta ruta que tiene su inicio, fin o escala en Maiquetía.

i) Servicios independientes del vuelo

Son aquellos en los cuales cualquier pasajero puede hacer uso de cualquier taquilla que preste ese servicio.

Estos servicios comprenden:

-Taquilla de control de emigración.

-Taquillas de sanidad y control de inmigración.

-Taquillas de aduanas.

-Salones de espera.

-Escaleras y ascensores.

ii) Servicios dependientes del vuelo

Son aquellos servicios para pasajeros que son asignados por grupos a cada vuelo según la cantidad de pasajeros que tiene el avión, funcionan durante un tiempo para ese vuelo y luego se le asigna otro.

/..

Los servicios que caen debajo de esta clasificación son:

-Taquillas de recepción de maletas y control de pasajes.

-Correas de reclamo de maletas.

-Servicios para llevar los pasajeros hasta y desde los aviones a un punto del terminal.

iii) Servicios de aviones.

Son aquellos servicios que son exclusivamente a los aviones y de los cuales cada avión usa uno solo.

Estos comprenden:

-Posiciones donde estacionar.

-Suministro de combustible.

-Equipo accesorio para la estadía en tierra.

-Equipos para pequeñas reparaciones.

3. DEFINCION DE OBJETIVOS

Como dijimos anteriormente, la intención de este estudio es la de reducir a un mínimo el retraso ocasionado en los servicios y taquillas del terminal aéreo internacional del nuevo aeropuerto de Maiquetía. Para ello debemos analizar detenidamente, que es un retraso.

Cuando una persona acude a una taquilla, su deseo es el de ser atendida inmediatamente. Como muchas veces sucede, la demanda de un servicio es sumamente irregular a lo largo del tiempo, a veces lo exigen más personas, otras veces lo exigen menos personas. Esto trae como consecuencia que las instituciones encargadas de suministrar esos servicios, no les resulte económico tener suficientes taquillas abiertas en todo momento para atender inmediatamente a todas las personas que lo desean. Como resultado tenemos que, en los momentos de mayor afluencia, algunas personas tengan que esperar a que otros sean atendidos antes que ellos.

Si este tiempo de espera se prolonga después de un cierto límite, llega a ser molesto. Este límite depende de una infinidad de factores, tales como la duración del servicio en sí, el tiempo de espera acostumbrado para ese servicio. Tambien depende de que si ese retraso

/..

representa la pérdida de un negocio, de un compromiso, de una parte de unas vacaciones o de un vuelo de conección. Un último factor, pero no menos importante, es el interés y el entusiasmo con que el pasajero es atendido. El pasajero no se siente molesto si la persona encargada de la taquilla lo atiende con eficiencia y prontitud, si nota que todos los servicios están disponibles para ser usados, si no hay taquillas cerradas por falta de personal en un momento cuando son necesarios, si el ambiente del lugar es agradable y el aire acondicionado funciona, si el pasajero está perfectamente informado de cuales son los trámites a realizar en cada taquilla y va debidamente preparado para ello con todos sus documentos en orden, si el conjunto de pasajeros se comporta civicamente y no hay personas que se aprovechen de sus influencias personales.

En base a todos estos factores y a la experiencia obtenida en otros aeropuertos internacionales se consideró como tiempo de espera promedio aceptable los siguientes:

Control de boletería	15 min.
Emigración	4 "
Sanidad e inmigración	4 "
Aduanas	4 "

/..

Reclamo de equipaje	10 min.
Ascensores y escaleras mecánicas	0,5 min.

Para otros servicios se decidió que, si bien no se podría estimar un tiempo aceptable de espera, se estudiarían de igual forma, para determinar posibles retrasos no previstos o "cuellos de botella".

4. SELECCION DEL TIPO DE ESTUDIO

Para poder evaluar cada una de estas políticas, se consideró conveniente crear un modelo matemático que nos permitiera apreciar las consecuencias de cada variante sobre el conjunto y no aisladamente.

Las ventajas de un modelo matemático son obvias. Nos permite crear y experimentar sistemas que no existen fisicamente y que sería muy costoso crear con solo un fin de prueba.

Debido a lo complejo de un terminal aéreo se decidió utilizar un modelo numérico en vez de uno analítico y programar éste en lenguaje de computación. Para ello se escogió el lenguaje GPSS por estar orientado específicamente al estudio de colas.

Este modelo tomó en cuenta los siguientes aspectos:

a) Características del terminal.

i) La distribución física de los servicios y las distancias que los separa.

ii) El número de taquillas que prestan el mismo servicio.

iii) El número de puertas, sitios de estacionamiento de aviones, autobuses, escaleras, ascensores, etc.

/..

iv) Capacidad de ascensores, correas de reclamo de maletas, salones, etc.

b) Características funcionales del terminal.

i) Orden en que deben ser usados los servicios.

ii) Distribuciones probabilísticas del tiempo de servicio.

iii) Políticas de asignación de un servicio a usuarios, ya sean aviones o personas.

c) Características de los usuarios.

De los aviones:

i) Hora de llegada.

ii) Número de pasajeros que trae, que desembarcan y que embarcan.

iii) Cuánto tiempo necesitan estar en tierra para abastecerse.

De los pasajeros:

iv) Tipo de pasajeros que son: de llegada o de salida.

v) Hora de llegada al aeropuerto.

vi) Número de personas que forman cada grupo de pasajeros.

/..

vii) Número de acompañantes que trae cada grupo.

viii) Velocidad de caminar.

ix) Preferencia por escalera o ascensor.

x) Preferencia del nivel de entrada y - salida (por la acera o el estacionamiento).

xi) Tiempo de entrada al control de emigración.

La elección de este modelo de simulación numérico - nos permite, gracias a la flexibilidad del lenguaje utilizado, experimentar una serie de variantes para determinar el comportamiento del terminal aéreo en conjunto y de cada una de las partes. En otras palabras, permitió hacer un extenso análisis de sensibilidad, en una forma económica, de fenómenos que actualmente no existen, pero conocemos cual vá a ser su funcionamiento teórico futuro.

Los experimentos consistieron de dos tipos: primero se probó para cada servicio dependiente del vuelo un cierto número de políticas a seguir, para determinar - cual es la más eficiente durante la hora pico de diseño. Estas políticas de administración de servicio consisten de dos aspectos:

1° Cuántas unidades de servicio se les va a asig-

/..

nar a cada vuelo.

2° Durante cuánto tiempo se van a asignar.

Una vez determinada la mejor política para cada una, se procedió al segundo tipo de experimentos que consistió en ir aumentando el número de operaciones por hora a partir de cero para observar cuantas unidades de servicio son necesarias para mantener el nivel de retraso a un mínimo. Este último experimento se hizo para varios niveles mínimos de retraso, que se midieron en función del número máximo de personas en cola.

5.1. EL EDIFICIO DEL TERMINAL AEREO INTERNACIONAL

El edificio del terminal aéreo internacional, está situado al sur de las pistas de aterrizaje y ocupa un área de más de 70.000 metros cuadrados de construcción. Consta de tres pisos, cada uno de los cuales tiene una función específica. En el primer piso están las instalaciones para prestar servicio a los aviones, tales como:

- Instalaciones para el equipaje de salida.
- " " " " " llegada.
- Oficinas de las líneas aéreas.
- Aire acondicionado central.
- Central telefónica.

En el segundo piso se encuentran los principales servicios para los pasajeros, tales como:

- Salón de embarque y desembarque.
- Control de sanidad e inmigración.
- Reclamo de equipaje.
- Aduana.
- Control de boletos.
- Control de emigración.
- Pasillos de circulación.

En el tercer piso están los servicios colaterales a los pasajeros, tales como:

- Centro Comercial
- Restaurant.

/..

- Terraza de observación.
- Salones VIP.
- Oficinas.
- Salas de proyección.

El segundo piso está comunicado con la vialidad principal, mientras que el tercero está comunicado con el estacionamiento de vehículos. Además, ambos pisos están comunicados entre sí por ascensores y escaleras mecánicas.

Con respecto a la zona de estacionamiento de aviones, podemos decir que está dividida en tres partes. La zona del ala este del edificio, que consta de cuatro posiciones de estacionamiento, la zona del ala oeste que consta de tres posiciones y la zona remota, con ocho posiciones.

5.2. ITINERARIO Y CARACTERISTICAS DE LOS AVIONES

Los aviones llegan espaciados entre sí no menos de cuatro minutos. Cinco minutos antes de que ésto suceda ya tienen asignado el puesto que van a ocupar en la zona de estacionamiento. Se trata de que ese puesto asignado corresponda al módulo en el cual se encuentran las oficinas de la línea aérea. Si ésto no se puede, se le trata de asignar un puesto en el otro módulo. Si ésto tampoco se puede entonces se le asigna un puesto en la zona remota.

Los aviones se pueden estacionar en cualquier puesto menos los 747, que tienen unos sitios especialmente asignados a ellos.

Después de haber transcurrido su tiempo de servicio en su puesto, el avión está listo para despegar. Si todos los pasajeros están en el avión, éste despega, si nó, espera a que llegue el momento.

En caso de que el avión esté estacionado en la zona remota, la carga y descarga de los pasajeros se hará por medio de autobuses. Para disminuir el número de autobuses se podrá trasladar el avión al edificio del terminal, para que los pasajeros lo aborden a través de los puentes de acceso.

Esto se permite siempre y cuando se haga por lo me

/..

nos veinte minutos antes de la salida programada del avión, para que los pasajeros conozcan anticipadamente su puerta de salida.

5.2.1 Algunas de las caracterísitcas de los aviones

Los aviones se dividieron, según su tamaño, en siete grupos; cada uno de los cuales tiene un número máximo de pasajeros y un tiempo mínimo en puerta para reabastecerse.

Denominación Comercial	Grupo	Máximo de Pasajeros	Tiempo de Abastecimiento
AVROVISCOUNT	1	45	50 min.
DC9 (Pequeño)	2	65	50
DC9 (Grande)	3	110	50
DC8, 707, 727	4	145	60
DC8 - 63	5	202	60
DC10	6	250	90
747	7	365	90

Se consideró que los aviones llegarán llenos durante la hora pico, pero con un 25% de pasajeros de tránsito.

Una segunda división fué hecha según el módulo del edificio en el que se encuentran las oficinas de la línea aérea; y una tercera división según el grupo de taquillas de esa línea aérea, se encuentre ubicado en

/..

la zona de treinta taquillas o de veinte taquillas.

El itinerario de la hora pico se hizo según los siguientes criterios:

a) El porcentaje de aviones según el tipo fué el siguiente.

Grupo	%
7	5
6	5
5	10
4	50
3	30

b) El porcentaje de aviones según el módulo fué 60% para uno y 40% para el otro.

c) Una vez determinado ésto, se distribuyó en forma aleatoria 16 aviones a lo largo de la hora pico.

5.3 TRAYECTORIA DE LOS PASAJEROS EN EL TERMINAL

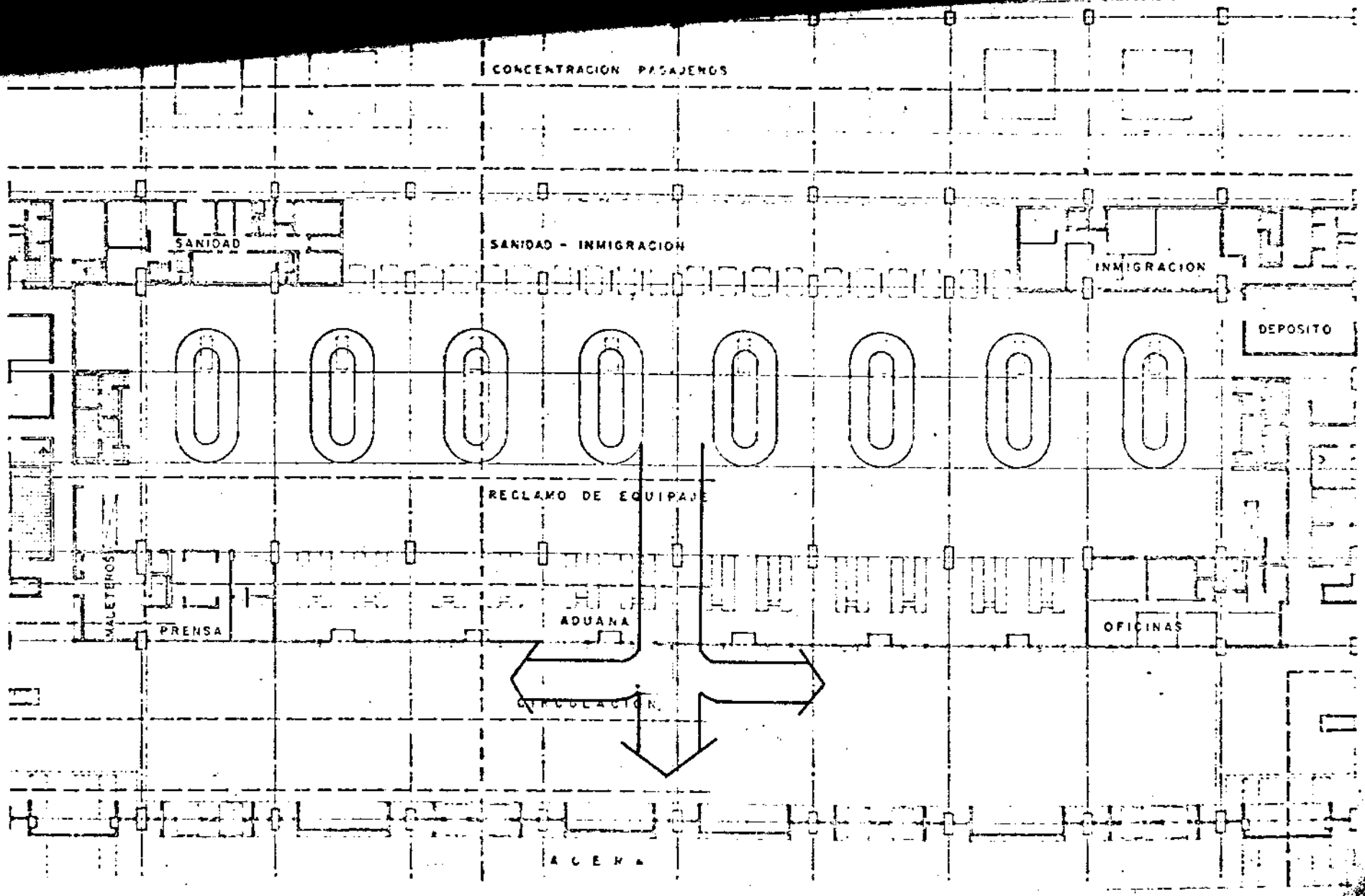
El flujo de pasajeros será determinado básicamente por el flujo de los aviones. Para cada operación el comportamiento global esperado de sus pasajeros es el mismo, ya sea en el desembarque del avión o para su embarque.

Saliendo del avión los pasajeros entran en los puentes de acceso del terminal, o si están en la zona remota se suben en los autobuses que los acercarán al edificio. Una vez dentro del terminal se dirigen a las taquillas de inmigración y sanidad. Ahí escogen la menor de las colas y esperan la tramitación correspondiente. Luego recogen sus maletas en las correas de reclamo y de ahí pasan a control de aduana. Una vez fuera, se reunen con sus acompañantes y se dirigen a la acera o al estacionamiento.

Para abordar el avión, los pasajeros llegan con un cierto tiempo de antelación y pasan directamente al control de boletería y pasaje en la zona asignada a la línea aérea que van a usar. Escogen la cola más corta de las taquillas asignadas a su vuelo y esperan ser atendidos. Una vez servidos deciden, si tienen tiempo, quedarse un rato más con sus acompañantes y subir a la zona de concesiones; sino, se despiden de sus visitan-

/..

tes y entran al salón de control de emigración y de ahí pasan al salón de embarque donde esperan la llamada para entrar al avión que se hace 20 minutos antes de la - salida del vuelo. Pueden abordar el avión directamente por los puentes de acceso o pasando primero por el autobus.



MODULO DE LOS SERVICIOS DE LLEGADA.

5.3.1. Algunas características de los pasajeros

- Tamaño de los grupos de pasajeros.

60%	1	pasajero
25%	2	"
5%	3	"
10%	4	"

- Velocidad de caminar de los pasajeros.

20%	0,75- 1,00	m/seg.
35%	1,00- 1,25	"
35%	1,25- 1,50	"
10%	1,50- 1,75	"

- Velocidad de acceso y descenso de autobuses y aviones.

Acceso:	40	personas/min.
Descenso:	35	"

- Lugar de entrada o salida del edificio.

76%	por el estacionamiento
24%	por la acera

- Hora de llegada de los pasajeros que salen al exterior.

10%	120 - 100	minutos antes de la salida
30%	100 - 80	" " " " "
30%	80 - 60	" " " " "
20%	60 - 40	" " " " "

/..

10%	40 - 20 minutos antes de la salida
0%	40 - 0 " " " " "

- Hora de entrada al control de emigración.

La hora de entrada es escogida entre una distribución uniforme que oscila entre 60 y 30 minutos antes de la salida del avión, para pasajeros sin acompañantes; y entre 40 y 20 minutos para los pasajeros con acompañantes.

Si el momento en que el pasajero salió de las taquillas de boletería es más tarde que esa hora asignada, entonces entra inmediatamente al control de emigración, si no va al salón de concesiones o se espera un rato antes de entrar.

- Tamaño de los grupos de visitantes por pasajeros.

Visitantes	Embarcando	Desembarcando
0	62%	57%
1	2%	7%
2	5%	5%
3	5%	5%
4	8%	8%
5	8%	8%
6 - 12	10%	10%

/..

- Hora de llegada de los visitantes que esperan pasajeros.

30%	30 - 20	minutos antes de la llegada
40%	20 - 10	" " " " "
30%	10 - 0	" " " " "

5.4. DESCRIPCION DE LAS AREAS CRITICAS

Se reconoció como áreas donde podría presentarse un retraso de los pasajeros y aviones, las siguientes instalaciones:

Para el flujo de pasajeros de llegada:

Sanidad e inmigración

Reclamo de maletas

Aduanas

Para el flujo de pasajeros de salida:

Boletería

Emigración

Las áreas comunes a ambos flujos son:

Salones de espera

Ascensores y escaleras

Para el flujo de aviones:

Posiciones de estacionamiento

Autobuses

SANIDAD E INMIGRACION

Ambos controles se realizan en la misma taquilla. Sanidad tiene los siguientes tiempos de servicio.

45%	0 - 15	seg.
45%	15 - 30	"
7%	30 - 45	"
3%	45 - 60	"

Inmigración tiene los siguientes tiempos de servicio.

10%	0,0 - 0,5	min.
25%	0,5 - 1,0	"
30%	1,0 - 1,5	"
15%	1,5 - 2,0	"
10%	2,0 - 3,0	"
10%	3,0 - 5,0	"

Existe espacio para un máximo de cuarenta taquillas.

RECLAMO DE MALETAS

Existen ocho correas mostradoras, cada una con capacidad para mover veinte maletas por minuto. Se asigna cada dispositivo a un máximo de 150 pasajeros y en caso de que un vuelo exija más de un dispositivo, entonces los dispositivos que se le asignen deben estar uno al lado del otro.

Para cada vuelo las maletas empiezan a llegar diez minutos después de llegar el avión y la última llega t segundos después.

$$t = \frac{\text{Pasajeros} * 1{,}8 * 60 \text{ segundos/minuto}}{N * 20 \text{ Maletas/minuto}}$$

donde:

El número de pasajeros de cada avión es conocido. El número de maletas se estimó en 1.8 y el número N de dispositivos depende del número de pasajeros.

Conociendo el tiempo de llegada de la primera y de la última maleta se crea una distribución uniforme que tiene como límite estos dos números y que determina el momento a partir del cual el pasajero puede retirar su maleta.

Si el pasajero llega antes de ese momento, tiene que esperar. Si nó, retira su maleta y pasa a aduana.

ADUANA

Hay 24 correas mostradoras.

La distribución de tiempos de servicio es la siguiente.

20%	0,0 - 15	seg.
25%	15,0 - 30	"
15%	30,0 - 45	"
10%	45,0 - 60	"
25%	60,0 -120	"
5%	120,0 -300	"

BOLETERIA

Existe un total de 100 taquillas separadas en dos grupos de 50, uno en cada módulo y a su vez cada grupo tiene -- dos grupos, uno 30 y otro de 20 taquillas.

Los tiempos de servicios son:

45%	1 - 2	min.
30%	2 - 3	"
15%	3 - 4	"
5%	4 - 5	"
5%	5 - 6	"

Las políticas que determinan cuantas taquillas se asignan a cada línea aérea y a cada vuelo, fueron objeto de estudio, por lo tanto no se pueden considerar como característica intrínseca del aeropuerto.

EMIGRACION

El control de emigración comprende 40 taquillas divididas en dos grupos de 20, uno por cada módulo.

La distribución del tiempo de servicio es la siguiente.

10%	0,0 - 0,5	min.
40%	0,5 - 1,0	"
25%	1,0 - 1,5	"
15%	1,5 - 2,0	"
10%	2,0 - 5,0	"

Además existen para cada módulo 4 taquillas donde se controla por medio del pasaporte, que no entren al salón de emigración los que no son pasajeros. Se propuso un tiempo de control de 5 segundos para todos los pasajeros.

CONTROL DE SEGURIDAD

Hay una taquilla de control de seguridad en la entrada a cada avión para chequeo de armas y explosivos.

Se asignó un tiempo de 20 segundos para cada pasajero.

ESCALERAS MECÁNICAS

Existen para cada módulo 2 escaleras mecánicas; una para subir y otra para bajar.

Cada persona tarda 0.67 segundos en tomar un escalón y 15 segundos para trasladarse de un piso a otro.

ASCENSORES

Existen para cada módulo 2 ascensores, con una capacidad de 18 personas. Se asumió que cada ascensor se mantenía durante 15 segundos en cada piso, para carga y descarga de pasajeros y tardaba 8 segundos en trasladarse de un piso a otro.

SALONES DE ESPERA Y PASILLOS

Estos salones son: el del puerto libre, justamente antes de la entrada a los aviones; el de concesiones y todos los salones donde se encuentran los servicios como boletería, emigración, aduana etc.

POSICIONES DE ESTACIONAMIENTO DE AVIONES

Como dijimos antes, existen 15 posiciones de estacionamiento que están divididas en 3 zonas, 2 de ellas con puentes de acceso directo al edificio del terminal. Algunas de estas posiciones están diseñadas para aviones B-747, mientras que las otras no aceptan aeronaves tan grandes. Los pasajeros de los aviones pequeños no

/..

pueden usar los puentes directamente, sino que bajan por medio de una escalera a la plataforma y luego suben de nuevo por una escalera al nivel del edificio. Para más detalles se puede observar el plano a continuación.

AUTOBUSES

Los autobuses tienen capacidad de 100 puestos y se desplazan a 50 Km/hr. (aprox. 14 mts./seg.). Sirven para llevar a los pasajeros desde los aviones estacionados en la zona 3 hasta el edificio del terminal.

6.1. DESCRIPCION DEL MODELO

El modelo se dividió en dos programas de computadora independientes el uno del otro. Uno estudió el flujo de pasajeros y aviones hacia el exterior del país y el otro estudió el flujo de llegada. Esto se hizo basicamente por lo limitado de la memoria del computador utilizado.

El hecho que el modelo se dividiera en dos partes no afecta en forma alguna los resultados porque :

- Las horas pico de ambos flujos estan muy separadas entre sí en el día, casi 12 horas, y se ha comprobado que el flujo en direccion contraria , durante esa hora pico, es solo 1/4 del principal.
- Los servicios principales que determinan a ambos flujos son excluyentes. Un pasajero en vías de sa salir del pais no usa los servicios de llegada , como son aduana y sanidad e inmigración; y viceversa, un pasajero que llega al país no usa el control de boleteria o emigración.

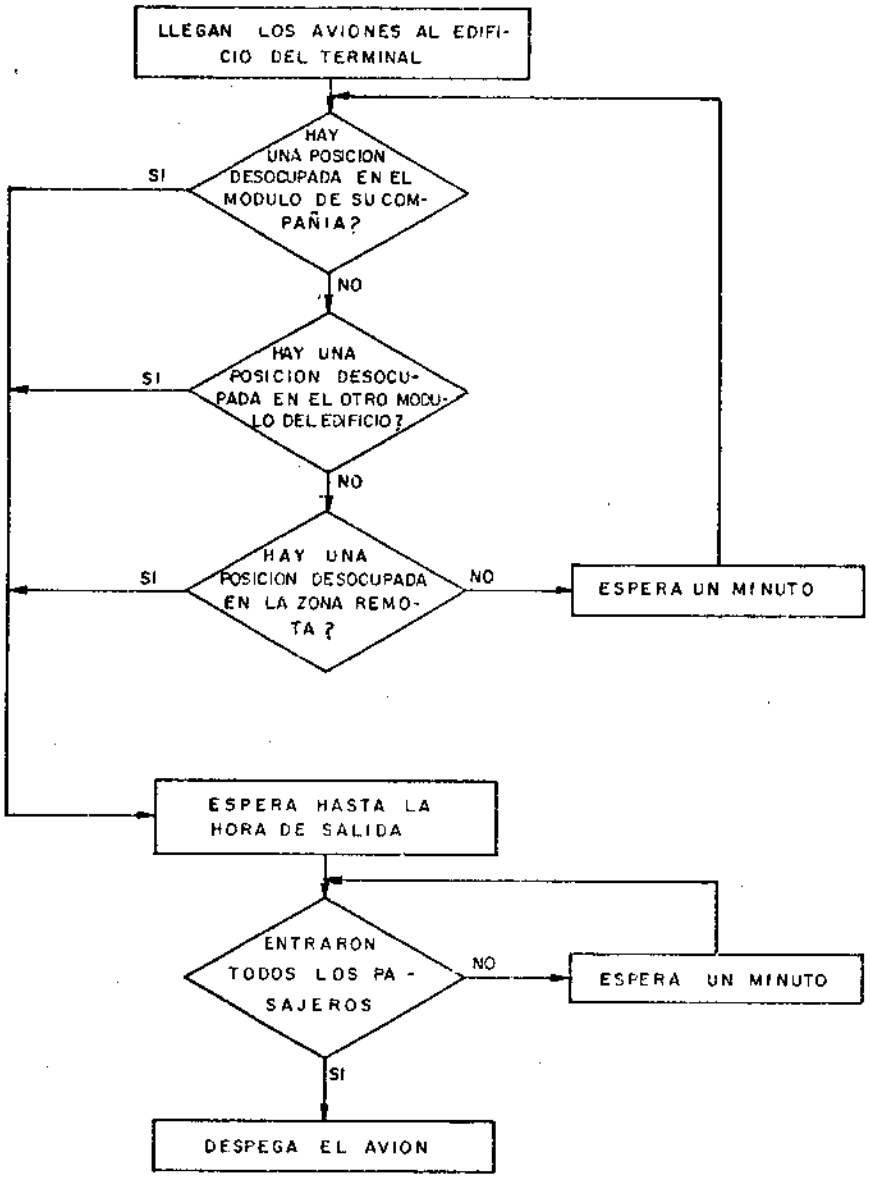
  Los flujos solo se entrecruzan en el salón de concesiones(restaurant, tiendas,etc.), ascensores, escaleras y en el salon de embarque y desembarque.En estos lugares se debe añadir, al flujo principal, un 25 % de él mismo para conocer el real.

Los programas fueron hechos en forma modular. Esto es, se crearon las instrucciones que representan a cada servicio por separado, se comprobaron sus resultados aisladamente, y una vez que se tenía plena seguridad de que cada subprograma funcionaba bien independientemente, se integraron todos en un solo programa principal. Esto se pudo hacer gracias a las caracteristicas del lenguaje utilizado, a que los flujos son lineales y a que la secuencia de los servicios por los que tienen que pasar todos los pasajeros es igual para una misma dirección.

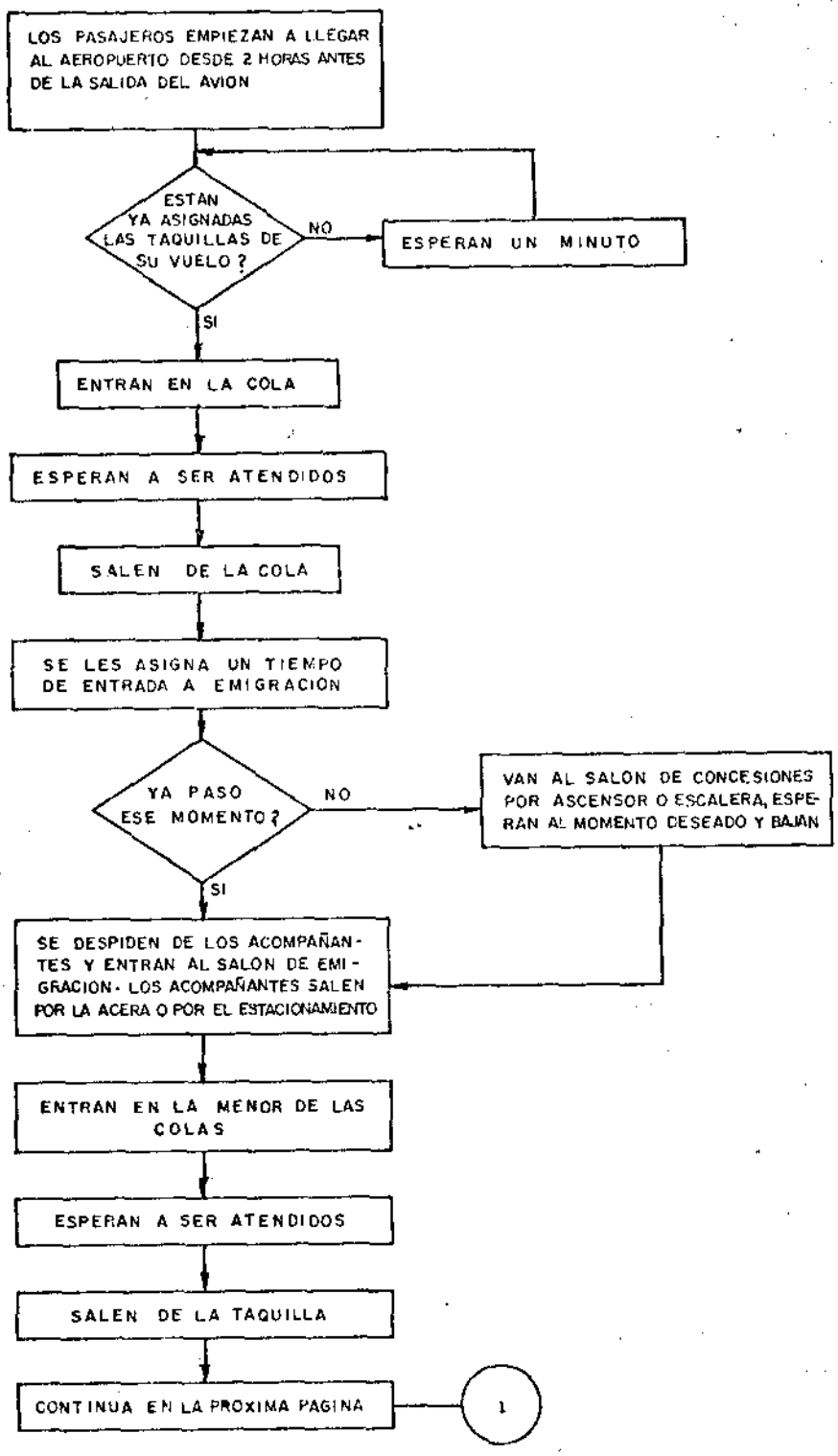
Luego de integrado cada modelo, se procedió a someterlos a situaciones extremas de flujo para corregir posibles irregularidades que se hubieran podido pasar por alto.

A continuación presentamos los diagramas de flujo utilizados en ambos modelos. Algunos de ellos se repiten en ambos modelos, como el movimiento de aviones y de ascensores.

6.2.1. MOVIMIENTO DE LOS AVIONES

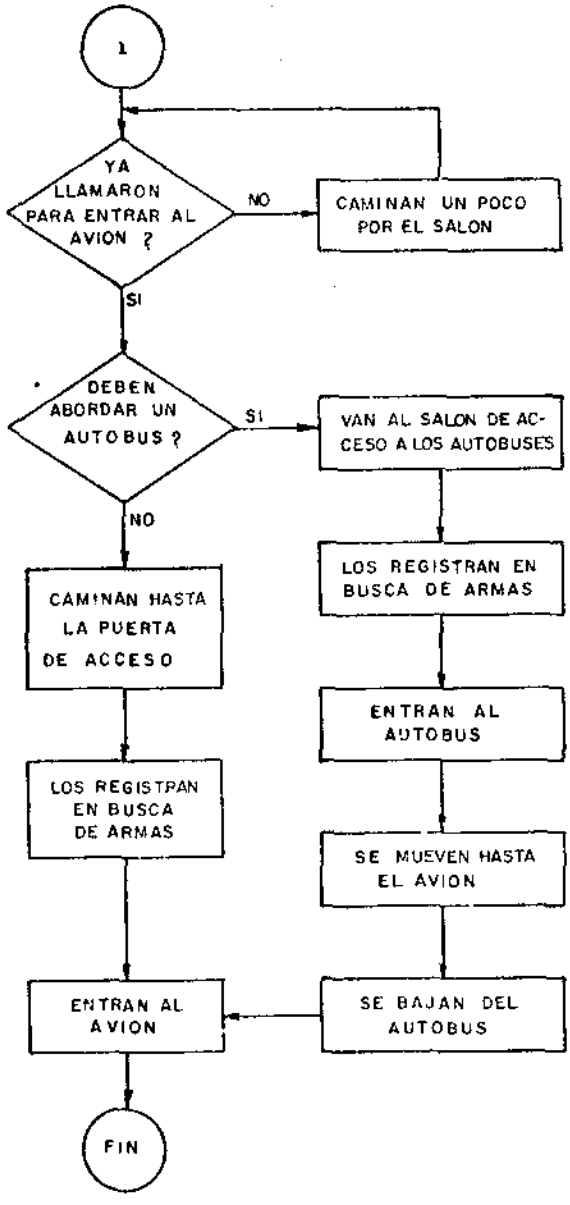


6.2.2. MOVIMIENTO DE LOS PASAJEROS DE LLEGADA

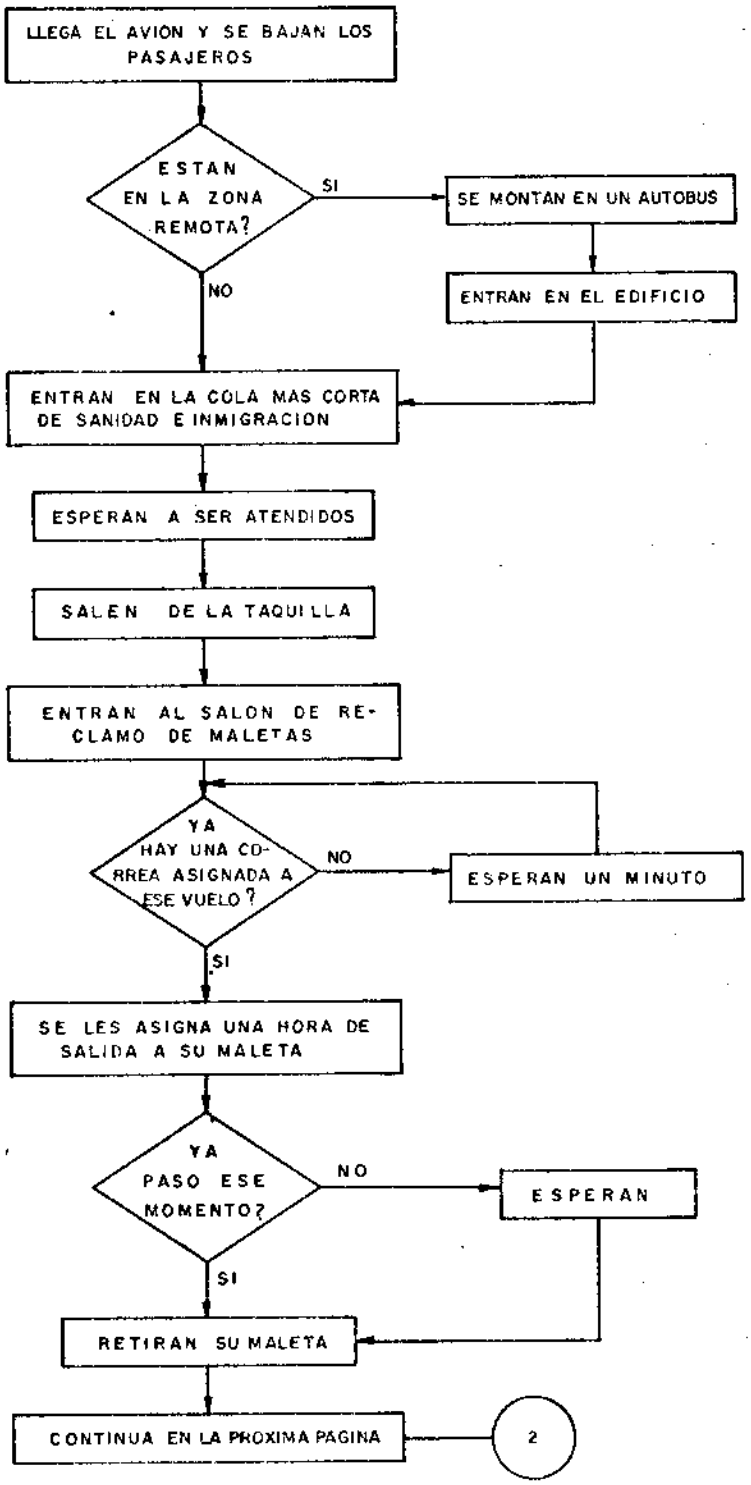


/..

(continuación ..)

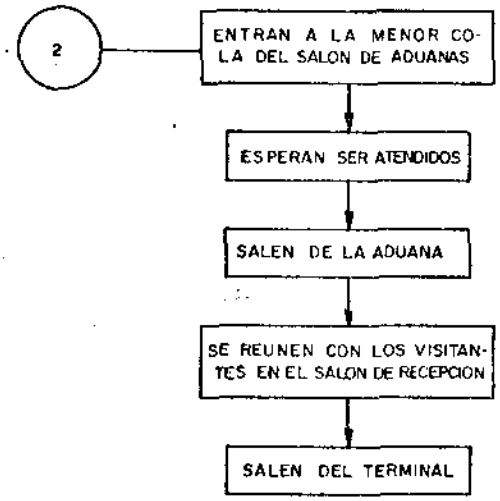


6.2.3. MOVIMIENTO DE LOS PASAJEROS DE SALIDA

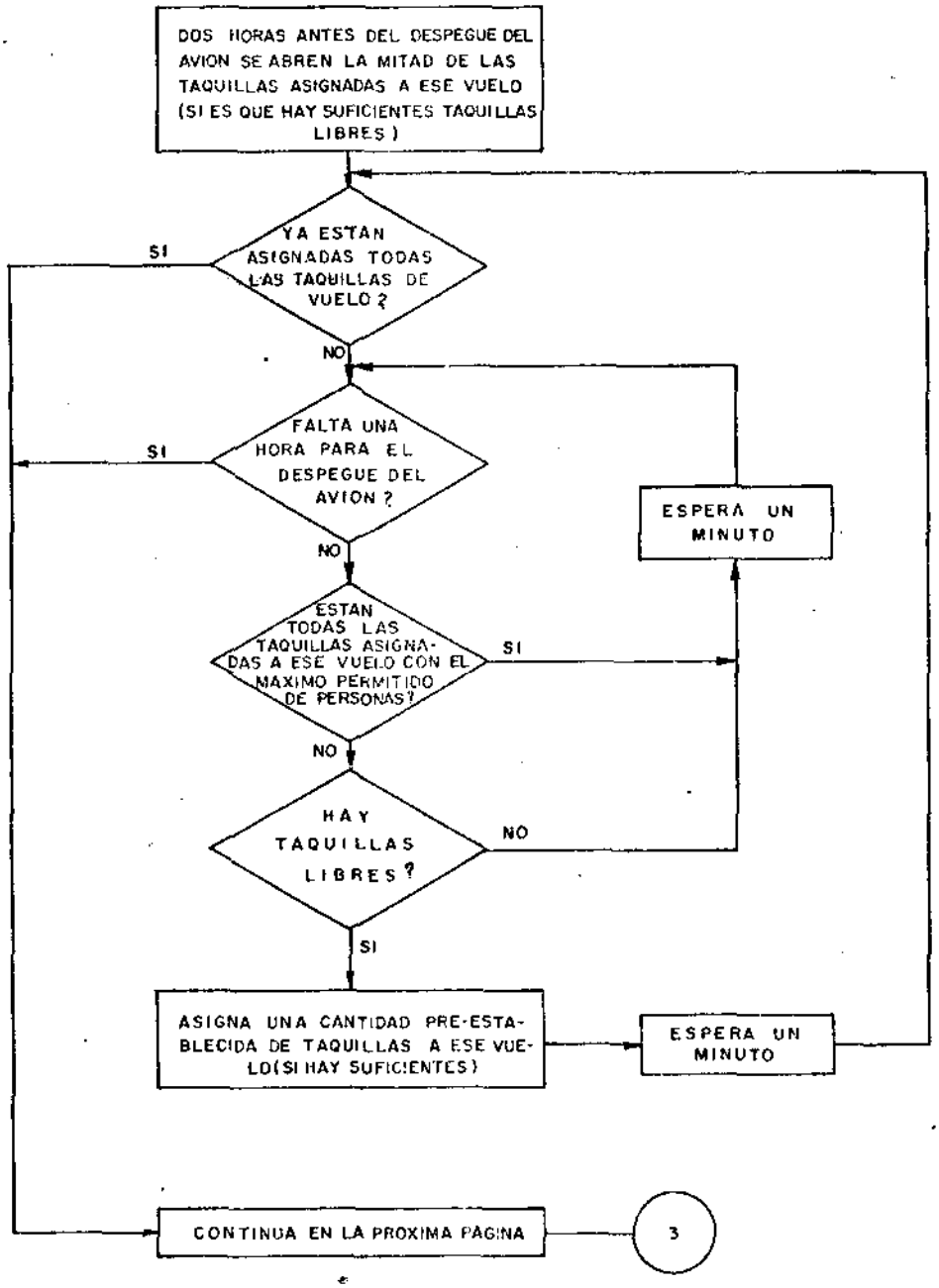


/..

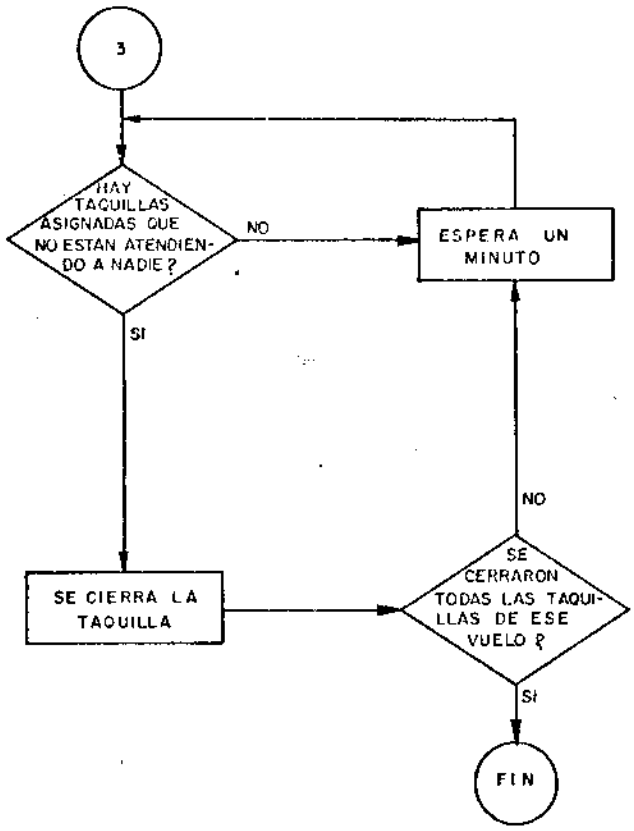
(continuación ..)



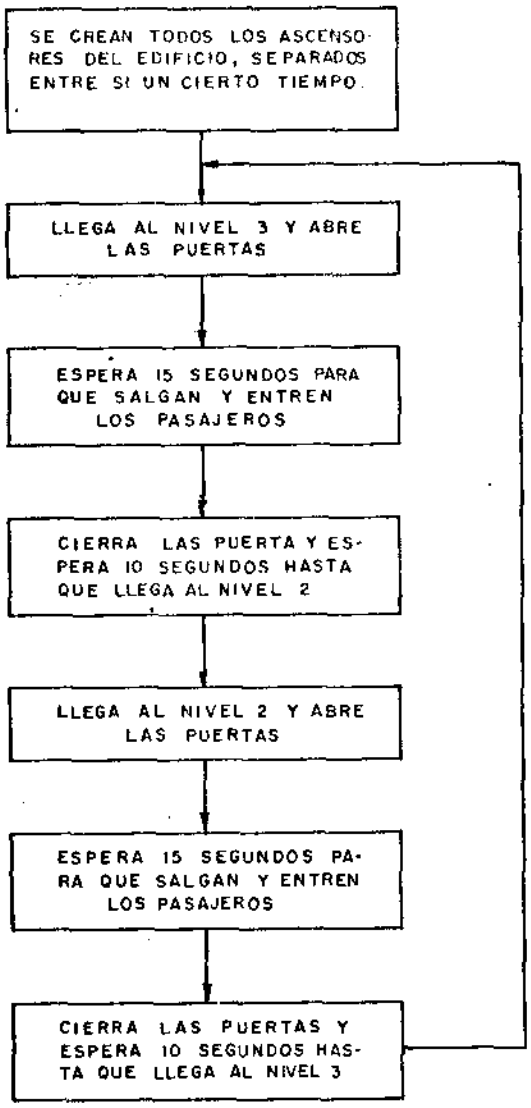
6.2.4. CONTROL DE TAQUILLAS DE BOLETERIA



(continuación ..)



6.2.5. MOVIMIENTO DE LOS ASCENSORES



6.3. ESTADISTICAS

1. Para tener un conocimiento lo más exacto posible sobre el comportamiento del modelo, a la vez de condensar a un mínimo el volúmen de información necesaria para ello, se tomaron las siguientes estadísitcas para el modelo de movimiento de pasajeros al exterior:

   i) Cada cinco minutos

   - El promedio de personas en cada uno de los salones del terminal aéreo, con el objeto de conocer el desplazamiento de los mismos a lo largo del tiempo. Además, cuantas taquillas estaban abiertas en cada sub-zona de boletería. Esta información se almacenó en un archivo y se imprimió cada hora.

   ii) Cada hora

   - Una tabla de frecuencia del número de personas en cada cola en las taquillas de boletería y emigración por separado.
   - Una tabla de frecuencia del tiempo en cola en las taquillas de boletería y emigración.
   - Una tabla de frecuencia del tiempo que em

/..

plea cada persona en el salon de concesiones.

iii) Al final de la simulación

- El tiempo promedio en cola, el número promedio de personas en cola y el número máximo de ellas para cada una de las puertas de los ascensores, de las escaleras mecánicas, del control de entrada al salón de emigración y de control de seguridad en la puerta de los aviones.
- Se tomó estadísticas sobre las situaciones anormales, como aviones que no tienen posición de estacionamiento en el momento de la llegada, aviones que no pueden salir a la hora programada por retraso de los pasajeros, pasajeros esperando para que les abran las taquillas de control de boletería a su vuelo.
- Se tomaron estadísticas sobre el flujo de pasajeros en los pasillos, en la acera, estacionamiento y en el salón de embarque y desembarque.
- Por último de cada vuelo se obtuvo la hora de llegada, la hora de salida, la posición que ocupa en la plataforma de estacionamiento, cuantos autobuses necesitó para trasladar los pasajeros (de estar en posi-

/..

ción remota), cuantas taquillas se le asignaron y cuando se empezaron a abrir. También se tomó información sobre el tiempo promedio en cola en los salones de boletería, emigración, control de seguridad de los aviones y en el salón de concesiones de los pasajeros de ese vuelo.

2. Para el modelo de movimiento de llegada de pasajeros del exterior se tomaron las siguientes estadísticas:

   i) Cada 5 minutos

      El número promedio de personas en ese período en cada uno de los salones de desembarque, sanidad e inmigración, reclamo de maletas, aduana, recepción y concesiones. Esta información se almacenó en un archivo y se imprimió cada hora.

      Además se llevó un control de cuantas correas transportadoras de maletas se utilizaban cada 5 minutos.

   ii) Cada hora

      Una distribución de frecuencia del número de personas en cola en las taquillas de sanidad e inmigración, en las correas de re--

/..

clamo de maletas y en las taquillas de aduana. Una distribución de frecuencia de tiempo de espera en cola en los sitios arriba nombrados.

- Una distribución de frecuencia del tiempo que emplean los visitantes en el salón de concesiones.

iii) Al final, de la simulación

- El tamaño promedio de las colas, el tamaño máximo, y el tiempo promedio en cola en cada puerta de los ascensores y de las escaleras mecánicas.
- Se obtuvo información sobre el movimiento de personas en los pasillos, puentes de embarque, y en la acera y el estacionamiento.
- Además sobre las anormalidades que se pudieran presentar como aviones que no tienen posición donde estacionarse cuando llegan al terminal, pasajeros que llegan al salón de reclamo de maletas antes de que se haya asignado una o más correas a su vuelo.
- Por último se obtuvo la hora de llegada de cada vuelo, la hora de salida, la posición de estacionamiento, el número de autobuses utilizado y el tiempo promedio en la cola de

/..

los pasajeros de ese vuelo en cada uno de los salones del edificio.-

7. R E S U L T A D O S

Dividiremos los resultados en los siguientes grupos para su presentación:

- Servicios de salida de vuelos internacionales
- Servicios de llegada de vuelos internacionales
- Areas comunes a ambos servicios
- Servicios a los aviones

7.1. Servicios de salida de vuelos internacionales

i) En las taquillas de boletería, la mejor política de asignación de taquillas a los vuelos fué de 1 taquilla por cada 30 pasajeros. Estas taquillas cada vez que las colas llegaban a 6 personas se abrían y se fueron cerrando a medida que se iban desocupando, siempre y cuando faltara menos de una hora para el despegue del avión.

Para esta política se obtuvieron los siguientes tiempos de espera:

20%	0 - 5 min.
30%	5 - 10 "
40%	10 - 20 "
10%	20 - 30 "

Las ventajas adicionales obtenidas fueron -

/..

un alto porcentaje de utilización de las taquillas y un servicio uniforme para todos los vuelos.

Se observó un promedio de 300 personas en el salón de taquillas y un máximo de 500 personas durante la hora de más congestionamiento.

ii) En el control de emigración el tiempo de espera es altamente sensible al orden de salida de los aviones y a la hora cuando esto sucede, tendiendo marcadamente al congestionamiento. Probando diferentes horarios de vuelo se obtuvo un promedio de tiempos individuales de espera de 3 minutos y un tamaño de cola promedio de 2 personas. En los salones de emigración había un promedio de 45 personas y un máximo de hasta 200 en ciertos momentos.

iii) El control de seguridad en la entrada del avión, dió como resultado un retraso de 5 minutos, suponiendo un arco magnético de detección de metales por cada 100 pasajeros.

/..

7.2. Servicios de llegada de vuelos internacionales

i) En las taquillas de sanidad e inmigración - el tiempo de espera en la cola cumplió con la siguiente distribución:

20%	0 - 1 min.
35%	1 - 3 "
20%	3 - 5 "
15%	5 - 7 "
10%	7 -12 "

y el promedio de personas en cola fué de 3.

En el salón hubo un promedio de 140 perso-- nas y un máximo de 380.

ii) En el salón de reclamo de maletas, el tiempo de espera es altamente sensible al momento cuando empiezan a llegar las maletas a las correas. La mayoría de los pasajeros llegan después de que esto suceda (aproximadamente 14 minutos después de la llegada - del avión), por lo que el tiempo de espera es relativamente reducido.

/..

45%	0 - 1 min.
20%	1 - 3 "
20%	3 - 5 "
15%	5 - 10 "

Se asignó 1 correa por cada 150 pasajeros - de un avión, y si este tenía más, todas las correas adicionales debían ser contiguas a ésta. El resultado de esta política fué - que solo se utilizaran 6 de las 8 correas - como máximo,y un promedio de 3.
En ese salón se observó un promedio de 80 - personas y un máximo de 150.

iii) En el control de aduanas el tiempo promedio de espera fué de 2,5 minutos con una distribución así:

35%	0 - 1 min.
25%	1 - 3 "
30%	3 - 10 "

El promedio de pasajeros en el salón, fué - de 80 y el máximo de 180 pasajeros.

iv) En el salón de recepción había constantemente entre 1000 y 1200 personas, lo cual sig-

/..

nifica, que se podría suponer una relación de 1 persona en el salón por cada pasajero que llegase durante la hora pico.

v) Por último debemos decir que el tiempo promedio que tarda un pasajero entre el momento cuando llega en el avión y cuando sale por la aduana es de 20 minutos, y llegando a un máximo de 40 minutos.

7.3 Areas comunes a ambos servicios

i) El salón de concesiones está principalmente ocupado por pasajeros que van a salir al exterior y por las personas que los acompañan. El promedio de personas en ese salón es de 1000 a 1500, las cuales están dentro de un promedio de 40 minutos y hasta un máximo de 70 minutos. Muy pocos visitantes que vienen al aeropuerto a buscar a pasajeros que llegan pasan por el salón de concesiones, la gran mayoría pasa a la terraza de observación.

ii) En la acera hay un máximo de 80 personas esperando por transporte para Caracas, suponiendo que este se consigue después de 2 minutos de esperar. En el estacionamien

/..

to hay un máximo de 180 personas buscando - su carro.

iii) Las colas en los ascensores y escaleras mecánicas son despreciables, pues nunca son - mayores que 10 personas.

iv) El número de autobuses que se necesitan depende del número de operaciones por hora en la siguiente forma:

9 - 12	operaciones	6 autobuses
12 - 15	"	8 "
15 - 20	"	10 "

De acuerdo a esto se necesitarán 8 autobu-- ses para el año de diseño, pero consideró - que la simulación de este servicio no fué lo suficientemente detallada y confiable.

7.4. Servicio a los aviones

i) Con respecto a las posiciones de estaciona-- miento en la plataforma, podemos decir que - durante la hora pico van estar bastante utilizadas, pudiendose dar el caso que haya - aviones que no puedan ocupar una posición y tengan que esperar hasta que se desocupe una.

/..

Este retraso se debe a que antes de la hora pico hay unas posiciones ocupadas por aviones que llegaron antes de ese tiempo. Si el número de operaciones llega a 16 por hora, será necesario que se habilite una posición más.

Para terminsr podemos decir que el retraso en el terminal va a depender mucho de la distribución a lo.largo del tiempo de la llegada y salida de los aviones y por lo tanto de la llegada a los servicios de pasajeros que ello genera. En otras palabras, si bien se espera que el flujo de pasajeros sea de 26,66 pasajeros por minuto,o sea, 1600 pasajeros por hora, se puede esperar que por momentos el flujo llegue a ser de 40 y hasta 50 pasajeros por minuto. Las consecuencias de esto se prolongan más allá de ese lapso en el tiempo cuando ocurre ese fenómeno y afecta a todos los servicios subsiguientes causando un retraso general.

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El edificio del terminal aéreo internacional de Maiquetía es capaz de prestar un buen servicio a los pasajeros y aviones durante la hora pico de diseño, o sea a un tráfico de 1.600 pasajeros por hora. Ahora bien para que esto suceda debe prestarsele mucha atención a los siguientes puntos:

1) En las taquillas de control de boletería recomendamos que se agigne una taquilla por cada 30 pasajeros. Estas taquillas se deben abrir a medida que vayan llegando los pasajeros y las colas lleguen a 6 personas; luego se cerrarán a medida que se vayan desocupando, una vez que falte menos de 1 hora, para que despegue el avión. Esta política implica una serie de aspectos adicionales. La administración del aeropuerto debe distribuir las taquillas de chequeo a las líneas aéreas según el volúmen de pasajeros anuales de cada una de ellas. Por ejemplo a Viasa y Pan American deben estar, una en cada zona de 30 taquillas, y Alitalia e Iberia una, en cada zona de 20 taquillas. Las demás líneas aéreas se distribuirán entre las cuatro zonas para balancear

/..

el flujo de pasajeros de tal forma que sea - proporcional al número de taquillas en cada zona.

Otra recomendación sería la de que las líneas aéreas de cada zona trabajaran entre ellas - en grupo, para que cada pasajero pudiera entregar sus maletas y chequear su pasaje en cualquiera de las taquillas.

ii) La principal causa de retraso para los pasajeros que desembarcan en los aeropuertos, es que las maletas no pueden ser retiradas con suficiente prontitud, para llevarlas a la - aduana. Se le debe prestar mucha atención a esto, procurando que las primeras maletas - lleguen a las correas mostradoras del salón de reclamo entre 10 y 12 minutos después de haber llegado el avión.

iii) El control de seguridad para que los pasajeros no lleven armas a bordo, debe necesariamente hacerse en la entrada del avión. Como esto causa retraso, la llamada de entrada al avión debe adelantarse 10 minutos de tal - forma, que se llame a los pasajeros 30 minutos antes de la salida.

/..

iv) Recomendamos se haga un estudio detallado y minucioso de los servicios necesarios para -- los aviones y se pueda determinar cuantas unidades de cada servicio se necesitan. También sería recomendable que, para obtener una mayor utilización de estos servicios, Viasa se encargara de todo lo referente a los servi- - cios de los aviones, como hace Iberia en Ma-- drid.

v) Debe de buscarsele solución al problema del altísimo número de visitantes y acompañantes que trae cada pasajero consigo. Debería crearse un terminal de autobuses en Caracas para que los pasajeros no fueran en su propio ca-- rro al aeropuerto trayendo consigo los acompañantes. De no solucionarse este problema el volúmen de carros, que solamente van a bajar a Maiquetía será suficiente por sí solo para congestionar la autopista.

vi) Para disminuir el personal de inmigración y emigración, un equipo de personas podría realizar la labor de hacer ambos controles. Estas personas se pueden desplazar de un servicio a otro según las circunstancias lo re-- quieran.

/..

vii) El número de taquillas que se deben abrir para un número de operaciones, que no sea el máximo de diseño, pueden ser proporcional al número de operaciones por hora o al número de pasajeros por hora.

En base al número de operaciones por hora sería:

Sanidad e Inmigración	2,5 taquillas/operación
Aduana	1,5
Emigración	2,5 (repartiendolas según la zona a la que pertenece el vuelo)

viii) Consideramos conveniente y necesario que haya una persona encargada permanentemente de buscar métodos mas eficientes de agilizar los servicios a los pasajeros. Esto podría alargar la vida útil del edificio mucho más allá de lo planeado originalmente, consiguiendo que una misma cantidad de taquillas presten servicio a un mayor número de pasajeros por hora. Otra persona podría ser encargada de administrar los servicios a los aviones, formandose en conjunto un departamento de "Métodos y Procedimientos".

/..

ix) Una última recomendación sería la de que una vez finalizada la construcción del edificio y puesto en funcionamiento, deberá de hacerse de un nuevo estudio del funcionamiento real del mismo y del desenvolvimiento de los pasajeros y aviones a través de él. Una vez obtenidos los verdaderos valores de los tiempos de servicio, del tamaño real de los grupos de pasajeros y acompañantes y de otra serie de parámetros, estos se deberán incluir en el modelo para realizar de nuevo el estudio de simulación. Este ajuste permitirá estudiar más detalladamente cual va a ser la situación cuando el flujo de pasajeros llegue a su máximo y sea necesario buscar nuevas alternativas.

BIBLIOGRAFIA

- Computer Simulation Techniques, Naylor, Balintfy, Burdick & Chu, John Wiley & Sons.
- General Purpouse Simulation System User's Manual, IBM Corp.
- Plan Maestro del Nuevo Aeropuerto de Maiquetía, Compañias TAMS y Perez Guerra Ingenieros.
- Simulación del Terminal Aereo del Aeropuerto de Maiquetía, Compañía TAMS.
- System Dynamics, Jay Forrester, John Wiley & Sons.
- Systems Simulation, Geoffrey Gordon, Prentice Hall.
- Airports Planning & Design, Robert Horonjeff, Mc Graw Hill.