



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**PROGRAMA DE MAestrÍA Y DOCTORADO EN
INGENIERÍA**

**INGENIERÍA DE SISTEMAS - INGENIERÍA DE
TRANSPORTE**

**DISEÑO DE UN MODELO DE SIMULACIÓN PARA EL DESPACHO DE
MERCANCÍAS EN EL RECINTO ADUANAL DEL AEROPUERTO
INTERNACIONAL DE LA CIUDAD DE MÉXICO**

TESIS

**QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRO EN INGENIERÍA**

PRESENTA:

Ing. Yair Abraham Bazán Tinajero

DIRECTOR DE TESIS:

Dra. Angélica del Rocío Lozano Cuevas

FACULTAD DE INGENIERÍA

MÉXICO D. F. NOVIEMBRE DE 2012



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

JURADO ASIGNADO:

Presidente: Dr. Juan Pablo Antún Callaba

Secretario: M. I. Silvina Hernández García

Vocal: Dra. Angélica del Rocío Lozano Cuevas

1 er. Suplente: M. I. José Antonio Rivera Colmenero

2do. Suplente: Dr. Ricardo Aceves García

**Ciudad Universitaria
2012**

TUTOR DE TESIS:

Dra. Angélica del Rocío Lozano Cuevas

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mis sinodales por compartir su enseñanza durante mis estudios y por ceder parte de su tiempo en revisar mi tesis:

Dr. Juan Pablo Antún Callaba

M. I. José Antonio Rivera Colmenero

Dr. Ricardo Aceves García.

Quiero ofrecer un agradecimiento profundo y sincero a:

M. I. Silvina Hernández García por impulsarme a seguir adelante, por las oportunidades que me brinda, y su incesante anhelo por una mejor calidad en la educación ingenieril.

Dra. Angélica del Rocío Lozano Cuevas por su gran apoyo y motivación para la elaboración de esta tesis; por creer en mí, por su calidad humana y la fina persona que siempre es conmigo. Gracias.

Quienes comparten nuestra niñez, nunca parecen crecer.

Graham Greene

El objetivo principal de esta tesis es el diseño de un modelo de simulación para el *despacho de mercancías*¹ en el recinto aduanal del Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México, empleando el software Arena versión 10.0., con la finalidad de que sirva como plataforma para análisis futuros. Para tal efecto se ha realizado una manipulación de las variables del programa de simulación para representar el flujo de las importaciones y exportaciones; las medidas del desempeño del sistema son los parámetros de ejecución que arroja por defecto la teoría general de colas.

El alcance se ha limitado al diseño del modelo, debido a la dificultad que representa la obtención de la información estadística representativa del sistema, por un lado, y por el otro, las limitaciones del software ya que se utilizó una versión estudiantil; sin embargo por ser un modelo diseñado específicamente para el análisis en el recinto aduanal, es pertinente mencionar que indudablemente puede ser utilizado cuando se cuente con la información necesaria; ya que el software utilizado permite especificar los parámetros necesarios de nueva cuenta de manera sencilla en el modelo.

Las fuentes de información para el conocimiento del sistema han sido diversas, y se ha tratado que el modelo sea lo más representativo de la realidad; se han supuesto las distribuciones de los tiempos de llegada, así como la distribución de los tiempos de operación, con la finalidad de que el modelo sirva como plataforma de futuros análisis reales. Las fuentes de información consultadas, permitieron la validación tanto del modelo conceptual como de la simulación.

A continuación se expone el *diseño de un modelo representativo del sistema de estudio*, el cual se sugiere sea la plataforma de análisis futuros. Es pertinente mencionar que no siempre se puede contar con la información suficiente, por lo que es necesario hacer supuestos y contar con la colaboración de expertos. Se realizó un segundo modelo de simulación, en el cual se consideran todas las actividades en serie, sin bifurcaciones y sin animación, este modelo simplificado sirvió para realizar experimentos y fue modificado el tiempo de espera en la cola de las mercancías que esperan en ser atendidas por el agente aduanal y por el transportista, que previamente fueron identificados como los cuellos de botella del proceso en serie². Con las modificaciones efectuadas, el tiempo de espera promedio de las mercancías para el agente aduanal se redujo de 4.8093 horas a 2.9619 horas, lo cual representa una mejora del 38.41%.

El modelo de simulación desarrollado permite estimar en forma cuantitativa los efectos o impactos esperados de cambios en la operación del recinto aduanal (tomando en cuenta los datos representativos del sistema). De esta manera, el modelo de simulación es una herramienta potencial para evaluar el rendimiento de la actividad de la aduana del AICM, e incluso para evaluar mejoras en su operación.

ABSTRACT

¹ El despacho de las mercancías consiste en todos los actos y formalidades (trámites, gestiones, declaraciones, permisos, pago de impuestos, etcétera), necesarias ante la autoridad aduanal con el objetivo de liberar las mercancías del recinto.

² Los cambios hechos al modelo se han supuesto simplemente con el fin de interactuar con el modelo que se ha construido; e identificar posibles mejoras en las medidas de desempeño.

The main objective of this thesis is to design a simulation model for the clearance of goods at the customs enclosure International Airport in Mexico City, using the Arena software version 10.0., In order to serve as a platform for analysis future. To this end there has been a manipulation of the simulation program variables to represent the flow of imports and exports, measures of system performance parameters are default implementation that throws the general theory of queues.

The scope is limited to the pattern design, due to the difficulty of obtaining statistical information representative of the system, on the one hand, and on the other the software limitations as student version was used, however to be a model specifically designed for the analysis on site customs, it is pertinent to mention that undoubtedly can be used when you have the information needed, because the software used to specify the parameters required for simple new account in the model.

Information sources for the knowledge of the system have been diverse, and has tried to model is as representative of reality, are assumed distributions of arrival times and the distribution of operating times, with the purpose of the model serves as a platform for future real analysis. The sources of information, allowed the validation of both the conceptual model and the simulation.

Then exposed the design of a representative model of the studio system, which is suggested to be the platform for future analysis. It is pertinent to mention that you can not always have enough information, so it is necessary to make assumptions and have the assistance of experts. They performed a second simulation model, in which all activities are considered in series without bifurcations and no animation, this simplified model was used to perform experiments and modified time waiting in line for the goods that await to be served by the broker and the carrier, which previously were identified as bottlenecks serial process. With the changes, the average waiting time of goods to the customs agent reduced from 4.8093 to 2.9619 hours, which represents an improvement of 38.41%.

The simulation model developed allows a quantitative estimate effects or impacts expected of changes in the operation of the customs enclosure (taking into account the data representative of the system). Thus, the simulation model is a potential tool to assess the performance of the custom activity AICM and even to assess improvements in operation.

Contenido

1	CONCEPTOS BÁSICOS DE LA SIMULACIÓN.....	8
1.1	Introducción	8
1.1.1	Aproximación analítica.....	9
1.1.2	Aproximación numérica	9
1.1.3	Aproximación basada en la simulación	10
1.2	Metodología de la simulación	11
1.2.1	Descripción del sistema.....	11
1.2.2	Formulación del modelo	11
1.2.3	Recolección de datos	11
1.2.4	Implementación del modelo en la computadora	16
1.2.5	Validación	17
1.2.6	Experimentación	22
1.2.7	Interpretación.....	22
2	SELECCIÓN DEL SOFTWARE DE SIMULACIÓN.....	23
2.1	Introducción	23
2.2	Entornos de simulación.....	23
2.3	Criterios para la selección del software	24
2.3.1	Breve descripción de ARENA versión 10.0	25
3	LOGÍSTICA DE LA CARGA AÉREA EN MÉXICO	46
3.1	Concepto de logística de carga aérea	46
3.2	Transporte de carga aérea	47
3.3	Costos de la logística de la carga aérea.....	47
3.4	Ventajas y desventajas del transporte de carga aérea.....	50
3.5	Sistema de transporte de carga aérea.....	50
3.5.1	Autoridades.....	51
3.5.2	Aerolíneas.....	51
3.5.3	Aviones	51
3.5.4	Tipos de aviones de carga.....	51
3.5.5	Contenedores aéreos	52
3.5.6	Aeropuertos	53
3.5.7	Agentes logísticos.....	54
4	COMERCIO INTERNACIONAL	56
4.1	INCOTERMS para uso en el transporte aéreo	56
4.1.1	EXW – Ex Works	57

4.1.2	FCA – Free Carrier At.....	57
4.1.3	CPT – Carriage Paid To... ..	58
4.1.4	CIP- Carriage, Insurance Paid To.....	58
4.1.5	DDU – Delivery Duty Unpaid	58
4.1.6	DDP – Delivery Duty Paid.....	59
4.2	Regímenes aduaneros.....	59
4.2.1	Definitivo de importación o exportación.....	59
4.2.2	Temporal de importación o exportación	59
4.2.3	Tránsito de mercancías	60
4.2.4	Depósito fiscal	60
4.2.5	Elaboración, transformación o reparación en recinto fiscalizado	60
4.2.6	Recinto fiscalizado estratégico	61
4.3	Riesgos en una operación de comercio internacional	61
4.3.1	Carta de crédito documentario bancario internacional	61
4.3.2	Seguro de crédito	62
4.3.3	Inspección de mercancías en origen previa al embarque	62
4.3.4	Garantía contractual	63
4.3.5	Cobertura cambiaria	63
4.3.6	Seguro de daños	63
4.4	Regulaciones y restricciones arancelarias.....	64
4.4.1	IGI-IGE.....	65
4.4.2	DTA.....	65
4.4.3	IVA.....	65
4.4.4	CC.....	65
4.4.5	IEPS.....	66
4.4.6	ISAN	66
4.5	Regulaciones y restricciones no arancelarias.....	66
4.5.1	Trámites ante la Secretaría de Hacienda y Crédito Público	67
4.5.2	Trámites ante la Secretaría de Economía	67
4.5.3	Trámites ante la Secretaría de Salud	70
4.5.4	Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales	76
4.5.5	Secretaría de la Defensa Nacional	78
4.5.6	Secretaría de Energía.....	80
4.5.7	Instituto Nacional de Bellas Artes	80
4.5.8	Instituto Nacional de Antropología e Historia.....	81
4.5.9	Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial	81
5	SIMULACIÓN DEL CASO DE ESTUDIO.....	83

5.1	Descripción del sistema	83
5.1.1	Generalidades del sistema	83
5.1.2	Cliente exportador o importador	85
5.2	Transportista local.....	86
5.2.1	Consolidador de carga.....	86
5.2.2	Transportista internacional	86
5.2.3	Agencia aduanal	87
5.2.4	Aduana	92
5.2.5	Organigrama de una aduana.....	97
5.2.6	Dinámica del despacho aduanero de mercancías.....	101
5.3	Formulación del modelo conceptual	105
5.4	Recolección de datos del sistema	108
5.4.1	Ajuste de datos para el despacho aduanero de mercancías.....	109
5.4.2	Ajuste de datos para mercancías de importación.....	110
5.5	Elaboración del modelo de simulación principal.....	112
5.6	Modelo de simulación simplificado	122
5.7	Validación	128
5.8	Simulación y diseño de experimentos.....	129
5.8.1	Modificación del modelo de simulación simplificado	137
CONCLUSIONES.....		140

1	APÉNDICE A.....	145
1.1	Conceptos básicos de teoría de colas	145
1.1.1	Descripción con notación de Kendall y Lee.....	145
1.1.2	Fórmula de Little	147
1.1.3	El proceso de nacimiento y muerte	147
2	APÉNDICE B.....	154
2.1	Aviones mixtos	154
	Airbus 320 y 321.....	154
	Boeing 737-300 y Boeing 737-500	155
	Boeing 777-220	155
	Boeing 747-200, Boeing 747-300 y Boeing 737-400.....	156
2.2	Aviones de carga.....	157
	Boeing 747- 400 ERF	157
	Boeing 747 F Freighter.....	157
2.3	Súper transportadores.....	158
	Airbus 300-600 ST.....	158
	An 225 Mriya	159
3	APÉNDICE C.....	159
3.1	Pallets.....	160
	PALLET 95”X196” Código IATA PGF/P7	160
	PALLET A 320/321 Código IATA PKC	160
	PALLET 88”X125” . Código IATA PAG/PI	160
	PALLET 96” X 238.5” Código IATA PGF/P7	161
	PALLET CON ESTABILIZADORES. Código IATA UMC	161
	PALLET CON ESTABILIZADORES. Código IATA BAV	162
	PALLET DOS NIVELES PARA AUTOS. Código IATA VRA	162
3.2	Contenedores de seguridad	163
	CONTENEDOR DE SEGURIDAD CÓDIGO IATA AMP	163
	CONTENEDOR DE SEGURIDAD CÓDIGO IATA AAP	164
3.3	Contenedores isotérmicos.....	164
	CONTENEDOR A TEMPERATURA REGULABLE. CÓDIGO IATA RKN.....	164
	CONTENEDOR A TEMPERATURA REGULABLE. CÓDIGO IATA RAP	165
	CONTENEDOR A TEMPERATURA REGULABLE. CÓDIGO IATA RMP	165
	CONTENEDOR A TEMPERATURA REGULABLE. CÓDIGO IATA JPP	166
3.4	Contenedores de uso general	166
	CONTENEDOR 88 x 125 x 63”” CODIGO IATA AAP/AA2	166
	CONTENEDOR 96 x 125 x 96”” CODIGO IATA AMA/AQ6	167

CONTENEDOR CODIGO IATA AKH	167
CONTENEDOR. CODIGO IATA AKE	167
CONTENEDOR CODIGO IATA AKN	168
3.5 Contenedores para animales vivos	168
CONTENEDOR PARA GANADO. CODIGO IATA KMP / HQ2	168
CONTENEDOR TRIPLE. CODIGO IATA HMA/H6P	169
3.6 Etiquetas de comunicación	169
Objetivos de las etiquetas de comunicación	170
Características de las etiquetas	170
4 APÉNDICE D.....	174
4.1 INCOTERMS de uso en transporte terrestre	174
4.1.1 EXW – EX WORKS	174
4.1.2 DAF – DELIVERED AT FRONTIER	174
4.1.3 DDU – DELIVERY DUTY UNPAID.....	175
4.1.4 DDP – DELIVERY DUTY PAID	175
4.2 INCOTERMS de uso en transporte marítimo.....	175
4.2.1 EXW – EX WORKS	175
4.2.2 FAS – FREE ALONGSIDE SHIP	175
4.2.3 FOB – FREE ON BOARD.....	176
4.2.4 CFR – COST AND FREIGHT	176
4.2.5 DES – DELIVERED EX SHIP	176
4.2.6 CIF – COST INSURANCE AND FREIGHT	176
4.2.7 DEQ – DELIVERED EX QUAY.....	177
4.2.8 DDU – DELIVERY DUTY UNPAID.....	177
4.2.9 DDP – DELIVERY DUTY PAID.....	177

INTRODUCCIÓN

El objetivo principal de este trabajo de tesis es el diseño de un modelo de simulación para el *despacho de mercancías*³ en el recinto aduanal del A.I.C.M., empleando el software Arena versión 10.0., con la finalidad de que sirva como plataforma para análisis futuros.

Con base en el modelo de simulación principal se desarrolló un segundo modelo, en el cual se consideran todas las actividades en serie, sin bifurcaciones y sin animación; este modelo simplificado sirvió para realizar experimentos modificando los parámetros iniciales, observar el comportamiento del sistema y obtener cambios en las medidas de desempeño del mismo.

Para un adecuado desarrollo del modelo de simulación, fueron identificados los actores principales que interactúan en el sistema de estudio: cliente exportador o importador, consolidador de carga, agente aduanal, transportista local, aduana, transporte internacional y cliente importador o exportador; la lógica de los procesos fue representada mediante diagramas de flujo, que posteriormente fueron reflejados en el modelo.

El alcance ha sido limitado al diseño del modelo, debido a la dificultad que representa la obtención de la información estadística representativa del sistema, por un lado, y por el otro, a las limitaciones del software (versión estudiantil); sin embargo al ser un modelo diseñado específicamente para el análisis en el recinto aduanal, es pertinente mencionar que indudablemente puede ser utilizado cuando se cuente con la información necesaria, ya que el software (versión profesional) permite especificar los parámetros necesarios de manera sencilla en el modelo desarrollado.

El contenido de la tesis ha sido estructurado en cinco capítulos que a continuación se describen brevemente.

El capítulo 1, *Conceptos Básicos de Simulación*, refiere una breve introducción a la simulación, aborda de manera general conceptos básicos e ilustra lo expuesto con ejemplos concretos sobre el tema, además expone las ventajas y desventajas de este método de aproximación; y describe las etapas para un experimento de simulación propuestas por Coss (2003): i) definición del sistema, ii) formulación del modelo, iii) recolección de datos, iv) implementación del modelo en la computadora, v) validación, vi) experimentación, vii) interpretación y viii) documentación; dichas etapas son la guía metodológica para el caso de estudio y hacen posible el adecuado diseño del modelo.

El capítulo 2, *Selección del Software de Simulación*, ofrece una descripción general de los paquetes comerciales para simulación que actualmente hay en el mercado; se lleva a cabo la elección del programa y se justifica dicha elección. También presenta una breve descripción del programa de cómputo seleccionado, con la finalidad de facilitar la comprensión de las actividades que se llevan a cabo para la simulación del caso de estudio.

El capítulo 3, *Logística de la Carga Aérea*, expone de manera sencilla el término *logística* en su acepción más amplia y llevándolo al contexto de la carga aérea en México,

³ El despacho de las mercancías consiste en todos los actos y formalidades (trámites, gestiones, declaraciones, permisos, pago de impuestos, etcétera), necesarios ante la autoridad aduanal con el objetivo de liberar las mercancías del recinto.

costos de la logística de la carga aérea, rutas aéreas, ventajas e inconvenientes de este modo de transporte, y finalmente generalidades. El desarrollo de esta sección permite comprender las actividades logísticas que están involucradas en el sistema, por otro lado las referencias conceptuales que ofrece su comprensión, aportan ideas que se reflejan en el diseño del modelo.

El capítulo 4, Comercio Internacional; ofrece una visión panorámica del Comercio Internacional; se exponen de manera concreta los INCOTERMS, para el transporte aéreo, regímenes aduaneros, riesgos en una operación de comercio internacional, finalmente las regulaciones y restricciones arancelarias y no arancelarias. Este apartado permite comprender teóricamente el despacho aduanero de las mercancías en el marco legislativo y administrativo. El desarrollo de esta sección permite una mejor comprensión del caso de estudio y su exposición conlleva a un modelo más acertado al despacho aduanero de mercancías en México.

El capítulo 5, Simulación del Caso de Estudio, expone los distintos flujos que se presentan en el despacho aduanero de mercancías: el flujo físico de las mercancías y el flujo de información. Describe también los procesos y componentes de la aduana, la agencia aduanal, los actores involucrados en el proceso y la distribución física supuesta con base en la investigación. Posteriormente, presenta el modelo de simulación desarrollado y un segundo modelo de simulación. El segundo modelo considera todas las actividades en serie, sin bifurcaciones y sin animación, por lo que es un modelo bastante simplificado del modelo principal, que sin embargo sirve para realizar experimentos, en los cuales es posible variar los parámetros en relación al tiempo de espera en cola de las mercancías que esperan a ser atendidas por el agente aduanal y por el transportista.

Finalmente se presentan las conclusiones y las referencias.

Adicionalmente se incluyen cuatro apéndices A, B, C y D. En el Apéndice A se describen de manera general los conceptos básicos sobre la teoría de colas, se exponen también los modelos más usados y frecuentes en la literatura sobre el tema.

El Apéndice B incluye los tipos de aviones de carga y el Apéndice C describe los principales tipos de contenedores aéreos; ambos apéndices son complemento del capítulo tres. Finalmente el Apéndice D, es complemento del capítulo cuatro, describe los INCOTERMS para el modo de transporte terrestre y marítimo.

Al documento se anexa un video del modelo de simulación del recinto aduanal.

1 CONCEPTOS BÁSICOS DE LA SIMULACIÓN

En este capítulo se presenta una breve introducción a la simulación, se abordan de manera general conceptos básicos sobre el tema, se exponen las ventajas y desventajas de este método de aproximación; finalmente se describen las etapas para un experimento de simulación propuestas por Coss (2003): Definición del sistema, formulación del modelo, recolección de datos, implementación del modelo en la computadora, validación, experimentación, interpretación y documentación; dichas etapas son la guía metodológica para el caso de estudio.

1.1 Introducción

Las herramientas informáticas actuales en el campo de simulación de procesos permiten la construcción de modelos de sistemas complejos y representativos de la realidad. De esta manera es posible estudiar tanto el comportamiento estacionario del proceso⁴, así como su evolución temporal⁵ y su respuesta ante cambios en el mismo. Algunos puntos por los cuales se justifica el uso de la simulación, son los siguientes:

La simulación es utilizada en el análisis de sistemas complejos; se debe entender por sistemas complejos aquellos en los que no es posible el tratamiento analítico o mediante métodos de análisis numérico.

No interviene el sistema real. Experimentar con el sistema real puede plantear diversos problemas; es posible tratar de construir una versión simplificada del sistema, sin embargo muchas veces esto no es económicamente viable. Al interactuar con las diferentes piezas de simulación (variables locales, variables globales, recursos, colas, eventos y reloj de simulación), no se afectará de ningún modo al sistema real.

Visualización de escenarios y de la secuencia de los procesos para la toma de decisiones. La simulación de manera general, consiste en construir un programa en una computadora que describa el comportamiento del sistema de interés, o refleje el modelo que lo representa, experimentar con el programa o modelo y llegar a conclusiones que apoyen la toma de decisiones basada en los escenarios creados.

Los argumentos anteriores ponen en evidencia que la simulación es una valiosa herramienta para analizar la adecuación de un modelo a las condiciones reales con las que trabaja el sistema. Lo anterior se logra incorporando al modelo un número de variables previamente seleccionadas y suficientemente representativas, y que afecten de manera directa al sistema.

La simulación digital es una técnica que permite imitar en una computadora el comportamiento de un sistema físico o teórico según ciertas condiciones particulares de operación. “La simulación consiste básicamente en construir modelos informáticos que describen la parte esencial del comportamiento de un sistema de interés, así como en diseñar y realizar experimentos con el modelo y extraer conclusiones de sus resultados para apoyar la toma de decisiones” (Ríos *et al.*, 2000). Esta técnica se utiliza en el análisis de sistemas complejos en los que no es posible el tratamiento analítico o mediante

⁴ En algún instante de tiempo, metafóricamente entiéndase cómo una *fotografía*.

⁵ En algún intervalo de tiempo, metafóricamente entiéndase cómo una *película*.

métodos de análisis numérico, y sus orígenes están en los trabajos de Student para aproximar la distribución que lleva su nombre, y los métodos que Von Neumann y Ulam introdujeron para resolver ecuaciones diferenciales. En algunas ocasiones es posible experimentar con el problema real, e intentar por medio de observaciones y con ayuda de la Estadística llegar a conclusiones válidas que permitan mejorar el funcionamiento del sistema; sin embargo experimentar con el sistema real puede plantear algunos problemas, por lo que se procede a construir una versión simplificada, o prototipo del sistema; desafortunadamente algunas veces hacer esto no es posible, o simplemente no es económicamente viable llevarlo a cabo.

Existe otra opción, que es construir un modelo lógico-matemático que describa mediante una serie de ecuaciones y relaciones el comportamiento básico del sistema; sin embargo, cuando se requiere estudiar modelos con una mayor aproximación a la realidad, se tendrán situaciones en las que no será posible resolverlas de manera analítica o numérica. Guasch *et al.*, (2002) señalan que “en tales casos es posible usar la simulación, que consistirá en construir un programa en una computadora que describa el comportamiento del sistema de interés, o refleje el modelo que lo representa; y proceder a experimentar con el programa o modelo para llegar a conclusiones que apoyen la toma de decisiones”, es conveniente comparar los resultados de los experimentos arrojados por la simulación *versus* los datos de entrada y salida reales; a esta operación se le llama prueba de bondad del ajuste y se describe más adelante en este capítulo.

Una vez que se ha detectado que el sistema de interés no opera de manera adecuada se plantea la forma de mejorar el funcionamiento del mismo; se mencionó anteriormente que existen métodos analíticos, numéricos y de simulación para realizar esto. A continuación se da una breve descripción de ellos; para una explicación más exhaustiva puede consultar Ríos *et al.*, (2000) y Guasch *et al.*, (2002).

1.1.1 Aproximación analítica

Para hacer uso de la *aproximación analítica* resulta esencial plantear ciertas hipótesis que permitan estudiar el sistema de interés, de manera que alguna distribución de probabilidad describa a las variables de interés (a una o a varias). Esto provoca que el razonamiento para estudiar así al sistema de interés sea poco robusto “...si cambiamos alguna de esas hipótesis, el cálculo exacto puede resultar mucho más complicado e, incluso, imposible de obtener mediante un método analítico” (Ríos *et al.*, 2000).

1.1.2 Aproximación numérica

La *aproximación numérica* podría ser una solución a la situación anterior la cual puede realizarse mediante una integración numérica en la que el primer paso sería volver a parametrizar el problema, de manera que la región de integración sea acotada, una vez que se ha hecho esto puede resolverse mediante algún método de integración, por ejemplo, la regla del trapecio. La estrategia numérica adoptada es más robusta, en el sentido de que si se sustituye alguna de las hipótesis planteadas en el principio, es posible aún utilizarla. El inconveniente es que cuando se aumenta la región de integración la aproximación será cada vez más ineficaz.

1.1.3 Aproximación basada en la simulación

La aproximación basada en la simulación consiste en construir un programa que describa el comportamiento del sistema de forma que sea posible realizar experimentos con él en numerosas repeticiones para analizar los resultados y extraer conclusiones. “La simulación numérica es una recreación matemática de un proceso natural” (Alonso, 2008).

1.1.3.1 Ventajas y desventajas de la simulación

La simulación permite tener una mejor comprensión del sistema y actualmente se ha convertido en una herramienta imprescindible en disciplinas como la Economía, Estadística, Informática, Medicina, Física y con una gran variedad de aplicaciones industriales y comerciales como los simuladores de vuelo, los juegos de simulación, los pronósticos del clima y las finanzas, por mencionar algunas. A continuación se mencionan algunas ventajas y desventajas de esta herramienta.

1.1.3.2 Ventajas

De acuerdo con Ríos *et al.*, (2000), algunas ventajas de la simulación son las siguientes: No es necesario interrumpir las operaciones de la compañía; proporciona muchos tipos de alternativas posibles de explorar; proporciona un método más simple de solución cuando los procedimientos matemáticos son complejos y difíciles, proporciona un control total sobre el tiempo debido a que un fenómeno se puede acelerar, auxilia el proceso de innovación ya que permite al experimentador observar y jugar con el sistema; una vez construido el modelo se puede modificar de una manera rápida con el fin de analizar diferentes políticas o escenarios; generalmente es más barato mejorar el sistema vía simulación que hacerlo en el sistema real; es mucho más sencillo visualizar y comprender los métodos de simulación que los métodos puramente analíticos; da un entendimiento profundo del sistema; Alonso, (2008) señala que “Los métodos analíticos se desarrollan relativamente sencillos donde suele hacerse un gran número de suposiciones y simplificaciones, mientras que en los métodos de simulación es posible analizar sistemas de mayor complejidad o con menor detalle”; en algunos casos, la simulación es el único medio para lograr una solución; y proporciona soluciones a problemas *sin* solución analítica.

1.1.3.3 Desventajas

Guasch *et al.*, (2002) mencionan que algunas de las desventajas al utilizar la simulación es que es imprecisa, y no se puede medir el grado de esta imprecisión; los resultados de simulación son numéricos, por tanto, surge el peligro de atribuir a los números un grado mayor de validez y precisión. Los modelos de simulación en una computadora suelen ser costosos y requieren mucho tiempo para desarrollarse y validarse ya que se requiere gran cantidad de corridas computacionales para encontrar soluciones y finalmente es muy importante considerar que los modelos de simulación no proporcionan soluciones óptimas.

1.2 Metodología de la simulación

Al hacer referencia al proceso de simulación es necesario tener en cuenta que deben llevarse a cabo una serie de etapas, en primer término el diseño del modelo que representa al sistema real que se está estudiando, en segundo término es necesario evaluar si el modelo se apega al sistema real que representa, y por último se deben hacer experimentos con el modelo y presentar los resultados. Se ha revisado la bibliografía y dependiendo del autor se tienen algunos pasos propuestos para llevar a cabo una simulación; sin embargo, se ha convenido adoptar la metodología propuesta por Coos (2003), propone ocho pasos para llevar a cabo un experimento de simulación y los cuales se citan a continuación: definición del sistema, formulación del modelo, recolección de datos, implementación del modelo en la computadora, validación, experimentación, interpretación, documentación.

A continuación se describen cada una de las etapas propuestas por Coos (2003), agregando además otros conceptos que es pertinente introducir en cada uno de los pasos.

1.2.1 Descripción del sistema

Consiste en hacer una observación y un análisis del sistema que se va a modelar, en el cual se describen los elementos del sistema, las relaciones entre cada uno de ellos, los subsistemas y los otros sistemas con los que interactúa. Cuando se ha hecho una descripción del sistema que se va a modelar debe hacerse una delimitación del mismo, en el cual se deben definir los objetivos o metas del estudio de simulación; lo anterior va a permitir que se determinen las variables de decisión que concuerden con las metas establecidas.

1.2.2 Formulación del modelo

Consiste en abstraer un modelo de la realidad. Es importante hacer una representación del modelo conceptual mediante un diagrama de flujo, un dibujo o esquema que describa en forma completa al modelo. En esta etapa es importante definir el nivel de detalle con el que el modelo representará al sistema real, la elección del nivel de detalle está directamente relacionada a los objetivos que se establecieron en el primer paso. En el apéndice A se incluye una sección dedicada al concepto de modelación matemática.

1.2.3 Recolección de datos

Generalmente los datos se encuentran en registros, tablas, bitácoras, etcétera y sin embargo en algunas ocasiones la información con la que se cuenta no es suficiente para realizar el estudio, las razones pueden ser diversas, por ejemplo, que el sistema de estudio sea nuevo y no se cuenta con registros de ningún tipo, o simplemente no se toman datos por considerarse una actividad innecesaria. En algunos casos puede recurrirse a la ayuda de expertos en el tema que puedan proporcionar información verdaderamente confiable para el estudio, o bien obtener los datos por propia

experimentación. Para manipular los datos en esta etapa se utiliza la estadística descriptiva como la elaboración de tablas de frecuencias, histogramas y distribuciones de probabilidad. Es muy importante validar el modelo una vez que ya se tiene la información correspondiente. Para hacer esto es necesaria la ayuda de gente que tenga una estrecha relación con el sistema real, cuya función principal será determinar si la representación conceptual del sistema es adecuada a la realidad. La validación del modelo permite cerrar los primeros tres pasos propuestos por Coos (2003) y por otro evita hacer una reprogramación cuando el proyecto se encuentre en últimas etapas. Es pertinente introducir en este paso de la metodología algunos conceptos que ayudan a tener una mejor recolección de los datos.

1.2.3.1 Números aleatorios

Disponer de un buen generador de números aleatorios es fundamental en la simulación; el uso progresivo de modelos de simulación cada vez más detallados exige generadores de números aleatorios de mayor calidad. Los números aleatorios son series de valores generadas de forma que su distribución se rige por alguna ley de probabilidad. En muchas ocasiones, los números aleatorios se asocian a valores equiprobables de algún intervalo; es decir valores de una variable $U(a, b)$ de hecho ésta es la distribución de probabilidad más utilizada cuando se dispone de información o si se desea una serie de valores escogidos al azar.

Existen tablas de números aleatorios en algunos de los libros de Simulación y de Investigación de Operaciones, una tabla de números aleatorios enteros de dos cifras aparece en el libro Winston (1994). Existe otra tabla disponible que es la de la RAND CORPORATION que contiene un millón de dígitos aleatorios, o una página Web: random.org, donde es posible encontrar generadores de números aleatorios. Algunas de estas listas se han calculado mediante experimentos físicos como midiendo el nivel de ruido ambiental. Pero otras se han calculado mediante métodos aritméticos instalados en una computadora y se denominan pseudo aleatorios, cuyas características son: tener una distribución uniforme; ser estadísticamente independientes; ser reproducibles y tener un ciclo no repetitivo tan largo como se desee.

Actualmente la generación de números aleatorios está en auge, especialmente por su utilidad en criptografía, como generador de claves para sistemas informáticos o de seguridad. Estas claves tienen que parecer totalmente arbitrarias para agentes externos, pero predecibles para quienes las producen. También los programas de cálculo más utilizados incorporan funciones que generan números aleatorios. Por ejemplo la hoja de cálculo de EXCEL tiene la función ALEATORIO que devuelve valores de la uniforme continua en el intervalo cerrado de cero a uno. Estos números aleatorios se generan en la mayor parte de los casos por métodos llamados congruenciales lineales, multiplicativos y mixtos. Para estar seguros que se tiene un generador de números pseudo aleatorios confiable es necesario aplicarle extensas pruebas estadísticas, para una explicación más exhaustiva de estos métodos existen diversas bibliografías como Ríos *et al.*, (2000) y Guasch *et al.*, (2002).

1.2.3.2 Método de la inversa de la función de probabilidad acumulada

Para simular un sistema donde las entradas son probabilísticas resulta laborioso y a la vez costoso recabar datos en grandes cantidades, por lo que si se han tomado datos en una cantidad suficiente y se han ajustado a distribuciones de frecuencias o densidades de frecuencias, resulta más conveniente generar números aleatorios con las distribuciones o densidades adecuadas en la computadora. Para ilustrar lo anterior y esclarecer la metodología se proporcionan algunos ejemplos tomados de las notas de Murray (2007).

Es posible generar números aleatorios con distribuciones específicas dadas analíticamente, cuando es posible invertir la función de probabilidad acumulada. Un ejemplo es la distribución exponencial. La distribución de probabilidad acumulada está representada por la ecuación 1-1 la cual es el resultado del cálculo de la siguiente integral:

$$\int_{-\infty}^t \lambda e^{-\lambda x} dx = 1 - e^{-\lambda t} = F(t)$$

$$F(t) = 1 - e^{-\lambda t}$$

ECUACIÓN 1-1

Para obtener la función inversa se hace que la ecuación 1-1 sea igual a x y se despeja t , el resultado se muestra en la ecuación 1-2

$$t = -\frac{1}{\lambda} \ln(1 - x)$$

ECUACIÓN 1-2

Un número aleatorio *con distribución exponencial* y parámetro λ se genera al sustituir un número aleatorio x en la ecuación 1-2. Se ilustra el concepto anterior con el siguiente ejemplo en que se desean generar tiempos de llegada a una cola, dichos tiempos entre llegadas deben estar distribuidos exponencialmente con una tasa media de cinco llegadas por minuto; mediante el uso de un generador de números aleatorios uniformemente distribuidos en el intervalo $[0, 1]$. La secuencia $\{0.37, 0.21, 0.76, 0.89, 0.13\}$ fue producida por el generador mencionado. Utilizando el *método de la inversa de la función de probabilidad acumulada* se hace uso de la ecuación 1-2 para cada uno de los números de la secuencia dada y se obtienen los siguientes parámetros $t_1 = 0.04013$, $t_2 = 0.04714$, $t_3 = 0.28542$, $t_4 = 0.44145$ y $t_5 = 0.09241$; que pueden ser los tiempos entre llegadas. Por lo tanto, los tiempos de llegada arrancando en $t = 0$ son los mostrados en las ecuaciones (1-3, 1-4, 1-5, 1-6, 1-7):

$$T_1 = t_1 = 0.04013$$

ECUACIÓN 1-3

$$T_2 = T_1 + t_2 = 0.08844$$

ECUACIÓN 1-4

$$T_3 = T_2 + t_3 = 0.037386$$

ECUACIÓN 1-5

$$T_4 = T_3 + t_4 = 0.81531$$

ECUACIÓN 1-6

$$T_5 = T_4 + t_5 = 0.90772$$

ECUACIÓN 1-7

1.2.3.3 Números aleatorios a partir de una frecuencia dada

A continuación se presenta este segundo ejemplo en el cual se desea generar números aleatorios cuyas frecuencias relativas correspondan al histograma que aparece en la figura 1-1

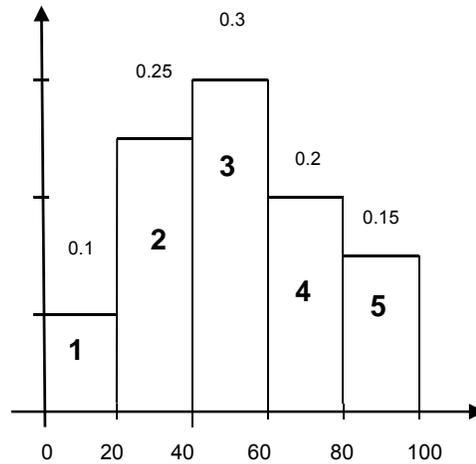


FIGURA 1-1 HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS

El método a utilizar es el que menciona Murray (2007) y se describe a continuación. Se llena un vector V de 100 componentes con los números del uno al cinco que denotan las clases ocupando n1, n2, n3, n4 y n5 componentes adyacentes del vector V respectivamente.

Se tienen dos generadores de números aleatorios uniformemente distribuidos en el intervalo [0, 1]; sea G1 el generador uno y G2 el generador dos. Con G1 se escogen las clases y con G2 se genera un número aleatorio dentro de cada clase seleccionada. Supóngase que los tres primeros números generados por G1 son: {0.134, 0.783, 0.401}; y los primeros tres números generados por G2 son: {0.277, 0.005, 0.865}. Son cinco clases representadas por el vector de la figura 1-2.

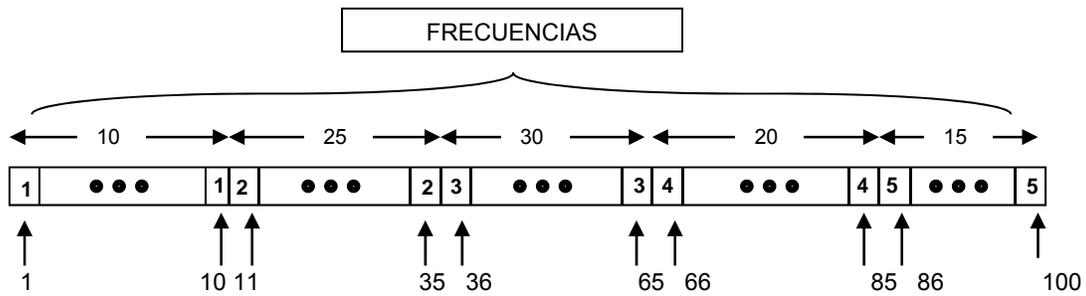


FIGURA 1-2 VECTOR QUE REPRESENTA LOS CINCO INTERVALOS DE CLASES

Cada uno de los números generados por G1 se multiplica por 100, se trunca y se le suma uno para producir un índice para acceder al vector de la figura 1-2; los tres números generados por G1 seleccionan las clases dos, cuatro y tres, respectivamente. Conocidas las clases se usan los números generados por G2 para obtener un número aleatorio entre el límite inferior y el límite superior de la clase (números en el eje horizontal en el histograma). Para hacerlo se multiplica el ancho de la clase por el número generado por G2 y se le suma el límite inferior de la clase que corresponda a las clases seleccionadas por G1. Todas las clases tienen el mismo ancho 20. Las ecuaciones 1-8, 1-9 y 1-10 muestran los resultados:

$$R_1 = 10 + 20(0.277) = 15.54$$

ECUACIÓN 1-8

$$R_2 = 65 + 20(0.005) = 65.1$$

ECUACIÓN 1-9

$$R_3 = 35 + 20(0.865) = 52.3$$

ECUACIÓN 1-10

Si se generaran muchos números aleatorios con este proceso, el conjunto de números así obtenido tendría una distribución de probabilidad dada por el histograma, con las variaciones que se pueden esperar en un proceso aleatorio. Para cada número aleatorio X_i con la distribución del histograma se generaron dos números aleatorios r_{i1} y r_{i2} uniformemente distribuidos en el intervalo (0, 1).

1.2.3.4 El método Montecarlo

El método fue llamado así por el principado de Mónaco por ser “la capital del juego de azar”, al tomar una ruleta como un generador simple de números aleatorios. El nombre y el desarrollo sistemático de los métodos de Monte Carlo datan aproximadamente de 1944 con el desarrollo de la computadora. Bajo el nombre de Método Monte Carlo o Simulación Monte Carlo se agrupan una serie de procedimientos que analizan distribuciones de variables aleatorias usando simulación de números aleatorios. El método es aplicable a cualquier tipo de problema, ya sea estocástico o determinístico. A veces la aplicación del método se usa para analizar problemas que no tienen un componente aleatorio explícito; en estos casos un parámetro determinista del problema se expresa como una distribución

aleatoria y se simula dicha distribución. Un ejemplo sería el famoso problema de las Agujas de Bufón, el lector interesado en este ejemplo puede consultar Kelton, *et al.*, (2008).

La simulación de Monte Carlo también fue creada para resolver integrales que no se pueden resolver por métodos analíticos, para solucionar estas integrales se usaron números aleatorios. Posteriormente se utilizó para cualquier esquema que emplee números aleatorios, usando variables aleatorias con distribuciones de probabilidad conocidas, el cual es usado para resolver ciertos problemas estocásticos y determinísticos. En general el Método Montecarlo es un método de solución de problemas simulando datos originales con números aleatorios generados físicamente o pseudo aleatorios generados de tablas o en la computadora. Su aplicación requiere sólo dos cosas básicas: Primero se debe tener un modelo que representa la imagen de la realidad y, segundo se necesita un mecanismo para simular el modelo. Este mecanismo puede ser físico (ejemplos: dados, una ruleta, un icosaedro, la toma de los diezmilésimos de segundo en un reloj de alta precisión, una tabla de dígitos aleatorios o una rutina adecuadamente elaborada para una computadora). Este método presenta una ventaja notable y es que no es indispensable que se cuente con un modelo que coincida con alguna de las distribuciones de probabilidad conocidas, tales como normal, Poisson, exponencial, Erlang, etc. Todo lo que se requiere es una tabla o gráfica de la distribución acumulada de probabilidad de una variable que puede ser obtenida directamente por experimentación o indirectamente de registros históricos. “En pocas palabras el Método Montecarlo es simular por medio de dispositivos aleatorios situaciones reales cuya naturaleza es probabilística” (Murray, 2007).

La clave de la simulación Monte Carlo consiste en crear un modelo matemático del sistema, proceso o actividad que se quiere analizar, identificando aquellas variables (inputs del modelo) cuyo comportamiento aleatorio determina el comportamiento global del sistema. Una vez identificados dichos inputs o variables aleatorias, se lleva a cabo un experimento consistente en generar con ayuda del ordenador muestras aleatorias (valores concretos) para dichos inputs, y analizar el comportamiento del sistema ante los valores generados. Tras repetir n veces este experimento, se dispone de n observaciones sobre el comportamiento del sistema, lo cual será de utilidad para entender el funcionamiento del mismo; el análisis será más preciso cuanto mayor sea el número n de experimentos que se lleven a cabo.

1.2.4 Implementación del modelo en la computadora

Una vez que se ha validado el modelo conceptual se procede a introducirlo a la computadora para manipularlo y poder experimentar con él. Un aspecto importante en esta etapa es determinar el software que se va a utilizar, si será de propósito general como lo son C++, Pascal o Basic; o algún paquete comercial especializado. En el siguiente capítulo se describen varios software y se hace la selección del más adecuado para el caso de estudio.

Un lenguaje de programación es más conocido que un paquete especializado, existen muchos más programadores que tienen experiencia en su uso que sobre el de algún paquete comercial especializado; sin embargo presenta algunas desventajas significativas como es que maneja muchas líneas en el código, lo cual dificulta el encontrar errores de programación, además el tiempo para hacer la programación crece a medida que el

sistema en estudio es complejo. Carson (2003) menciona que un lenguaje de este tipo tarda de 4 a 10 veces más tiempo de programación que si se hace en un paquete comercial, y con la desventaja de que se requiere la ayuda del programador original para ajustes en el modelo.

1.2.5 Validación

Consiste en ver qué tanto el modelo computacional representa al sistema real bajo estudio. La validación se puede realizar mediante pruebas estadísticas de comparación de muestras, entre los datos tomados del sistema y los datos arrojados por el modelo de cómputo. Sin embargo si no se cuenta con la información de estas pruebas se recurre a la opinión de expertos o a la aprobación de la persona que va a utilizar el modelo de simulación. Coss (2003) menciona cinco formas de realizar la validación: La opinión de expertos sobre los resultados, la exactitud para predecir datos históricos, la exactitud para predecir datos futuros, la comprobación de la falla del modelo de simulación al utilizar datos que hacen fallar al sistema real, la aceptación y la confianza en el modelo de la persona que hará uso de los resultados que arroje el experimento.

A continuación se describen dos de las pruebas de bondad de ajuste para validar los datos.

1.2.5.1 Pruebas de bondad de ajuste

En esta sección se describen dos de las pruebas de bondad más frecuentes como son Chi cuadrada y Kolmogorov. Es importante destacar que no es pretensión de este trabajo explicar a fondo cada uno de las pruebas; se presentan sin embargo algunos ejemplos de las más utilizadas. Una descripción detallada en libros especializados y que se ha visto abordan este tema de manera exhaustiva son: Kreyszig, (1992), Hines y Montgomery (1993), Walpole y Myers (1992).

De acuerdo con Murray (2007) en muchas situaciones experimentales el investigador supone a priori, por consideraciones teóricas, que la población de la cual se obtiene la muestra tiene una distribución predeterminada y solamente necesita estimar sus parámetros. Sin embargo, es conveniente tener un procedimiento de prueba para comprobar qué tan adecuada es la suposición. El procedimiento que generalmente se aplica en estos casos es llamado prueba de bondad de ajuste, y comienza con la formulación de la hipótesis nula de que una población dada tiene una distribución de frecuencias o una función de densidad específica; por ejemplo: normal, uniforme, de Poisson, exponencial, binomial, etc. Como hipótesis alternativa se supone que no la tiene.

Una hipótesis estadística es una suposición sobre el proceso o actividad que se está muestreando y puede consistir, por ejemplo, en suponer que el proceso tiene una distribución de probabilidad teórica (como se mencionó anteriormente) o que un parámetro del proceso tiene un valor predeterminado. La *prueba de hipótesis* es simplemente una regla que permite aceptar o rechazar la hipótesis contemplada. Aquí surge una interrogante y es ¿Qué tan confiable es esta aproximación de los datos a cierta distribución? La prueba de hipótesis se basa en estadísticas efectuadas sobre una muestra de valores. Dado que la muestra puede no ser representativa del comportamiento del proceso, las decisiones tomadas basándose en la muestra pueden ser erróneas. Se

consideran dos tipos de errores en la *prueba de hipótesis*: (1) Rechazar la hipótesis H_0 (hipótesis nula) cuando ésta es cierta, error tipo I y la probabilidad de este tipo de error se denomina α (alfa). (2) Aceptar la hipótesis H_0 cuando en realidad es falsa, error tipo II y la probabilidad de este tipo de error se denomina β (beta). La tabla 1-1 resume lo anterior.

TABLA 1-1 TIPOS DE ERRORES

Resultado de la prueba	H_0 verdadero	H_0 es falso
H_0 aceptada	Decisión correcta	Error de tipo II (β)
H_0 rechazada	Error de tipo I (α)	Decisión correcta

Evidentemente uno de los objetivos deseados es minimizar la probabilidad de tomar una decisión incorrecta. Desgraciadamente no es posible reducir los dos parámetros al mismo tiempo: si se reduce una probabilidad la otra aumenta. En la mayoría de las situaciones se inicia con un alfa a un valor aceptable y se formula la regla de decisión intentando minimizar beta. Se presenta a continuación una secuencia de pasos sugerida por Guasch *et al.*, (2002), que se debe realizar para efectuar la *prueba de hipótesis*: (1) Formular la hipótesis que se pretende diagnosticar (H_0), (2) Determinar el riesgo aceptable de rechazar la hipótesis (inicializar el valor de alfa), (3) Seleccionar La prueba estadístico apropiado para diagnosticar la hipótesis H_0 , (4) Fijar la región crítica para la cual H_0 será rechazada, (5) Seleccionar una muestra de valores de un determinado tamaño, (6) Ejecutar la prueba y (7) Evaluar la hipótesis.

La selección de la prueba estadística dependerá del tipo de información de la que se disponga sobre el proceso. Se consideran dos tipos de pruebas: (1) Paramétricas: son aquellas en las que la función de distribución a la que corresponde el proceso es conocida y se emplean para evaluar hipótesis sobre los parámetros de la función de distribución, ejemplos de estas pruebas son: t-Student, F y Parámetro de Poisson. Si la distribución es normal y cumple algunas otras condiciones, se utilizan las pruebas paramétricas. (2) No Paramétricas: se emplean para evaluar las hipótesis que hacen referencia al tipo de distribución que puede utilizarse para describir el proceso. Dos de los cuales son las pruebas Chi-cuadrado y Kolmogorov-Smirnov. Si la distribución no es normal y no cumple dichos criterios, se tiene la opción de usar las llamadas pruebas no paramétricas o de distribución libre, que se basan en los rangos de distribución de la variable, como se mencionó anteriormente. El lector interesado en una mayor explicación de cada uno de los métodos puede consultar Kreyszig (1992), Hines y Montgomery (1993) y Walpole y Myers (1992).

1.2.5.1.1 La prueba de Chi-Cuadrado

Esta es una prueba que sirve para evaluar la bondad del ajuste de una función de densidad de probabilidad para representar una muestra. La prueba de χ^2 (ji cuadrada) de bondad de ajuste se aplica en la misma forma que se hacen pruebas de hipótesis estándar sobre frecuencias, excepto que las frecuencias teóricas generalmente se calculan con las estadísticas de la muestra como estimadores de los correspondientes parámetros de la población. Esta prueba se usa cuando se quiere probar la hipótesis de

que los datos muestrales provienen de una determinada distribución. De acuerdo con Murray (2007), la prueba chi cuadrado se basa en la comparación entre la frecuencia observada en un intervalo de clase y la frecuencia esperada en dicho intervalo, calculada de acuerdo con la hipótesis nula formulada. Es decir, se quiere determinar si las frecuencias observadas en la muestra están lo suficientemente cerca de las frecuencias esperadas bajo la hipótesis nula de que “una población dada tiene una distribución de frecuencias o una función de densidad específica (normal, uniforme, de Poisson, exponencial, binomial, etc)”, y con la hipótesis alternativa de que no la tiene. Posteriormente se toma una muestra aleatoria de la población que será nombrada *conjunto de frecuencias observadas experimentales*. Finalmente la distribución teórica postulada en la hipótesis nula se ajusta a la distribución empírica observada. Los valores de la probabilidad teórica, al ser multiplicados por el número total de frecuencias en la muestra, se convierten en frecuencias. El estadístico de prueba está definido por la ecuación 1-11

$$\chi_p^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

ECUACIÓN 1-11

Donde:

O_i = Total de valores dentro del intervalo i.

E_i = Número esperado de valores dentro del intervalo i.

K = Número de intervalos de clase en que se distribuyen las observaciones.

A continuación se presenta un ejemplo extraído de Murray (2007). Se tiene el despacho de un joven abogado para el cual durante 102 días se tomaron datos de cuántos clientes llegaron cada día laborable obteniéndose los siguientes resultados para las frecuencias mostrados en la tabla 1-2.

TABLA 1-2 RESULTADOS DE LA OBSERVACIÓN

Número de clientes	0	1	2	3	4	5	6
Número de días	40	36	16	7	2	1	0

Se pide realizar una prueba de bondad de ajuste de estos datos para una distribución de Poisson. Se comienza calculando el valor medio de clientes por día, con lo que se obtiene la ecuación 1-12

$$\mu = \frac{0(40) + 1(36) + 2(16) + 3(7) + 4(2) + 5(1) + 6(0)}{102} = 1.00$$

ECUACIÓN 1-12

Con la media calculada, la distribución de Poisson representada por la ecuación 1-13:

$$P(x; \mu) = e^{-\mu} \frac{\mu^x}{x!}$$

ECUACIÓN 1-13

Que se ajusta a los datos es representada por la ecuación 1-14:

$$P(x;1) = e^{-1} \frac{1^x}{x!}$$

ECUACIÓN 1-14

A continuación se realizan los cálculos que se ilustran en la tabla 1-3, en la cual se ha decidido dividir el rango de frecuencias en $k = 4$ clases

TABLA 1-3 CÁLCULO DLA PRUEBA DE CHI-CUADRADA

Número de clientes	O_i	$P(x;1)$	$E_i = 102[p(x)]$	$(O_i - E_i)^2 / E_i$
0	40	0.36788	37.52376	0.163
1	36	0.36788	37.52376	0.062
2	16	0.18394	18.76188	0.406
3 o más	10	0.08030	8.1906	0.399
Total	102	-	-	1.031

En la tabla 1-3, las O_i son los valores observados y los E_i son valores teóricos calculados. El valor de χ^2 que se obtuvo de las observaciones es 1.031. Para esta prueba, el número de clases es $k = 4$ y el número de parámetros de la distribución teórica que se ha estimado (la media) es $m = 1$; por lo tanto el número de grados de libertad es $\delta = k - 1 - m = 2$. Consultando una tabla de la distribución χ^2 se obtiene $P(\chi^2_{22} > 5.99) = 0.05$ y $P(\chi^2_{22} > 9.21) = 0.01$, por lo tanto, el ajuste es bueno con $\alpha = 0.05$ y también es bueno con $\alpha = 0.01$. Es decir, la probabilidad de que los datos obtenidos no provengan de una distribución de Poisson con media igual a 1 no excede 0.01.

1.2.5.1.2 Prueba de Kolmogorov-Smirnov

Kolmogorov-Smirnov es una prueba sobre el grado de correspondencia entre las probabilidades observadas y las teóricas; sin embargo en esta prueba ambas frecuencias deben ser acumuladas para poder compararse. Los grados de libertad corresponden al número de observaciones. Los valores críticos de la prueba D se encuentran reproducidos en el Apéndice C. Si el valor D supera el valor crítico de la tabla con un valor de significación previamente establecido, se rechaza la hipótesis de aleatoriedad o Hipótesis nula. Conviene utilizar el máximo número de observaciones posibles, ya que “la divergencia máxima entre las probabilidades observadas y esperadas aumenta al considerar menos observaciones, de ahí que utilizando distinto número de observaciones la prueba proporciona resultados diferentes” Colmenero (2009).

Para ilustrar el concepto se muestra el siguiente ejemplo basado en Colmenero (2009). Se analiza la disposición de los puntos en una cuadrícula como se ilustra en la figura 1-3.

0	0	3	0	0
0	0	0	1	0
0	3	1	3	2
1	1	4	5	2
0	1	2	3	3

FIGURA 1-3 DISPOSICIÓN DE PUNTOS. FUENTE: EJEMPLO DE COLMENERO (2009). DISTRIBUCIÓN DE BANCOS EN MADRID.

A continuación se calcula n, que es el número de puntos u observaciones representado por la ecuación 1-15:

$$n = 0(10) + 1(5) + 2(3) + 3(5) + 4(1) + 5(1) = 0 + 5 + 6 + 15 + 4 + 5 = 35$$

ECUACIÓN 1-15

El número de celdas es igual a 25. Si se tienen 35 puntos, la distribución media de cada uno de ellos en las 25 celdas es λ , que al calcularlo como se muestra en la ecuación 1-16 se obtiene λ igual a 1.4.

$$\lambda = \frac{n}{c} = \frac{35}{25} = 1.4$$

ECUACIÓN 1-16

Los grados de libertad son 35. La tabla 1-4 muestra la memoria de cálculo realizada para la prueba:

TABLA 1-4 CÁLCULO DE LA PRUEBA D

1	2	3	4	5	6	7	8	9
M	$\lambda^m e^{-\lambda}$	m !	$\frac{\lambda^m e^{-\lambda}}{m!}$	Observ.	Observ. %	Observ % Acum.	Prob. Acum.	ABS(7-8)
0	.25	1	.25	10	.40	0.40	0.25	0.15
1	.35	1	.35	5	.20	0.60	0.60	0.00
2	.48	2	.24	3	.12	0.72	0.84	0.12
3	.68	6	.11	5	.20	0.92	0.95	0.03
4	.95	24	.04	1	.04	0.96	0.99	0.03
5	1.33	120	.01	1	.04	1.00	1.00	0.00

El valor crítico de tablas con un nivel de significancia de 0.05 y 35 grados de libertad es 0.23. De la tabla 1-5 se puede notar que el valor máximo de la columna nueve es 0.15; por lo que es posible decir con un nivel de confianza del 95% que la disposición de los puntos tiene una estructura aleatoria.

1.2.6 Experimentación

Una vez que se ha verificado y validado el modelo de simulación, se procede con la elaboración de experimentos; la experimentación consiste en generar datos con diferentes niveles de las variables de decisión para posteriormente analizarlos y compararlos. Para llevar a cabo la experimentación es necesario, en primer lugar identificar a las variables que afecten en mayor grado el resultado de la simulación, posteriormente decidir los niveles de las variables que se van a probar y el número de corridas que se van a hacer por cada nivel. El método de selección de una muestra se llama el diseño del experimento. El tipo de muestra que más se utiliza en simulación es la muestra aleatoria. No obstante, la muestra aleatoria no siempre es la mejor. Para algunas aplicaciones otros tipos de muestras proporcionan mejor información, en algunos casos conviene utilizar muestras estratificadas en las cuales la población se divide en varias clases perfectamente identificadas, y se toman muestras aleatorias de cada una de las clases en proporción del porcentaje que representa su cantidad en el universo considerado. La cantidad de la información obtenida en la muestra depende del número de elementos muestreados y de la cantidad de variación en los datos.

1.2.7 Interpretación

Esta etapa del estudio de simulación se puede incluir en la experimentación de acuerdo con Coos (2003), la cual consiste en interpretar los datos que arroja la simulación y con base en ellos tomar una decisión acerca de las acciones que se realizarán sobre el sistema. Es evidente que la simulación no es una herramienta de optimización, la simulación sólo provee información para ayudar a la toma de decisiones; sin embargo, no indica la decisión óptima.

2 SELECCIÓN DEL SOFTWARE DE SIMULACIÓN

En este capítulo se proporciona una descripción general de los paquetes comerciales para simulación que actualmente hay en el mercado; se lleva a cabo la elección del programa a utilizar en el análisis y se justifica dicha elección. También se presenta una breve descripción del programa de cómputo que se ha elegido, con la finalidad de facilitar la comprensión de las actividades que se llevarán a cabo en el caso de estudio.

2.1 Introducción

Existen en este momento en el mercado un gran número de programas informáticos que permiten realizar simulaciones de sistemas. Un buen número de ellos trabajan en entornos “duros”, en los que la definición de los modelos se realiza mediante herramientas matemáticas configurables (matrices, funciones, etc.), y en los que el tiempo de aprendizaje es considerable, si bien como ventaja cabe destacar que son de aplicación a multitud de campos sin realizar modificaciones a los mismos. El aumento de la capacidad de procesamiento de las computadoras, unido a las cada vez mayores posibilidades gráficas de las mismas, ha contribuido a la aparición de software de simulación más “amigable”, que facilita al usuario el proceso de elaboración, validación y experimentación de modelos.

2.2 Entornos de simulación

La tabla 2-1 muestra un directorio de herramientas de simulación con precios por debajo de los 20,000 euros. Esta lista no incluye todas las herramientas de simulación disponibles en el mercado en este rango de precios. Los nombres de los productos y las empresas pueden cambiar debido a alianzas entre empresas, adquisiciones u otras razones.

TABLA 2-1 PRINCIPALES HERRAMIENTAS DE SIMULACIÓN DE PRECIO INFERIOR A LOS 20, 000 EUROS. FUENTE GUASCH ET AL., (2002)

PRODUCTO	EMPRESA	DIRECCION
ARENA	Rockwell Software	www.rockwellsoftware.com
AUTOMOD	AutoSimulations, Inc.	www.autosim.com
GPSS/H	Wolverine Software Corporation	www.wolverinesoftware.com
LeanSIM	Fib-UPC	www.fib.upc.es/leanSim
Quest	Delmia Corp.	www.delmia.com
MicroSaint	Micro Analysis Design, Inc.	www.madboulder.com
ProModel	Promodel Corporation	www.promodel.com
Simul8	Simul8 Corp.	www.simul8.com
Taylor II/ED	F&H Simulations	www.taylor-ed.com
Witness	Lanne Group	www.lanner.com

En octubre de 2009 fue publicado un estudio sobre software de simulación, y la información de la encuesta fue proporcionada por los proveedores en respuesta a un cuestionario elaborado por James Swain⁶. El sitio señala que la encuesta no debe ser considerada como completa, sino más bien como una representación de los paquetes de simulación disponibles; incluye los productos de los proveedores que respondieron a fecha límite. El editor señala que se han recibido más de 50 paquetes de simulación para esta encuesta, pero debido a limitaciones de espacio, sólo se han incluido 50 en la versión impresa. El estudio se divide en ocho páginas por separado; a continuación se presenta una descripción del contenido de cada una de ellas:

- Vendedores, las aplicaciones típicas del software, los mercados primarios para los que se aplica el software, requisitos del sistema: RAM y sistemas operativos.
- Modelo de construcción: construcción de modelos gráficos, construcción de modelos utilizando la programación y el acceso a los módulos programados en tiempo y ejecución de depuración.
- Modelo de construcción (continuación de la página dos): Acondicionamiento de la distribución de insumos, apoyo al análisis de salida.
- Modelo de construcción (continuación de la página tres): Optimización (especificar), reutilización de código (objetos, plantillas).
- Modelo de construcción (continuación de la página cuatro): Asignación de costos, niveles de flujo, animación en tiempo real de visualización, animación 3D.
- Soporte / Formación: Asistencia al usuario, cursos de formación, consultorías disponibles, Precio estándar, versión estudiante.
- Las principales nuevas características, Comentarios del distribuidor.
- Lista de proveedores: Contacto con el proveedor.

2.3 Criterios para la selección del software

Los criterios más importantes para la elección del software son seis: disponibilidad, costos de adquisición, animación, construcción del modelo, entradas y salidas, y la facilidad de uso; a continuación se describe cada uno de ellos.

Disponibilidad: La disponibilidad del programa se refiere al grado de acceso que se tiene a una versión del programa.

⁶ En la siguiente dirección se encontró un análisis comparativo de las principales herramientas de simulación en el mercado:

http://translate.googleusercontent.com/translate_c?hl=es&u=http://www.lionhrtpub.com/orms/surveys/Simulation/Simulation.html&rurl=translate.google.com&twu=1&usq=ALkJrhjXhu3K37CFWH-pLwwbo-1QUSmiVQ

Costos: El factor de costos es relevante en esta elección ya que el precio de un programa en su versión completa es muy alto. En algunas ocasiones para hacer un modelo básico se utiliza una versión reducida del programa, con ciertas restricciones, y en caso de contar con una versión completa, se traslada a ella el programa reducido.

Animación: La animación se considera un factor importante cuando el resultado se va a mostrar a clientes o directivos, de manera que éstos puedan “ver” el comportamiento del modelo. La posibilidad de animar la evolución del modelo facilita la depuración de errores y la presentación de resultados como se ha mencionado anteriormente.

Construcción del modelo: La descomposición jerárquica del modelo permite una mejor estructuración del mismo.

Entradas y salidas: Para parametrizar el modelo de simulación es en general necesario obtener, a partir de los datos disponibles, las distribuciones de probabilidad que modela el comportamiento de los diferentes elementos. Por ejemplo, frecuencia de llegadas y tiempos de proceso y averías. Un buen entorno de simulación tiene que permitir definir y analizar estadísticas tanto continuas como discretas.

Facilidad: Los aspectos que facilitan que el entorno de simulación sea fácil de emplear son: capacidad de interacción del ratón con el entorno, calidad de la documentación, manual interactivo; menús y opciones simples; entradas gráficas siempre que sea posible; generación automática de estadísticas; menú de ayuda; opciones de depuración y seguimiento; mecanismos de detección de errores y ejemplos de referencia.

Tomando en cuenta los criterios de selección anteriormente descritos y la encuesta por James Sawm a 50 paquetes de simulación, el programa que tiene más ventajas para realizar la simulación del recinto aduanal del aeropuerto de la Ciudad de México, es ARENA. Cuenta con animación en la simulación; es accesible, se encuentra disponible en versión estudiantil. El software cuenta con una estructura que permite la generación de módulos y sub-módulos, que es lo más adecuado para representar las distintas actividades dentro del modelo; el programa también permite realizar pruebas de bondad de ajuste con la finalidad de identificar las distribuciones que más se apeguen a los datos obtenidos; y es pertinente mencionar que el autor de esta tesis tiene experiencia en el uso de esta herramienta más que de cualquier otra.

2.3.1 Breve descripción de ARENA versión 10.0

En este apartado se describe de manera muy breve las características y componentes básicos del entorno de simulación que se ha elegido, tales como el menú, barras de herramientas y el panel de procesos básicos, entre otras. La descripción se ha basado en Kelton, *et al.*, (2008) y Vallés (2002).

2.3.1.1 Características del software

La aplicación ARENA de la empresa ROCKWELL, en sus distintas versiones se orienta al modelado y simulación de sistemas organizacionales, y no está limitada a procesos de fabricación, ya que existen configuraciones orientadas a la logística, embalaje, entre otras. Las características más relevantes de la aplicación ROCKWELL ARENA son las

siguientes: utiliza el lenguaje de simulación SIMAN,⁷ permite programar visualmente mediante asociación de bloques, admite simulación continua y discreta, gran flexibilidad de uso y permite la programación a bajo nivel.

La construcción de un modelo se realiza empleando dos tipos de operadores: (1) Los elementos componentes del modelo: entidades, atributos, recursos, transportadores, colas y eventos. Los componentes se definen empleando los bloques existentes en la biblioteca del programa, o bien programándolos en caso de ser necesario. (2) La lógica del modelo: funciones, tablas, variables, parámetros. La lógica se define empleando los paneles para el “diseño de lógica” de la barra de proyecto, que pueden ampliarse en caso de ser necesario mediante programación de nuevas funciones. El resultado final será un tipo de diagrama de bloques, que integrará toda la información del modelo, y mediante el cual será posible realizar las simulaciones necesarias, pudiendo ajustarse los valores de los parámetros y variables individualmente, y obteniendo los informes de resultados deseados sobre la evolución del modelo, tanto en formato texto como otros (MS Excel, Access, etcétera.)

Para la representación de un recurso o de un transporte, ARENA cuenta con la posibilidad de animar series de representaciones utilizando valores indicadores o estados particulares mediante el uso del reloj de simulación. ARENA utiliza una representación intuitiva del proceso modelado tipo *diagrama de flujo*. El modelado se lleva a cabo siguiendo una estructura jerárquica. ARENA ofrece la posibilidad de crear representaciones utilizando una librería gráfica ampliable.

2.3.1.2 Componentes de la simulación con Arena

A continuación se presenta una descripción de los elementos básicos que componen un modelo de simulación con el software seleccionado.

2.3.1.2.1 Entidades

La mayoría de las simulaciones involucran entidades que se mueven, cambian de estado, afectan y son afectadas por otras entidades y el estado del sistema, y afectan también las medidas de la ejecución del sistema. Las entidades son los objetos dinámicos en la simulación; son creadas cuando ellas arriban, se mueven a través de la cola, para luego ser procesadas y finalmente liberadas del sistema.

2.3.1.2.2 Atributos

Para individualizar a las entidades, se les deben adjuntar o añadir ciertos atributos. Un atributo es una característica de todas las entidades, pero con valores específicos que pueden hacer la diferencia entre una u otra; podrían tener atributos tales como tiempo de arribo, prioridad y color. ARENA permite grabar algunos atributos automáticamente, pero también es necesario definir, asignar valores para cambiar, y usar atributos.

⁷ Simulation and Analysis. Consulte Pedgen, Shannon y Sadowski, 1995, para un análisis completo de SIMAN.

2.3.1.2.3 Variables

Una variable es una parte de la información que refleja alguna característica del sistema. Pueden existir muchas variables diferentes en un modelo, pero cada una es única. Básicamente hay dos tipos de variables, aquellas definidas automáticamente por el software, y aquellas definidas por el usuario. A diferencia de los atributos, las variables no están atadas a una entidad específica por lo cual se denominan también variables globales. Una variable podría ser el número de entidades en el sistema, cuando ingresa una se adiciona 1, y cuando es liberada se resta 1.

2.3.1.2.4 Recursos

Las entidades frecuentemente “compiten” por un servicio de un recurso que está representado por el personal, equipamiento, o espacio de almacenamiento en un área limitada. Una entidad toma posición de un recurso cuando está disponible y luego es liberada cuando finaliza su proceso. Un recurso puede representar un conjunto de varios servidores individuales, cada uno de los cuales es llamado una unidad de ese recurso. Si por ejemplo hubiese una sola máquina, entonces existe solo una unidad de recurso.

2.3.1.2.5 Colas

Cuando una entidad no puede moverse, además de necesitar tomar posición de un recurso determinado que está ocupado por otra entidad, ésta necesita tomar un lugar para esperar, lo cual es el propósito de una cola o *queue*.

2.3.1.2.6 Acumuladores estadísticos

Para obtener los datos de salida, es necesario grabar variables de acumuladores estadísticos según el progreso de la simulación. En el modelo se podría observar:

- Número de partes producidas.
- Tiempo total empleado en las colas
- Numero de partes que han pasado a través de la cola
- El tiempo mayor empleado en la espera de la cola
- El flujo de tiempo total.

ARENA Permite obtener estas medidas de desempeño de los resultados.

2.3.1.2.7 Eventos

En este punto es posible ver cómo las cosas funcionan en el modelo. Básicamente es algo que sucede en un instante de tiempo de simulación que debe cambiar los atributos, variables, o acumuladores estadísticos.

2.3.1.2.8 Reloj de simulación

El valor actual del tiempo de simulación es simplemente llamado “Reloj de Simulación”. A diferencia del tiempo real, el reloj de simulación no toma todos los valores y flujo continuamente, sino que considera el tiempo de un evento en relación con el próximo, es inicializado en cero, en tanto que el tiempo de ocurrencia de eventos futuros está determinado. El proceso de avance es continuo hasta que finalmente alguna condición de detención preestablecida es satisfecha.

2.3.1.2.9 Comienzo y detención de la simulación

Es importante definir cuándo comienza la simulación y cuándo ésta será detenida. En general se debe prestar especial cuidado en el modo de detención de la simulación; en ARENA básicamente se puede realizar a través de dos consideraciones: la primera es definiendo el tiempo para el cual se desea poner fin al proceso de simulación; y la segunda forma es determinar el número máximo de entidades creadas por el sistema en el modelo de simulación.

2.3.1.2.10 Menús

Cuando se inicia ARENA, están disponibles los menús *File*, *View*, *Tools* y *Help*. La figura 2-1 muestra los menús. Una vez que se abre un modelo, se añaden los menús *Edit*, *Arrange*, *Object*, *Run* y *Window*.

2.3.1.2.10.1 Menú File

File es donde se crean los nuevos ficheros de modelos ARENA, se abren otros ya existentes, se guardan en disco o se crea un modelo de solo lectura. Se puede también importar dibujos CAD con formato DXF (como los de AutoCAD) para usarlos como fondo y, en algunos casos, como elementos activos (como caminos para vehículos dirigidos). La figura 2-2 ilustra el menú *file*.

2.3.1.2.10.2 Menú Edit

Edit permite deshacer *Undo* y rehacer *Redo* acciones previas. Existe la posibilidad de buscar todos los módulos y objetos de animación a partir de una cadena de texto mediante la opción *Find*. Se puede, además, mostrar las propiedades de los objetos *Properties*. Si se tienen enlaces en el modelo a otros ficheros, como hojas de cálculo o ficheros de sonido. *Insert New Object* permite introducir objetos de otras aplicaciones

como gráficos u objetos multimedia y *Object* permite editar lo que se haya traído. La figura 2-3 ilustra el menú *edit*.

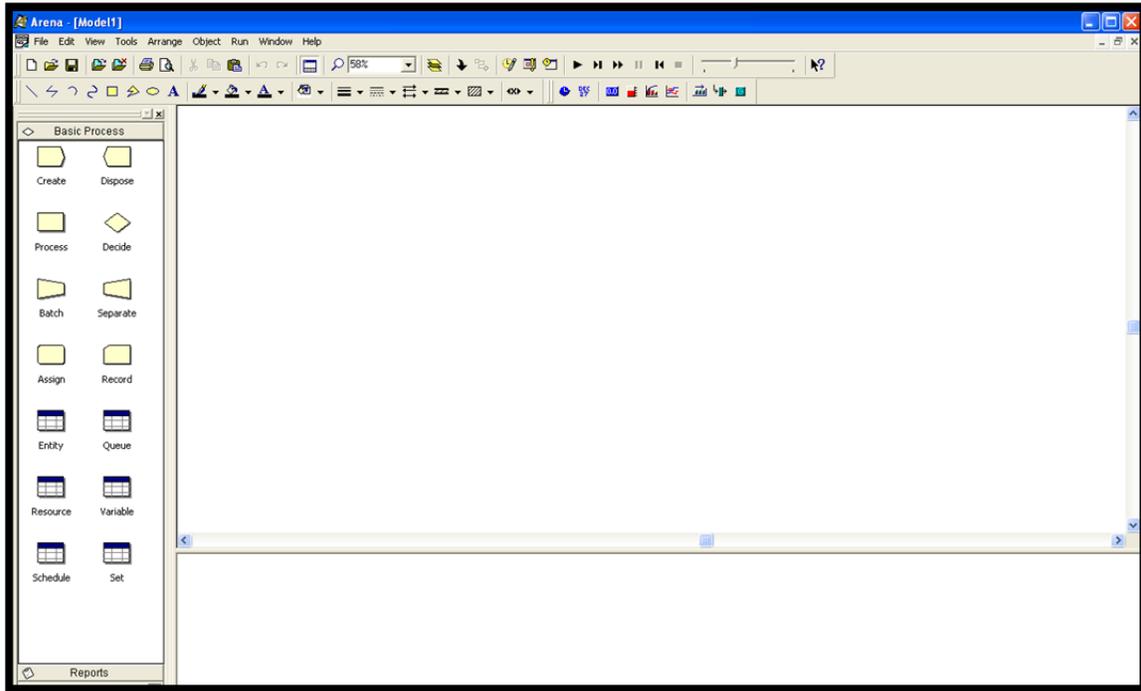


FIGURA 2-1 VENTANA PRINCIPAL PARA EL DESARROLLO DE MODELOS DEL SOFTWARE ARENA

2.3.1.2.10.3 Menú View

View permite controlar cómo aparece el modelo en la pantalla, así como las barras de herramientas mostradas. Este menú permite hacer *Zoom* sobre el modelo. En *Views* se puede elegir entre una serie de vistas del modelo. *Named Views* permite definir, cambiar y usar vistas propias. *Layers* permite controlar qué tipo de objetos se van a mostrar durante el modo de edición o de ejecución. La figura 2-4 ilustra el menú *view*.

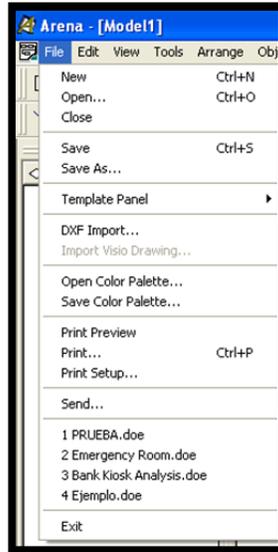


FIGURA 2-2 ILUSTRACIÓN DEL MENÚ FILE

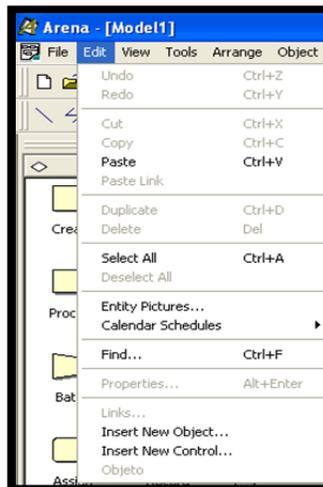


FIGURA 2-3 ILUSTRACIÓN DEL MENÚ EDIT

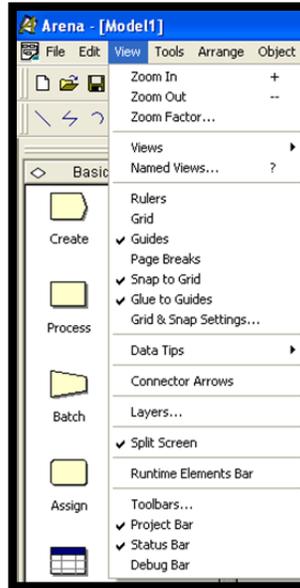


FIGURA 2-4 ILUSTRACIÓN DEL MENÚ VIEW

2.3.1.2.10.4 Menú Tools

En *Tools*, el *Input Analyzer* encaja distribuciones de probabilidad sobre datos observados para especificar entradas al modelo. *No Adds-In*, lista los programas ejecutables que se han instalado en la carpeta *Adds-In*. *Show Visual Basic Editor*, abre una ventana en la que se puede escribir código de Visual Basic para completar el modelo. El elemento *Options* permite cambiar y personalizar muchas de las formas en que trabaja ARENA y de su aspecto según las preferencias del usuario. La figura 2-5 ilustra el menú *tools*.

2.3.1.2.10.5 Menú Arrange

Arrange tiene opciones que corresponden a las posiciones de los módulos del modelo y de los gráficos. La figura 2-6 ilustra el menú *Arrange*.

2.3.1.2.10.6 Menú Object

En *Object*, si *Auto-Connect* está marcado, permite conectar automáticamente un nuevo objeto introducido con el que se encontrase seleccionado cuando se ha llevado a cabo la operación. *Smart Connections* permite que las conexiones nuevas que se realicen se dividan en tres segmentos en lugar de intentar llevarlas a cabo mediante una única conexión. La figura 2-7 ilustra el menú *Object*.

2.3.1.2.10.7 Menú Run

Run contiene opciones para ejecutar la simulación, comprobarla, y pausarla o desplazarse paso a paso a través de ella para depurarla o para comprobar su correcto funcionamiento. Proporciona también varias formas alternativas de ver la ejecución, de ver sus resultados (o errores), y de especificar y controlar cómo evoluciona la ejecución y se muestra en la

pantalla. Por último, los menús *Window* y *Help* presentan las opciones típicas de este tipo de menús para cualquier aplicación *Windows*. La figura 2-8 ilustra el menú *run*.

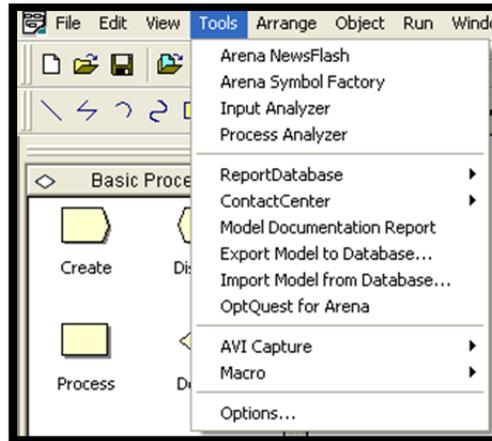


FIGURA 2-5 ILUSTRACIÓN DEL MENÚ *TOOLS*

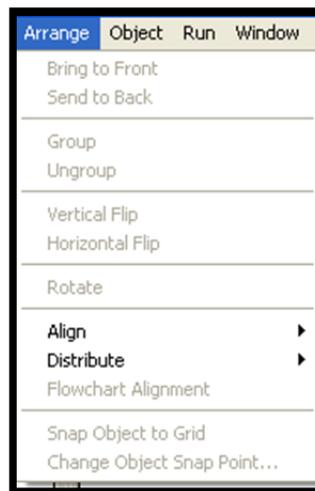


FIGURA 2-6 ILUSTRACIÓN DEL MENÚ *ARRANGE*

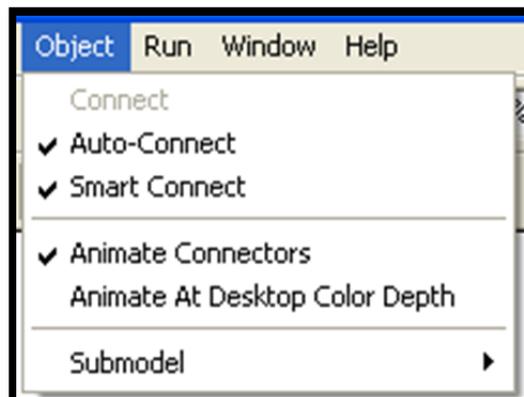


FIGURA 2-7 ILUSTRACIÓN DEL MENU *OBJECT*

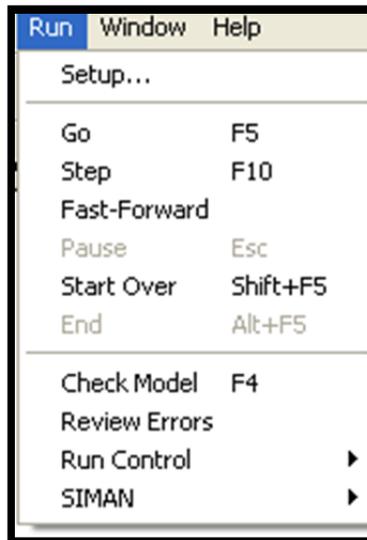


FIGURA 2-8 ILUSTRACIÓN DEL MENU RUN

2.3.1.2.11 Barras de herramientas

ARENA posee varias barras de herramientas con grupos de botones y menús desplegables para poder facilitar el acceso rápido a actividades comunes. Las barras de herramientas disponibles en ARENA son las siguientes: la barra de herramientas *Standar*, que corresponde a la barra estándar de las aplicaciones *Windows*; la barra de herramientas *View*, que tiene botones que corresponden a opciones del menú del mismo nombre, y la barra *Arrange*, que tiene los botones correspondientes al menú del mismo nombre. La figura 2-9 ilustra la barra de herramientas de *arrange*.

Los botones de la barra de *Draw* no tienen correspondencia con opciones de menú, por tanto, los dibujos únicamente se pueden realizar accediendo a la barra de herramientas, de esta forma es posible dibujar líneas, poli-líneas, arcos, etcétera. La figura 2-10 ilustra la barra de herramientas de *draw*.

La barra *Animate* contiene elementos que permiten animar el modelo o mejorar la animación inherente a algunos módulos de ARENA. La figura 2-11 ilustra la barra de herramientas de *animate*.

La barra *Integration* contiene botones relacionados con el asistente de Transferencia de Datos a Módulos de ARENA y VBA (el Editor de Visual Basic y el botón de Modo Diseño de VBA). La figura 2-12 ilustra la barra de herramientas de *integration*.

La barra *Run Interaction* corresponde a las opciones que ofrece el menú Run. La figura 2-13 ilustra la barra de herramientas de *run*.

La barra *Animate Transfer* sirve de interfaz con los objetos de animación de tipo transferencia de que dispone ARENA para las animaciones de objetos de este tipo. La figura 2-14 ilustra la barra de herramientas de *animate transfer*.



FIGURA 2-9 BARRA DE HERRAMNIETAS DE ARRANGE



FIGURA 2-10 BARRA DE HERRAMNIETAS DE DRAW

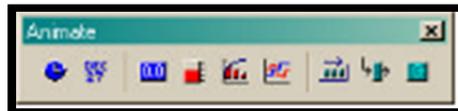


FIGURA 2-11 BARRA DE HERRAMNIETAS DE ANIMATE

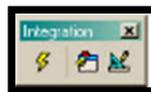


FIGURA 2-12 BARRA DE HERRAMNIETAS DE INTEGRATION

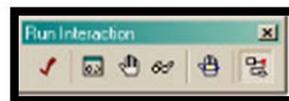


FIGURA 2-13 BARRA DE HERRAMNIETAS DE RUN



FIGURA 2-14 BARRA DE HERRAMNIETAS DE ANIMATE TRANSFER

2.3.1.2.12 El panel de procesos básico

ARENA cuenta con módulos que permiten crear un modelo con mayor facilidad, cada uno de ellos puede manejar variables, atributos, eventos, etcétera; lo anterior va a depender de la función para la cual el módulo ha sido creado. Los módulos se encuentran agrupados en paneles, la selección de uno o más paneles, va a depender del nivel de programación que se requiera para usarlos: *Common*, *support*, *Transfer*, *Blocks* y *Elements*. En la parte izquierda de la aplicación, se muestran una serie de paneles que contienen los objetos de que dispone ARENA para diseñar los diagramas de flujo. La figura 2-15 ilustra el panel de procesos básico

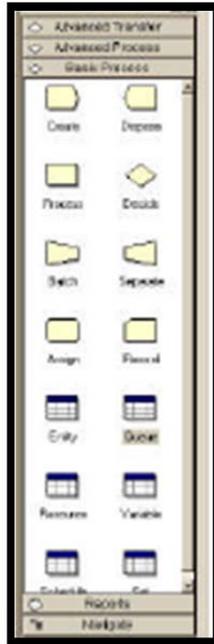


FIGURA 2-15 ILUSTRACION DEL PANEL DE PROCESOS BASICO

2.3.1.2.13 Módulos de flujo de datos

2.3.1.2.13.1 Módulo Create

El modulo *create* está representado por la figura 2-16. Este módulo representa la llegada de entidades al modelo de simulación. Las entidades se crean usando una planificación o basándose en el tiempo entre llegadas. En este módulo se especifica también el tipo de entidad de que se trata. Este módulo puede usarse por ejemplo, para el punto de inicio de producción en una línea de fabricación, la llegada de un documento (por ejemplo, una petición, una factura, una orden) en un proceso de negocio, o la llegada de un cliente a un proceso de servicio (por ejemplo, un restaurante, una oficina de información). Al usar el módulo *create* ARENA va a requerir ciertos parámetros, los cuales se muestran en la figura 2-17 y se describen a continuación.

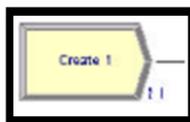


FIGURA 2-16 ILUSTRACIÓN DEL MODULO CREATE

Create - Basic Process								
	Name	Entity Type	Type	Value	Units	Entities per Arrival	Max Arrivals	First Creation
1	Create 1	Entity 1	Random (Expo)	1	Hours	1	Infinite	0.0

FIGURA 2-17 ILUSTRACIÓN DE LOS PARAMETROS REQUERIDOS POR EL MODULO CREATE

2.3.1.2.13.2 Módulo Process

Este módulo corresponde al principal método de procesamiento en simulación, la figura 2-18 muestra el módulo. Se dispone de opciones para ocupar y liberar un recurso. Adicionalmente, existe la opción de especificar un “sub-modelo” y especificar jerárquicamente lógica definida por el usuario. El tiempo del proceso se le añade a la entidad y se puede considerar como valor añadido, valor no-añadido, transferencia, espera u otros. Los posibles usos para este módulo son, por ejemplo el mecanizado de una parte, revisión de un documento para completarlo, rellenar órdenes, servir a un cliente.

Al usar el módulo *process* ARENA va a requerir ciertos parámetros, los cuales se muestran en las figuras 2-19 y 2-20 y se describen a continuación.

Name: Identificador único del módulo.

Type: Método que especifica la lógica dentro del módulo. Un procesado *standard* significa que toda la lógica se guardará dentro de un módulo *process* y se definirá por una acción (*action*) particular. *Submodel* indica que la lógica se definirá jerárquicamente en un submodelo que puede incluir un número indeterminado de módulos lógicos.

Action: Tipo de procesamiento que tendrá lugar dentro del módulo. *Delay* simplemente indica que solamente se llevará a cabo un proceso de retardo sin que existan restricciones de recursos. *Seize Delay* indica que un recurso(s) será asignado en este módulo y que habrá un retardo, aunque la liberación del recurso ocurrirá más tarde. *Seize Delay Release* indica que se asignará un recurso seguido por un retardo y luego, se liberará el recurso(s) reservado. *Delay Release* indica que un recurso(s) ha sido reservado previamente y que la entidad se retardará simplemente, y luego se liberará el recurso(s) especificado.

Priority: Valor de prioridad de la entidad que espera acceder en este módulo un determinado recurso si una o más entidades esperan el mismo recurso(s) en cualquier lugar en el modelo.

Resources: Lista el recurso o conjunto de recursos usados para el procesamiento de la entidad. No se aplica cuando *Action* tiene el valor de *Delay* o cuando *Type* es *submodel*.

Delay Type: Tipo de distribución o método de especificar los parámetros del retardo. *Constant* y *Expression* requieren valores simples, mientras que *Normal*, *Uniform*, y *Triangular* requieren varios parámetros.

Units: Unidades de tiempo para los parámetros de retardo.

Allocation: Determina cómo se asigna el tiempo de procesado y el coste del proceso a la entidad.

Minimum: Valor mínimo en el caso de una distribución uniforme o triangular.

Value: Valor medio para una distribución normal, el valor constante para un retardo de tiempo constante, o la moda para una distribución triangular.

Maximum: Valor máximo para una distribución uniforme o triangular.

Std Dev: Desviación estándar para una distribución normal.

Expression: Expresión cuyo valor se evalúa y se usa para el procesado del retardo de tiempo.

Módulo Process-Diálogo de Resource

Type: Especificación de un determinado recurso o selección a partir de un conjunto de ellos.

Resource Name: Nombre del recurso que será ocupado y/o liberado.

Set Name: Nombre del conjunto de recursos de donde un miembro será ocupado y/o liberado

Quantity: Nombre de recursos de un mismo nombre o de un conjunto que serán ocupados/liberados. Para conjuntos, este valor especifica únicamente el número de un recurso seleccionado que serán ocupados/liberados (basándose en la capacidad de los recursos), no el número de miembros de un conjunto que será ocupado/liberado.

Selection Rule: Método de selección de entre los recursos disponibles de un conjunto. *Cyclical* elegirá de forma cíclica entre los miembros disponibles. *Random* seleccionará un miembro de forma aleatoria. *Preferred Order* siempre seleccionará el primer miembro disponible. *Specific Member* requiere un valor de atributo de entrada para especificar un miembro del conjunto. *Largest Remaining Capacity* y *Smallest Number Busy* se usan para recursos con capacidad múltiple.

Save Attribute: Nombre de atributo usado para guardar el número de índice dentro del conjunto del miembro seleccionado. Si en *Action* se ha seleccionado Delay Release, el valor especificado define el miembro del conjunto a ser liberado. Si no se especifica un atributo, la entidad liberará el miembro del conjunto que fue el último en ser ocupado.

Set Index: Número de índice dentro del conjunto del miembro seleccionado.

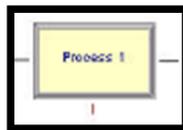


FIGURA 2-18 ILUSTRACIÓN DEL MÓDULO PROCESS

Process - Basic Process										
	Name	Type	Action	Delay Type	Units	Allocation	Minimum	Value	Maximum	Report Statistics
1	Process 1	Standard	Delay	Triangular	Hours	Value Added	.5	1	1.5	<input checked="" type="checkbox"/>

FIGURA 2-19 PARAMETROS REQUERIDOS POR EL MÓDULO PROCESS

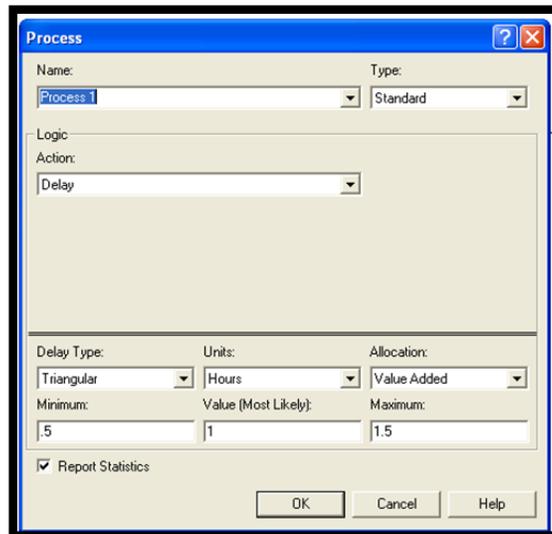


FIGURA 2-20 PARAMETROS REQUERIDOS POR EL MODULO PROCESS

2.3.1.2.13.3 Módulo Decide

El módulo *Decide* permite a los procesos tomar decisiones en el sistema. Incluye la opción de tomar decisiones basándose en una o más condiciones, o basándose en una o más probabilidades (por ejemplo, 75% verdadero, 25% falso). Las condiciones se pueden basar en valores de atributos (por ejemplo, prioridad), valores de variables (por ejemplo, Número de Rechazados), el tipo de entidad o una expresión determinada. La figura 2-21 ilustra el módulo process y los parámetros solicitados se muestran en la la figura 2-22.

Hay dos puntos de salida del módulo *Decide* cuando se especifica el tipo *2-way chance* o *2-way condition*; hay un punto de salida para las entidades “verdaderas” y una para las entidades “falsas”. Cuando se especifica el tipo *N-way chance* o *condition*, aparecen múltiples puntos de salida para cada condición o probabilidad y una única salida *else*. Los posibles usos para este módulo pueden ser, por ejemplo el envío de partes defectuosas para que se vuelvan a hacer, aceptadas frente a rechazadas, el envío de clientes prioritarios a procesos dedicados, etcétera. Los parámetros solicitados se muestran en las figuras 2-23 y 2.3-24, y una descripción detallada se muestra a continuación.

Name: Identificador único del módulo.

Type: Indica si la decisión se basa en una condición o es aleatoria/porcentual. El tipo se puede especificar como 2-way o N-way, 2-way permite definir una condición o probabilidad (más la salida “false”). N-way permite definir cualquier número de condiciones o probabilidades, aparte de la salida “false”.

Conditions: Define una o más condiciones que se usan para dirigir las entidades a los distintos módulos.

Percentages: Define uno o más porcentajes usados para encaminar las entidades a los distintos módulos.

Percent True: Valor que se comprobará para determinar el porcentaje de entidades que se han enviado a través de la salida True.

If: Tipos de condiciones disponibles para ser evaluados.

Named: Especifica el nombre de la variable, atributo, o tipo de entidad que se evaluarán cuando una entidad entre en el módulo.

Is: Evaluador de la condición.

Value: Expresión que se comparará con un atributo o variable o que se evaluará como una única expresión para determinar si es verdadero o falso.

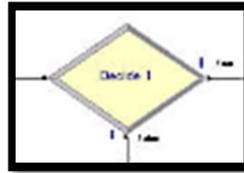


FIGURA 2-21 MODULO DECIDE

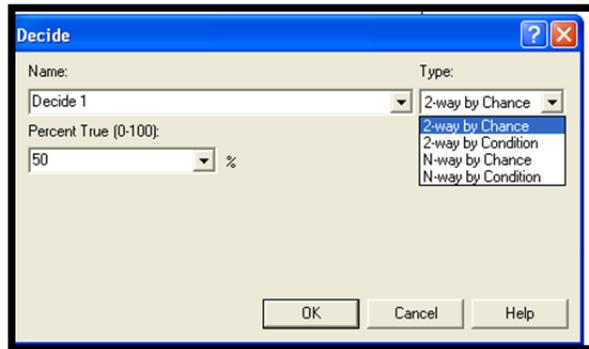


FIGURA 2-22 PARAMETROS REQUERIDOS POR EL MODULO DECIDE

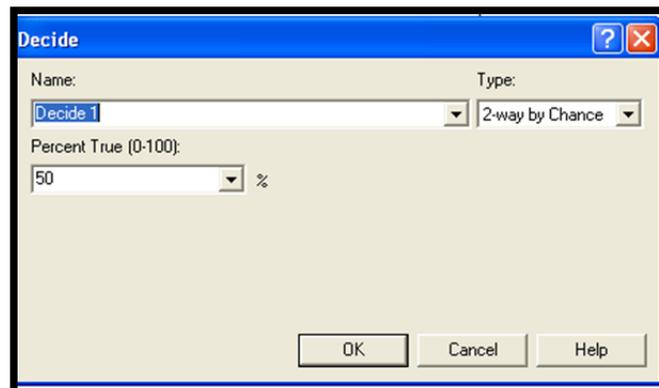


FIGURA 2-23 PARAMETROS REQUERIDOS POR EL MODULO DECIDE

Decide - Basic Process			
	Name	Type	Percent True
1	Decide 1	2-way by Chance	50

FIGURA 2-24 PARAMETROS REQUERIDOS POR EL MODULO DECIDE

2.3.1.2.13.4 Módulo Assign

El módulo *Assign* se usa para asignar valores nuevos a las variables, a los atributos de las entidades, tipos de entidades, figuras de las entidades, u otras variables del sistema. Se pueden hacer múltiples asignaciones con un único módulo *Assign*. La figura 2-25 muestra el módulo.

Este módulo se puede usar por ejemplo, para acumular el número de sub-ensamblados añadidos a una parte, cambiar el tipo de entidad para representar una copia de un formulario, establecer una prioridad del cliente, etcétera. Los parámetros solicitados por el software se muestran en las figuras 2-26 y 2-27, la descripción detallada de los parámetros se muestra en la figura 2-32.

Name: Identificador único del módulo.

Assignments: Especifica la o las asignaciones que se llevarán a cabo cuando la entidad ejecute el módulo.

Type: Tipo de asignación que se va a realizar. *Other* puede incluir variables de sistema, tales como capacidad de los recursos o tiempo de finalización de la simulación.

Variable Name: Nombre de la variable a la que se asignará un nuevo valor.

Attribute Name: Nombre del atributo de la entidad al que se le asignará un nuevo valor.

Entity Type: Nuevo tipo de entidad que se le asignará a la entidad cuando entre en el módulo.

Entity Picture: Nueva imagen de la entidad que se le asignará.

Other: Identifica la variable del sistema especial a la que se le asignará un nuevo valor.

New Value: Valor asignado al atributo, variable, u otras variables del sistema.

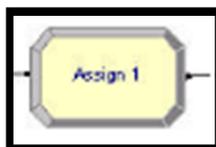


FIGURA 2-25 MODULO ASSIGN

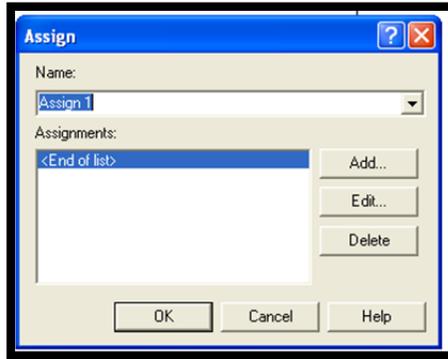


FIGURA 2-26 PARAMETROS REQUERIDOS POR EL MODULO ASSIGN

Assign - Basic Process		
	Name	Assignments
1	Assign 1	0 rows

FIGURA 2-27 PARAMETROS REQUERIDOS POR EL MODULO ASSIGN

2.3.1.2.13.5 Módulo Batch

El módulo *Batch* funciona como un mecanismo de agrupamiento dentro del modelo de simulación, los lotes pueden estar agrupados permanente o temporalmente; los lotes temporales deben ser divididos posteriormente usando el módulo *Separate*. La figura 2-28 ilustra el módulo *Batch*.

Los lotes se pueden realizar con un número específico de entidades de entrada o se pueden unir a partir del valor de un determinado atributo. Las entidades que llegan a un módulo *Batch* se colocan en una cola hasta que se ha acumulado el número necesario de entidades; una vez acumuladas, se crea una nueva entidad representativa. Este módulo puede utilizarse en distintos procedimientos como es: recoger un cierto número de partes antes de empezar a procesar, re-ensamblar previamente copias separadas de un formulario, juntar un paciente con los resultados de sus pruebas antes de concederle una cita, etcétera. Los parámetros solicitados por el software se muestran en las figuras 2-29 y 2-30.

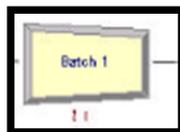


FIGURA 2-28 MODULO BATCH

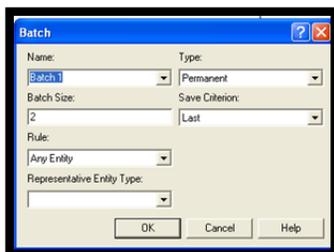


FIGURA 2-29 PARAMETROS REQUERIDOS POR EL MODULO BATCH

Batch - Basic Process						
	Name	Type	Batch Size	Save Criterion	Rule	Representative Entity Type
1	Batch 1	Permanent	2	Last	Any Entity	

FIGURA 2-30 PARAMETROS REQUERIDOS POR EL MODULO BATCH

2.3.1.2.13.6 Módulo Separate

El módulo *Separate* se puede usar para replicar la entidad entrante en múltiples entidades o para dividir una entidad previamente agrupada. Se especifican también las reglas de asignación de atributos para las entidades. Cuando se segmentan lotes existentes, la entidad temporal que se formó se destruye y las entidades que originalmente formaron el grupo se recuperan. Las entidades saldrán del sistema secuencialmente en el mismo orden en que originalmente se agregaron al lote, la figura 2-31 muestra el módulo descrito.

Cuando se duplican entidades, se hacen el número de copias especificado; este módulo puede usarse, por ejemplo para enviar entidades individuales que representan cajas eliminadas de un contenedor, enviar una orden tanto a realización y a facturación para un procesamiento paralelo, separar un conjunto de documentos previamente agrupados, etcétera. Los parámetros solicitados por el software se muestran en las figuras 2-32 y 2.3-33.

Name: Identificador único del módulo.

Type: Método de separación de las entidades entrantes. *Duplicate Original* simplemente toma la entidad original y realiza un cierto número de copias idénticas. *Split Existing Batch* requiere que la entidad entrante sea una entidad agrupada temporalmente usando el módulo *Batch*. Las entidades originales se desagruparán.

Percent Cost to Duplicates: Distribución de costes y tiempos de la entidad entrante en los duplicados salientes.

of Duplicates: Número de entidades salientes que dejarán el módulo, además de la entidad entrante original.

Attribute Name: Nombre del atributo(s) de la entidad representativa que se asignan a las entidades originales del grupo.

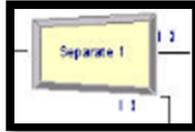


FIGURA 2-31 MODULO SEPARATE

FIGURA 2-32 REQUERIDOS POR EL MODULO SEPARATE

Separate - Basic Process				
	Name	Type	Cost to Duplicates	# of Duplicates
1	Separate 1	Duplicate Original	50	1

FIGURA 2-33 REQUERIDOS POR EL MODULO SEPARATE

2.3.1.2.13.7 Módulo Record

El módulo *Record* se usa para recoger estadísticas del modelo de simulación. Se dispone de varios tipos de estadísticas observables, incluyendo el tiempo entre salidas a través del módulo, estadísticas de entidad (tiempo, costes, etcétera), observaciones generales, y estadísticas de intervalo. La figura 2-34 ilustra el módulo.

Es útil cuando es necesario recoger el número de trabajos realizados cada hora, contar cuántas órdenes han sido realizadas, registrar el tiempo que pasan los clientes prioritarios en la línea principal de control; los parámetros solicitados por el software se muestran en las figuras 2-35 y 2-36.

Name: Identificador único del módulo.

Type: Tipo de observación o cuenta estadística a generar. *Count* incrementará o decrementará el valor de la estadística mencionada en el valor especificado. *Entity Statistics* generará estadísticas de entidad, tales como tiempo y coste/duración de la información. *Time interval* calculará y registrará la diferencia entre el valor de un atributo especificado y el tiempo de simulación actual. *Time Between* seguirá y registrará el tiempo entre entidades que llegan al módulo. *Expression* registrará el valor de la expresión especificada.

Attribute Name: Nombre del atributo cuyo valor se usará en las estadísticas de intervalo.

Value: Valor que se registrará en las estadísticas observadas cuando en *Type* se haya seleccionado *Expression* o que se añadirá al contador cuando *Type* sea *Count*.

Tally Name: Define el nombre del símbolo de la cuenta en la que se registrará la cuenta.

Record into Set: Botón de selección para especificar si se va a usar un conjunto de cuentas o contadores o no.

Tally Set Name: Nombre del conjunto de cuentas que se usarán para registrar estadísticas de tipo observacional.

Set Index: Índice dentro del conjunto de cuentas o contadores.



FIGURA 2-34 MODULO RECORD



FIGURA 2-35 DESCRIPCION DE LOS PARAMETROS REQUERIDOS POR EL MODULO RECORD

Record - Basic Process					
	Name	Type	Value	Record into Set	Counter Name
1	Record 1	Count	1	<input type="checkbox"/>	Record 1

FIGURA 2-36. DESCRIPCION DE LOS PARAMETROS REQUERIDOS POR EL MODULO RECORD

2.3.1.2.13.8 Módulo Dispose

El módulo *Dispose* representa el punto final de entidades en un modelo de simulación, las estadísticas de la entidad se registrarán antes de que la entidad se elimine del modelo. La figura 2-37 ilustra el módulo. Puede ayudar a recoger estadísticas de partes que abandonan el servicio, la finalización de un proceso de negocio, clientes abandonando un comercio, etcétera. Los parámetros requeridos por el módulo se muestran en la figura 2-38 y la figura 2-39.

Name: Identificador único del módulo.

Record Entity Statistics: Determina si las estadísticas de las entidades entrantes se registrarán o no. Estas estadísticas incluyen: value-added time, non- value-added time, wait time, transfer time, other time, total time, value- added cost, non-value-added cost, wait cost, transfer cost, other cost, y total cost.



FIGURA 2-37. MODULO *DISPOSE*

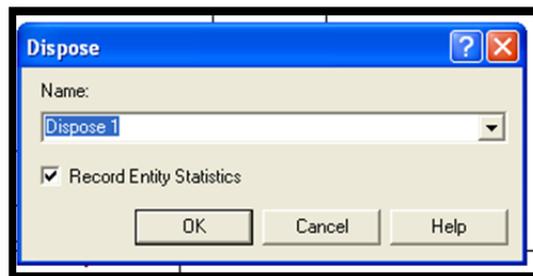


FIGURA 2-38. PARAMETROS REQUERIDOS POR EL MODULO *DISPOSE*

Dispose - Basic Process		
	Name	Record Entity Statistics
1	Dispose 1	<input checked="" type="checkbox"/>

FIGURA 2-39. PARAMETROS REQUERIDOS POR EL MODULO *DISPOSE*

2.3.1.2.14 Animaciones

Dentro de la representación de un recurso o de un transporte, se tiene la posibilidad de animar series de representaciones utilizando valores indicadores o estados particulares mediante el uso del reloj de simulación. Esta nueva función permite añadir efectos a una animación más fácilmente como por ejemplo movimientos cuando un recurso está ocupado (ascenso y descenso de un taladro). El editor de imágenes por otra parte, permite guardar más de una imagen con el mismo nombre. Durante la ejecución del modelo, ARENA escogerá aleatoriamente una de estas imágenes que comparten nombre para animar una entidad. Esta funcionalidad permite más fácilmente introducir aleatoriedad dentro de la representación de una entidad sin que sea necesario asociar conjuntos de imágenes a esta representación o utilizar una lógica concreta para este tipo de acciones. Como se mencionó al inicio de este capítulo, se han descrito de manera muy breve las características y componentes básicos del entorno de simulación que se ha elegido; se han expuesto los módulos para una simulación bastante básica; sin embargo resultaría engorroso realizar una descripción de todos los módulos con los que cuenta ARENA; la finalidad de esta sección es que el lector pueda entender cómo se ha diseñado el modelo que se presenta en el siguiente capítulo; para una descripción más detallada del software puede consultar Kelton, *et al.*, (2008).

3 LOGÍSTICA DE LA CARGA AÉREA EN MÉXICO

En este capítulo se expone de manera sencilla el término logística en su acepción más amplia y llevándolo al contexto de la carga aérea en México; se han agregado dos anexos que sirven de apoyo para la mejor comprensión del tema. La base intelectual para el desarrollo de este capítulo es diversa, las publicaciones del Instituto Mexicano del Transporte (2005), Aeropuertos y Servicios Auxiliares Sistema Estadístico Aeroportuario (2000) y el Laboratorio de Transporte y Sistemas Territoriales del Instituto de Ingeniería de la UNAM han realmente proporcionado una mejor comprensión de términos y conceptos. Los principales por su mayor referencia *textual* son: Llamas (2005), Hernández (2006), Resendiz (1995) y Antún (2005).

3.1 Concepto de logística de carga aérea

La logística aparece en un principio como el conjunto de conocimientos prácticos, empíricos, originados por la experiencia como parte del arte militar, que atiende al transporte y abastecimiento de las tropas. De acuerdo con Llamas (2005), hasta finales del siglo XX la logística militar pasó a formar parte de la administración comercial, como parte importante en su estructura.

Desde el punto de vista organizacional, la logística constituye un elemento estratégico fundamental para el logro de un óptimo equilibrio entre los requerimientos de los consumidores y la competitividad, tendiendo siempre a proporcionar un inmejorable servicio al que se enfocan los esfuerzos y recursos de la empresa. Antún (2005) señala que la logística puede entenderse como el “conjunto de procesos que tienen por objetivo la colocación, al menor costo, de una cantidad de producto en el lugar y en el tiempo donde una demanda existe.”

Por tanto el concepto logística puede entenderse literalmente como colocar un *objeto(s)* en un lugar del espacio, en el tiempo en el que es demandado, al menor costo y aplicando en estricto sentido un orden lógico.

La logística no se limita a colocar el producto en el momento oportuno, el lugar preciso, con las condiciones apropiadas y en el menor tiempo; desde un punto de vista sistémico, al funcionar como una cadena logística global se desprenden de ella externalidades que deben ser consideradas, tales como: el modo de transporte más adecuado, problemática de caducidad, valoración de rutas y horarios, procesamiento de datos, almacenamiento, flujo y control de inventarios; envase, empaque y embalaje, flujo de información, etcétera.

Por lo expuesto en los párrafos anteriores, el concepto *logística de la carga aérea* puede entenderse como colocar un *objeto(s)* en un lugar del espacio, en el tiempo en el que es demandado, al menor costo y aplicando en estricto sentido un orden lógico, donde el principal medio de transporte es el aéreo.

3.2 Transporte de carga aérea

Los acontecimientos mundiales que permiten contextualizar el desarrollo de la carga aérea en México se remontan al 17 de diciembre de 1903, cuando los hermanos Orville y Wright hicieron su primer vuelo de 250 metros en el aparato que ellos mismos construyeron; en junio de 1917, se utiliza por primera vez en el mundo un avión pilotado por Horacio Ruíz, para trasladar de México a Pachuca una carga postal consistente en un costal con 534 cartas y 61 tarjetas postales; se inicia con ello el transporte aéreo de carga. En 1919 por primera vez, se transportan los periódicos del día, a Toluca, Puebla y Pachuca; en agosto de 1921 se le concede la licencia a la *Compañía Mexicana de Transporte Aéreo*. En noviembre de 1928 comienza a volar la *Cía. Interamericana de Transporte Aéreo* y en agosto de 1929 se otorga también el permiso a la *Compañía Mexicana de Aviación*; así como nace la carga aérea en México. Actualmente, además de transportar mercancía de un lugar a otro es necesario realizarlo en las mejores condiciones posibles, al menor tiempo y costo posibles. En la siguiente sección se expone de manera más clara, el transporte de carga aérea.

De acuerdo con Hernández (2006) la concepción del transporte ha evolucionado, ahora crea *utilidad de lugar*, es decir, hace que los artículos de consumo estén disponibles en donde la demanda los requiere y por otro lado crea también *utilidad de tiempo*, porque hace que los productos lleguen al lugar de su destino de acuerdo a un plan previsto. Si llegan antes o después de la época en que la demanda es mayor, es que la utilidad de tiempo no ha sido adecuadamente creada.

Por lo tanto, las decisiones sobre el transporte se deben tomar para optimizar la eficiencia de todo el sistema de distribución física; Antún (2005) expone que si el desplazamiento es concebido de una manera "pasiva", la logística es determinada como una fase obligada del proceso producción-distribución; sin embargo una concepción "activa" del desplazamiento, transforma a éste en una opción estratégica para la empresa: el desplazamiento es un "momento" del proceso de creación de valor visualizado en la cadena de suministro (aprovisionamiento-producción-distribución); en este caso, un "gasto" es un "costo autónomo" que puede transformarse progresivamente en un polo generador de ganancias sobre el conjunto del proceso de creación del valor.

3.3 Costos de la logística de la carga aérea

En los últimos años, la función logística ha ido incrementando sus actividades y su importancia, como respuesta al aumento de las exigencias de los consumidores, y las presiones de competitividad de la globalización. De acuerdo a Instituto Mexicano del Transporte (2005), la carga aérea en México en un 70% es de importación y el 20% de exportación, alcanzando un 10% la carga aérea comercial entre puntos del interior de la República.

Los costos de logística en México, representan un porcentaje del PIB superior al de otros países, un 15.3% como porcentaje del PIB de acuerdo al Instituto Mexicano de Competitividad en el año 2006. Antún (2005) señala acertadamente que la logística es una elaborada tecnología de la circulación física de mercancías que se basa en el control de la información asociada a la *mercancía circulante*, lo cual no puede ser plenamente comprendido e interpretado si no es en referencia al concepto de creación de valor en esa

misma circulación; por lo tanto, esta concepción propuesta por el autor, refiere a cambiar la manera de percibir la cadena logística y prestar especial atención a sus costos. La figura 3-1 representa los costos (en USD por contenedor) y tiempos logísticos (en días), para operaciones de importación y exportación.

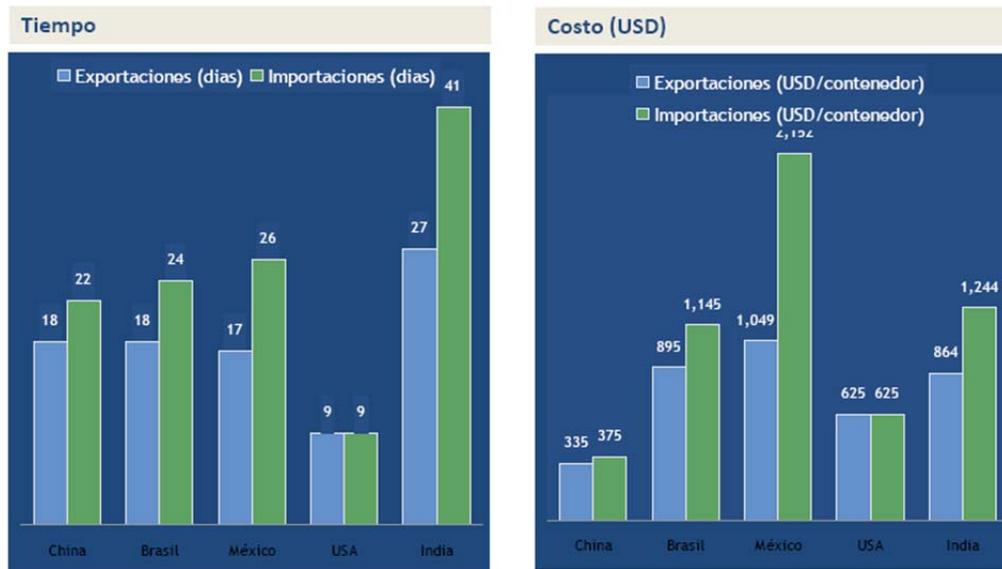


FIGURA 3-1 COSTOS Y TIEMPOS LOGÍSTICOS EN OPERACIONES INTERNACIONALES. FUENTE: EXTRAÍDO DE ACEVEDO (2007), BASADO EN EL BANCO MUNDIAL (2006)

El costo por contenedor importado en 2006 para México es de 6,134 (USD) y de 1,049 (USD) para la exportación; tomando en cuenta que nuestras mercancías son el 80% importaciones, es justificable realizar un reajuste en el cuello de botella de tal operación. De acuerdo con Antún (2005), los costos logísticos tienen un efecto profundo en la estructura económica de un país y a nivel mundial; los costos logísticos son la frontera de las utilidades de las empresas; como los costos de producción generalmente han sido optimizados con la estabilización tecnológica, en particular en la producción para consumo masivo, sólo restan los costos logísticos que pueden mejorarse y así obtener mayores utilidades.

Otro dato importante es el número de días que tarda un contenedor en promedio en ser despachado en el 2006; de acuerdo a la información proporcionada por el Banco Mundial, se debe esperar alrededor de 26 días *para obtener luz verde*; a diferencia que para una operación de exportación que lleva 17 días en promedio. Los costos de la distribución física internacional de acuerdo a Antún (2005) deben considerarse de acuerdo a dos categorías⁸, que deben analizarse en segmentos específicos de la cadena de transporte: en el país exportador, el tránsito internacional y el país importador. Por otro lado, el factor tiempo presenta un parámetro crucial en la distribución física internacional y está estrechamente asociado con el costo. Cada operación requiere un intervalo de tiempo para su ejecución. *El tiempo total invertido para llevar a cabo la distribución física internacional de un embarque se denomina usualmente tiempo de tránsito.*

⁸ El lector interesado en una explicación más exhaustiva puede consultar la referencia citada.

En el 2006 de acuerdo con Acevedo (2007), para México la carga fue distribuida como se muestra en la figura 3-2; el 53.57% para el autotransporte, lo que representa más de la mitad de la carga; en segundo lugar se observa el transporte marítimo con un 35.33%, le sigue el ferrocarril con un 11.03% de la carga desplazada, finalmente el transporte aéreo con un 0.07%.

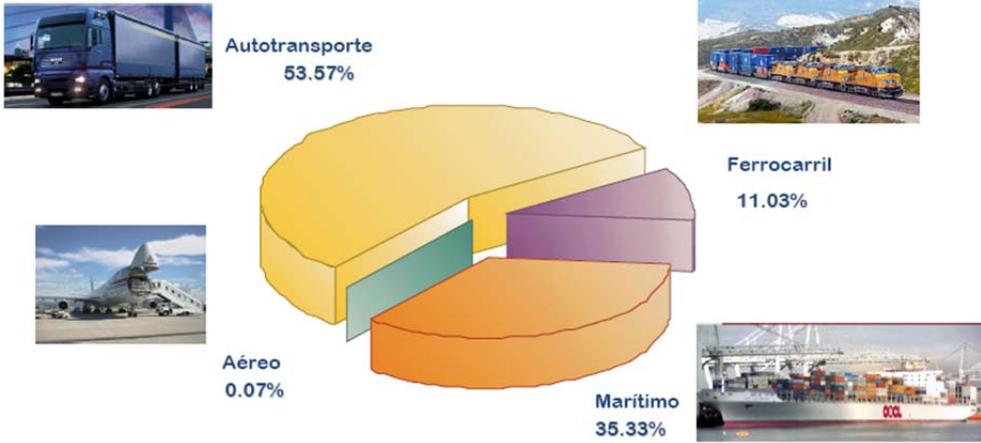


FIGURA 3-2. DISTRIBUCIÓN DE LA CARGA EN MEXICO. FUENTE: ACEVEDO (2007)

3.3.1.1.1 Rutas aéreas de carga

La figura 3-3 muestra la ruta Norteamericana que representa un 51% del total de las rutas, le siguen los vuelos Domésticos con un 25% de participación, en el tercer rubro con una ocupación del 16% está la ruta Transatlántica y finalmente la ruta sudamericana con un 8%.



FIGURA 3-3. PORCENTAJE DE PARTICIPACIÓN DE LA CARGA AÉREA POR DESTINO. FUENTE: EXTRAÍDO DE ACEVEDO (2007), BASADO EN EL DATOS DE LA SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES

La figura 3-4 señala las principales rutas aéreas que parten de tres aeropuertos importantes: México, Guadalajara y Monterrey; trece rutas aéreas de carga representa más de la mitad de las toneladas transportadas en 2005.

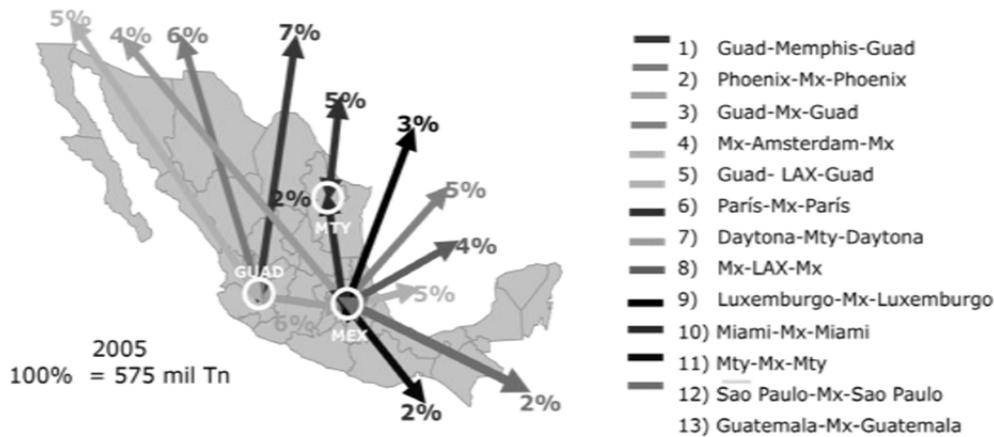


FIGURA 3-4. PRINCIPALES RUTAS AÉREAS DE CARGA. FUENTE: EXTRAÍDO DE ACEVEDO (2007), BASADO EN EL DATOS DE LA SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES

3.4 Ventajas y desventajas del transporte de carga aérea

La ventaja principal del transporte aéreo estriba en la rapidez, es especialmente importante cuando se trata del transporte de productos perecederos, por otro lado los productos de valor elevado que requieren un cuidado especial, obtienen este beneficio en el transporte aéreo; los costos de distribución se aminoran, debido a que se pueden mantener menores existencias en depósito, se reducen las posibilidades de pérdida o daño al producto; cabe mencionar que este tipo de transporte es el prioritario para movilizar flores, medicinas, correo urgente, cortes especiales de carne, algunas frutas, piezas de repuesto para automóviles o maquinaria y películas.

El envío aéreo está limitado al tamaño disponible en el avión y su diseño, por lo que los embarques tienen que restringirse a mercancías de peso y volumen limitados. El costo del transporte es de dos a cinco veces más alto que por camión o ferrocarril; los envíos por flete aéreo pueden sufrir demoras por condiciones climatológicas y, requieren de otro medio adicional para acceder a éste.

3.5 Sistema de transporte de carga aérea

En esta sección se describen los principales actores del sistema de transporte de carga aérea: las autoridades, las empresas de transporte público, y los aviones.

3.5.1 Autoridades

Las autoridades son las unidades administrativas y organismos gubernamentales que tienen funciones con la regulación y promoción del transporte aéreo.

3.5.2 Aerolíneas

Las aerolíneas en empresas de transporte público que movilizan la mayor y más significativa parte de la carga aérea dentro del país y la internacional, así como las organizaciones gremiales a los que pertenecen. Representan la parte sustancial de la oferta de servicios de transporte aéreo de carga para México; en cuanto a compañías extranjeras se pueden mencionar: FEDEX, Air France, UPS, Cargolux Airlines Inter., KLM, Martinair Cargo Holland, y Astar Air Cargo; las compañías nacionales líderes en este sector son: Autotransportes Mas de Carga, Aero Union, Aerovías de México (Aeromexico / Aeromexpress Cargo), Estafeta Carga Aérea, Aviacsa, entre otras.

3.5.3 Aviones

La palabra avión de acuerdo al diccionario de la Real Academia Española es derivada del francés *avion*, como forma aumentativa del latín *avis*, *ave*, también denominado aeroplano, es un aerodino de ala fija, o aeronave con mayor densidad que el aire, provisto de alas y un torso de carga capaz de volar, impulsado por uno o más motores. Los aeroplanos incluyen a los monoplanos, biplanos y triplanos. Según la definición de la OACI (Organización de la Aviación Civil Internacional) es un Aerodino propulsado por motor, que debe su sustentación en vuelo principalmente a reacciones aerodinámicas ejercidas sobre superficies que permanecen fijas en determinadas condiciones de vuelo. En el caso de no tener motor se trataría de un planeador y en los que superan la velocidad del sonido se denominan aviones supersónicos e hipersónicos.

Existen diversas clasificaciones en la literatura; de acuerdo a su uso (que pueden ser de carga, transporte de pasajeros, entrenamiento, sanitarios, contra incendios, etc.), o a la función de su planta motriz (aviones propulsados por motores a pistón, motores a reacción como turboreactor, turboreactor de doble flujo, turbohélice, etcétera; o propulsores denominados comúnmente cohetes).

3.5.4 Tipos de aviones de carga

Los aviones de carga pueden dividirse en tres grupos principalmente: los aviones mixtos, aviones de carga y súper transportadores.

Los aviones mixtos son aquellos que a la par de transportar pasajeros, tienen una parte de su volumen diseñada para la carga de mercancías. Los Airbus 320, 321 y 340 tienen una capacidad de carga desde 1.5 a 16 toneladas; en Boeing van desde los 737-300 y 737-500 con una capacidad de carga de 2 toneladas, hasta el 777-220 con una capacidad de 80 toneladas.

Los aviones dedicados exclusivamente a la carga ofrecen importantes diferencias a un avión normal, ya que poseen un mayor volumen de carga con una capacidad de hasta 112 toneladas; su capacidad puede incrementarse si cuentan con pallets adicionales en su cubierta principal y un 40% más de rango operativo a su máxima capacidad de carga.

Finalmente los súper-transportadores, como el Antonov 225 cuenta con una capacidad de carga de más de 250 toneladas, puede llevar no sólo uno, sino 3 o 4 tanques militares. Posee un rango de vuelo de 200 toneladas de carga de 4000 kilómetros. Este avión fue originalmente diseñado para la versión rusa del transbordador espacial. Otro ejemplar de este tipo es el Airbus 300-600 ST y es la clase de avión diseñado para transportar carga de grandes dimensiones. Si se necesita transportar un helicóptero o incluso un avión, éste es el transporte ideal. Posee un rango de vuelo con 47 toneladas de carga de 1667 kilómetros. Este avión posee una enorme área de carga localizada debajo de la cabina, permitiendo que la carga llene casi todo el largo del avión.

El Apéndice B presenta los tipos de aviones de carga con una descripción más detallada de los modelos mencionados en este apartado.

3.5.5 Contenedores aéreos

La carga aérea debe ser transportada en su mayoría en: pallets, contenedores de seguridad, isotérmicos, sencillos y para animales vivos; en el Apéndice C se ofrece una explicación más amplia de las especificaciones de cada uno de los contenedores y pallets. En este mismo apéndice se ofrece una visión de las principales etiquetas de comunicación, que son comúnmente colocadas en estos contenedores.

3.5.5.1 Pallets

La mayoría de los pallets son completamente de aluminio; el grueso y las dimensiones de largo y ancho dependen del código IATA (*International Air Transport Association*) con el cual es identificado; generalmente está asegurado con una red o con amarres de cuerda, junto con los ganchos de anclaje a lo largo de los lados; cuenta con ranuras verticales y horizontales que proveen puntos de agarre. Existen algunos pallets que incluyen dos soportes hechos con tubos de aluminio rectangulares, proveen un nivel superior, apto para montacargas y todo el kit puede ser desmantelado.

3.5.5.2 Contenedores

Un contenedor es un recipiente de carga para el transporte aéreo. Las dimensiones del contenedor se encuentran normalizadas para facilitar su manipulación. Existen diferentes tipos de contenedores dependiendo de la mercancía a contener; entre los cuales se pueden mencionar los contenedores de seguridad, regularmente contruidos de aluminio, a prueba de polvo y sonidos (sellos de goma), que pueden variar de uno a varios paneles; también existen los contenedores isotérmicos, que ofrecen un rango de temperaturas regulable, capacidad para almacenamiento de hielo en bloques o a granel, espuma de poliéster entre los paneles laterales, apertura con puerta de seguridad.

Los contenedores de uso general en su mayoría están hechos de aluminio, muchos de ellos son adaptables para cargar prendas con colgantes, manejables por montacargas, con plafones modulables adaptados para prendas con colgantes. Los contenedores para ganado son hechos de aluminio, generalmente están equipados con ventanillas cuentan con dos o más niveles, los paneles son removibles; los contenedores para caballos tienen una base de aluminio, están hechos a prueba de sonidos con espuma entre los paneles laterales, paneles y reparticiones interiores, piso antideslizante, particiones removibles para uno y hasta tres caballos, techo cubierto, puerta delantera y trasera hecha en rampa para permitir bajar y subir caballos.

3.5.6 Aeropuertos

Las administraciones locales y corporativas de los aeropuertos representan los nodos más importantes de la red aeroportuaria en relación con el movimiento de carga. “Un aeropuerto es un área definida de tierra o de agua (que incluye todas sus edificaciones, instalaciones y equipos), destinada total o parcialmente a la llegada, partida y movimiento de aeronaves” (Resendiz, 1995). Los elementos que integran un aeropuerto son el área operacional conformada por: pistas, calles de rodaje, plataformas, caminos de acceso, estacionamientos de automóviles, caminos perimetrales; y el área terminal; zona no aeronáutica que comprende las construcciones, instalaciones y equipo que sirve para atender a los pasajeros y al público en general.

3.5.6.1 Clasificación de los aeropuertos

De acuerdo con Llamas (2005), los aeropuertos generalmente son planeados como soporte de proyectos de desarrollo integral de regiones que requerirán del servicio de transporte aéreo para cumplir sus expectativas socio económicas; las funciones que debe cumplir el aeropuerto están íntimamente ligadas a las actividades de la ciudad a la que sirve; entre la infraestructura que equipa a un núcleo urbano, un aeropuerto ocupa un lugar preponderante.

Existen diversas clasificaciones de aeropuertos, que sirven diferentes propósitos. Por la gran variedad de actividades y servicios que deben llevarse a cabo en sus instalaciones, los aeropuertos pueden ser clasificados también tomando en cuenta las funciones que desempeñan en su entorno; aeropuertos sirviendo centros: turísticos, regionales, metropolitanos y fronterizos.

3.5.6.2 Características del AICM

De acuerdo con Aeropuertos y Servicios Auxiliares, Sistema Estadístico Aeroportuario (2000), el Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México Benito Juárez, es un aeropuerto de tipo metropolitano internacional, está localizado a una distancia de 5 km y a 30 min del centro de la ciudad de México, cuenta con dos pistas de asfalto, cuenta con plataforma comercial, de carga, rodajes, estacionamiento horario de operación las 24 hrs; las operaciones se han incrementado año con año, por lo que el sistema de pistas y rodajes se encuentra al límite de su capacidad, el A.I.C.M., ocupa el primer lugar en el movimiento aeroportuario nacional y continua siendo el centro de gravedad de la red aeroportuaria.

Como puerta de entrada comercial y turística al país, el Aeropuerto internacional de Ciudad de México (AICM) desempeña una función vital en el desarrollo de la economía de México; es el aeropuerto más concurrido de Latinoamérica y uno de los 30 aeropuertos más activos del mundo en lo que respecta a los pasajeros, operaciones y cargamento; cuenta con una red impresionante de modernas instalaciones, entre las que se incluyen restaurantes, tiendas, mostradores para la reserva de hoteles, información turística, cajeros automáticos, bancos, oficinas de cambio de divisas, servicios comerciales y una oficina de correos; cuenta con cerca de 340.000 vuelos al año y aproximadamente 20.000 empleados trabajando en el aeropuerto.

Las medidas de seguridad incluyen puntos de control en el aeropuerto, control realizado por perros adiestrados, agentes aéreos, inspección de equipaje y detección de materiales explosivos. Cada nivel de protección, por sí mismo, es capaz de prevenir ataques terroristas; al funcionar de forma conjunta, el valor de seguridad de los niveles es exponencialmente mayor, creando un sistema de seguridad global más robusto.

3.5.7 Agentes logísticos

Los agentes logísticos son empresas y organizaciones que representan a algunos de los agentes más influyentes de las cadenas logísticas para el abastecimiento y distribución física en México, como lo son los agentes de carga, agentes aduanales, terminales de carga y almacenes de mercancías.

Los operadores logísticos tienen el reto y la responsabilidad de ofrecer el mejor y más eficiente servicio en México, haciendo que los clientes tengan su producto al menor costo posible y en el tiempo pactado. Hay procesos logísticos que pueden ser relegados a un proveedor externo, lo que es conocido como 3PL por sus siglas en inglés (3 Party Logistics), donde el proveedor externo maneja y ejecuta estos procesos usando sus propios recursos y activos en nombre de la compañía del cliente. Antún (2005) señala que un OL (Operador Logístico) busca vender servicios de gestión de inventarios, conformación de pedidos y gestión de entregas, y un conjunto de servicios conexos denominados "de valor agregado"; entre éstos se encuentran: re-documentación técnica del producto (introducir en envase primario contrato de garantía, instrucciones de uso en idioma local); etiquetado de precios del producto (según áreas de mercado y/o tipo de puntos de venta); verificación que el "set" (variedad ofrecida, por ejemplo de sabores y/o colores, conjunto de componentes) que integra el producto y/o accesorios que lo acompañan esté completo; surtido de pedidos a partir de lotes comerciales del producto ("picking"); preparación final del producto (como los procesos de maduración de perecederos anteriores al reaprovisionamiento de puntos de venta); facturación y cobranza por cuenta del cliente; y atención de reclamaciones y gestión de flujos de retorno (manejo de devoluciones, manejo de envases retornables y empaques reciclables).

Según Herrera *et al* (2005), el movimiento de la carga aérea es una consecuencia directa de las actividades de manufactura y de los flujos que se dan en el comercio mundial. El auge de las relaciones comerciales y el crecimiento del país han determinado que se utilice, cada vez con mayor intensidad el transporte aéreo.

Actualmente existen diferentes modelos de negocio para el sector aéreo; por ejemplo existen aerolíneas dedicadas única y exclusivamente a la carga aérea como son Federal Express y AeroUnion; aerolíneas de carga que operan bajo un subsidio de aerolíneas regulares como lo son MasAir la cual es parte de grupo LAN⁹; aeronaves de transporte de carga operadas por aerolíneas reguladas o del tipo chárter que también tienen los servicios de pasajeros,¹⁰ como Air France; finalmente aeronaves que se dedican al transporte de pasajeros y que también dejan una gran parte de su capacidad al transporte de carga, tal es el caso de KLM. La tabla 3-1 muestra a las compañías más representativas en cuanto al volumen de carga en México.

La tabla 3-2 muestra el tipo de aeronave utilizado por algunas de las compañías mencionadas anteriormente.

TABLA 3-1. COMPAÑÍAS Y VOLUMENES DE CARGA AÉREA EN MÉXICO. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA CON REFERENCIA SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES (2005)

Compañía	Volumen Anual (Toneladas)
FEDERAL EXPRESS (USA)	65,839
MASAIR (MEXICO)	61,302
AEROUNION (MEXICO)	35,561
AEROMEXICO (MEXICO)	31,725
AIR FRANCE (FRANCIA)	27,734
UNITED PARCEL SERVICE	27,127
MEXICANA DE AVIACION (MEXICO)	22,210
CARGOLUX (LUXEMBURG)	21,412
ESTAFETA CARGA AEREA (MEXICO)	16,685

TABLA 3-2. COMPAÑÍAS AEREAS Y TIPO DE AERONAVE QUE UTILIZAN. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA CON BASE EN SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES (2005)

Compañía	Aeronave de carga
AEROPOSTAL	DOUGLAS DC-863
AEROUNION	AIRBUSES A300s
AIRFRANCE	BOEING 747-400F
ESTAFETA MEXICANA	BOEING 737-200/300s
JET PAQUETERIA	ROCKWELL CT-39 ^a
KLM	BOEING 747-400M
MASAIR	BOEING 737-300Fs

⁹ LAN es una aerolínea chilena que opera un grupo de compañías aéreas con sociedades en Chile, Argentina, Perú y Ecuador. Ofrece destinos en Latinoamérica, Norteamérica, el Caribe, Oceanía y Europa. Desde 2000 es miembro activo de la alianza Oneworld y tiene varios acuerdos con otras aerolíneas, lo que le permite cubrir una gran cantidad de destinos en el mundo. http://www.lan.com/es_mx/sitio_personas/index.html

¹⁰ Compañía aérea dedicada a la realización de vuelos a la demanda, sin calendario ni itinerario prefijados.

4 COMERCIO INTERNACIONAL

En este capítulo se ofrece una visión panorámica del Comercio Internacional. La base para el desarrollo de este capítulo se fundamenta en las publicaciones del Instituto de Ingeniería realizadas por investigadores del Laboratorio de Transporte y Sistemas Territoriales del Instituto de Ingeniería de la UNAM, y de los apuntes del Curso Básico de Capacitación en Comercio exterior y Aduanas, propedéutico de la especialidad en Tráfico de Mercancías y Tramitación Aduanal de la Unidad Profesional aduanera y de Comercio Internacional S.C.

4.1 INCOTERMS para uso en el transporte aéreo

La globalización de los mercados internacionales ha impulsado las operaciones y el aumento de la complejidad de las mismas, creciendo proporcionalmente los malentendidos y los litigios costosos cuando no se especifican de manera clara las obligaciones y los deberes de las partes que intervienen en una operación de compraventa; las leyes de cada país o unión de países proporcionan cobertura jurídica dentro del territorio en el que han sido aprobadas, y no se pueden aplicar fuera de su jurisdicción.

“Los INCOTERMS o términos de comercio internacional son un conjunto de reglas para la interpretación de los términos comerciales más utilizados en las transacciones de comercio exterior, en todo el mundo” (Antún, 2005); son usos y costumbres mundialmente aceptados, los cuales son muy útiles en operaciones de compraventa internacional de mercancías, ya que definen el precio de venta, costos integrados al precio de venta (gastos que van incluidos en el precio al cual se está vendiendo una mercancía), reparto de los costos de la operación (a quién -comprador o vendedor- le corresponde pagar cuáles gastos involucrados en la operación de compraventa de la mercancía), define el punto exacto de la entrega física de la mercancía por parte del vendedor al comprador, define claramente a partir de qué punto exacto se transmite la responsabilidad de todo lo que pueda pasarle a la mercancía. La descripción de INCOTERMS presentada aquí se basa en los apuntes del Curso Básico de Capacitación en Comercio exterior y Aduanas, propedéutico de la especialidad en Tráfico de Mercancías y Tramitación Aduanal de la Unidad Profesional aduanera y de Comercio Internacional S.C. y de Antún *et al.*, (2005).

Los INCOTERMS no tienen carácter de Ley, ya que provienen de un organismo internacional que tiene carácter privado (netamente empresarial de iniciativa privada) como lo es la CIC (Cámara Internacional de Comercio) de la Cd. de París, Francia, el cual está conformado por empresarios. “No todos los INCOTERMS se aplican a cualquier modo técnico de transporte como modo principal de una cadena de transporte, y en particular al segmento internacional de ésta” Antún *et al.*, (2005).

A continuación se señalan los INCOTERMS que hay que aplicar correctamente según el modo de transporte, de acuerdo a Antún (2005). Para cualquier modo de transporte:

- Grupo E: EXW: en fábrica (...lugar convenido)
- Grupo F: FCA: franco transportista (...lugar convenido)
- Grupo C: CPT: Transporte pagado hasta (...lugar convenido) y CIP: Transporte y seguro pagado hasta (...lugar convenido)
- Grupo D: DAF: Entregada en frontera (...lugar convenido), DDU: Entregada derechos no pagados (...lugar convenido) y DDP: Entregada derechos pagados (...lugar convenido)

Para transporte por mar y vías navegables interiores exclusivamente:

- Grupo F: FAS: Franco al costado del buque (...puerto de carga convenido), FOB: Franco a bordo (...puerto de carga convenido)
- Grupo C: CFR: Coste y flete (...puerto de destino convenido) y CIF: Costo, seguro y flete (...puerto de destino convenido)
- Grupo D: DES: Entrega sobre buque (...puerto de destino convenido) y DEQ: Entrega en muelle (...puerto de destino convenido)

A continuación se exponen cada uno de los INCOTERMS para el transporte aéreo. Una explicación exhaustiva de los INCOTERMS en el transporte terrestre y marítimo se ofrece en el Apéndice D.

4.1.1 EXW - Ex Works

El INCOTERM EX WORKS supone la menor responsabilidad por parte del vendedor y la mayor por parte del comprador; en el caso de transporte aéreo aplican exactamente las mismas condiciones que para los casos anteriormente vistos para este término.

4.1.2 FCA - Free Carrier At...

FCA: Franco transportista (...lugar convenido). Este término incluye, además de todos los gastos que incluye EXW, gastos de transporte local al aeropuerto de salida, despacho de exportación aduanal en el aeropuerto y todos los gastos y maniobras necesarias hasta que se verifica la entrega a la aerolínea en el aeropuerto de salida; cabe señalar que bajo este INCOTERM el vendedor únicamente entrega carga ya exportada a la aerolínea, no la

vuela; se entrega al momento de que el almacén fiscalizado que presta servicios en tierra a la aerolínea recibe la mercancía del agente aduanal y, la responsabilidad se pasa del vendedor al comprador en el preciso instante en que la mercancía es cargada a la aeronave. Este INCOTERM deja la entera libertad a ambas partes para negociar el aeropuerto que mejor les convenga, por ello queda en puntos suspensivos la última parte de su designación.

4.1.3 CPT – Carriage Paid To...

CPT: Transporte pagado hasta (...lugar convenido). Bajo este término habrá que agregarle a todos los gastos de FCA, el del transporte aéreo internacional de las mercancías, desde el aeropuerto convenido de origen hasta el aeropuerto convenido de destino, con la aclaración de que el vendedor paga el flete aéreo sin hacerse responsable de lo que le ocurra a las mercancías durante el mismo. En caso de haber daños, pérdidas, faltantes o discrepancias con la mercancía, nadie responderá por ello, salvo la aerolínea, dentro de las limitantes que para ello impone el contrato de transportación aérea. Cuando se requiere tener una mayor garantía, se deberá contratar un seguro por propia cuenta. Este término se entrega del vendedor al comprador, cuando la aeronave llega al aeropuerto convenido de destino con la mercancía a bordo.

4.1.4 CIP- Carriage, Insurance Paid To...

Cuando es necesario que exista la contratación del seguro, este INCOTERM maneja exactamente los mismos cargos que el anterior, pero adicionando la contratación de un seguro aéreo que cubre toda la parte de trayecto aéreo internacional.

4.1.5 DDU – Delivery Duty Unpaid

En este INCOTERM al igual que en los casos anteriores, se verifica la entrega hasta el domicilio del cliente comprador, con todos los gastos ya debidamente cubiertos, como flete de recolección, despacho aduanal de exportación y maniobras hasta entrega a la aerolínea, flete aéreo internacional, seguro (si se acordó), despacho aduanal de importación, gastos y maniobras, y flete local de entrega hasta el domicilio del cliente. El punto de entrega de este INCOTERM es cuando se inicia la descarga de la mercancía, por parte del comprador, en su propio domicilio.

4.1.6 DDP – Delivery Duty Paid

Como ya se describió anteriormente, el punto de entrega de este INCOTERM es cuando se inicia la descarga de la mercancía, por parte del comprador, en su propio domicilio y el vendedor cubrió todos los gastos.

4.2 Regímenes aduaneros

Los regímenes aduaneros son todas las operaciones válidas legalmente a las cuales se puede destinar una mercancía sujeta a una operación de comercio exterior. El Artículo 90 de la Ley Aduanera define los siguientes regímenes: definitivo de importación o exportación; temporal de importación o exportación; tránsito de mercancías; depósito fiscal; elaboración; transformación o reparación en recinto fiscalizado, y recinto fiscalizado estratégico. A continuación se describe cada uno de ellos.

4.2.1 Definitivo de importación o exportación

En definitivo de importación o exportación, la mercancía paga completamente las contribuciones al Comercio Exterior y cumple enteramente con las regulaciones y restricciones, para poder quedarse en territorio nacional por tiempo indefinido (en el caso de importación) o en el extranjero por tiempo indefinido también (en el caso de exportación).

4.2.2 Temporal de importación o exportación

En temporal de importación o exportación, la mercancía no permanecerá en el país (importación) o en el extranjero (exportación) más que por un lapso establecido de tiempo límite, y una vez terminado ese plazo de tiempo deberá retornarse al extranjero (en importación temporal), o bien regresar a territorio nacional (en exportación temporal). Los regímenes temporales de importación o exportación tienen a su vez variantes que se enuncian a continuación:

- Para retorno en el mismo estado; en este caso la mercancía es traída (importación) o enviada (exportación) al extranjero, para que regrese sin que se le hagan cambios, alteraciones ni reparaciones.
- Para reparación; en este caso la mercancía es traída (importación) o enviada (exportación) al extranjero para practicarle una reparación.
- Para elaboración o transformación; en este caso la mercancía es traída (importación) o enviada (exportación) al extranjero con el objeto de hacer un

proceso industrial de ensamble, transformación o manufactura, proceso tal que dé como resultado un producto terminado, con una fracción arancelaria distinta a la de los insumos y partes a partir de los cuales fue producido; cabe señalar que en el caso de la importación temporal, los maquiladores que desean ejercer este régimen aduanero, deberán tener previamente un Programa IMEX (Industria Maquiladora Manufacturera de Exportación) otorgado y autorizado por la Secretaría de Economía, con el cual obtienen beneficios fiscales.

4.2.3 Tránsito de mercancías

Bajo el régimen de tránsito de mercancías, éstas son trasladadas de una aduana a otra, con los impuestos ya calculados pero pendientes de pago, viajando selladas con un candado fiscal de color rojo que indica claramente tal circunstancia. Un tránsito es promovido frecuentemente para evitar lo engorroso, caro y lento de las operaciones por una aduana, deficiente en su operación; moviendo el embarque a una aduana interna que tenga operación más ágil, los tránsitos son de carácter interno (de aduana de entrada a aduana de despacho o viceversa), y los tránsitos internacionales son de una aduana de entrada a una aduana de salida; por ser estos últimos muy factibles para operaciones del narcotráfico, en la actualidad se encuentran parcialmente derogados.

4.2.4 Depósito fiscal

El Depósito Fiscal consiste en extraer una mercancía de una aduana, teniendo los impuestos pendientes de pago, para trasladarla a una almacenadora de depósito fiscal debidamente autorizada por la Secretaría de Hacienda. La mercancía es depositada por un período de tiempo indefinido, sin correr los riesgos de que cause abandono, con mejor seguridad y servicio de almacenamiento, y con la facilidad de hacer exhibiciones a los clientes compradores para poder venderla “poco a poco”. En este caso, la almacenadora de depósito fiscal en su carácter de institución auxiliar de crédito queda como aval del importador, por el monto de impuestos pendientes de pago, los cuales finalmente serán liquidados cuando se decida extraer tal mercancía.

4.2.5 Elaboración, transformación o reparación en recinto fiscalizado

El régimen de Elaboración, Transformación o Reparación en Recinto Fiscalizado fue diseñado para la operación de la industria automotriz ensambladora, las denominadas armadoras de autos; es en esencia similar al de importación temporal, pero con la diferencia de que en este caso la propia planta ensambladora de autos es un recinto fiscalizado habilitado por la Secretaría de Hacienda, para guardar en su interior mercancías y maquinaria de procedencia extranjera sin el pago de impuestos; el régimen

básicamente consiste en traer del extranjero partes y componentes, para realizar el armado de vehículos automotores nuevos, para su posterior exportación.

4.2.6 Recinto fiscalizado estratégico

Un recinto fiscalizado estratégico es un parque industrial, en el cual hay empresas instaladas; es administrado y desarrollado por la iniciativa privada, bajo un régimen de concesión federal, cuenta con una garita de acceso y una de salida, supervisadas por la autoridad aduanera; dentro de este tipo de parques industriales se puede hacer muchas distintas operaciones, tales como: exentar completamente el pago de los impuestos; exentar el cumplimiento de los permisos; destinar prácticamente a cualquiera de los regímenes anteriormente citados, cualquier mercancía que se requiera para fines de proceso industrial; y no utilizar los servicios de las almacenadoras ni de los agentes aduanales. Todos los embarques bajo desaduanamiento libre (que no sean revisados ni por la autoridad aduanera, ni por los dictaminadores concesionados del segundo reconocimiento) y todas las mercancías que están en estos recintos fiscalizados estratégicos, se consideran *virtualmente* exportadas.

4.3 Riesgos en una operación de comercio internacional

En este apartado se resumen algunos de los principales instrumentos disponibles que permiten prevenir y proteger una operación de importación y/o de exportación contra algún riesgo en específico. La tabla 4-1 ilustra el riesgo en el que se incurre y el respectivo instrumento de protección que debe ser utilizado para minimizarlo. La descripción se ha basado en los apuntes del Curso Básico de Capacitación en Comercio exterior y Aduanas, propedéutico de la especialidad en Tráfico de Mercancías y Tramitación Aduanal de la Unidad Profesional aduanera y de Comercio Internacional S.C.

TABLA 4-1 RIESGOS E INSTRUMENTOS DE PROTECCION PARA UNA OPERACIÓN DE COMERCIO INTERNACIONAL. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

RIESGO	INSTRUMENTO DE PROTECCION
Falta de pago	Carta de crédito documentario bancario internacional Seguro de crédito
Mercancía defectuosa, mal surtida o sin cumplir especificaciones	Inspección de mercancías en origen previa al embarque
Incumplimiento de contrato posventa	Garantía contractual
Variación inesperada en el tipo de cambio	Cobertura cambiaria
Robo, asalto, daño, accidente, retraso	Seguro de daños

4.3.1 Carta de crédito documentario bancario internacional

La Carta de Crédito Documentario Bancario Internacional fue diseñada como una garantía de pago segura y confiable; en este mecanismo interviene la banca internacional como

mediador del pago por una mercancía que es objeto de una operación de compra venta entre dos personas o empresas ubicadas en países diferentes. El vendedor deposita documentos originales, que prueban legalmente la existencia y el envío de la mercancía (Factura, Certificado de Origen y Documento de Transporte Internacional) en su respectivo Banco local; por la otra parte, el comprador deposita una suma de dinero por el valor de la mercancía, a su vez en su respectivo Banco local; posteriormente ambos Bancos entablan negociación e intercambian el Dinero y los Documentos originales dentro de un esquema seguro. La Carta de Crédito cubre los intereses del que vende al garantizarle que recibirá el pago de la mercancía con absoluta seguridad.

4.3.2 Seguro de crédito

Si el comprador se reusa a depositar el efectivo por el valor de la mercancía en su banco local, la carta de crédito no es factible, en estos casos se contrata un seguro de crédito; este tipo de seguro cubre a la parte vendedora exportadora contra una probable falta o negativa de pago por parte del comprador en el extranjero. Para contratar un seguro de crédito, primeramente el vendedor exportador contrata a la aseguradora; posteriormente la aseguradora investiga al comprador extranjero a través de una aseguradora corresponsal en el país del comprador, para verificar qué tan confiable es; por su parte la aseguradora corresponsal emite un dictamen acerca de la investigación de crédito del comprador, el cual puede ser viable o no viable; en este último caso la operación se cancela, pero si el dictamen indica que el comprador extranjero es viable se asegura la operación; finalmente si el plazo de crédito dado por el vendedor al comprador se vence y no hay pago, el vendedor gestiona (fuera de tribunales) el pago al comprador y recaba pruebas de ello; finalmente la aseguradora indemniza al vendedor, recaba documentos y a través de la corresponsal inicia acción legal contra el comprador para recuperar el dinero pagado.

4.3.3 Inspección de mercancías en origen previa al embarque

Algunos de los riesgos que ocurren con mayor frecuencia al realizar una compra de mercancías en el extranjero son: que sea recibida mercancía que no fue convenida con el vendedor; especificaciones de talla, color, modelo etcétera, diferentes a las que se solicitaron al proveedor; mercancía defectuosa, en descomposición o contaminada; mal surtido de las cantidades solicitadas (demasiá o faltantes), entre otras. Para prevenir esto se solicita a una entidad verificadora (empresas globales de verificación y certificación de procedimientos y de calidad) que programe una inspección de lote de mercancías en origen (*Pre Shipment Inspection*) a través de una oficina filial o corresponsal ubicada en el país del proveedor, la cual revisa físicamente las mercancías para verificar que éstas se encuentren en buen estado, sean de la cantidad solicitada y cumplan con las especificaciones solicitadas por el comprador; la certificadora proporciona un reporte, el

cliente comprador que solicitó la inspección recibe el reporte y decide si compra, o bien cancela la orden si es que la mercancía presenta problemas.

4.3.4 Garantía contractual

Este instrumento se utiliza en operaciones que requieren garantizar un servicio pos venta, tales como licitaciones internacionales para la realización de obras, compra- venta de maquinaria industrial y tecnología o bien compra-venta internacional de aparatos y mercancías que requieren una garantía de soporte y servicio técnico posterior a la venta. En situaciones cuando el comprador requiere la garantía de que el proveedor le de soporte técnico y servicio posventa, el vendedor deposita previamente una suma de dinero, previamente establecida, como garantía de que cumplirá su palabra; en el caso de que se presente demanda por parte del comprador señalando incumplimiento del contrato, el dinero depositado queda a disposición del comprador para que supla, consiga refacciones o servicio y soporte técnico ante la falta de cumplimiento por parte del proveedor.

4.3.5 Cobertura cambiaria

Cuando se llevan a cabo operaciones de compra venta internacional de mercancías, y éstas son pactadas en diferentes divisas, supone un riesgo que puede afectar indistintamente a cada una de las partes contratantes, dado que los mercados bursátiles internacionales están en constante movimiento y una fluctuación violenta se puede dar en cualquier momento. Cuando se hace una operación de importación o exportación de mercancías y ésta es en divisas volátiles, que de un momento a otro se pueden disparar o desplomar, es recomendable contratar una cobertura cambiaria que funciona como un seguro, así que en caso de que el tipo de cambio suba o baje inesperadamente sea precisamente la cobertura la que absorba dicho impacto monetario.

4.3.6 Seguro de daños

La contratación de un Seguro de daños durante el segmento de transporte internacional de la mercancía se hace indispensable, los daños pueden ser tangibles (mojadura, rotura, pérdida total, robo etcétera,) o intangibles (retraso en la llegada que cause daño económico). El mecanismo es sencillo, simplemente se procede a asegurara la mercancía, antes de que eésta sea embarcada contra los riesgos que se deseé proteger.

4.4 Regulaciones y restricciones arancelarias

La investigación realizada servirá para tener una mejor comprensión de lo que sucede a nivel sistémico en el proceso de importación y exportación de las mercancías; a pesar de la densidad de la información, ésta servirá para la obtención de un modelo mucho más real, robusto y flexible para la simulación.

Los distintos países que participan del intercambio comercial internacional deben de controlar la entrada o salida de mercancías de sus territorios: cobrando impuestos (aranceles) e imponiendo una serie de limitantes y requisitos (permisos, papeleos); al primer tipo de control se le llama genéricamente Regulaciones y Restricciones Arancelarias, ya que son causadas con base en Aranceles (impuestos) que el importador o exportador deberá pagar al país a través de un agente aduanal. En este primer apartado se exponen las regulaciones y restricciones.

La razón por la cual cada país impone libremente sus propias limitaciones a la entrada o salida a su territorio de ciertas mercancías, obedece en específico a las necesidades y a la economía de dicho país; dichas medidas de regulación y restricción pretenden: en el caso de la importación, evitar la saturación del mercado nacional con el consecuente daño a las industrias mexicanas; o en el caso de la exportación, evitar el desbaste en el mercado nacional de bienes que son prioritarios y estratégicos para el consumo de la población.

Las dependencias de gobierno de manera directa o indirecta, intervienen en el control y regulación de las operaciones de importación y exportación de mercancías del país o al país, cuya función es la de crear, adaptar, modificar y establecer reglas claras, penas, sanciones y límites a los industriales organizados en Cámaras y Asociaciones. Con la finalidad de evitar mayores conflictos entre el gobierno federal y las cámaras y asociaciones, existe una mesa de trabajo COCEX (Comisión de Comercio Exterior) dependiente de la Secretaría de Economía, que es precisamente la mesa de trabajo en donde todos estos asuntos son tratados. La Secretaría de Economía funge como moderador, conductor y árbitro entre las distintas partes que se disputan sus intereses en esta mesa de trabajo; otra parte fundamental es la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, la que a través del SAT (Servicio de Administración Tributaria) y de la AGA (Administración General de Aduanas) controla las 49 Aduanas del país. A continuación se describen las principales contribuciones a las operaciones de comercio exterior en México. La base para el desarrollo de este apartado son los apuntes del Curso Básico de Capacitación en Comercio Exterior y Aduanas, propedéutico de la especialidad en Tráfico de Mercancías y Tramitación Aduanal de la Unidad Profesional aduanera y de Comercio Internacional S.C.

4.4.1 IGI-IGE

El IGI-IGE (Impuesto General a la Importación / Impuesto General a la Exportación) es la contribución al gobierno mexicano por introducir (importación) o extraer (exportación) mercancía del territorio nacional, su base legal está en la LIGIE (Ley de los Impuestos Generales a la Importación y Exportación), a este impuesto también se le dan los nombres de Arancel, o Duty en idioma Inglés. En la legislación mexicana, el IGE a la exportación está prácticamente derogado, ya que la gran mayoría de las exportaciones no lo gravan, es decir están exentas de este impuesto.

4.4.2 DTA

El DTA (Derecho de Trámite Aduanero) se paga por el uso que se hace de las instalaciones en cualquiera de las 49 Aduanas del país; esta contribución es para pagar los gastos de operación propios de las Aduanas, como sueldos, mantenimiento etcétera; su fundamento legal reside en el Art. 49 de la Ley Federal de Derechos.

4.4.3 IVA

El IVA (Impuesto al Valor Agregado) se paga únicamente a la importación, las exportaciones están exentas de esta contribución. Se calcula sobre la base de: precio marcado en la factura de la mercancía más fletes, seguros y demás gastos como DTA, IGI, y cualquier otra contribución adicional si es que la hay; al valor resultante de esta suma se le calcula el IVA y se cobra en el Pedimento. También hay que resaltar que el IVA se paga a tasa del 10% en Franjas y Regiones Fronterizas, y al 16% en el interior del país.

4.4.4 CC

El CC (Cuota Compensatoria) se trata de un aprovechamiento fiscal que es aplicado como resultado de una Investigación de Prácticas Desleales de Comercio Exterior, por parte de la respectiva Unidad Internacional de la Secretaría de Economía; cuando ésta descubre que hay subvención, que es un subsidio exagerado por parte del gobierno del país de origen a favor del fabricante extranjero, que hay discriminación de precios, lo que quiere decir que el producto es del mismo precio o inclusive artificialmente menor, más barato, ya colocado en México, de lo que realmente cuesta en su país de origen.

4.4.5 IEPS

El IEPS (Impuesto Especial sobre Producción y Servicios) es el impuesto que aplica a la importación de cigarrillos y bebidas alcohólicas; Los importadores previamente deberán estar dados de alta en un Padrón específico para tal fin; este impuesto se grava por separado de los demás, sobre el valor del embarque, y su base normativa es la propia Ley del IEPS.

4.4.6 ISAN

El ISAN (Impuesto sobre Autos Nuevos) es una contribución que se aplica a las industrias armadoras y/o comercializadoras de autos al mayoreo. Los particulares no pueden importar autos al amparo del pago de este impuesto, solamente empresas automotrices y por mayoreo. Su base normativa es la propia Ley del ISAN.

4.5 Regulaciones y restricciones no arancelarias

El segundo tipo de control de mercancías que entran al país es conocido como: Regulaciones y Restricciones no Arancelarias, las cuales son basadas principalmente en permisos y trámites a cumplir ante las diferentes dependencias del gobierno respectivo de cada país; se trata de un cúmulo de trámites, permisos y papeleos que es necesario cumplir para poder importar o exportar una mercancía. La investigación sobre este tipo de controles es muy importante para tener una mejor comprensión de lo que sucede a nivel sistémico en el proceso de importación y exportación de las mercancías. La 4-1 ilustra las dependencias gubernamentales ante las cuales es necesario realizar algún tipo de trámite.



FIGURA 4-1 ILUSTRAS LAS DEPENDENCIAS GUBERNAMENTALES ANTE LAS CUALES ES NECESARIO REALIZAR ALGÚN TIPO DE TRÁMITE (DEPENDE DEL TIPO DE MERCANCÍA). FUENTE ELABORACIÓN PROPIA CON BASE EN: [HTTP://WWW.GOOGLE.COM.MX](http://www.google.com.mx)

4.5.1 Trámites ante la Secretaría de Hacienda y Crédito Público

Es la SHCP (Secretaría de Hacienda y Crédito Público), la institución ante la cual deben gestionarse los primeros permisos, ya que de lo contrario no se podrá llevar a cabo la operación de comercio internacional. Estos permisos se describen a continuación.

4.5.1.1 Alta en el padrón de importadores

El Padrón de los Importadores es un registro de control en el cual deberán inscribirse obligatoriamente todos aquellos que importen mercancías del extranjero; su función es la de establecer un estricto control de cantidades, precios e impuestos pagados por los importadores de mercancías, comparándolo con los registros existentes en el RFC (Registro Federal de Contribuyentes). Los requisitos son: tramitar solicitud, estar dado de alta en el RFC, tener empresa constituida (preferente) y acreditar importaciones a través de un Encargo Conferido a un Agente Aduanal.

Hay dos tipos de Padrón de Importadores: el General y el de Sectores Específicos, el de sectores específicos estaba plenamente vigente hasta antes de su derogación parcial y se aplicaba a productos de sectores económicos estratégicos como son el calzado, juguete, ropa, electrónica, textil, etcétera; actualmente sólo siguen en pie aquellos sectores que requieren de regulaciones de tipo sanitario o de seguridad nacional. Su base legal radica en el Art. 59 de la Ley Aduanera y en la Regla 2.2.1 de Carácter General en Materia de Comercio Exterior.

4.5.1.2 Encargo conferido al agente aduanal.

Es el poder legal que el importador confiere a uno o más Agentes Aduanales (pueden ser 10 si es persona física y 30 si es persona moral; sin límite, si es una dependencia de gobierno), para aceptar que lo representen ante la Autoridad Aduanera en el Despacho Aduanero de las mercancías. Éste se tramita electrónicamente en la página www.aduanamexico.sat.gob.mx, utilizando para ello la FIEL (Firma Electrónica) del contribuyente; este trámite y el formato que existe en dicha página son indistintamente para otorgar o revocar el encargo al agente(s), puede ser por una sola operación individual, por un tiempo determinado o por tiempo indefinido, el requisito previo es que el cliente ya esté dado de alta en el Padrón de Importadores y en el RFC.

4.5.2 Trámites ante la Secretaría de Economía

La Secretaría de Economía, dentro de la esfera de su competencia, es el órgano mediador, regulador y emisor de todas las publicaciones de nuevas regulaciones y

restricciones al Comercio Internacional de mercancías en nuestro país, su función es la de proteger e incentivar la economía nacional coadyuvando a la generación de riqueza y nuevos empleos para la población. Hay diversas áreas encargadas de la gestión de distintos trámites a la importación o exportación de mercancías, entre ellas cabe destacar la Dirección General de Servicios al Comercio Exterior, a cargo de diversos trámites y, la Dirección General de Normas que es la que regula las NOMs (Normas Oficiales Mexicanas) vigentes, la Ley de Comercio Exterior, correspondiente a la Secretaría de Economía operativamente, y la Ley Aduanera, que corresponde a la Secretaría de Hacienda..

4.5.2.1 Aviso automático y permiso previo a la importación.

Se debe obtener el Permiso Previo a la Importación antes de que la mercancía llegue al país, y una vez que el embarque esté en la Aduana el Agente Aduanal se debe gestionar el correspondiente Aviso Automático por cada embarque que cruce. Este trámite se realiza ante la Dirección General de Servicios al Comercio Exterior, de la propia Secretaría de Economía, aplica principalmente a artículos usados (por ejemplo: llantas y autos) que requieren de otros permisos (como autos blindados), o bien que son sectores estratégicos de la economía nacional (siderúrgico).

4.5.2.2 Validación de certificado de origen de exportación.

El Certificado de Origen es el documento que prueba el país de origen de la mercancía (es aquel en el cual fue fabricada, cosechada, sembrada, procesada, pescada, extraída del subsuelo o ensamblada) y el país de procedencia, que es simplemente aquel en el cual fue adquirida para ser traída a México. Cada Tratado de Libre Comercio tiene sus criterios de origen, sobre cuándo se puede considerar que una mercancía tiene origen en tal o cual país; la gran mayoría de las mercancías son híbridas ya que están compuestas de piezas e ingredientes que provienen de muchos países distintos, por lo que la determinación es complicada; existen diversos criterios para cada tratado, por ejemplo puede considerarse como país de origen aquel del cual provengan la mayoría de los componentes ya sea en porcentaje, en importancia o en valor; también puede considerarse como origen aquel país en el cual se hizo el armado o ensamblado final del producto.

Emitir el Certificado de Origen le corresponde al exportador que vende la mercancía, en el caso de México existen varios Tratados de Libre Comercio que requieren la emisión de un Certificado de Origen por parte de la Secretaría de Economía en original y debidamente validado, autenticado, sellado y firmado por un funcionario autorizado, (previo cotejo e investigación, que los productos realmente fueron fabricados o procesados en México). En este caso el trámite se realiza ante la Dirección General de Servicios al Comercio Exterior, la cual solicitará los siguientes requisitos: factura, comprobante de venta de

exportación, lista de empaque; y el cliente exportador debe solicitar el trámite del correspondiente Certificado de Origen al amparo de algún Tratado de Libre Comercio.

4.5.2.3 Obtención del certificado de cupo para importación y exportación

El *cupo* es una restricción de cantidad de mercancía que puede ser importada o exportada por un determinado poseedor de un *Certificado de Cupo* debidamente firmado y validado por la Secretaría de Economía; tanto a la importación como a la exportación obedece a una necesidad de controlar las cantidades de mercancía que ingresan o salen del mercado nacional a efecto de mantener un correcto equilibrio del mismo, de tal manera que no afecte al cliente consumidor mexicano ni a los productores nacionales; existe en dos modalidades: (1) Cupo a la Importación y el (2) Cupo a la Exportación. Primeramente, la Secretaría de Economía declara *cupo* ya sea a la exportación o a la importación para un producto o grupo de productos en específico, lo anterior se fundamenta en una serie de estudios e investigaciones realizadas, o bien con base en quejas de alguno o varios sectores empresariales nacionales; posteriormente se publica la convocatoria para la licitación pública de asignación de los correspondientes *Certificados de Cupo* en el diario Oficial de la Federación; finalmente se celebra la citada licitación a la cual concurren todas las empresas interesadas en la obtención de un Certificado de Cupo, ganando solamente las que ofrezcan las mejores garantías de un correcto y completo uso del mismo con base en la solidez, el capital, la capacidad de distribución y la probada actividad en materia de Comercio Internacional de cada empresa.

4.5.2.4 Certificación de normas oficiales mexicanas

Las NOMs (Normas Oficiales Mexicanas) son parámetros mínimos de calidad o bien de contenido de información exigibles a cualquier producto o servicio que se pretenda comercializar en nuestro país; son emitidas y reguladas por la DGN (Dirección General de Normas) de la Secretaría de Economía, en colaboración e interacción conjunta con las demás dependencias de Gobierno dentro de sus respectivas esferas de acción; existen dos grandes grupos de estas Normas:

- (a) NOMs de información al público usuario: Contienen las definiciones exactas de la información mínima de uso de un producto como son sus cualidades, el contenido, el país de origen, la cantidad, etcétera; su finalidad es que el consumidor final del producto haga un uso óptimo del mismo y conozca su origen, sus propiedades y la cantidad que está adquiriendo; esta variedad de NOMs es verificable durante la inspección que se lleva a cabo durante el reconocimiento previo de las mercancías.
- (b) NOMs de Control de Calidad: Son de carácter técnico y científico, su verificación únicamente podrá ser a través de la contratación de laboratorios de certificación

debidamente certificados a su vez por EMA (Entidad Mexicana de Acreditación), organismo regulado por la Secretaría de Economía.

El proceso de obtención y acreditación de una NOM para un producto nuevo en el mercado y cuando es primera vez que se importa, se describe a continuación:

1. Importar anticipadamente muestras del producto que se desea traer al país.
2. Consultar en la DGN el listado de laboratorios y entidades de acreditación privadas autorizadas y certificadas por EMA, cuyos dictámenes tienen reconocimiento y validez legal.
3. Elegir un laboratorio certificado y proporcionarle las muestras requeridas, la información científica y de carácter técnico que sea necesaria.
4. Esperar la emisión del correspondiente Certificado de Acreditación de Conformidad con la NOM.
5. Acudir con el Certificado de Acreditación de Conformidad con la NOM, emitido por el laboratorio privado, a la DGN para validarlo y registrar el producto dentro de la NOM correspondiente.
6. Verificar que el etiquetado, instructivos y garantías del producto son correctos, para lo cual se le practica un reconocimiento previo por parte del Agente Aduanal al embarque antes de ser importado.

4.5.2.5 Precios estimados a la importación.

Los precios estimados a la importación son una restricción que pretende evitar prácticas desleales (declarar un valor mucho menor al real) por parte de ciertos importadores, que con el objeto de evadir impuestos pagando menor cantidad, declaran un valor ficticiamente bajo para un producto. Los precios estimados de garantía son un listado de productos agrupados por fracción arancelaria, detallando el precio unitario (individual, por pieza) mínimo que podrá ser declarado para efectos de pago de arancel en Aduana. Los importadores deberán respetar esta cantidad mínima establecida, a efecto de contrarrestar los nocivos efectos de la subvaluación en el mercado nacional.

4.5.3 Trámites ante la Secretaría de Salud

La Secretaría de Salud tiene responsabilidad de supervisar la seguridad de la población nacional en aspectos como los alimentos, medicamentos, complementos alimenticios, cosméticos, etcétera; que por su uso o función tienen contacto directo con el cuerpo humano o son ingeridos por humanos, cuidando evitar la introducción al mercado nacional de productos o sustancias que puedan representar un riesgo para la salud humana. Para el efectivo cumplimiento de sus atribuciones está la COFEPRIS (Comisión Federal para la Prevención de Riesgos Sanitarios) dependiente de la propia Secretaría de Salud, la cual es la entidad encargada de coordinar operaciones con las autoridades aduaneras para

supervisar la correcta aplicación y cumplimiento de las Normas Sanitarias en los 49 puntos de entrada al país. Algunos de los trámites que se llevan a cabo ante esta dependencia se describen a continuación.

4.5.3.1 *Aviso y permiso sanitario*

EL aviso y permiso sanitario es para uso de laboratorios farmacéuticos, instituciones hospitalarias o centros de investigación y enseñanza especializados. La regulación tiene un carácter preventivo y busca alertar anticipadamente a las autoridades sanitarias en las aduanas acerca de la próxima llegada de un embarque de importación que contiene productos que requieren supervisión sanitaria (alimentos y medicamentos principalmente); para tal efecto primero se deberá tramitar el Permiso de Importación ante COFEPRIS, el cual tiene un rango muy variado de requisitos, que van desde lo simple a los más complejo, ya que cada producto tiene sus propias especificaciones.

El permiso deberá estar autorizado como mínimo 15 días antes de la llegada física del embarque a territorio nacional, para ello en ocasiones se requieren muestras anticipadamente y las respectivas pruebas de laboratorio debidamente acreditado por EMA. Una vez que ya está autorizado el Permiso es obligatorio notificar anticipadamente a la Aduana de Llegada, esto es precisamente el Aviso Sanitario, el cual deberá ser tramitado también ante COFEPRIS, por lo menos con 5 días de anticipación al arribo del embarque para que las autoridades sanitarias estén debidamente prevenidas y tomen las medidas correspondientes del caso.

4.5.3.2 *Certificado de libre venta*

El Certificado de Libre Venta es exigible a la importación, en productos que requieren autorización para su libre consumo en México; es necesario un aval de que previamente son consumidos en algún otro país del mundo por un cierto período de tiempo, y que además hasta la fecha en que se realice la operación de importación, no existen antecedentes de problemas o quejas acerca del propio producto.

En el caso de exportación la causa es la misma, la autoridad sanitaria del país de destino del producto exige algún aval o garantía que pruebe que el producto ya es consumido en el mercado interno mexicano, por un cierto período de tiempo (libre venta en el mercado) y que no existen razones para pensar que tal producto es peligroso para la salud; corresponde al exportador tramitarlo ante COFEPRIS y enviar un documento original debidamente avalado por la autoridad mexicana a su cliente extranjero; en el caso de la importación, la obligación de tramitar dicho Certificado y enviarlo al importador mexicano anticipadamente, corresponde al proveedor extranjero.

4.5.3.3 Certificado de inocuidad

El Certificado de Inocuidad es requerido en aquellos productos que necesitan comprobar que no son peligrosos ni dañinos para la salud (alimentos, medicamentos y complementos alimenticios); es básico contar con el registro sanitario del producto, y las pruebas de laboratorio debidamente certificado en análisis básicos como trazas de plomo y metales pesados, trazas de sustancias tóxicas, grado de pureza, entre otras; lo anterior es para garantizar que el producto es completamente inofensivo (inocuo); corresponde al exportador mexicano gestionarlo ante COFEPRIS y enviarlo al comprador extranjero en el caso de exportación; y a la inversa, corresponde al proveedor extranjero gestionarlo ante la autoridad de su respectivo país y enviarlo al importador mexicano, para su presentación y validación por parte de COFEPRIS.

4.5.3.4 Certificado de buenas prácticas sanitarias

El certificado de buenas prácticas sanitarias es exigible principalmente para aquellas mercancías que requieren la garantía total de que fueron correctamente elaboradas y de que en su proceso no hubo riesgos de contaminación. En este trámite, además del debido registro sanitario y del Certificado de Inocuidad, se requiere de una visita de inspección por parte de la Autoridad Sanitaria al lugar en donde se lleva a cabo el proceso de elaboración y el almacenaje del producto a importar o exportar; la visita tiene la finalidad de corroborar que se llevan a cabo prácticas de higiene, asepsia y antisepsia mundialmente requeridas.

Los productos que están sujetos a este requisito son principalmente medicamentos y productos de consumo humano cuyo proceso de elaboración no garantiza la esterilización del producto final (altas temperaturas, cambios de temperatura, aplicación de agentes o radiaciones, etcétera), tales como las carnes frías y los embutidos.

4.5.3.5 Permiso para la importación de aparatos y dispositivos de uso médico

El permiso para la importación de aparatos y dispositivos de uso médico es exigible para todo el material de uso médico, el de diagnóstico, exploración, terapéutico (rehabilitación) o quirúrgico requiere la garantía de que ya ha sido debidamente probado a nivel internacional y no representa riesgo en su uso, cumple con la NOM correspondiente y tiene el debido registro patente o trámite que avala claramente quién es el fabricante o productor responsable y quién es el exportador, el importador y el distribuidor del mismo; para tal fin se gestiona ante COFEPRIS la autorización correspondiente, a la cual deberán anexarse los documentos que prueben que el aparato o dispositivo ya ha sido previamente calibrado y probado, ya sea por autoridad sanitaria extranjera o mexicana.

4.5.3.6 Permiso de importación o exportación de órganos humanos

El permiso de importación o exportación de órganos humanos, por su propia naturaleza representan un manejo de alta especialidad en aduanas, internacionalmente todos estos materiales quedan clasificados en la subdivisión de sustancias infecciosas, del catálogo internacional vigente para mercancías peligrosas; aunque el material esté limpio y no provenga de una persona enferma, se requiere embalaje especial certificado por la Organización de las Naciones Unidas para tal fin. Estas mercancías son altamente perecederas y en muchos casos la carga ya no pasa al Almacén Fiscalizado concesionado en la Aduana para su registro, pesado, verificado y asignación de lugar, sino que es directamente despachada, dado lo urgente de su naturaleza; en todos los casos se requerirá de la responsiva respectiva del hospital, institución de investigación y enseñanza o laboratorio correspondiente; cabe destacar que en estos casos se grava IGE (Impuesto General a la Exportación).

4.5.3.7 Manejo y disposición de restos humanos

Los restos humanos (cadáveres) de las personas cuando fallecen en el extranjero o de extranjeros que fallecen en nuestro país no se consideran mercancía, al no ser considerados legalmente como mercancía no requieren pagar impuestos, no requieren de los servicios de un agente aduanal, no se elabora pedimento, únicamente es necesario gestionar el permiso correspondiente en COFEPRIS.

Los restos humanos no están sujetos a las formalidades de un despacho aduanero, solamente pasan revisión por rayos gamma y rayos equis, el cadáver deberá venir en un ataúd de acero sellado, protegido por un embalaje de madera con el letrero “restos humanos” (*human remains*), el cuerpo embalsamado y dentro de una bolsa plástica. En los casos en los que el difunto haya fallecido por causa infecciosa, el cadáver deberá ser incinerado en el país donde falleció y solamente podrán viajar las cenizas en una urna; no están permitidos los ataúdes de madera.

4.5.3.8 Trámites ante la SAGARPA

La SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Recursos Forestales, Pesca y Alimentación) es la entidad a la cual compete el control de todos los productos alimenticios y para consumo humano provenientes de los productos del campo, así como el control y regulación de las condiciones sanitarias de importación o exportación de toda clase de animales vivos de los del tipo de especies domesticadas por el ser humano y utilizadas para su consumo o beneficio; cabe aclarar que las especies de animales de los denominados silvestres o salvajes y los que están en peligro de extinción son reguladas

por SEMARNAT (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales). SAGARPA tiene una oficina especializada que es la que directamente realiza las inspecciones y verificaciones en aduana, la cual es nombrada SENASICA (Servicio Nacional de Sanidad, Seguridad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria). Algunos de los principales trámites celebrados ante SAGARPA-SENASICA se describen a continuación.

4.5.3.9 Requisitos fitosanitarios

Los requisitos fitosanitarios se aplican a todos los productos, ejemplares y subproductos de diversos productos del campo de origen vegetal como son semillas, hortalizas, frutas, flores, para consumo humano, animal o para otros usos, en estos casos SENASICA tiene oficinas de inspección en las Aduanas que están autorizadas para el cruce de estos productos.

En el proceso de exportación el cliente exportador deberá acudir a la delegación de SAGARPA que le corresponda, tramitar el correspondiente Certificado de Sanidad Vegetal (Fitosanitario), haciendo constar quién es el productor directo y quién el exportador; se deben tomar en cuenta ciertos detalles importantes, como la no aplicación de pesticidas altamente tóxicos, aguas negras residuales, fertilizantes fosfatados con productos químicos no naturales que son tóxicos, entre otros, que si no son cumplidos, difícilmente el producto será aceptado en las aduanas de países extranjeros. Una vez obtenido dicho certificado deberá ser enviado a la brevedad al cliente comprador extranjero en original, para que éste a su vez lo presente ante las autoridades de su país y pueda importar el producto. En importación, el proveedor extranjero debe mandar el certificado en original, el documento es presentado ante SAGARPA-SENASICA, para su cotejo y validación, se programa una inspección ocular del producto en aduana y si no existe problema se procede a su importación.

4.5.3.10 Requisitos zoonosarios

Los requisitos zoonosarios se aplican a todos los productos, ejemplares y subproductos de diversos productos del campo de origen animal como son carne, huevos, leche, manteca, grasas, para consumo humano, animal o para otros usos; en estos casos SENASICA tiene oficinas de inspección en las Aduanas que están autorizadas para el cruce de estos productos. Para realizar esta operación, el cliente exportador deberá acudir a la delegación de SAGARPA que le corresponda, tramitar el correspondiente certificado de sanidad vegetal (zoonosario), haciendo constar quién es el productor directo y quién el exportador, especificar la vacunación del animal (si se presenta vivo), libre de enfermedades o plagas de origen animal, la constancia de que el producto de origen animal fue procesado en circunstancias higiénicas (sello TIF en carnes) entre otros, que si no son cumplidos difícilmente el producto será aceptado en las aduanas de países extranjeros. Una vez obtenido dicho certificado deberá ser enviado a la brevedad al

cliente comprador extranjero en original, para que éste a su vez lo presente ante las autoridades de su país y pueda importar el producto. En el caso de importación, el proveedor extranjero debe enviar el certificado en original, y el documento se debe presentar ante SAGARPA-SENASICA, para su cotejo y validación, se programa una inspección ocular del producto en aduana y si no existe problema se procede a su importación.

4.5.3.10.1 Importación de ganado para la reproducción

La importación de ganado para la reproducción es una operación de carácter especializado ya que se requieren de una perfecta y excelente coordinación entre Transportista Local, Consolidador de Carga, Agente Aduanal y Transportista Internacional, para que los ejemplares lleguen a su destino vivos y en buen estado físico; es importante recalcar que los animales de este tamaño y peso (caballos, vacas, toros) deben ser previamente sedados, antes de subirse al medio de transporte internacional (avión en la mayoría de los casos), ya que su movimiento a bordo puede desestabilizar a la aeronave.

En importación, el proveedor extranjero tiene la obligación de hacer llegar los certificados zoosanitarios de los animales, así como de origen y vacunación. Éstos son presentados ante el módulo de SAGARPA-SENASICA de la aduana que corresponda, de manera anticipada a la llegada del embarque (de 5 a 15 días antes); SENASICA verifica, coteja y revalida estos certificados, y se programa la correspondiente inspección para cuando lleguen los animales a la Aduana.

Una vez que los ejemplares llegan a la Aduana, la inspección ocular ya deberá haber sido programada con anticipación, se verifica físicamente al animal, se toman muestras de sangre, secreciones, pelo, plumas, orina o excremento; posteriormente se realizan análisis, el dictamen puede ser la autorización para la importación, o que se declare en observación (cuarentena), o que se niegue el permiso.

Si el animal ha sido puesto en cuarentena, se procede a la importación del ejemplar, quedando el importador como responsable directo de la observación del animal, bajo supervisión directa de SAGARPA-SENASICA regional de su localidad; el animal en cuestión deberá permanecer completamente aislado de otros animales. Si después del período de observación no hay problema, se procede a completar el trámite, de no ser así se sacrifica e incinera al animal, cubriendo los gastos el importador; cabe señalar que este período de observación (cuarentena) se lleva a cabo en el domicilio del cliente importador y no en la aduana. En caso de que el permiso haya sido negado, el animal deberá ser sacrificado e incinerado, corriendo el importador con todos los gastos correspondientes.

4.5.3.10.2 Importación de productos para la salud animal

La importación de productos para la salud animal pertenece al sector llamado salud animal, aquí queda comprendido todo lo que es de uso veterinario. Para una operación de exportación, se deberá obtener el correspondiente certificado sanitario ante SAGARPA SENASICA y deberá acreditarse el cumplimiento de la NOM correspondiente, mediante el certificado de conformidad con la NOM, expedido por algún laboratorio que tenga registro en EMA; tal documentación es enviada en original al cliente comprador extranjero en un sobre sellado. En el caso de la importación hay que esperar la llegada del certificado sanitario correspondiente emitido por la autoridad extranjera y enviado por el proveedor; dichos certificados se presentan en el módulo de SENASICA, donde son cotejados y validados, se programa la inspección ocular a la llegada del embarque y si no hay problema, se autoriza la importación del producto.

4.5.4 Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales

La SEMARNAT (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales) se hace cargo de la gestión de todo lo concerniente a la vida animal y vegetal de tipo natural, silvestre, especies salvajes, áreas de reserva natural protegida, ecología y medio ambiente, entre sus múltiples atribuciones tiene las de regular la entrada o salida del país de toda clase de especies protegidas por las leyes nacionales e internacionales, así como de diversos artículos que por su naturaleza podrían perjudicar los ecosistemas y medio ambiente nacionales, así como también la regulación y control de los embalajes de madera utilizados en envío internacionales de carga, para prevenir la entrada de plagas al país.

SEMARNAT se apoya para la ejecución de sus facultades de operación en PROFEPA (Procuraduría Federal de Protección al Ambiente), la cual está presente por medio de módulos de inspección en las principales aduanas del país. Algunos de los principales trámites ante esta dependencia se describen a continuación.

4.5.4.1 Convenio CITES

México es integrante de la convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (*Convention of International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora*), el permiso CITES abarca a ejemplares vivos, muertos, disecados, derivados, productos y subproductos de los mencionados anteriormente; cuando en alguna mercancía esté integrado material como hueso, carey, marfil, plumas, piel o alguna otra parte de animales, es necesario verificar el origen de tales materiales, ya que es probable que se requiera un certificado CITES emitido por la autoridad del país de origen. En el caso de exportación se deberá acudir ante PROFEPA, para el trámite y gestión del Certificado correspondiente, para lo cual será requerida la comprobación de que el material o los ejemplares vivos fueron adquiridos legalmente (por

caza autorizada en áreas de reserva natural, por adquisición a proveedores registrados y autorizados por PROFEPA); se debe certificar el estado de salud del animal (vacunación) en el caso de presentarse ejemplares vivos para su transporte internacional, a cambio PROFEPA hace las indagaciones y emite el Certificado correspondiente. Una vez emitido dicho certificado se queda el exportador mexicano con una copia del mismo y se envía un original al cliente extranjero por mensajería internacional.

En importación se deberá esperar la llegada por mensajería del correspondiente original del certificado CITES, tramitado y enviado por el proveedor extranjero, éste es presentado en el módulo de PROFEPA, el cual lo coteja y valida; posteriormente se programa una inspección ocular en aduana y se procede a importar la mercancía en cuestión. Cabe comentar que, estos tipos de animales son los únicos que en caso de no pasar la norma correspondiente de salud animal **no pueden ser sacrificados**; si por alguna razón algún ejemplar de esta clase no acredita la norma o no es reclamado por el dueño, PROFEPA lo incauta y queda bajo resguardo de algún zoológico público o es enviado a un área de reserva natural protegida nacional.

4.5.4.2 Regulación de embalajes de madera

El uso intensivo de la madera en la construcción de toda clase de tarimas, cajas, huacales y diversos embalajes para protección del transporte internacional de todo tipo de mercancías, obliga a la existencia de una regulación internacional que prevenga la contaminación, el desarrollo y crecimiento de plagas de madera detectadas en ciertos países o regiones, hacia el resto del mundo. Para evitar la propagación de este tipo de plagas, SEMARNAT-PROFEPA emitieron la Norma Oficial Mexicana NOM-144-SEMARNAT-2004, que establece claramente los lineamientos que debe reunir la madera de dichos embalajes para que pueda ingresar al país junto con la mercancía que contiene. Para el cumplimiento de esta Norma deberá presentarse ante el módulo de PROFEPA, el embalaje con las marcas que garantizan su tratamiento ya sea por fumigación o por horneado, junto con el correspondiente certificado; el inspector de PROFEPA verifica ocularmente los embalajes y da su autorización, en caso de no presentar el sello o de carecer del certificado correspondiente, existen empresas privadas de fumigación y certificación que prestan servicios para que pueda pasar el embalaje; en un caso extremo, deberá retirarse el embalaje de la mercancía, importando únicamente la mercancía sin embalaje protector.

Quedan exentos de este requisito los embalajes contruidos de triplay, de madera comprimida, así como los barriles y barricas que transporten conservas alimenticias o vinos, en los dos primeros, por que el proceso de fabricación garantiza la total erradicación de huevecillos y plagas, en el último porque la aplicación de los tratamientos a la madera daña grave y peligrosamente a la mercancía contenida (descomposición o envenenamiento).

4.5.4.3 PLAFEST

Anteriormente existía la CICOPPLAFEST (Comisión Intersecretarial para el Control del Proceso, Uso y Disposición Final de: Plaguicidas, Fertilizantes y Sustancias Tóxicas) la cual fue disuelta; actualmente está integrada a COFEPRIS. PLAFEST es un trámite de COFEPRIS, que tal como lo indica su nombre, es para el control de la entrada y salida del país de plaguicidas, fertilizantes y sustancias tóxicas; este tipo de productos son de manejo especial pues a nivel internacional son considerados como sustancias tóxicas 8 (Subdivisión 6.1 del catálogo internacional de mercancías peligrosas), por lo cual su plazo de abandono es reducido y se requiere de envase, embalaje y señalización de riesgo especial.

Para la importación, el proveedor extranjero debe enviar la Hoja Técnica de Datos y composición química del producto, deberá venir contenido en envases especiales certificados por la ONU y respetando la normatividad relativa al transporte internacional, una vez hecho esto se notifica con anticipación a PROFEPA (mínimo 5 días antes de la llegada del embarque), quien realiza una inspección ocular y emite la correspondiente guía ecológica que es la normatividad a la cual debe sujetarse para el traslado local del producto. Cabe señalar que solamente empresas autorizadas para el manejo de este tipo de mercancías pueden hacer el flete o traslado local de la aduana al domicilio del cliente y viceversa.

4.5.5 Secretaría de la Defensa Nacional

Compete a la SEDENA (Secretaría de la Defensa Nacional), la regulación y el control de la entrada y salida de toda clase de armas de fuego y materiales explosivos para uso civil, para tal fin existe la Dirección General de Armas de Fuego y Explosivos (DGAFE), dependiente de la propia SEDENA, que es la oficina que directamente genera las autorizaciones y la supervisión en las aduanas del país de las importaciones o exportaciones de este tipo de mercancías.

4.5.5.1 Importación de armas de fuego y explosivos

La importación de Armas de fuego y explosivos requiere que la empresa o persona física que lo realiza esté previamente dada de alta en un Padrón o registro que es el registro Nacional de Importadores y poseedores de Armas de Fuego y Explosivos, trámite que deberá cumplirse ante la DGAFE, antes de proceder a la importación de tales productos.

En el caso de las Armas de fuego, hay varias situaciones a prever, puede tratarse de particulares o de empresas de custodia de valores y seguridad privada, en cuyo caso la importación está sujeta a una serie de limitantes y solamente podrá hacerse por

cantidades muy pequeñas, para uso propio y dentro de los calibres, cantidades de municiones y poder de fuego autorizados a civiles. En segundo término están las adquisiciones que el propio gobierno hace para las diversas corporaciones policíacas de nivel federal, estatal y municipal del país, en cuyo caso la SEDENA primeramente hace la requisición de la compra internacional; una vez legalmente importados, los lotes de armamento son numerados con troquel metálico y debidamente registrados dentro de los activos fijos del gobierno, para ser entregados a las diversas corporaciones policíacas que los solicitaron.

Para la importación de materiales explosivos y todos sus aditamentos tecnológicos, hay dos divisiones, por un lado el uso industrial en la cual quedan todas las empresas mineras, constructoras, entidades del sector público tales como PEMEX (Petróleos Mexicanos), CFE (Comisión Federal de Electricidad), CONAGUA (Comisión Nacional del Agua), CAPUFE (Caminos y Puentes Federales), entre otras, que como parte de sus operaciones tienen la construcción de diversas obras de carácter monumental para lo cual requieren dinamitar cerros, el subsuelo, ríos u otras partes con explosivos de alto poder. Por otra parte se encuentran todos los importadores y comercializadores autorizados de materiales pirotécnicos (cohetes y cohetones) del tipo utilizado en festividades y conmemoraciones; este tipo de importadores también deben estar registrados en un Registro o Padrón especial, deben contar con cierta normatividad específica, tal como áreas especiales de almacenamiento (polvorines), así como una prima de seguro de responsabilidad civil hacia terceros para casos de accidentes, y de cumplir con la NOM (Norma Oficial Mexicana) correspondiente.

El procedimiento es sencillo, se tramita el registro de la empresa o persona en el Padrón correspondiente, luego se obtiene el Permiso para la importación, se deberá dar aviso a las autoridades militares por lo menos con 20 días de anticipación a la llegada del embarque a la aduana, se programa la inspección ocular y finalmente se procede a la importación definitiva. Cabe señalar que todas estas mercancías son consideradas mercancías peligrosas, por su naturaleza y están catalogadas en el Grupo 1 (Explosivos), de la ONU, por lo cual deben tener embalaje especial y señalización de peligro acordes a la NOM.

4.5.5.2 Importación de equipo bélico

Corresponde también a SEDENA, a través de la DGAFE, la regulación y el control de la importación y exportación de materiales como: toletes, macanas, chacos, kendos, gases lacrimógenos, chalecos antibalas de uso policiaco, máscaras anti-gas de uso bélico, cascos protectores anti-balas para uso militar, visores nocturnos de visión infrarroja, armas blancas mayores, sables, espadas, espadines, trasmisores de radio con señal codificada para uso militar, todo tipo de vehículos que estén blindados, (uso particular, transporte de valores, patrullaje o tanques militares y tanquetas o anfibios, estando estos últimos reservados para uso exclusivo del ejército), etcétera. Para la importación se

tramita el registro de la empresa o persona en el Padrón correspondiente, posteriormente se obtiene el permiso para la importación; se deberá dar aviso a las autoridades militares por lo menos con 20 días de anticipación a la llegada del embarque a la aduana, se programa la inspección ocular y finalmente se procede a la importación definitiva.

4.5.5.3 *Importación de armas emuladas*

Existen ciertos juguetes que simulan armas; al igual que los rifles de uso deportivo, requieren permiso de SEDENA a través de la DGAFE dado que podrían ser objeto de uso criminal por parte de diversas bandas mexicanas. Para este tipo de productos de igual manera se requiere un registro previo del importador, delimitar claramente el sitio de uso y almacenaje, así como la inspección ocular en aduanas previa al despacho de importación por parte de oficiales de DGAFE-SDN.

4.5.6 *Secretaría de Energía*

Dentro del área de competencia de SENER (Secretaría de Energía) está la importación y exportación de fluido eléctrico e hidrocarburos, realizados cada uno de estos movimientos por ductos o por cables (en el caso de la energía eléctrica). Se requiere de un Pedimento virtual en el que solamente se presenta el documento ante Aduana y nunca la mercancía (por obvias razones). Es importante señalar que estos rubros controlados por SENER gravan impuesto a la exportación.

4.5.6.1 *Instituto nacional de investigaciones nucleares*

El Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares, es una dependencia de la SENER encargada del control del manejo uso y disposición de todo tipo de material radioactivo tal como radionúclidos e isótopos utilizados en la ciencia médica y de investigación. Se requiere permiso del ININ (Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares) para la importación de toda clase de pastillas de Cobalto, Isótopos radioactivos, y demás material de tipo nuclear o radioactivo como todo lo manejado en aparatos detectores de rayos Gamma, Rayos equis, detectores de antigüedad por vía del Carbono 14 etcétera. Existe un padrón de empresas especializadas en el ramo específico de investigación, detección o análisis clínicos, las cuales están autorizadas a la importación de este tipo de materiales bajo estrictas medidas de control.

4.5.7 *Instituto Nacional de Bellas Artes*

Compete al INBA (Instituto Nacional de Bellas Artes) la autorización para la importación o exportación de toda clase de obras de arte que se encuentren dentro del catálogo de

autores considerados como parte del Patrimonio Nacional en materia de Arte, autores de fama y reconocimiento universal, como Diego Rivera, Frida Kahlo, José Clemente Orozco, David Alfaro Siqueiros, Juan O Gorman, etcétera (es importante destacar que tales obras de arte son consideradas antes que nada, patrimonio nacional y que los particulares que las tienen bajo su posesión lo hacen gracias a un permiso previamente emitido por INBA). Su importación y exportación queda sujeta a otro permiso independiente de su concesión para la posesión física; estos movimientos son en la gran mayoría de los casos de carácter temporal, para retornar al país en el mismo estado.

Cabe también señalar que si el poseedor de tales obras de arte no cumple alguno de los aspectos bajo los que se le autorizó la concesión para tener tales obras, dicha concesión es cancelada y retirada inmediatamente, debiendo devolver a la brevedad las obras que estén bajo su custodia a INBA. Cada aduana autorizada para el control de este tipo de mercancías cuenta con catálogos de imágenes de las obras que están dentro del registro de aquellas consideradas como Patrimonio Nacional, para que los inspectores determinen si algún cuadro presentado cae en este supuesto o en reproducción (copia); cabe señalar también que las copias de obras de arte requerirán de permisos por parte de INBA.

4.5.8 Instituto Nacional de Antropología e Historia

El INAH (Instituto Nacional de Antropología e Historia) es la instancia federal encargada del resguardo del acervo histórico mexicano, por lo cual se hace cargo también y de manera conjunta con las autoridades aduanales, del control de la entrada o salida de toda clase de objetos que son considerados Patrimonio Nacional, ya sea por su valor histórico, antropológico o de representación cultural de la identidad nacional. De igual manera que en el trámite anterior, la posesión de este tipo de objetos por parte de particulares está bajo un régimen de concesión otorgado a nombre del Estado Mexicano, en este caso a través del INAH, y la mayoría de las operaciones son de importación o exportación de carácter temporal para retorno en el mismo estado, previa autorización del propio INAH. Al igual que en el trámite anterior, algunos de estos objetos, por procedimiento no podrán ser pasados a través de rayos equis ni rayos gamma, pues estas radiaciones afectan la integridad de los objetos, que en muchos casos datan de varios miles de años de antigüedad.

4.5.9 Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial

El IMPI (Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial) es la entidad que en México, de manera conjunta con las aduanas regula la entrada y salida lícita de mercancías que gozan de una patente o registro de marca, fórmula, aviso comercial (conocido como eslogan), prototipo, colores, imagen, así como de toda clase de creaciones plásticas, artísticas industriales, editoriales, de video, musicales, entre otros rubros.

La gran mayoría de los operativos contra la piratería, por medio de los cuales las autoridades decomisan y destruyen grandes cantidades de material apócrifo (pirata), son promovidos por el propio IMPI a instancias de los industriales quejosos que promueven sus respectivos procedimientos ante el Gobierno Federal. Otra regulación importante a cargo de esta entidad son las denominaciones de origen (designación de palabra a un producto, bajo la condición de que su elaboración provenga de un selecto y limitado grupo de fabricantes de uno o varios estados, uno o varios municipios de un país en exclusiva, y respetando algún proceso ya preestablecido de elaboración para tal producto). Ejemplos concretos de ello son el tequila, la cerámica de talavera, el mezcal y el champagne, por mencionar algunos; los productos que se ostenten bajo tales nombres o denominaciones, literalmente no pueden ser fabricados por nadie más que no sean los empresarios listados en el listado de empresas autorizadas para ostentar una denominación internacional de origen; tales empresas están circunscritas a un área geográfica específica y bien delimitada de un país por estado y municipio, asimismo se deben comprometer por escrito; estas empresas están sometidos a frecuentes auditorías internas industriales por parte de entidades de acreditación y certificación de calidad, para garantizar que respetan el proceso tradicional de elaboración del producto que le confiere las muy apreciadas características que lo hacen distintivo en el mercado internacional.

En este capítulo se expuso el tipo de controles de entrada o salida de mercancías al territorio nacional, ya sea a través del cobro impuestos (aranceles) o imponiendo una serie de limitantes y requisitos (permisos, papeleos); la investigación realizada sirve para tener una mejor comprensión de lo que sucede a nivel sistémico en el proceso de importación y exportación de las mercancías, y por tanto la obtención de un modelo más representativo y flexible.

5 SIMULACIÓN DEL CASO DE ESTUDIO

En este capítulo se describe el sistema del caso de estudio y se expone el modelo de simulación elaborado.

El desarrollo de este capítulo adopta la metodología propuesta por Coss (2003), ya expuesta en el capítulo uno, además han sido tomadas ideas y referencias de las siguientes fuentes: Antún (2005); estudios sobre la carga aérea del Instituto Mexicano del Transporte Herrera *et al.*, (2005) y Peyrelongue *et al.*, (2003); buscador electrónico de imágenes www.google.com.mx para ilustrar diversos sistemas utilizados por el SAT (Servicio de Administración Tributaria); IATA (Asociación Internacional de Transporte Aéreo), y otros organismos.

La descripción del despacho aduanero de las mercancías se basa principalmente en los apuntes del Curso Básico de Capacitación en Comercio Exterior y Aduanas, curso Propedéutico de la Especialidad en Tráfico de Mercancías y Tramitación Aduanal de la Unidad Profesional Aduanera y de Comercio Internacional S.C., y en diversos videos de la Secretaría de Administración Tributaria, disponibles en Internet.

5.1 Descripción del sistema

El proyecto surge debido a la necesidad del Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México de analizar los factores que inciden en el manejo de la carga dentro del recinto aduanal. Por tanto el objetivo es el diseño de un modelo de simulación para el *despacho de mercancías*¹¹ en el recinto aduanal del Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México, empleando el software Arena 10.0., con la finalidad de que sirva como plataforma para análisis futuros.

5.1.1 Generalidades del sistema

El SAT (Servicio de Administración Tributaria) es un órgano desconcentrado de la SHCP (Secretaría de Hacienda y Crédito Público), con el carácter de autoridad fiscal; dentro de este órgano existe la Administración General de Aduanas que es la encargada de fiscalizar la entrada y salida de las mercancías en el territorio nacional.

La SHCP (Secretaría de Hacienda y Crédito Público) es la entidad encargada del manejo del dinero nacional, y es el mando superior a nivel federal que se hace cargo del control de la recaudación de impuestos. Corresponde al SAT Servicio de Administración Tributaria, hacer la cobranza o recaudación de los impuestos; el SAT es el órgano

¹¹ El despacho de las mercancías consiste en todos los actos y formalidades (trámites, gestiones, declaraciones, permisos, pago de impuestos, etcétera), necesarios ante la autoridad aduanal con el objetivo de liberar las mercancías del recinto.

cobrador del Gobierno Federal, por medio del cual se hace de recursos la Administración Pública Federal. La ilustración 5-1 muestra en rojo la aduana que se estudiará enmarcada en rojo, perteneciente a las 49 aduanas del país, regulada por la administración General de Aduanas¹² es la autoridad competente para aplicar la legislación que regula el despacho aduanero, así como los sistemas, métodos y procedimientos a los que deben sujetarse las aduanas. La Administración General de Aduanas, con el fin de llevar a cabo las tareas que le son encomendadas por la ley, está organizada de la siguiente manera:

- Administración Central de Operación Aduanera.
- Administración Central de Regulación Aduanera.
- Administración Central de Planeación Aduanera.
- Administración Central de Contabilidad y Glosa.
- Administración Central de Investigación Aduanera.
- Administración Central de Inspección Fiscal y Aduanera.
- Administración Central de Asuntos Internacionales.
- Administración Central de Competencias y Modernización Aduanera.



FIGURA 5-1 SISTEMA FISCAL NACIONAL. FUENTE: ELABORACION PROPIA

En México operan 49 aduanas distribuidas en puntos estratégicos del territorio nacional; una aduana puede ser de primer, segundo o tercer nivel, dependiendo de la importancia estratégica y del volumen de mercancías que por ella crucen diariamente.

Las figura 5-2 ilustra la ubicación de las 49 aduanas del territorio mexicano, las cuales se citan a continuación: Acapulco, Gro; Aeropuerto Int. Ciudad de México, D.F; Agua Prieta, Son; Aguascalientes, Ags.; Altamira, Tamps.; Cancún, Q.Roo.; Ciudad Acuña, Coah.; Ciudad Camargo, Tamps.; Ciudad del Carmen, Camp.; Ciudad Hidalgo, Chis.; Ciudad Juárez, Chih.; Ciudad Miguel Alemán, Tamps.; Ciudad Reynosa, Tamps.; Chihuahua, Chih; Coatzacoalcos, Ver.; Colombia, N.L.; Dos Bocas, Tab.; Ensenada, B.C;

¹² Información consultada de http://www.aduanas.gob.mx/aduana_mexico/2008/quienes_somos/138_10001.html

Guadalajara, Jal.; Guanajuato, Gto.; Guaymas, Son.; La Paz, B.C.S.; Lazaro Cárdenas, Mich.; Manzanillo, Col; Matamoros, Tamps.; Mazatlan, Sin.; Mexicali, B.C.; Monterrey, N.L.; Naco, Son.; Nogales, Son.; Nuevo Laredo, Tamps.; Ojinaga, Chih.; Pantaco, D.F.; Piedras Negras, Coah.; Puebla, Pue.; Puerto Palomas, Chih.; Puerto Progreso, Yuc.; Querétaro, Qro.; Salina Cruz, Oax.; San Luis Río Colorado, Son.; Sonoyta, Son.; Subteniente López, Q Roo; Tampico, Tamps.; Tecate, B.C.; Tijuana, B.C.; Toluca, Edo. de Mex.; Torreon, Coah.; Tuxpan, Ver.; y Veracruz, Ver.



FIGURA 5-2 UBICACIÓN DE LAS ADUANAS EN MÉXICO. FUENTE: [HTTP://WWW.CAAAREM.MX/](http://www.caaarem.mx/)

Para elaborar el modelo de simulación del sistema se han identificado seis actores principales que intervienen en el proceso de importación y exportación de mercancías, los cuales se citan a continuación y se describen en la siguiente sección: cliente exportador o importador, transportista local, consolidador de carga, transportista internacional, agencia aduanal y la propia aduana.

5.1.2 Cliente exportador o importador

El Cliente es aquella entidad pública o privada que requiera por necesidad importar o exportar una determinada mercancía, por ejemplo: 1) Persona Física; 2) Persona Moral (son las empresas y su actividad puede ser la de importar o exportar); y 3) Persona Moral No Contribuyente¹³, tales como Asociación Civil, Fundaciones, Nacional Monte de Piedad, Cruz Roja, Asociación Religiosa, Asociación Deportiva y Organizaciones No Gubernamentales, dependencias del gobierno como IMSS (Instituto Mexicano del Seguro

¹³ Algunas de estas Personas No Contribuyentes tienen actividad de importación y exportación debido a donaciones voluntarias, las cuales están exentas de pago de impuestos.

Social), PEMEX (Petróleos Mexicanos), CFE (Comisión Federal de Electricidad), etcétera. El cliente es conocido en el idioma inglés como *shipper* en el caso de la exportación y *consignee* en el caso de importación.

5.2 Transportista local

El transporte local debe entenderse como el movimiento de la mercancía desde el domicilio del cliente hasta la aduana, en el caso de la exportación; o en sentido inverso, en el caso de la importación; el actor encargado de solventar esta necesidad es el transportista local, (*local carrier o shuttle*); es comúnmente denominado también doméstico o local, porque no sale del territorio del país en el cual reside el cliente.

5.2.1 Consolidador de carga

El consolidador de carga es el intermediario de servicios de flete internacional, es decir, aquel que revende el flete internacional al cliente; realiza la venta de estos servicios a múltiples clientes con la finalidad ofrecerlos a una naviera o aerolínea como sólo un embarque consolidado. El consolidador de carga es conocido en lengua inglesa como: *freight forwarder*; tiene a su cargo la gestión de dos documentos de suma importancia: *documento master* (documento que acredita la venta del flete internacional por parte del transportista internacional o *international carrier*) y el *documento house* (documento que acredita la reventa del flete internacional por parte del consolidador de carga).

5.2.2 Transportista internacional

El transportista internacional es denominado en idioma inglés *international carrier*; se trata de transporte internacional por medio de líneas navieras, aéreas, autotransporte y ferroviarias que cuenta con infraestructura propia y maneja grandes volúmenes de carga de un país a otro.

En el caso del transporte aéreo, una línea aérea de este tipo debe tener un registro en *CASS (Cargo Account Settlement System)*, que es un sistema diseñado para facilitar la facturación y la solución de cualquier conflicto entre aerolíneas de carga, sirve como blindaje y protección para las líneas aéreas; es operado a través de *CASLINK*¹⁴ que está conectado a través de Internet, el cual permite procesar datos y gestionar a los clientes. Dicho sistema es bastante útil ya que permite el intercambio de información entre los intermediarios de carga y compañías aéreas; el sistema CASS es regulado por IATA (*International Air Transport Association*); la figura 5-3 ilustra la interacción del sistema CASS con las aerolíneas y los usuarios.

¹⁴ Consulte para más información sobre el sistema <http://www.iata.org/ps/financiamiento/Pages/caslink.aspx>

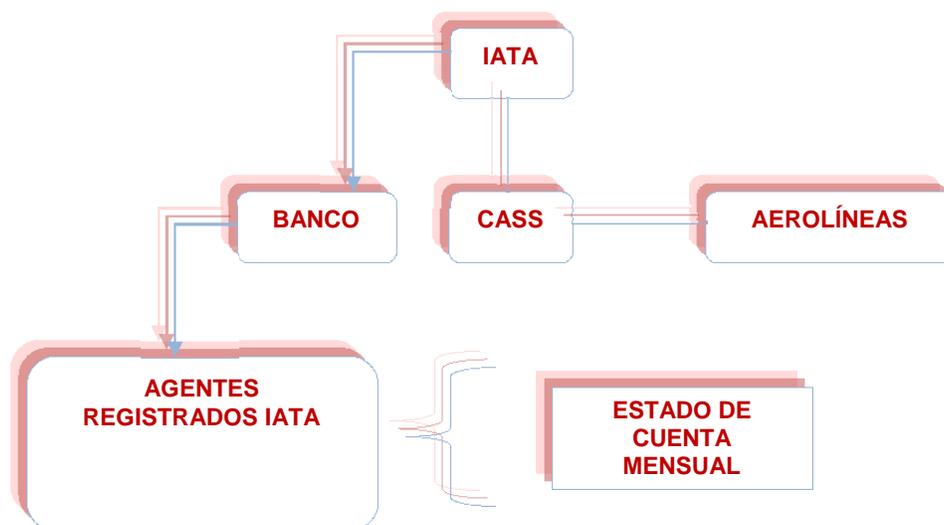


FIGURA 5-3 INTERACCIÓN DEL SISTEMA CASS CON AGENTES IATA, BANCO Y AEROLÍNEAS. FUENTE ELABORACIÓN PROPIA.

5.2.3 Agencia aduanal

En este apartado se citan las principales posiciones que deben contemplarse dentro de una agencia aduanal. El titular de una patente aduanal puede crear al amparo de su propia patente, una empresa de carácter privado; es el responsable legal directo de la firma de los pedimentos y de la legalidad de todas las operaciones que se gestionan ante la aduana al amparo de su patente, autoriza toda clase de movimientos y operaciones dentro de su propia agencia aduanal.

5.2.3.1 Organigrama de una agencia aduanal

El organigrama puede variar dependiendo de las características particulares de cada agencia aduanal; sin embargo la figura 5-4 ilustra de manera general el organigrama de una agencia aduanal. A continuación se describen cada una de las posiciones.

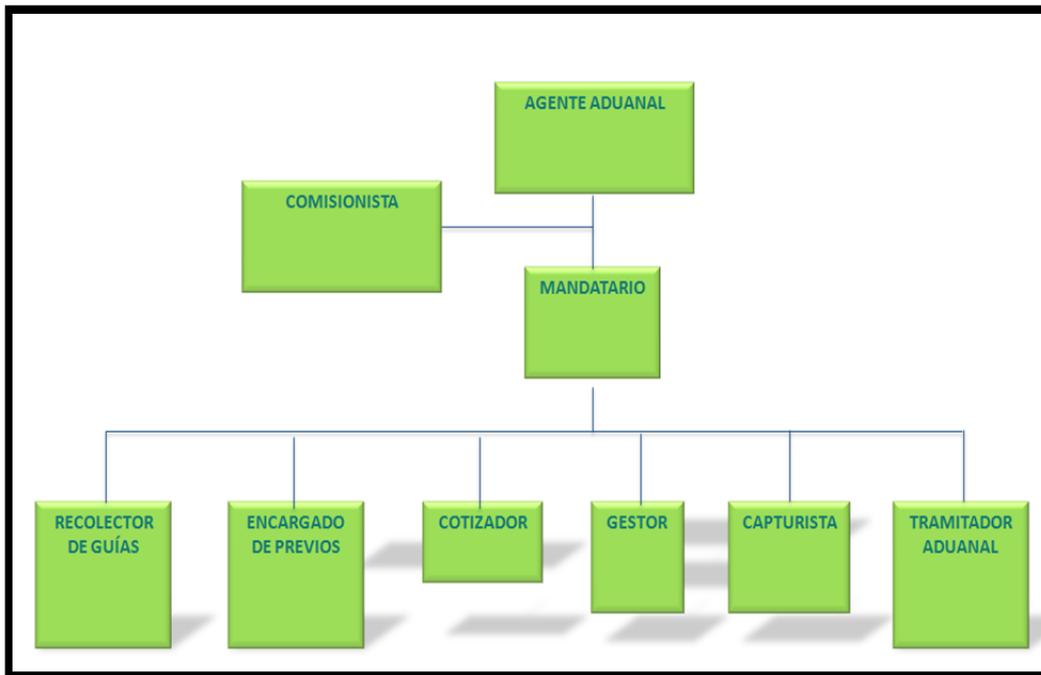


FIGURA 5-4 ORGANIGRAMA TÍPICO DE UNA AGENCIA ADUANAL. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

5.2.3.1.1 Agente aduanal

El agente aduanal es el dueño y Titular de la Patente Aduanal; en algunos casos puede asociarse con otras personas para formar una empresa al amparo de la Patente. Esta situación da pie a que las Agencias Aduanales tengan dos nombres simultáneamente: el nombre del Agente Aduanal y la razón social de la empresa que crearon al amparo de dicha Patente.

5.2.3.1.2 El comisionista

La figura del comisionista puede definirse como la de un empresario externo a la Agencia Aduanal, cuya labor consiste en llevar nuevos clientes a la Agencia y tener muchos embarques de buen volumen y valor para así generar comisiones que el Agente Aduanal le comparte por cada movimiento generado por clientes suyos.

5.2.3.1.3 Mandatario aduanal

El Mandatario Aduanal es el sustituto en funciones del Agente Aduanal, es obligatorio que cada Agente Aduanal tenga por lo menos un Mandatario en cada aduana donde tenga oficinas; éste se hace cargo de sustituir las funciones del titular de la patente; cuando la

patente de un Agente Aduanal es de carácter nacional, puede tener hasta cuatro oficinas en diferentes Aduanas.

5.2.3.1.4 Recolector de guías

La labor del Recolector de Guías consiste en acudir diariamente a diferentes almacenes fiscalizados, agencias aduanales y consolidadoras de carga, así como navieras, aerolíneas, autolíneas, para recoger documentos originales como lo son los *Certificados de Origen y Documento Master*, que para algunos Tratados de Libre Comercio se requieren en original.

5.2.3.1.5 Encargado de previos

El Encargado de Previos realiza el reconocimiento previo de mercancías.¹⁵ En dicho reconocimiento, el encargado de previos realiza lo siguiente: (a) ingresa a la Aduana; (b) posteriormente se dirige al almacén fiscalizado que guarda las mercancías; (c) paga en caja la maniobra y el derecho para hacer el previo; (d) solicita al encargado que le coloque las mercancías en un área especialmente construida para tal fin; (e) una vez que le colocan las cajas con las mercancías en el lugar descrito, consultando la lista o relación de empaque y la factura, procede a corroborar características como: país de origen o procedencia, marca, modelo, número de serie, color, talla, etiquetados, NOMs (Normas Oficiales Mexicanas) -las características físicas de la mercancía deben coincidir con la descripción de los documentos-; (f) identifica también faltantes, sobrantes o daños, según sea el caso; (g) cuando la revisión ha concluido, las cajas son selladas con cinta adhesiva especial de la Agencia Aduanal, (lleva impreso el Logotipo y No. De Patente del Agente Aduanal), el encargado de previos coloca su nombre, firma y fecha en la caja con un marcador, e indica al encargado de almacén que terminó su revisión, y (h) regresa a la Agencia Aduanal con el reporte correspondiente.

5.2.3.1.6 Cotizador

El Cotizador es el elemento encargado de hacer la correcta clasificación arancelaria de las mercancías¹⁶, mediante la LIGIE (Ley de los Impuestos Generales a la Importación y Exportación) que contiene todo lo existente susceptible de comercio clasificado en 22 secciones y 98 capítulos. La tarifa arancelaria contenida en la ley de impuestos generales a la importación y exportación contiene alrededor de 30,000 fracciones o posiciones

¹⁵ La Ley Aduanera prevé en su artículo 42 que si el Agente Aduanal ignora el contenido físico del embarque que va a gestionar a nombre del Cliente, tiene derecho a inspeccionarlo en la Aduana, antes de que lo haga la autoridad, a efecto de verificar toda clase de errores e inexactitudes, y/o faltantes.

¹⁶ La clasificación arancelaria consta de un código de ocho dígitos; los primeros dos dígitos indican la capítulo, los siguientes dos indican la partida, los siguientes indican sub-partida y los dos últimos la fracción arancelaria.

arancelarias¹⁷; cualquier error o inexacta clasificación arancelaria puede derivar desde una multa o incidencia, hasta un PAMA (Procedimiento Administrativo en Materia Aduanera) y la posterior cancelación de la Patente. Actualmente la Secretaría de Economía a través del sistema SIAVI¹⁸ (Sistema de Información Arancelaria Vía Internet) permite realizar la clasificación arancelaria de manera sencilla; sin embargo se deben tener conocimientos amplios sobre el tema.

5.2.3.1.7 Gestor de permisos

El Gestor de Permisos es el elemento que se da a la labor de acudir a las dependencias oficiales de gobierno para hacer la gestión y obtención de los permisos y autorizaciones correspondientes, ya sea a la importación o la exportación, para las mercancías.

5.2.3.1.8 Capturista de pedimentos

El Capturista de Pedimentos es el encargado de elaborar el pedimento¹⁹ de importación o exportación, según sea el caso; para tal efecto se utiliza el software SAAI-M3²⁰ Sistema Aduanero Automatizado Integral Milenium 3, el cual es la plataforma electrónica por medio de la que los Agentes Aduanales declaran impuestos, descargan permisos y toda clase de información directamente a la Aduana en el documento electrónico llamado pedimento, que es el formato oficial para dar legalidad a una importación o exportación de mercancías; concluido el llenado del pedimento, el capturista deberá imprimir un tanto en blanco y entregarlo al Glosador para una revisión exhaustiva antes de transmitirlo a la Aduana (Validarlo). El Capturista desde la computadora de la Agencia Aduanal envía señal a un Prevalidador (servidor electrónico que detecta errores en el documento); el Capturista tiene tres oportunidades para el envío correcto, si al cuarto intento el envío ha sido rechazado se cobran aproximadamente \$140 + IVA (Impuesto al Valor Agregado). Si no se han detectado errores, el propio servidor de la Aduana genera un acuse de validación. La figura 5-5 muestra el procedimiento descrito.

¹⁷ La clasificación arancelaria es válida en todo el mundo y es proporcionado por la OMA (Organización Mundial de Aduanas); a nivel internacional la fracción arancelaria es de seis dígitos. Cada fracción arancelaria identifica a un producto en específico, asimismo proporciona la descripción legal del producto, la unidad de medida que deberá emplearse para declararlo en cantidad ante la aduana y el Arancel o Impuesto General a la Exportación o Importación según sea el caso, asimismo una vez que ya se tiene la fracción arancelaria del producto, se pueden determinar los permisos que requiere.

¹⁸ Dirección electrónica en donde se encuentra el SIAVI: <http://www.economia-snci.gob.mx:8080/siaviWeb/siaviMain.jsp>

¹⁹ Documento en donde viene claramente plasmada la operación, con detalles tales como país de origen, país de procedencia, fracción arancelaria de la mercancía, permisos, monto de los impuestos, etcétera.

²⁰ El Capturista de Pedimentos debe dominar el SAAI-M3, en cualquiera de sus versiones comerciales (Sistemas Kasa, Síntesis, AAADAM-3 etcétera), asimismo, debe conocer también el manual de claves de llenado del Pedimento que es el Anexo 22 de las Reglas de Carácter General en materia de Comercio Exterior,

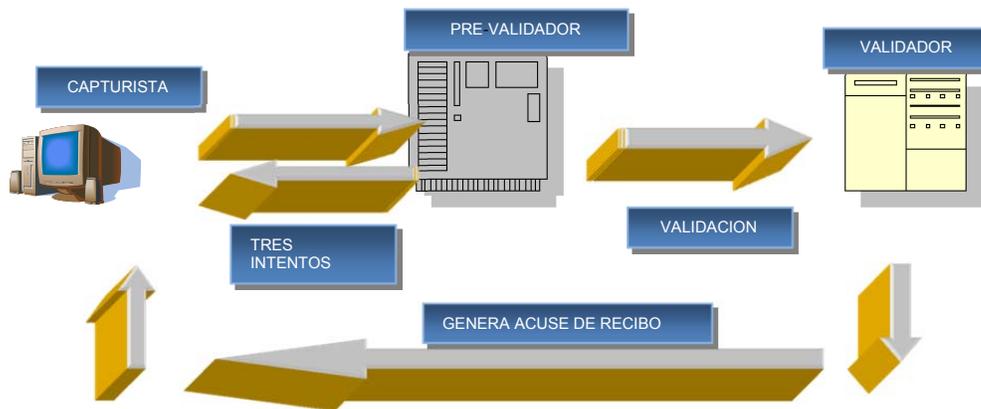


FIGURA 5-5. FUNCIONAMIENTO DE SAAI-M3. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

5.2.3.1.9 Glosador

El Glosador debe verificar todas las claves de llenado que aparecen en el pedimento; por lo tanto debe tener un amplio conocimiento del manual de claves contenido en el Anexo 22 de la Ley de Comercio Exterior, así como el sustento legal de las mismas, y estar informado de las últimas regulaciones publicadas en el Diario Oficial de la Federación.

Una vez que se han verificado las claves y datos, el documento es devuelto al Capturista para que éste proceda a trasmitirlo electrónicamente a la Aduana y así efectuar su validación; el sistema automatizado de la Aduana (SAAI-M3) genera el acuse electrónico de validación, el número de operación y el código de barras para ese pedimento. En ese preciso momento la Aduana queda legalmente notificada por parte del Agente Aduanal, en el sentido de que se va a efectuar un movimiento ya sea de importación o de exportación.

5.2.3.1.10 El tramitador aduanal

El Tramitador aduanal es también conocido como encargado de salidas o despachador de mercancías, se encarga de ejecutar todo el despacho desde que se presenta ante la Aduana a modular ópticamente el pedimento, hasta que la mercancía es entregada en un vehículo en el domicilio del cliente. Este personaje cuenta con un gafete de acceso a la Aduana y con un chaleco distintivo color naranja.

Cuando el pedimento ha sido pagado, el tramitador se da a la tarea de conseguir transporte local para ingresar o retirar el embarque de la Aduana, ingresa posteriormente con el vehículo y hace toda la gestión llamada *despacho aduanero de mercancías*, hasta por fin tener la mercancía liberada y hacer la entrega de la misma al cliente (en el caso de importación) o al transportista internacional que se la llevará al extranjero (en el caso de exportación). En la figura 5-6 se muestra el proceso que lleva a cabo este actor.

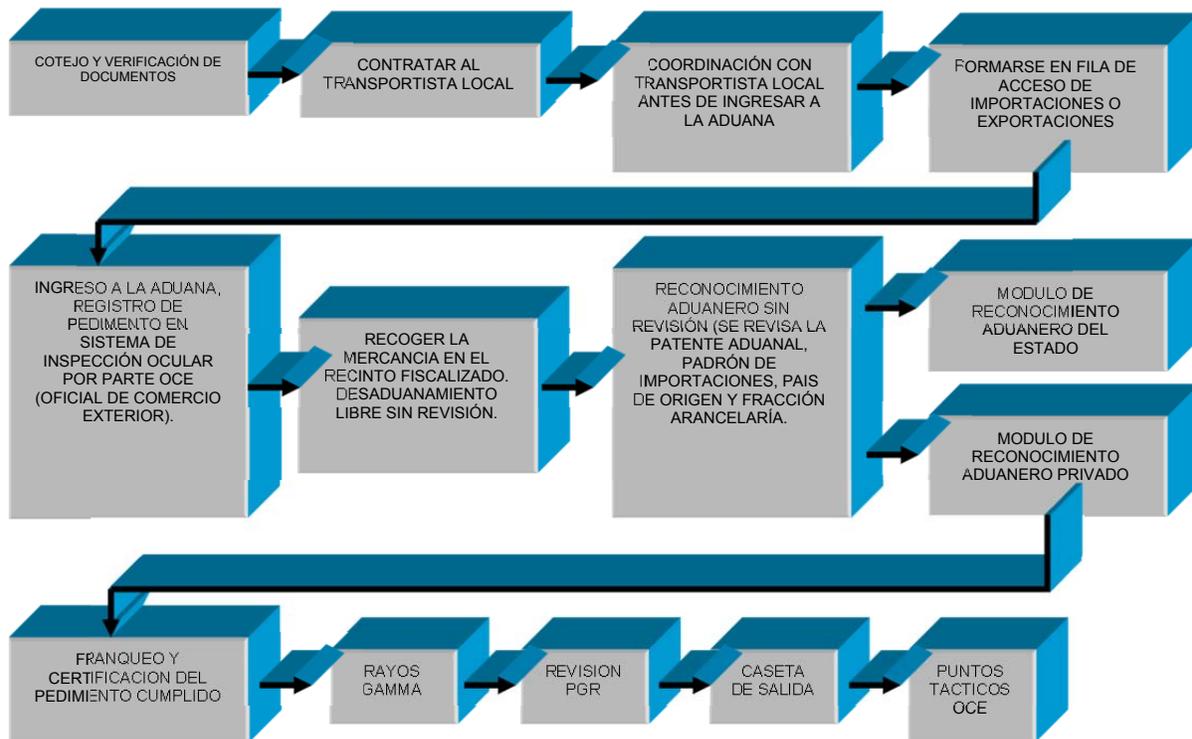


FIGURA 5-6 PROCESO DE OPERACIÓN DEL TRAMITADOR ADUANAL. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

5.2.4 Aduana

Para lograr el objetivo de la tesis, que es el diseño de un modelo de simulación para el *despacho de mercancías*²¹, es necesario conocer la distribución física del recinto aduanal del AICM (Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México) y los factores que inciden en el manejo de la carga dentro del recinto.

Para describir el sistema de estudio se hace referencia al artículo 35 de la ley aduanera vigente en México, la cual cita que el despacho aduanero se define como: el conjunto de actos y formalidades que debe hacer un agente o apoderado aduanal ante la *autoridad aduanera* a fin de liberar una mercancía para su importación o exportación.

La figura 5-7 muestra una vista satelital del área de estudio, enmarcada en rojo y con fondo transparente amarillo donde están ubicadas instalaciones de la aduana.

²¹ El despacho de las mercancías consiste en todos los actos y formalidades (trámites, gestiones, declaraciones, permisos, pago de impuestos, etcétera), necesarios ante la autoridad aduanal con el objetivo de liberar las mercancías del recinto.



FIGURA 5-7 VISTA SATELITAL DEL AREA DE ESTUDIO FUENTE: GOOGLE EARTH

La figura 5-8 muestra una vista satelital del área de estudio, con fondo transparente de distintos colores, en orden ascendente y de derecha a izquierda, puede observarse lo siguiente²²:

- (1) En verde opaco se pueden ver las pistas por las que arriban las aeronaves.
- (2) En lila, verde y azul cielo; se distinguen las instalaciones de la administración anterior, el módulo de rayos gamma y el módulo de la UAIFA, respectivamente.
- (3) En azul cielo, amarillo, morado y rojo se encuentran Panalpina, Air France, Bancos y Aeroexpress Cargo, respectivamente.
- (4) En morado la barra horizontal indica el área de carga y descarga de la mercancía.
- (5) Finalmente en verde, rojo y gris, se distinguen el área de exportaciones, los operadores logísticos y las garitas de verificación de pedimentos y documentos, respectivamente.

La figura 5-9 muestra, con un mayor acercamiento satelital, los operadores logísticos (DHL, Braniff, etcétera), y muestra en la garita de verificación de pedimento y documentos, los carriles asignados a distintos sujetos que realicen algún procedimiento: En rojo, amarillo, verde y amarillo; los carriles asignados para góndolas, camiones cargados, diplomacia y camiones vacíos, respectivamente.

²² En cada una de estas áreas se realizan distintas actividades, que son descritas más adelante.

En la figura 5-10 se observa en rojo el modulo donde se realiza el primer reconocimiento de las mercancías²³ y las tres ventanillas dedicadas a tal fin.

Finalmente en la figura 5-11 se observa en amarillo el modulo donde se realiza el segundo reconocimiento de las mercancías²⁴, y en verde el módulo de inspección ocular.

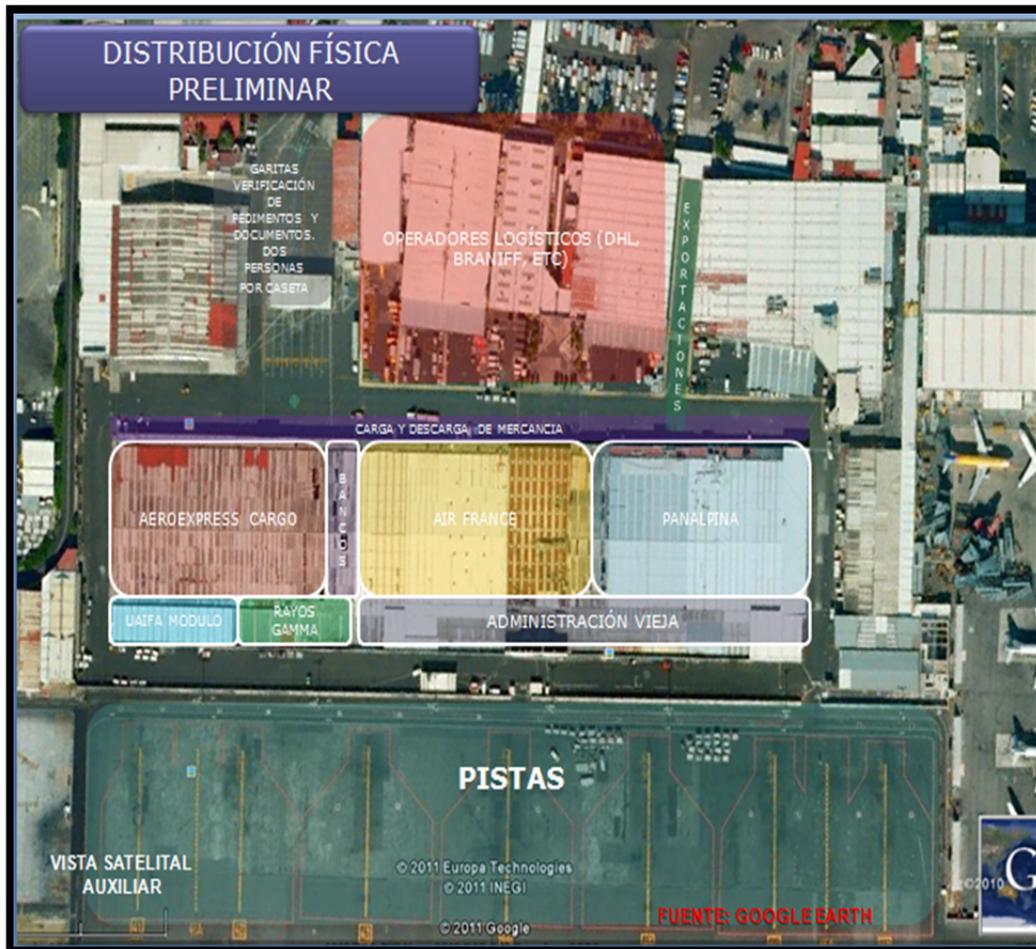


FIGURA 5-8 DISTRIBUCIÓN FÍSICA PRELIMINAR FUENTE: GOOGLE EARTH

²³ Procedimiento descrito más adelante.

²⁴ Procedimiento descrito más adelante.

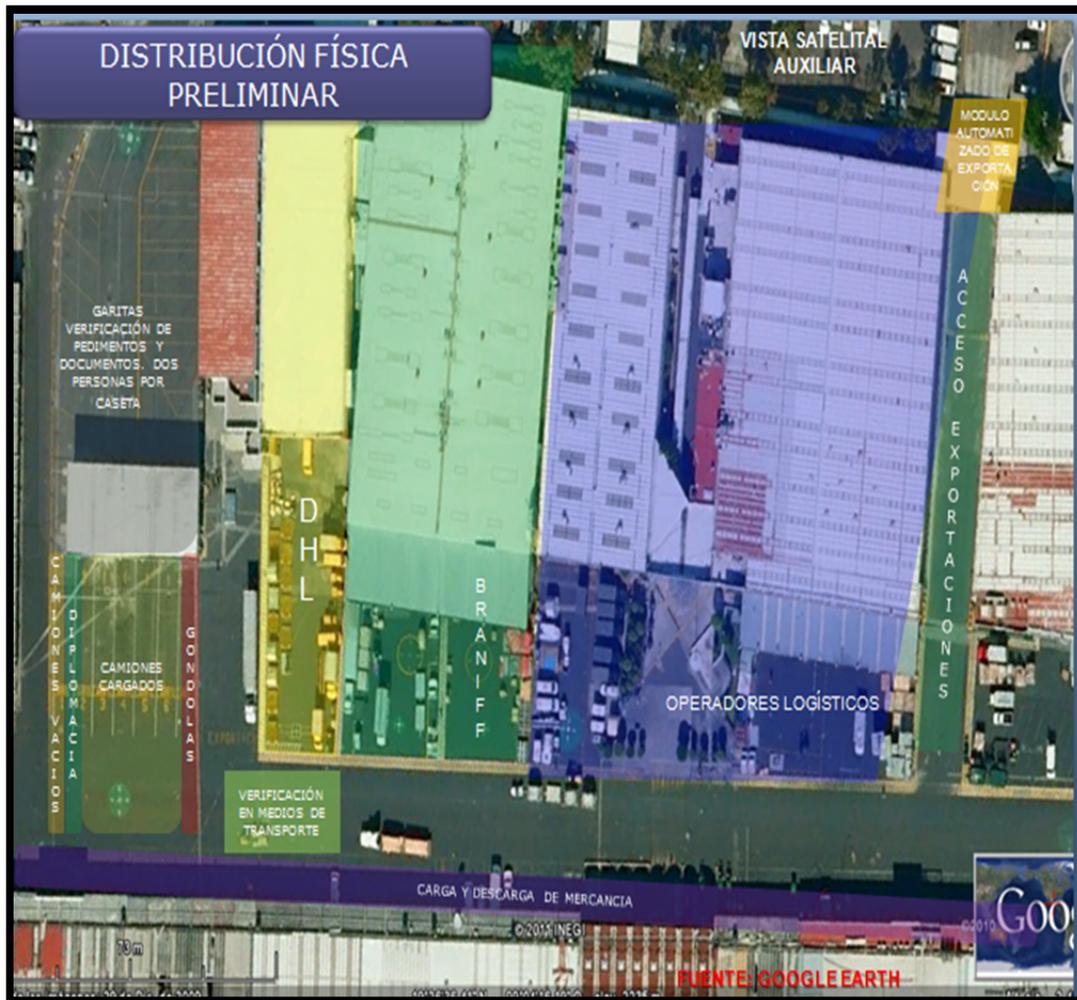


FIGURA 5-9 DISTRIBUCIÓN FÍSICA PRELIMINAR. FUENTE: GOOGLE EARTH

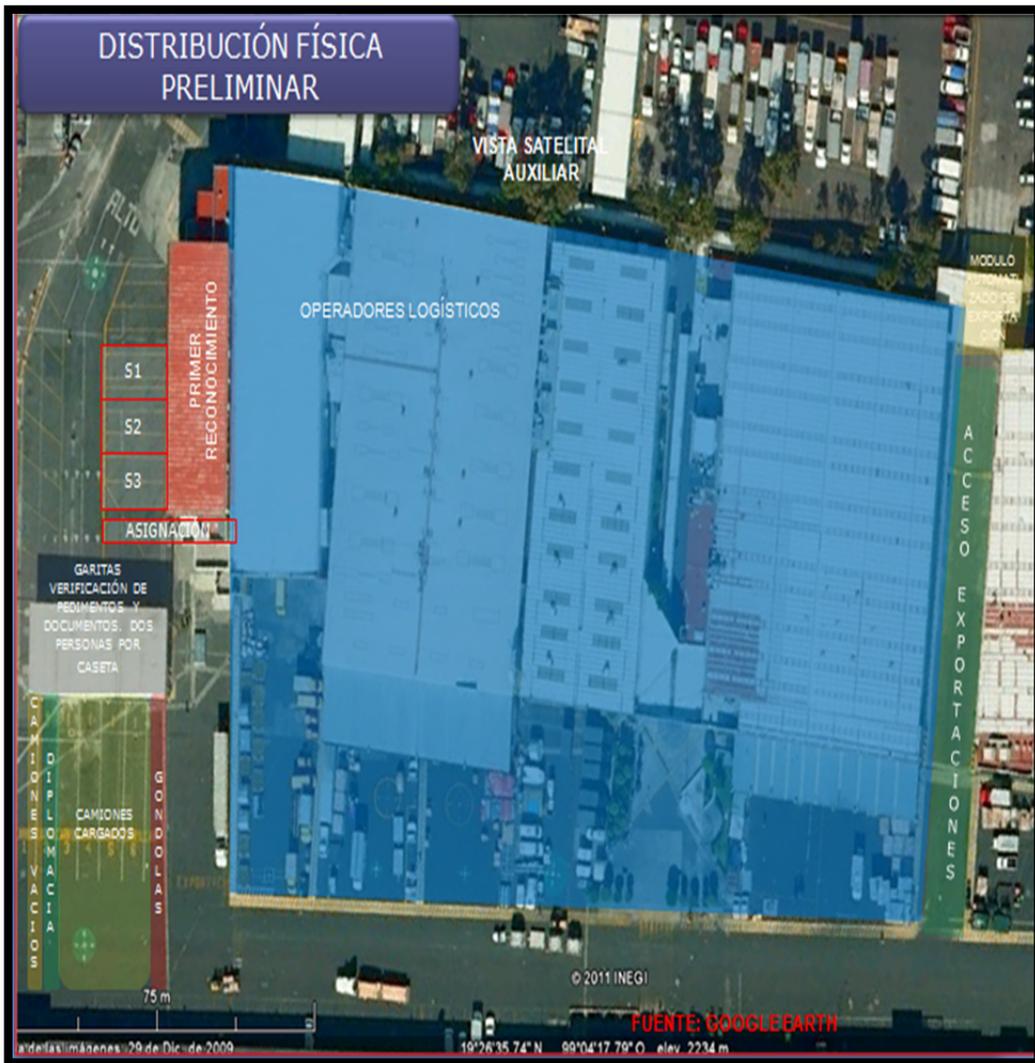


FIGURA 5-10 DISTRIBUCIÓN FÍSICA PRELIMINAR. FUENTE: GOOGLE EARTH



FIGURA 5-11 DISTRIBUCIÓN FÍSICA PRELIMINAR. FUENTE: GOOGLE EARTH

5.2.5 Organigrama de una aduana

Aunque fue realizada una búsqueda exhaustiva para obtener el organigrama específico de la Aduana del AICM, no se localizó en ninguna de las fuentes consultadas, así que se procedió a tomar el organigrama de una Aduana típica mexicana, el cual se presenta la figura 5-12. A continuación se presentan las funciones de una aduana, las cuales fueron tomadas como base para el diseño del modelo de simulación del recinto.

5.2.5.1.1 Administrador

El administrador es la máxima autoridad dentro de la Aduana, en su persona recae la total y absoluta responsabilidad de la autorización de todas las operaciones que se realicen.

5.2.5.1.2 Sub administrador

El sub-administrador es el suplente inmediato del Administrador de la Aduana, autoriza todas aquellas operaciones que requieran el visto bueno de la autoridad aduanera.

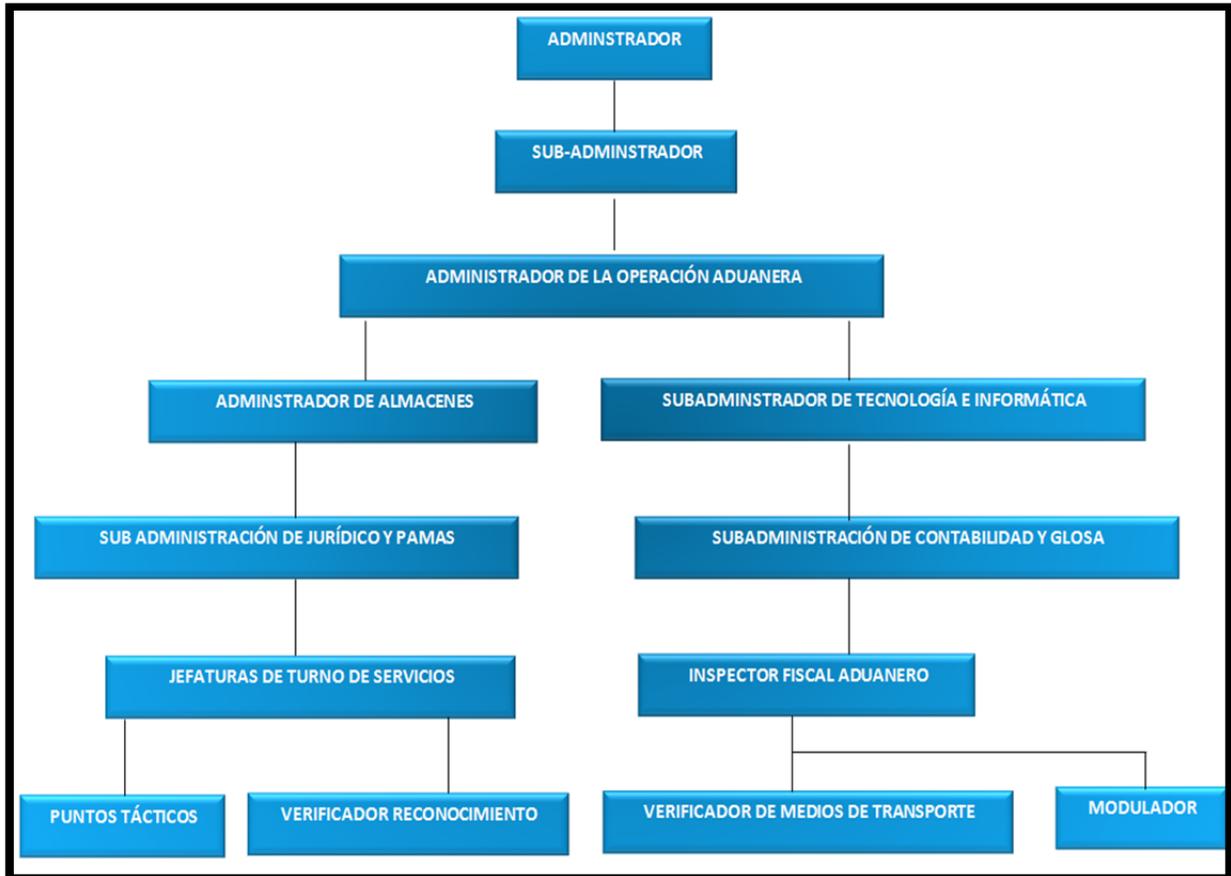


FIGURA 5-12 ORGANIGRAMA GENERAL DE UNA ADUANA. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

5.2.5.1.3 Administrador de la operación aduanera

El Administrador de la operación aduanera anteriormente nombrado de la regulación del despacho aduanero, es quien se hace cargo de dar solución a todos los problemas que se susciten durante el proceso de revisión de mercancías por las partes operativas dentro de la Aduana. Tiene a su cargo la implementación de políticas que agilicen la operación del Despacho Aduanero de las mercancías.

5.2.5.1.4 Administrador de almacenes

El Administrador de Almacenes está cargo de la supervisión y monitoreo constante de los Almacenes Fiscalizados privados concesionados, supervisa que las mercancías

embargadas o abandonadas estén separadas de las demás, que los materiales o sustancias peligrosas almacenadas lo sean respetando la normatividad de seguridad nacional e internacionalmente vigente. También tiene un control sobre las transferencias de mercancías de un almacén al otro y de las medidas de seguridad para la prevención del robo y contrabando de mercancías.

5.2.5.1.5 Sub administración de tecnología e informática

El Sub Administración de Tecnología e Informática tiene a su cargo la supervisión directa de los concesionarios privados que operan y administran el Sistema SAAI-M3, verificando funcionamiento óptimo.

5.2.5.1.6 Sub administrador de jurídico y PAMAS

El Sub Administrador de Jurídico y PAMAS, supervisa la gestión y negociación de todo tipo de procedimientos legales y administrativos; ante este departamento se presentan los Mandatarios de los Agentes Aduanales y los representantes legales de los importadores o exportadores, a negociar y dar solución a un PAMA (Procedimiento Administrativo en Materia Aduanera) que siempre conlleva el embargo precautorio de las mercancías y la cancelación de la patente aduanal de aquel Agente Aduanal que haya incurrido en alguna falta u omisión que amerite dicho procedimiento. Si no se llega a ningún acuerdo a este nivel, el expediente es consignado a la administración central correspondiente.

5.2.5.1.7 Sub administración de contabilidad y glosa

El Sub Administración de contabilidad y glosa, recibe toda la documentación ya procesada durante el despacho aduanal; compete al área de glosa hacer la revisión detallada de todos estos documentos para detectar omisiones, errores o inclusive falsificaciones de los documentos ya procesados de aquellos embarques que ya salieron de la Aduana. Cuando ha concluido esta actividad se hace un concentrado de dictámenes y los expedientes son remitidos a la administración central correspondiente.

5.2.5.1.8 Jefaturas de turnos de servicio

Las Jefaturas de Turnos de Servicio, supervisan directamente la correcta operación de los diferentes módulos de la Aduana: módulo de activación del mecanismo automático de selección, módulo del reconocimiento aduanero de mercancías, área de verificación de mercancías en medios de transporte, garitas y puntos tácticos, dando solución inmediata y siendo la primera instancia de solución para todos los problemas que se gestan en esas áreas como parte de la operación.

5.2.5.1.9 Inspector fiscal y aduanero

El Inspector fiscal y aduanero, es un elemento de seguridad adscrito a la IFA (Inspección Fiscal y Aduanera), su función es resguardar las entradas y salidas de las aduanas (garitas o puntos tácticos), tienen la facultad de detener algún embarque, si es que detecta algo sospechoso. Los embarques sospechosos son regresados por el personal de IFA y se someten a un proceso de verificación en medios de transporte, por parte de los verificadores de la aduana.

5.2.5.1.10 Verificador de reconocimiento

El Verificador de reconocimiento, está ubicado en los puntos de revisión (denominados comúnmente plataformas) en el módulo de reconocimiento aduanero de mercancías; su función es la revisión física y documental de los embarques que se le presentan por parte del tramitador para tal efecto. Si como producto de la modulación, el dictamen es reconocimiento aduanero, tiene el deber de revisar el embarque; su labor es sumamente técnica, pericial y legal.

5.2.5.1.11 Dictaminador aduanero

El dictaminador aduanero no es una autoridad aduanera, y por ende, carece de facultades de sanción, coerción o detención de mercancías, vehículos o personas; el dictaminador aduanero es un auditor externo contratado a través de una empresa privada, la cual a su vez ganó el correspondiente concurso de licitación pública del servicio del segundo reconocimiento de mercancías en las aduanas; su función es revisar exactamente los mismos puntos que el verificador fiscal de reconocimiento, pero de una manera mucho más exhaustiva.

5.2.5.1.12 Verificador de medios de transporte

El Verificador de Medios de Transporte, realiza prácticamente la misma función que el verificador fiscal del reconocimiento aduanero de mercancías, solamente que el verificador de medios de transporte se hace cargo de la revisión de embarques que pueden ser remitidos a la aduana por parte de diversas autoridades (retenes militares, AFI, PGR). La verificación de mercancías en medios de transporte se realiza con mayor presión que el reconocimiento aduanero y debe haber de por medio una orden de verificación firmada por el administrador de esa aduana.

5.2.5.1.13 Modulador

El Modulador revisa que vengan completos los juegos de copias del pedimento, verifica el gafete de identificación del tramitador que se presenta a darle el pedimento, y su función principal es la de modular los pedimentos, es decir pasar el código de barras del pedimento que le presenta el tramitador de la agencia aduanal a través de un escáner o lector óptico, en caso de que no haya escáner disponible, se digita el número de pedimento y se ingresa al sistema; posteriormente se coloca el pedimento en la máquina impresora de certificación y se espera la señal de respuesta del sistema; cuando el sistema manda la señal se imprime automáticamente cualquiera de las dos siguientes leyendas: (1) “Desaduanamiento Libre” o (2) “Reconocimiento Aduanero”, que significan respectivamente no revisión o revisión para el embarque, esto es determinado por factores tales como, país de origen o procedencia de las mercancías, antecedentes de la patente del agente aduanal, antecedentes del padrón de importadores del cliente y fracción arancelaria de la mercancía.

5.2.6 Dinámica del despacho aduanero de mercancías

De acuerdo al Artículo 35 de la Ley Aduanera, el despacho aduanero se define como el *conjunto de actos y formalidades que debe hacer un Agente o Apoderado aduanal ante la autoridad aduanera a fin de liberar una mercancía para su importación o exportación*, actividad que compete al Agente Aduanal. El proceso de despacho aduanero de mercancías se ilustra en la figura 5-9 y se describe a continuación:

1. El cliente genera un encargo conferido ante el SAT, el documento electrónico es un poder legal para que el agente aduanal pueda manejar los embarques de dicho cliente, si tal encargo conferido no es generado electrónicamente por el cliente, el agente aduanal estará imposibilitado para operar los embarques del cliente. En el caso de una operación de exportación, el *Cliente Exportador (shipper)* genera copia de instrucciones (*shipper letter of instructions*) y la entrega al *Consolidador de Carga (Freight Forwarder)*.
2. En el caso de una operación de exportación, el *Consolidador de Carga* llama al *Transportista Internacional*, hace la reservación de espacio y procede a documentar el envío.
3. Posteriormente el cliente debe proporcionar (por medio del comisionista en la mayoría de las ocasiones) los documentos mínimos necesarios para efectuar el despacho aduanero, los cuales se citan a continuación: (a) Factura comercial, (b) Certificado de origen, (c) Documento de transporte internacional de la mercancía, (d) Comprobantes del cumplimiento de todos los permisos requeridos por el producto (regulaciones y restricciones no-arancelarias), (e) Números de serie de la mercancía (cuando ésta venga marcada con números de serie individuales), (e) Manifestación de valor en

aduana (esta forma siempre la llena el agente aduanal y el cliente únicamente la firma). El *Consolidador de Carga* entrega dichos documentos de al *Agente Aduanal*. El *Agente Aduanal* procede a la elaboración del *Pedimento*.

4. Reconocimiento Previo de las Mercancías. Posteriormente el Agente Aduanal envía al *Encargado de previos* para que revise la mercancía almacenada en el interior de la Aduana, en el caso de transporte marítimo o aéreo; este elemento debe detectar: faltantes, sobrantes y mercancía no declarada, daños y averías, etiquetas, que las mercancías cumplan con lo requerido por las Normas Oficiales Mexicanas, modelos, marcas, colores, tallas etcétera; su función es verificar que no haya discrepancias entre lo declarado en documentos y lo que viene físicamente dentro del embarque, con el objeto de prevenir problemas y corregir cualquier situación anómala antes de que sea la propia Autoridad Aduanera la que revise.
5. Clasificación arancelaria. En esta fase se busca la fracción arancelaria que le corresponda a la mercancía dentro de la Ley de los Impuestos Generales a la Importación y Exportación; al obtener la fracción arancelaria se puede saber con exactitud cuánto se pagará de impuestos y qué permisos requerirá para su importación o exportación; el encargado de realizar esta operación es el Cotizador de la Agencia Aduanal.
6. Existen ocasiones en las que se requieren permisos aún no tramitados, por lo que es función del Gestor de Permisos acudir a las dependencias oficiales, para obtenerlos.
7. En la siguiente etapa, la figura del Comisionista debe solicitar al cliente que deposite el monto de los impuestos a pagar a la cuenta de la Agencia Aduanal, a efecto de tener fondos suficientes para el pago de impuestos; en ese momento el Capturista de Pedimentos elabora el documento pro-forma, sin transmitirla a la Aduana.
8. El Glosador revisa minuciosamente el documento pro-forma verificando que no haya errores en las claves de llenado ni en el tipo de cambio, o algún otro error de captura que pudiera significar problemas con la Autoridad Aduanera; realiza las observaciones o correcciones que haya que hacer y le entrega de vuelta el Pedimento al Capturista de Pedimentos con su Visto Bueno.
9. El Capturista procede a transmitir electrónicamente el pedimento a la Aduana a través del sistema SAAI-M3. Cuando el pedimento ha sido validado, se recibe acuse de recibo electrónico, número de operación y código de barras; se procede entonces al pago de los impuestos plasmados en el mismo el cual debe ser ante una Institución Bancaria autorizada para tal efecto.
10. Posteriormente el Tramitador Aduanal da aviso al Transportista Local, con la finalidad de que sea facilitado el vehículo con el cual se ingresará a la Aduana, ya sea para entregar (exportación), o bien recoger (importación) mercancía; el vehículo ingresa a

la Aduana junto con el Tramitador Aduanal y el operador del mismo por la garita de acceso, donde un Inspector Fiscal Aduanero²⁵ (elemento de la UAIFA Unidad de Apoyo a la Inspección Fiscal Aduanera) requiere gafetes de identificación, pedimento y verifica datos del vehículo como año, modelo, color etcétera. Luego, se procede al envío de la carga por parte del *Transportista Local* hacia la Aduana con comunicación por radio y muchas veces custodiando la mercancía. Se arriba a un lugar próximo a la Aduana llamado *Punto de Coordinación* en el que el *Tramitador* checa todos los datos antes de entrar a la Aduana para evitar contratiempos.

11. Una vez ingresado a la Aduana, el vehículo se dirige al Almacén Fiscalizado Privado Concesionado en donde están guardadas las mercancías (en el caso de importación) o donde deben de entregarse (exportación) y se presenta ahí para pagar los almacenajes y maniobras que cause la operación, debe dejar una copia del Pedimento que avala la legalidad de la misma y retirar las mercancías del Almacén. Se ingresa a la Aduana y se procede al *Despacho de Exportación*.

12. Saliendo del Almacén Fiscalizado Privado Concesionado, se dirige con el vehículo a los Módulos de selección, en donde se hace la Modulación de Pedimento y se revisa que vengan completos los juegos de copias del pedimento, se verifica el gafete de identificación del tramitador que se presenta a darle el pedimento; el proceso de modulación consiste en que un Verificador Fiscal del SAT pase una pistola láser lectora sobre el código de barras del pedimento que le presenta el Tramitador Aduanal para que el sistema determine de manera automatizada si le corresponde o no revisión; posteriormente se coloca el pedimento en la máquina impresora de certificación y se espera la señal de respuesta del sistema en caso afirmativo, en el ángulo superior derecho del Pedimento, que es el área para certificaciones e impresiones, se imprime la leyenda "Reconocimiento Aduanero", en caso negativo se imprimirá la leyenda "Desaduanamiento libre" que indica que el embarque no será revisado. En el caso de que no haya escáner disponible, se digita el número de pedimento para el embarque. El dictamen es determinado por factores tales como: país de origen o procedencia de las mercancías, antecedentes de la patente del agente aduanal, antecedentes del padrón de importadores del cliente y fracción arancelaria de la mercancía, de los antecedentes que tenga la Patente del Agente Aduanal y de los antecedentes que tenga el Padrón de Importadores del Cliente.

13. Si el dictamen ha sido *Reconocimiento Aduanero*, pasa al módulo del *Reconocimiento Aduanero* donde un *Verificador Fiscal* del SAT debe determinar: (1) si la mercancía presentada está correctamente clasificada en la fracción arancelaria que le corresponde; (2) si no existen errores de captura en el pedimento (DGI) Datos Generales Inexactos; (3) si están adjuntos todos los comprobantes y certificados de los permisos y certificados de origen requeridos para el producto y asimismo ver que estén correctamente llenados, sellados, firmados y sean auténticos; (4) verificar que

²⁵ Oficial armado que resguarda el recinto fiscal

los impuestos estén correctamente determinados y calculados en el pedimento; (5) revisar físicamente las mercancías para ver que las etiquetas cumplan con la información mínima exigible por las normas oficiales mexicanas, verificar las marcas gráficas del país de origen para detectar probables re etiquetados o falsificaciones del certificado de origen para evadir cuotas compensatorias declarando otro país de origen, revisar faltantes, sobrantes, daños a la mercancía, cotejar lo declarado en documentos y lo presentado físicamente (cantidades, tallas, modelos, colores, números de serie); esta revisión física se realiza abriendo hasta el 35% de los bultos presentados, el verificador fiscal es una autoridad aduanera y está facultado para aplicar toda clase de sanciones o turnar el caso al administrador para la detención de la mercancía, el vehículo y el inicio del procedimiento administrativo que corresponda cuando se detectan irregularidades que lo ameriten; es el primer filtro de revisión por parte de la aduana.

14. Si el dictamen fue *Segundo Reconocimiento de Mercancías*, pasa al módulo del *Segundo Reconocimiento de Mercancías*, donde un *Dictaminador Aduanero* (Auditor externo hará la revisión física de mercancías y documentos para hallar irregularidades, cabe señalar que si el *Dictaminador Aduanero* encuentra irregularidades, no está facultado para proceder legalmente, por lo que debe reportarlo a la *Autoridad Aduanera*; la revisión de mercancías en el *Segundo Reconocimiento de Mercancías* es al 100%, y existe una incentivación económica o en prestaciones por irregularidades significativas o grandes que sean detectadas.
15. Si no procede detención de las mercancías o alguna sanción, la mercancía es retirada del módulo del *Reconocimiento Aduanero* o del *Segundo Reconocimiento de Mercancías* según corresponda y es llevada por la Ruta Fiscal hasta la Garita de salida; posteriormente un Inspector Fiscal Aduanero realiza una última inspección ocular al embarque y si a su juicio nota algo fuera de la ley puede remitir el vehículo a que sea revisado nuevamente mediante una *Verificación en Medios de Transporte*.
16. La *Verificación en Medios de Transporte* es efectuada por un *Verificador* del SAT específico para ello, previa la emisión de la Orden de Verificación en Medios de Transporte firmada por el Administrador de la Aduana. Si no hay irregularidades en ello, se cierra el vehículo al terminar la revisión y se le colocan nuevos candados fiscales que deberá proporcionar el Agente Aduanal; finalmente sale la mercancía de la Aduana con destino al domicilio del cliente (en el caso de importación), en el caso de exportación es entregada al medio de transporte internacional. Por lo regular el verificador de medios de transporte se hace cargo de la revisión de embarques que pueden ser remitidos a la aduana por parte de diversas autoridades (retenes militares, AFI, PGR).

El nivel de detalle de este estudio se limita a las operaciones que ocurren dentro de la Aduana, y no a las políticas y procedimientos de las empresas de transporte de carga local e internacional; la elección del transportista local e internacional depende

del consolidador de carga, y su decisión depende del cliente importador o exportador y de la agencia aduanal elegida, son decisiones subjetivas, y por tanto no son consideradas en el diseño del modelo.

Es pertinente mencionar que los equipos con que se cuenta para manejar la carga en tierra son los siguientes: montacargas, patines hidráulicos traspaletas y básculas digitales (2 y 15 toneladas); y los servicios a los que se hace mención en las terminales de carga son: Acarreo de mercancías desde la plataforma hasta el almacén fiscalizado, paletizado y control de embarques, refrigeración de mercancía perecedera, jaula de valores, pesado de carga (importación y exportación), control de entrega y recepción en almacén fiscalizado, y servicio de revisiones previas las 24 horas del día.

El proceso de despacho aduanero de mercancías para una operación de importación se ilustra en la figura 5-13.

5.3 Formulación del modelo conceptual

Para la elaboración del modelo conceptual, es necesario diferenciar entre los distintos flujos que se presentan en el despacho aduanero de mercancías: el flujo físico de las mercancías y el flujo de información. Ambos son externalidades consecuentes de la operación del sistema, cabe aclarar que éstos no se verán conectados físicamente en la ventana del software, pero estarán ligados virtualmente a través de las variables que se utilizarán.

La figura 5-14 muestra una distribución física supuesta con base en la investigación. Las mercancías arriban a bordo de la aeronave en el área de pistas, posteriormente son sometidas a rayos gamma, y a los trámites pertinentes a cargo de la agencia aduanal contratada; luego, las mercancías son llevadas al área de carga y de ahí se dirigen a la primera caseta en la cual se revisan los documentos pertinentes, posteriormente se dirigen a la salida como lo indica el flujo en rojo, siguiendo todos los trámites descritos en la sección 5.1.9.

Para un adecuado desarrollo del modelo de simulación, fueron identificados los actores principales que interactúan en el sistema de estudio. La figura 5-15 presenta el modelo conceptual del despacho aduanero de mercancías; cada uno de los siete bloques: A1, A2, A3, A4, A5, A6 y A7 representan a los subsistemas que al operar generan las externalidades citadas anteriormente: cliente exportador o importador, consolidador de carga, agente aduanal, transportista local, aduana, transporte internacional y cliente importador o exportador.

Cada uno de los bloques representa un conjunto de operaciones secuenciales que deben ser realizadas. Los bloques serán representados por diagramas de flujo, que posteriormente serán reflejados en el modelo.

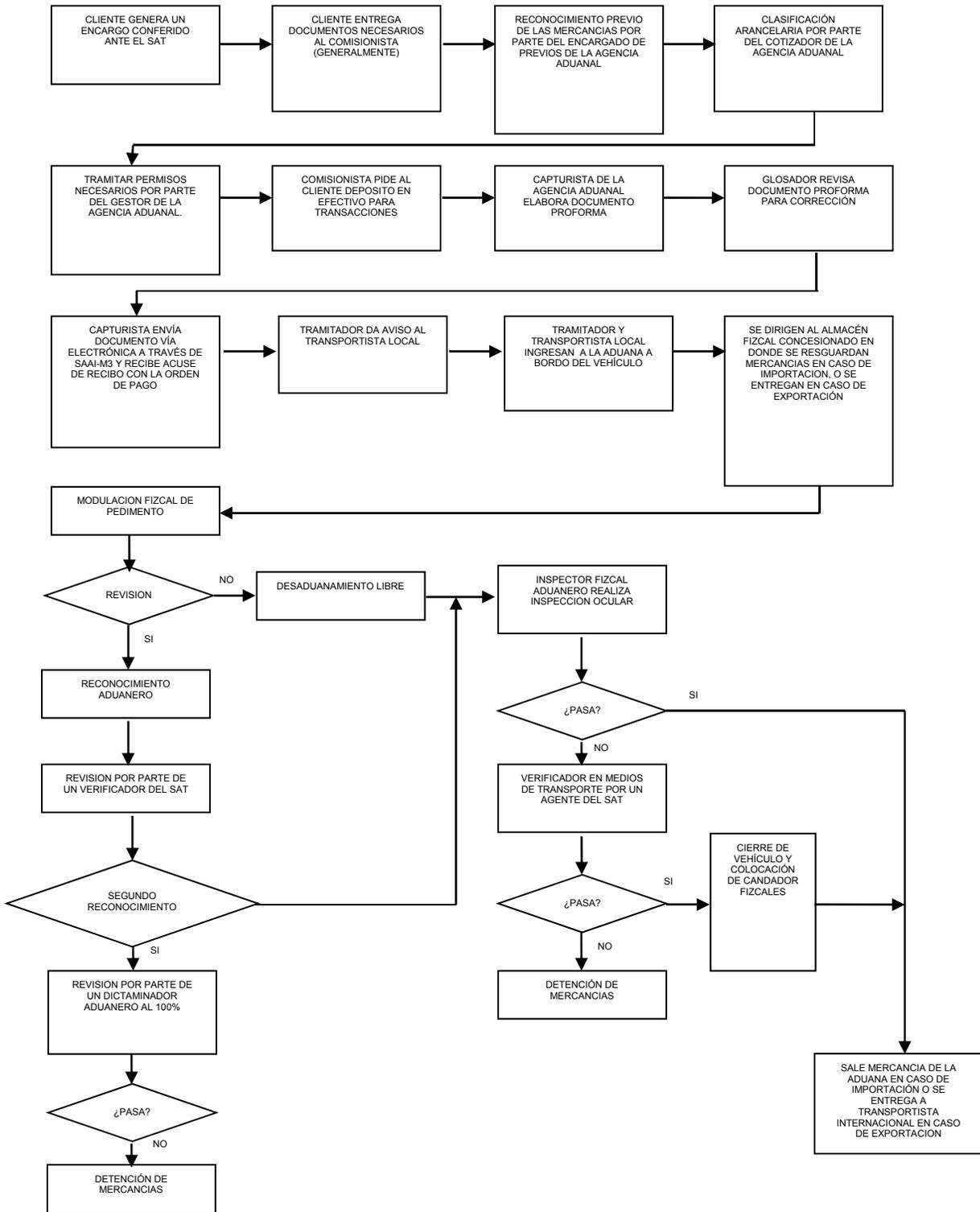


FIGURA 5-13 DESPACHO ADUANERO DE MERCANCIAS. FUENTE: ELABORACION PROPIA CON BASE A INVESTIGACIÓN



FIGURA 5-14 FLUJO DE LAS MERCANCIAS. FUENTE IMAGEN GOOGLE EARTH.

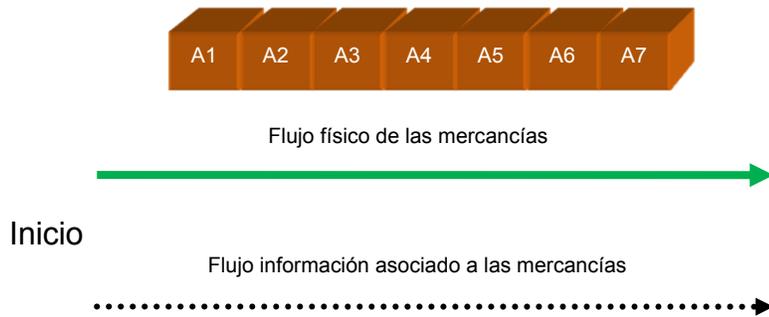


FIGURA 5-15 MODELO CONCEPTUAL DEL DESPACHO ADUANERO DE MERCANCIAS. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

5.4 Recolección de datos del sistema

De acuerdo al Instituto Mexicano del Transporte en el estudio publicado en 2005 con datos de 2003 (Herrera *et al*, 2005), para el Diagnóstico del Transporte de la Carga Aérea en México, los principales productos importados correspondieron a máquinas, material eléctrico y sus partes; seguidos de productos farmacéuticos; maquinaria y sus refacciones. La carga correspondiente al primer capítulo arancelario mencionado comprende el 25% del total, y los tres primeros capítulos abarcan el 58% de la carga movida por este recinto aduanal; la figura 5-16 ilustra la distribución porcentual de la carga recibida.

Para las exportaciones, los principales productos correspondieron a la categoría de farmacéuticos, mismos que representaron cerca del 30% de la carga exportada utilizando este aeropuerto. En segundo lugar se encontró a las máquinas, material eléctrico y sus refacciones; mientras que en el tercer lugar estuvieron los reactores, máquinas y sus refacciones. Al igual que en las importaciones, los tres primeros capítulos representaron también el 58% del valor de la carga exportada; la figura 5-17 ilustra la distribución porcentual.

De acuerdo al Instituto Mexicano del Transporte (Herrera *et al.*, 2005), la estacionalidad de la demanda generalmente es estable a lo largo del año, excepto durante febrero, marzo y abril, debido a un incremento en la actividad.

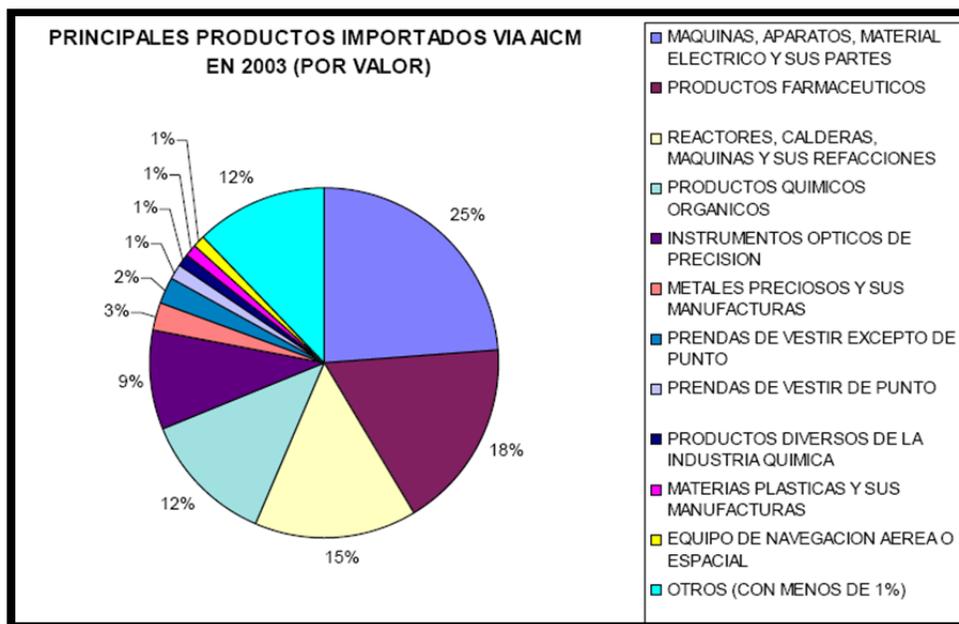


FIGURA 5-16 PRINCIPALES PRODUCTOS IMPORTADOS, VÍA AICM. FUENTE: HERRERA *ET AL.*, (2005)

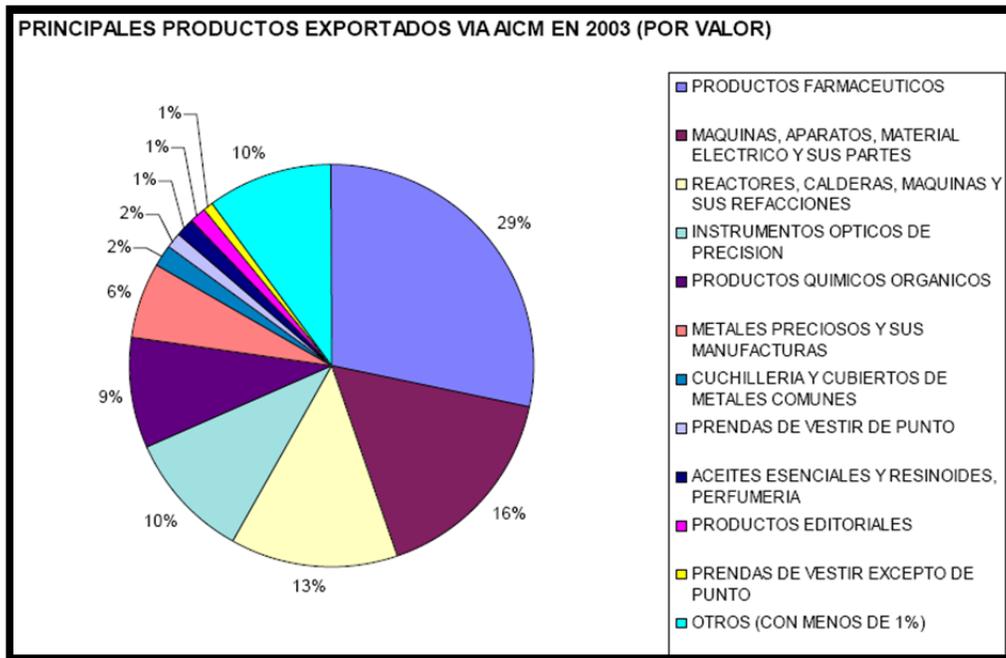


FIGURA 5-17 PRINCIPALES PRODUCTOS EXPORTADOS, VÍA AICM. FUENTE: IMT (2005)

5.4.1 Ajuste de datos para el despacho aduanero de mercancías

El ajuste de datos a una distribución de probabilidad específica usualmente es realizado mediante una prueba de bondad de ajuste. Este método hace una comparación de los datos tomados de la muestra con los valores esperados de una distribución. Este procedimiento puede ser efectuado vaciando los datos en un programa de estadística para que realice el ajuste automáticamente, a la distribución que más se parezca a los datos. Para la realización de este trabajo no se cuenta con datos históricos ni con alguna otra fuente que permita realizar este tipo de análisis.

Si en un futuro se tuviese una fuente confiable de información sobre frecuencia de llegadas de las mercancías, frecuencia de salida de las mercancías, tiempo de cada una de las operaciones descritas en la sección 5.1.9., dimensiones físicas de las instalaciones, y fundamentalmente, acceso a la aduana para identificar claramente los flujos físicos y de información del despacho de las mercancías, así como las externalidades del sistema al estar en funcionamiento, el modelo desarrollado podría ser utilizado (y mejorado), alimentándolo con datos reales que deberán ser ajustados a distribuciones de probabilidad.

ARENA 10.0 cuenta con un analizador estadístico de datos que permite realizar un ajuste automático a la distribución que más se parezca a los datos. El programa provee estimaciones de los valores de los parámetros, además de una expresión de la distribución de probabilidad seleccionada que se puede usar en el modelo. Al hacer un ajuste a una distribución de probabilidad también se estiman sus parámetros y una medida de qué tan bien se ajustan los datos a ciertas distribuciones.

Las distribuciones de probabilidad se pueden incluir en uno de dos tipos: teóricas o empíricas. Las distribuciones teóricas generan muestras basadas en una formulación matemática. Las distribuciones empíricas dividen los datos en grupos y se calcula la proporción de valores de cada grupo. Cada tipo de distribución se divide en continua y discreta. Las distribuciones teóricas continuas que soporta ARENA para usar en el modelo son: exponencial, triangular, normal, uniforme, beta, Erlang, gamma, lognormal y Weibull. La distribución de Poisson es discreta, y trabaja con cantidades enteras; se usa para describir el número de eventos que ocurren en un intervalo de tiempo.

ARENA puede ajustar cualquiera de las distribuciones mencionadas anteriormente, sin embargo es responsabilidad del usuario la elección que realice; no existen reglas establecidas para una correcta elección; generalmente se pueden hacer buenos ajustes con grandes cantidades de datos, pero cuando se tienen pocos datos o sólo una síntesis de ellos (como es el caso) o no se cuenta con ellos, es necesario tomar una decisión para el modelo y hacer una validación posterior para verificar si el modelo y la distribución son adecuados.

En el caso de una distribución teórica, existe una opción de ajustar a todas las distribuciones y probar cuál es la que mejor se ajusta. ARENA permite automáticamente calcular estadísticos de prueba y jerarquiza las distribuciones resultantes de acuerdo a las que tengan el menor cuadrado del error. El programa de ajuste de ARENA tiene tres medidas numéricas de la calidad del ajuste de una distribución que pueden ayudar a tomar una decisión acerca de la distribución más adecuada para los datos (dos de ellas fueron descritas en la sección 1.3.5.1), la primera medida es el cuadrado medio del error, que representa los cuadrados de las diferencias entre las frecuencias relativas de las observaciones en una celda y la frecuencia relativa de la distribución ajustada, correspondiente al rango de datos en una tabla de frecuencias. Si el valor del cuadrado medio del error es alto, la distribución se encuentra más alejada de los datos proporcionados. El programa de ajuste de ARENA jerarquiza las distribuciones de probabilidad en orden ascendente de sus cuadrados medios del error. Las otras medidas de ajuste de datos que maneja el software fueron descritas en la sección 1.3.5.1., y son Chi cuadrada y la prueba de Kolmogorov - Smirnov, las cuales son pruebas de hipótesis que se pueden usar para comprobar si las distribuciones de probabilidad son un buen ajuste para los datos.

5.4.2 Ajuste de datos para mercancías de importación

La falta de información permite justificar el uso de un método alternativo a lo descrito, que es comúnmente utilizado por los experimentadores. Con la información del Instituto Mexicano del Transporte (Herrera *et al.*, 2005), es posible utilizar el método propuesto por Murray (2007) (citado en el apartado 1.3.3.3) y filtrar los datos de entrada del modelo con esa distribución.

Los cuatro productos principales en importación son: (1) 25% máquinas, material eléctrico y sus refacciones; (2) 18% farmacéuticos; (3) 13% reactores, máquinas y sus refacciones y (4) 44% otros; y en exportación son: (1) 29% farmacéuticos; (2) 16% máquinas, material eléctrico y sus refacciones; (3) 13% reactores, máquinas y sus refacciones; y (4) 42% otros. Primero se llena un vector V de 100 componentes con los números del uno al cuatro, que denotan las clases ocupando n_1 , n_2 , n_3 y n_4 componentes adyacentes del vector V respectivamente.

Se tienen dos generadores de números aleatorios uniformemente distribuidos en el intervalo [0, 1] (se utiliza una hoja de cálculo de Microsoft Excel); sea G1 el generador uno, representado por una columna donde cada fila tendrá la función: =ALEATORIO (), y G2 el generador dos (representado de la misma forma que G1). Con G1 se escogen las clases y con G2 se genera un número aleatorio dentro de cada clase seleccionada.

Las cuatro clases son representadas por el vector de la figura 5-18.

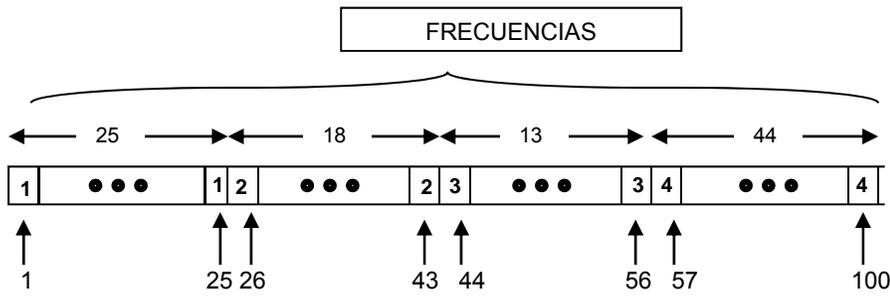


FIGURA 5-18 VECTOR QUE REPRESENTA LOS CINCO INTERVALOS DE CLASES

Supóngase que los tres primeros números generados por G1 son: {0.134, 0.783, 0.401}. Cada uno de los números generados por G1 se multiplican por 100 (13.4, 78.3, 40.1), se truncan (13, 78, 40) y se le suma uno (14, 79, 41); lo anterior produce un índice que servirá para acceder al vector de la figura 5-18. Los tres números generados por G1 seleccionan las clases uno, cuatro y dos.

Supóngase que los primeros tres números generados por G2 son: {0.277, 0.005, 0.865}. Conocidas las clases seleccionadas mediante G1 (uno, cuatro y dos), se usan los números generados por G2 para generar un número aleatorio entre el límite inferior y el límite superior de la clase (números en el eje horizontal en el histograma). Para hacerlo se multiplica el ancho de la clase por el número generado por G2 y se le suma el límite inferior de la clase que corresponda a las clases seleccionadas por G1. Todas las clases tienen el mismo ancho que es 25, debido a que para el análisis de la importación han sido seleccionados cuatro productos principales: (1) máquinas, material eléctrico y sus refacciones; (2) farmacéuticos; (3) reactores, máquinas y sus refacciones; y (4) otros. El vector V de 100 componentes estará dividido en cuatro clases ocupando n_1 , n_2 , n_3 y n_4 , y por lo tanto el ancho de cada una de las clases será de 25. Las ecuaciones 5-1, 5-2 y 5-3 muestran los resultados:

$$R_1 = 1 + 25(0.277) = 7.925$$

ECUACIÓN 5-1

$$R_2 = 56 + 25(0.005) = 56.125$$

ECUACIÓN 5-2

$$R_3 = 25 + 25(0.865) = 49.625$$

ECUACIÓN 5-3

Si se generaran muchos números aleatorios con este proceso, el conjunto de números así obtenido tendría una distribución de probabilidad para los cuatro productos principales en importación: (1) máquinas, material eléctrico y sus refacciones; (2) farmacéuticos; (3) reactores, máquinas y sus refacciones y (4) otros; con una distribución de probabilidad del 25%, 18%, 13% y 44%, respectivamente. El mismo procedimiento puede ser aplicado a la información sobre exportación.

En la simulación presentada será utilizado un solo producto a lo largo del sistema, debido a que han sido agotados ya los parámetros permitidos por el software ARENA, por tratarse de una versión estudiantil limitada.

5.5 Elaboración del modelo de simulación principal

Una de las principales restricciones del presente trabajo es la ausencia de fuentes de datos para distintos procesos relacionados al despacho aduanero de las mercancías (tiempos de proceso, frecuencia de actividades, tiempos entre llegada, como los más notables), sin embargo no es motivo suficiente para limitar el *diseño* del modelo. Como parte del objetivo, el modelo de simulación debe servir para estimar en forma cuantitativa los efectos o impactos esperados de cambios en la operación del recinto aduanal (contando con datos representativos del sistema, en un futuro próximo); las medidas de desempeño que se arrojan por defecto son los parámetros utilizados en la teoría de colas (el Apéndice A fue elaborado con la finalidad de que el lector tenga una mejor comprensión sobre el tema).

En caso de ausencia de datos o de poca cantidad, Kelton (2008) comenta que es necesario realizar algunos supuestos, enunciados a continuación:

- Si los datos que se estiman varían independientemente (un dato no influye para la generación de otro), la distribución exponencial es una buena opción. Esta distribución se usa para tiempos entre llegadas en los que no hay un proceso generando llegadas.
- Si los datos representan una actividad donde hay un valor “más probable” con alguna variación entre ellos, las distribuciones triangular o normal son buenas opciones, ya que representan procesos con grados de variabilidad y sus parámetros son fáciles de estimar. La distribución triangular se define como valores mínimo, máximo y más probable, los cuales pueden ser una buena representación de un proceso real. La distribución normal se define con una media y una desviación estándar.
- Si no se tiene mucho conocimiento acerca del proceso, se pueden determinar los valores máximo y mínimo y se puede usar una distribución uniforme, la cual se forma con valores máximo y mínimo distribuidos de igual manera.
- Muchos procesos se encuentran sujetos a llegadas externas de entidades, por ejemplo, llegadas de personas, llamadas en centros de atención telefónica y sistemas de manufactura con demandas externas. En estos casos es oportuno usar un proceso de Poisson para simular el sistema. La distribución de Poisson provee una manera de reflejar exactamente los patrones de llegadas basados en el tiempo.

Para poder manejar los modelos de líneas de espera (ya que la mayoría de las mercancías requiere recursos que le atiendan para su despacho), y de acuerdo con lo mencionado anteriormente, es posible hacer uso de algunos supuestos para los procesos a analizar; de otra manera el análisis matemático se haría sumamente complejo sin posibilidad de obtener respuestas analíticas, y se tendría que recurrir a la toma de estadísticas (no disponible).

Uno de los supuestos más frecuentes en modelos de colas es que los tiempos entre llegadas de los “clientes” (en este caso mercancías, representadas por una entidad), están distribuidos exponencialmente con un valor medio entre llegadas determinado. La distribución exponencial es una distribución continua en el tiempo ya que se supone que la llegada de un cliente puede suceder en cualquier instante de tiempo y no necesariamente al principio de un minuto, media hora u hora determinada. La distribución exponencial asume la llegada de los clientes uno por uno y no admite llegadas en masa.

Otro supuesto muy frecuente es que los tiempos de servicio también están distribuidos exponencialmente con un valor medio determinado. La distribución exponencial es una distribución que no tiene memoria, de modo que la probabilidad de que una mercancía llegue a solicitar servicio en un determinado proceso es independiente de la hora a la que llega a solicitar el servicio y de los tiempos de llegada de las mercancías anteriores; generalmente se considera que también es independiente del número de tipos de elementos (tipos de mercancía) en cola. A ciertas horas del día, puede incrementarse el tráfico de mercancías por lo que, para que el modelo funcione mejor es necesario cambiar la media de tiempos entre llegada para diferentes porciones del día. Matemáticamente un proceso que tiene tiempos de llegada entre clientes distribuido exponencialmente, tiene una distribución de llegadas por unidad de tiempo distribuidas con una distribución de Poisson.

La distribución exponencial al ser aplicada a los tiempos de servicio, además de no tener memoria, tiene una propensión a generar tiempos de servicio menor a la media y con poca frecuencia genera tiempos de servicio muy grandes. Esto se parece a una típica cola en un banco en que la mayor parte de las transacciones son simples y tardan poco, pero de vez en cuando en la cola hay un cobrador de una empresa que va a realizar una transacción complicada que tarda mucho más que la promedio. No es razonable cuando todos los clientes van a hacer el mismo trámite y la duración del servicio está siempre muy cerca del promedio cuando el operador está siempre activo. La distribución exponencial ha sido comprobada experimentalmente en muchos casos prácticos, por lo que se sigue usando en muchos modelos.

La exposición anterior permite notar que la distribución exponencial es útil en aplicaciones en las que intervienen factores como tiempos de espera y tiempos de servicio; bajo este supuesto ampliamente justificado se procede a construir el modelo de simulación.

En la Figura 5-19 se presenta el módulo responsable de generar las entidades; en este caso son las mercancías que se reciben en el recinto, el módulo es nombrado LLEGADA, el tipo de entidad es MERCANCIA. El tiempo entre llegadas que separa las llegadas consecutivas de las entidades se asume con una distribución exponencial²⁶ con un valor de 1.25 y con unidades en horas; no se opta por llegadas en masa, es decir la llegada de mercancía será uno a uno y el máximo número de llegadas será infinito (en caso que

²⁶ En el APÉNDICE A se presenta una explicación sobre las distribuciones de probabilidad.

fuera considerado no infinito, al poner una restricción el módulo se apagaría, lo cual no sucede a menos que no se labore más). Se considera que en un inicio la mercancía llega enseguida, en el tiempo 0.

Debe quedar bastante claro que los parámetros asumidos pueden ser modificados en análisis futuros. Dadas las restricciones de información, éstos han sido especificados de la manera mostrada, sólo para ejemplificar el funcionamiento del modelo de simulación.

La figura 5-20 muestra los dos tipos de clientes del modelo: cliente importador y cliente exportador; cada uno de ellos tiene una probabilidad de comenzar operaciones (para cada entidad entrante) de 50%, tal como lo muestra la figura 5-21. Todas las bifurcaciones que se especifiquen en el modelo tendrán esta probabilidad. Cabe aclarar nuevamente que estos parámetros pueden ser modificados en análisis futuros.

FIGURA 5-19 MODULO CREATE

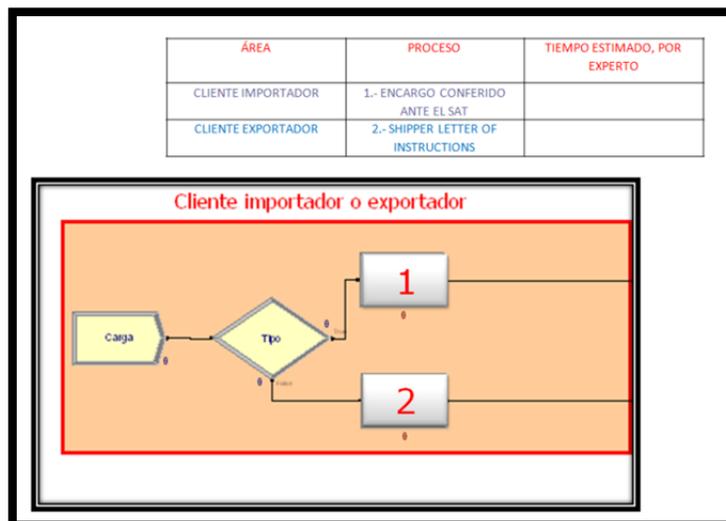


FIGURA 5-20 DOS TIPOS DE CLIENTES. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

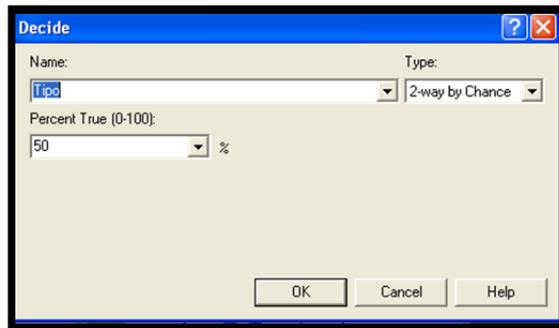


FIGURA 5-21 MODULO DECIDE DEL MODELO DE SIMULACIÓN

A través del módulo *decide* se decide si el modelo optará por realizar operaciones de importación o de exportación; posteriormente se comienza con cada una de las operaciones en serie, en cada una de ellas se ingresan los parámetros, como se muestra en la figura 5-22, en la parte inferior de dicha figura se observa que cada una de las esperas sigue una distribución triangular, con un valor más probable de una hora, mínimo de 30 minutos y máximo de una hora y media. De nueva cuenta se hace hincapié en que estos parámetros pueden ser modificados en análisis futuros; han sido especificados para ejemplificar el funcionamiento del modelo de simulación.

Cuando el tipo de cliente ha sido elegido (importador o exportador), se realizan las siguientes operaciones por parte de la Agencia Aduanal, para importación: (3) cotizar tarifa, (4) reserva espacio aéreo, (5) recepción de carga, (6) empaque y embalaje, (7) verificación de peso y volumen, y (8) emisión de guía aérea. Para el caso de exportación: (9) recibe factura comercial, (10) recibe certificado de origen, (11) recibe documento de transporte internacional, (12) documentos y restricciones no arancelarias, (13) números de serie, (14) valor en aduana. Las figuras 5-23 y 5-24 representan los procesos de importación y exportación, respectivamente.

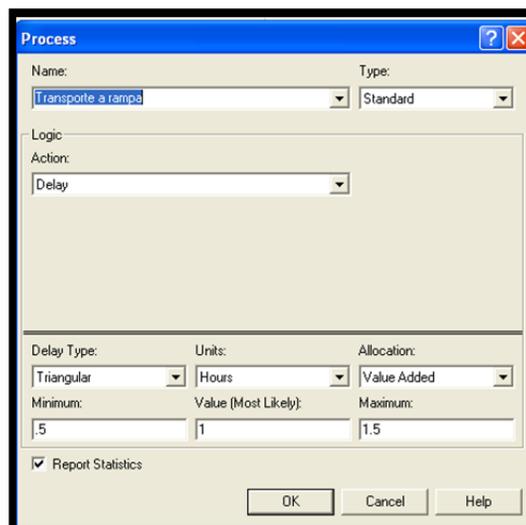


FIGURA 5-22 DISTRIBUCIÓN PARA PROCESOS EN SERIE

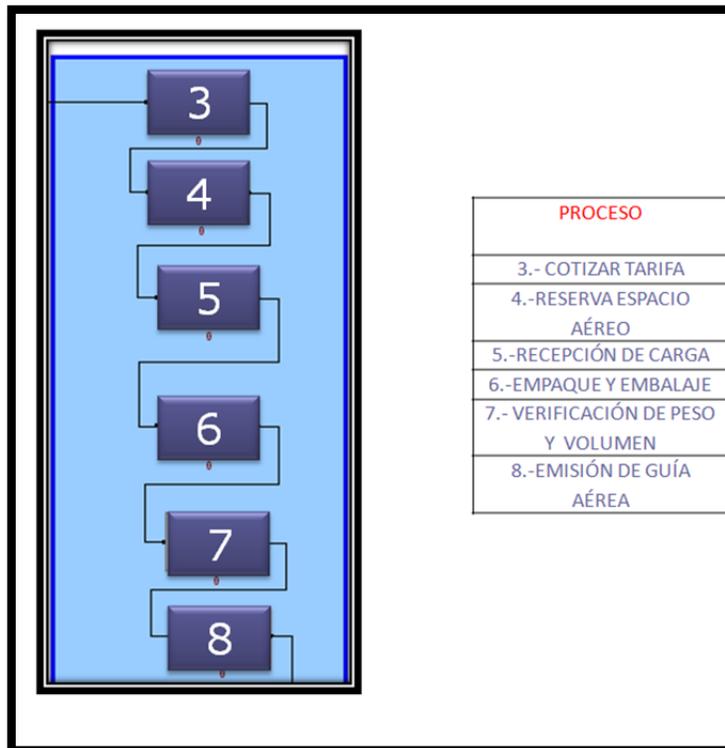


FIGURA 5-23 PROCESOS DE IMPORTACIÓN FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

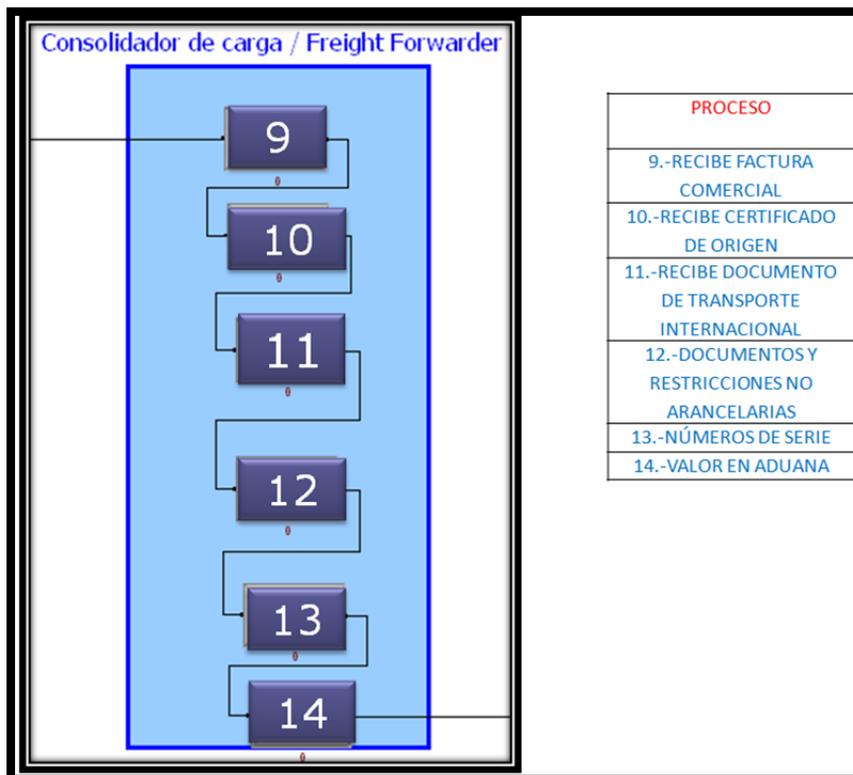


FIGURA 5-24 PROCESOS DE EXPORTACIÓN FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

La figura 5-25 presenta la lógica de los procesos de la Agencia Aduanal contratada y la figura 5-26, un desglose de las actividades. A cargo del recolector de guías está el proceso de (15) recopilar los certificados y facturas pertinentes. El encargado de previos (16) ingresa al almacén fiscalizado, (17) paga maniobras y derechos de carga, (18) solicita movimiento de mercancías, (19) coteja mercancía *versus* documentos, (20) sella cajas y (21) elabora reporte. El cotizador realiza (22) clasificación arancelaria de las mercancías, y los procesos a cargo del capturista son (24) elaborar pedimento y (25) validación en SAI-M3. Finalmente, el transportista local y el tramitador realizan la (26) carga de la mercancía, (27) el transporte de la mercancía a la aduana, (28) se forman en cola para ingreso.

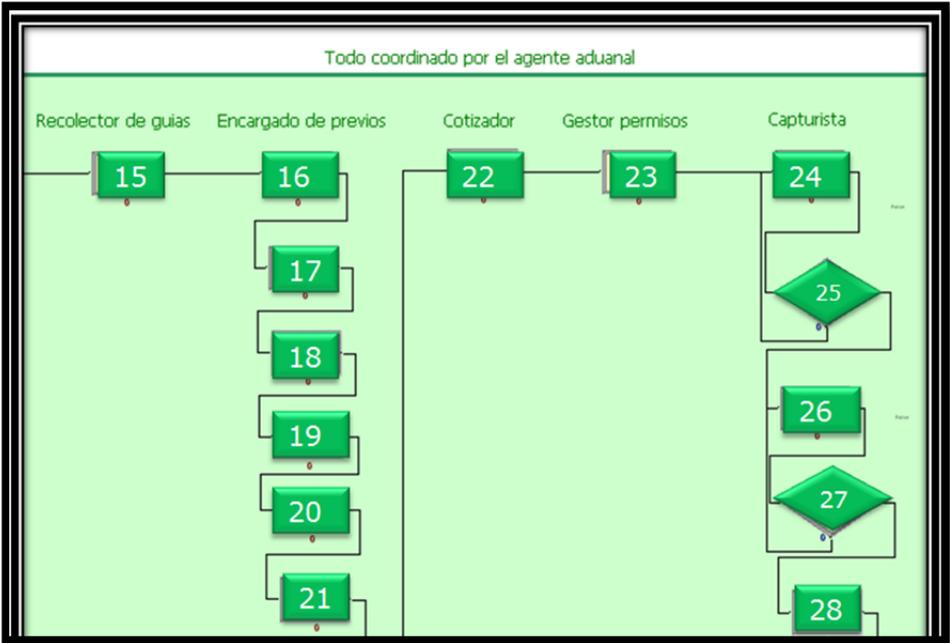


FIGURA 5-25 AGENCIA ADUANAL. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

ÁREA - AGENCIA ADUANAL	PROCESO
RECOLECTOR DE GUÍAS	15.-RECOGE CERTIFICADOS Y FACTURAS
ENCARGADO DE PREVIOS	16.-INGRESA A ALMACEN FISCALIZADO
ENCARGADO DE PREVIOS	17.-PAGO DE MANIOBRA Y DERECHOS DE CARGA
ENCARGADO DE PREVIOS	18.-SOLICITUD DE MOVIMIENTOS DE MERCANCIAS
ENCARGADO DE PREVIOS	19.-COTEJA MERCANCIA V.S DOCUMENTOS
ENCARGADO DE PREVIOS	20.-SELLADO DE CAJAS
ENCARGADO DE PREVIOS	21.-ELABORACIÓN DE REPORTE
COTIZADOR	22.-CLASIFICACIÓN ARANCELARIA DE LAS MERCANCIAS
GESTOR DE PERMISOS	23.-TRAMITA PERMISOS NECESARIOS
CAPTURISTA	24.-ELABORA PEDIMENTO
CAPTURISTA	25.-VALIDACIÓN EN SAII-M3
TRANSPORTISTA LOCAL-TRAMITADOR	26.-CARGA MERCANCIA
TRANSPORTISTA LOCAL-TRAMITADOR	27.-LLEVA MERCANCIA A LA ADUANA
TRANSPORTISTA LOCAL-TRAMITADOR	28.-SE FORMAN EN COLA

FIGURA 5-26 AGENCIA ADUANAL. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

La figura 5-27 presenta toda la lógica del modelo de simulación desarrollado, incluyendo todos los procesos y actores involucrados en el sistema. Las figuras 5-28 y 5-29 muestran un desglose de las actividades para la operación de importación, donde se siguen los siguientes procesos: (30) verificar datos del vehículo, (31) dirigirse al almacén fiscalizado, (32) recoger mercancías, (33) ¿modulación fiscal de pedimento?, (34) si la respuesta es sí, entonces verificador revisa mercancía, ¿segundo reconocimiento? (35) si la respuesta es sí, se realiza un segundo reconocimiento por parte de un dictaminador aduanal, (36) si la respuesta es no, entonces desaduanamiento libre y no hay segunda revisión, (37) inspección fiscal aduanal, (38) rayos gamma, (39) se entrega la mercancía a transportista local.

La operación de exportación sigue las siguientes actividades: (40) revisión a la entrada (gafete, pedimento y datos del vehículo), (41) modulación fiscal de pedimento, (42) ¿modulación fiscal de pedimento por segunda ocasión?, (43) si la respuesta es sí, el verificador revisa mercancía, ¿segundo reconocimiento? (44) si la respuesta es sí, segundo reconocimiento por parte de un dictaminador aduanal, (45) si la respuesta es no, desaduanamiento libre, (46) inspección fiscal aduanal, (47) paso a rayos gamma, (48) operaciones de empaque y embalaje, (49) revisión de seguridad PGR, (50) palletización, (51) subida a dollie, (52) transporte a rampa y carga de mercancía en avión, y (53) recepción de mercancía. La descripción exhaustiva de cada una de las actividades se encuentra en apartados anteriores.

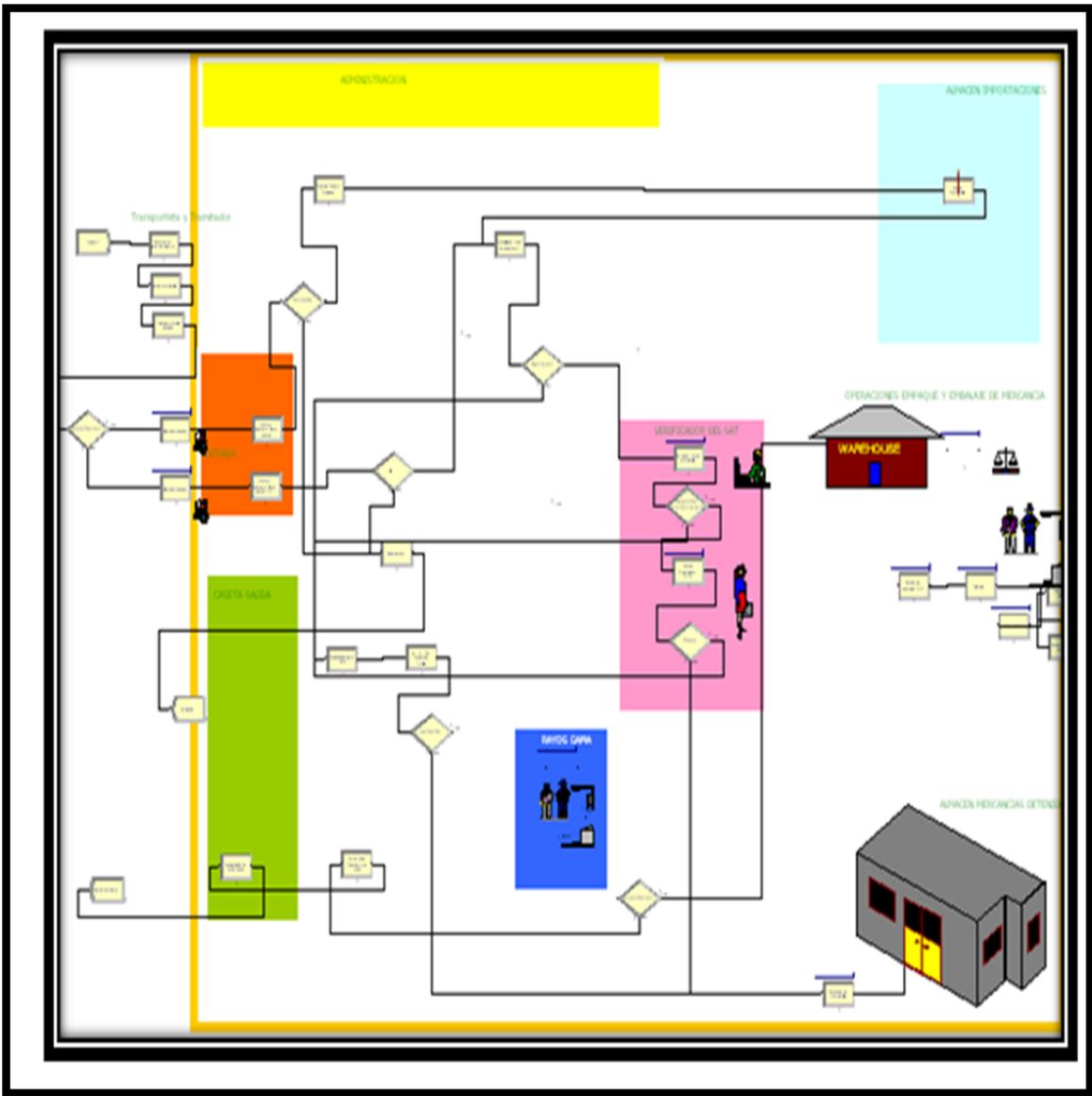


FIGURA 5-27 MODELO DE SIMULACIÓN DE ADUANA. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

ÁREA - ADUANA	PROCESO
OPERACIÓN DE IMPORTACIÓN	30.-SE VERIFICAN DATOS DEL VEHÍCULO
OPERACIÓN DE IMPORTACIÓN	31.-SE DIRIGE AL ALMACÉN FISCALIZADO
OPERACIÓN DE IMPORTACIÓN	32.-RECOGE MERCANCIAS
OPERACIÓN DE IMPORTACIÓN	33.-MODULACIÓN FISCAL DE PEDIMENTO
OPERACIÓN DE IMPORTACIÓN	34.-SI VERIFICADOR REvisa MERCANCIA
OPERACIÓN DE IMPORTACIÓN	35.- SI SEGUNDO RECONOCIMIENTO DICTAMINADOR ADUANAL
OPERACIÓN DE IMPORTACIÓN	36.-NO DESADUANAMIENTO LIBRE
OPERACIÓN DE IMPORTACIÓN	37.-INSPECCIÓN FISCAL ADUANAL (OCULAR)
OPERACIÓN DE IMPORTACIÓN	38.-PASA RAYOS GAMMA
OPERACIÓN DE IMPORTACIÓN	39.-SE ENTREGA A TRANSPORTISTA LOCAL

FIGURA 5-28 OPERACIONES DE IMPORTACIÓN EN ADUANA. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

ÁREA - ADUANA	PROCESO
OPERACIÓN DE EXPORTACIÓN	40.-REVISIÓN A LA ENTRADA: GAFETE, PEDIMENTO Y DATOS DEL VEHÍCULO
OPERACIÓN DE EXPORTACIÓN	41.-MODULACIÓN FISCAL DE PEDIMENTO
OPERACIÓN DE EXPORTACIÓN	42.-MODULACIÓN FISCAL DE PEDIMENTO
OPERACIÓN DE EXPORTACIÓN	43.-SI VERIFICADOR REvisa MERCANCIA
OPERACIÓN DE EXPORTACIÓN	44.- SI SEGUNDO RECONOCIMIENTO DICTAMINADOR ADUANAL
OPERACIÓN DE EXPORTACIÓN	45.-NO DESADUANAMIENTO LIBRE
OPERACIÓN DE EXPORTACIÓN	46.-INSPECCIÓN FISCAL ADUANAL (OCULAR)
OPERACIÓN DE EXPORTACIÓN	47.-PASA RAYOS GAMMA
OPERACIÓN DE EXPORTACIÓN	48.-OPERACIONES DE EMPAQUE Y EMBALAJE
OPERACIÓN DE EXPORTACIÓN	49.-REVISIÓN DE SEGURIDAD PGR
OPERACIÓN DE EXPORTACIÓN	50.-PALLETIZAR
OPERACIÓN DE EXPORTACIÓN	51.-SUBIR A DOLLIE
OPERACIÓN DE EXPORTACIÓN	52.-TRANSPORTE A RAMPA Y CARGA MERCANCIA EN AVIÓN
OPERACIÓN DE EXPORTACIÓN	53.-RECEPCIÓN DE MERCANCIA

FIGURA 5-29 OPERACIONES DE EXPORTACIÓN EN ADUANA. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

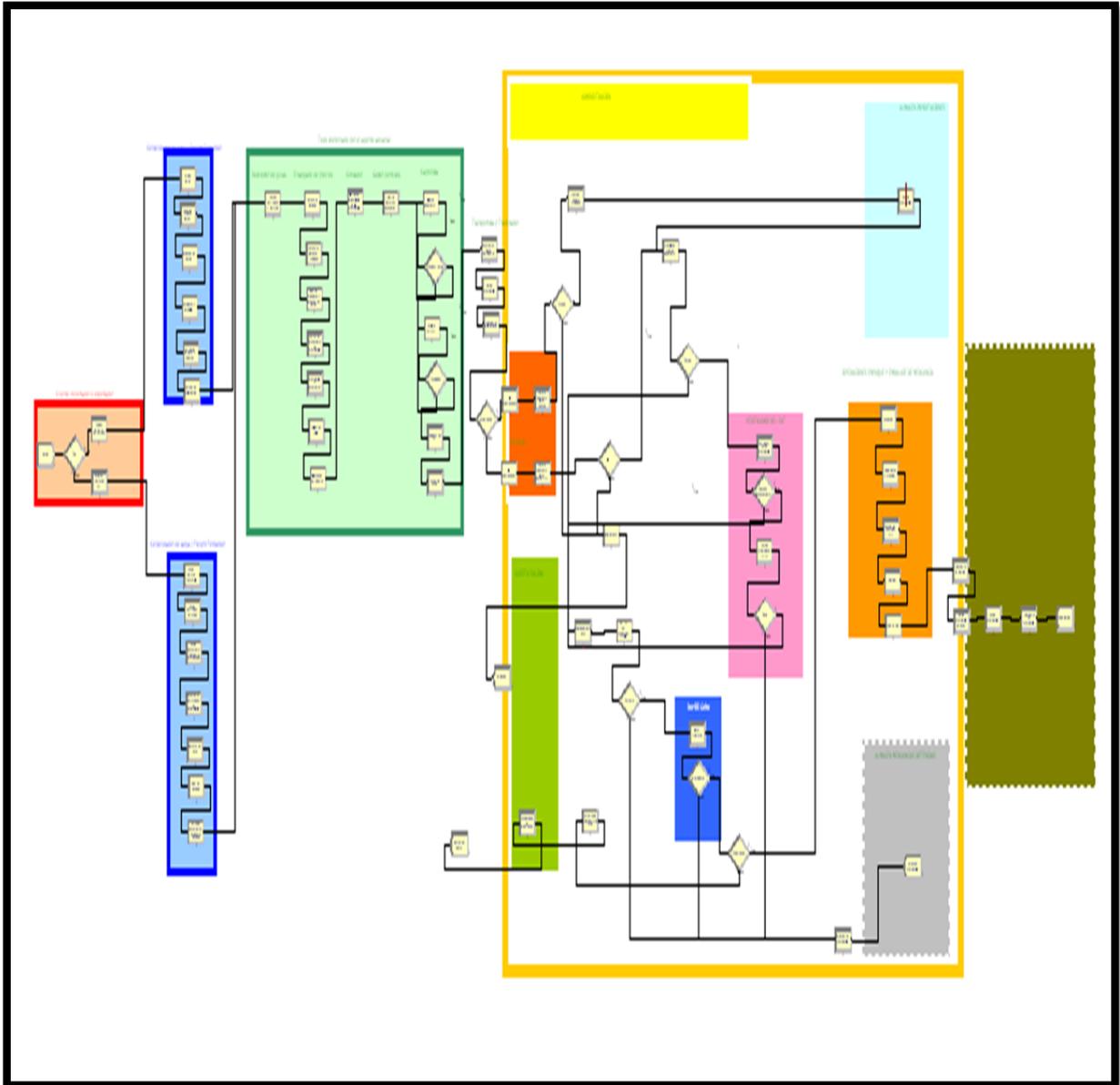


FIGURA 5-30 PROGRAMA DE SIMULACIÓN. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Finalmente, la figura 5-30 muestra la lógica del modelo de simulación desarrollado, incluyendo todos los procesos y actores involucrados en el sistema. Se puede observar similitud entre la figura 5-30 y la figura 5-27, en esencia ambas representan el modelo construido, sin embargo la figura 5-30 muestra lo que ocurre detrás de la animación expuesta en la figura 5-27.

Hasta este punto, ha sido desarrollado un modelo de simulación del despacho de mercancías del recinto aduanal del AICM, con la información y recursos de software disponibles. Se ha logrado el objetivo que es el diseño de un modelo de simulación para

el *despacho de mercancías*²⁷ en el recinto aduanal del Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México, empleando el software Arena 10.0., con la finalidad de que sirva como plataforma para análisis futuros. El modelo desarrollado puede ser utilizado cuando se cuente con la información necesaria; ya que la potencia del software utilizado permite especificar los parámetros necesarios de nueva cuenta.

5.6 Modelo de simulación simplificado

Aunque se ha logrado el objetivo de esta tesis, fue realizado un segundo modelo de simulación que considera todas las actividades en serie y sin bifurcaciones, por lo que es un modelo bastante simplificado del modelo original desarrollado. Este segundo modelo ha servido para tener una mejor comprensión del caso de estudio y continuar con la metodología adoptada.

El diagrama de la figura 5-31 muestra las operaciones que se siguen al llegar la carga al recinto aduanal; se identifican siete actores en el sistema (Agente de Carga, Agente Aduanal, Transportista, Aduana, Almacén, la línea aérea, y el encargado de coordinar las operaciones). La figura 5-31 también expone las relaciones entre cada uno de los actores del sistema.

Un modelo simplificado fue desarrollado, para el cual se describe a continuación cómo se introducen los datos en cada uno de los módulos. Para comenzar a diseñar el modelo de simulación se agrega el módulo *Create* a la ventana del modelo y se hacen los ajustes que se describen en la figura 5-32.

De la misma forma como fueron introducidos los parámetros para el modelo original (sección 5.4), este módulo es el responsable de generar las entidades, en este caso mercancías que se reciben en el recinto. El módulo *create* es nombrado LLEGADA; el tipo de entidad es MERCANCIA; para la naturaleza del tiempo entre llegadas (que separa las llegadas consecutivas de las entidades) se utiliza una distribución exponencial con un valor de 1.25 y con unidades en horas (no se opta por llegadas en masa, y se considera que al iniciar operaciones no existe ninguna actividad en el proceso inicial).

²⁷ El despacho de las mercancías consiste en todos los actos y formalidades (trámites, gestiones, declaraciones, permisos, pago de impuestos, etcétera), necesarios ante la autoridad aduanal con el objetivo de liberar las mercancías del recinto.

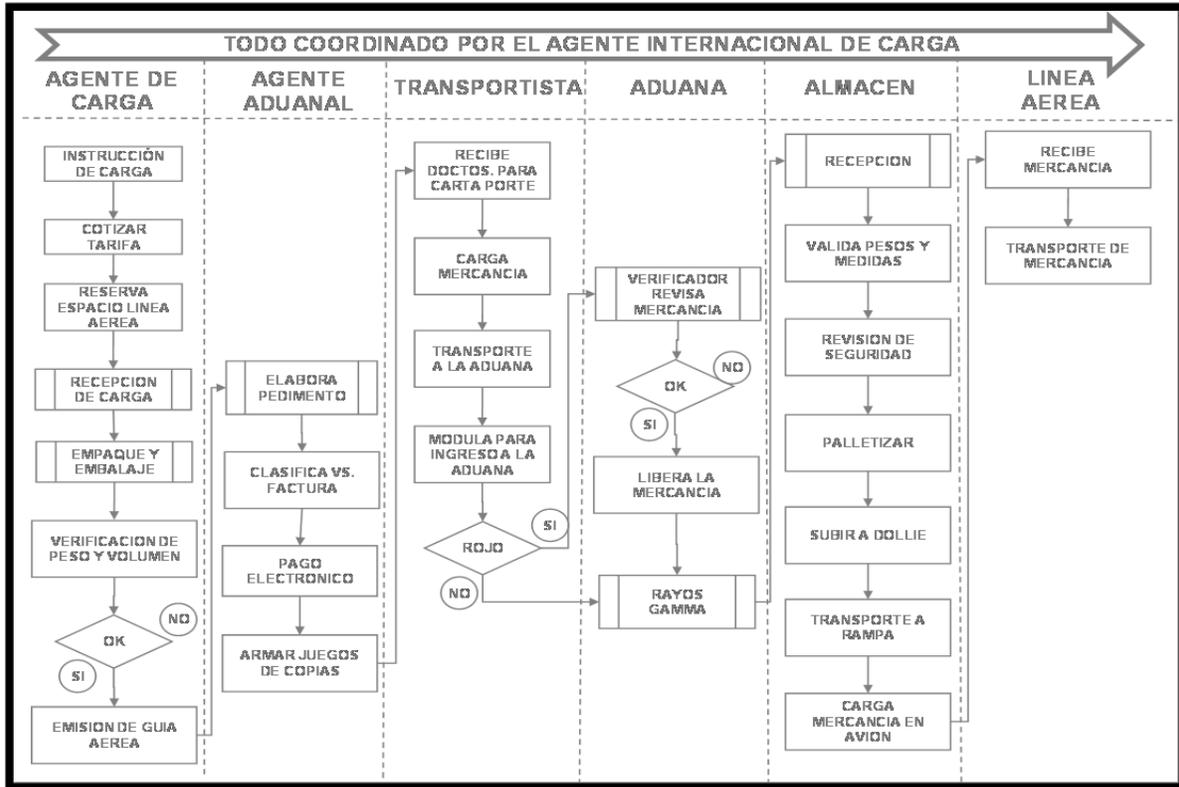


FIGURA 5-31 PROCESO DE EXPORTACIÓN. FUENTE: INSTITUTO DE INGENIERÍA

Create

Name: Entity Type:

Time Between Arrivals:

Type: Value: Units:

Entities per Arrival: Max Arrivals: First Creation:

FIGURA 5-32. MODULO CREATE

Los módulos de diagrama de flujo de proceso tienen la misma ventana en común, sin embargo los parámetros son distintos en cada uno de ellos. Cada uno representa a los actores del caso de estudio, y dependiendo del actor se utilizará un recurso distinto (humano, de transporte, de almacenaje, etcétera).

El agente internacional de carga, no tiene un módulo en particular debido a que él es el encargado de coordinar las operaciones.

En los campos de la figura 5-33 es necesario ingresar primero, el nombre y el tipo; la lógica para esta operación se define en este módulo de proceso más que en un sub-modelo jerárquico; el campo de reporte de estadística es seleccionado indicando que se

requieren ciertas medidas de desempeño. Los cuadros de área lógica determinan lo que sucede con las entidades de este módulo; la acción a elegir es tomar, demorar y liberar; indica que se desea que este módulo se encargue de la posesión de la entidad de algunos números de unidades en recurso (después de una posible espera en la cola), posteriormente dicha entidad tendrá una demora para un tiempo que representa el tiempo de servicio, y finalmente libera unidades del recurso de tal forma que otras entidades puedan poseerlo. Para cada actor representado en la figura 5-31 se creará un módulo process.

Diferentes prioridades en las entidades pueden ser especificadas; en este caso de estudio sólo se tiene un tipo de entidad. El cuadro de diálogo para el tipo de retraso ofrece tres distribuciones de probabilidad (normal, triangular y uniforme), una constante o una expresión general; para el caso de estudio fue asumida una distribución triangular²⁸. El cuadro de unidades determina las unidades de tiempo para la duración de los retrasos numéricos, y el campo *allocation* se refiere a cómo se va a cargar este retraso.

El módulo *Data* del recurso permite (ver figura 5-34) determinar cada una de las características del recurso en el modelo, así como si la capacidad es fija o varía de acuerdo a un programa; es posible ocasionar que el recurso falle de acuerdo a un patrón.

Los otros cinco módulos de proceso tienen una descripción similar a la expuesta para la figura 5-33, sólo que los tiempos de demora han sido variados. Las figuras 5-35 a la 5-39 ilustran cada módulo con sus respectivos parámetros.

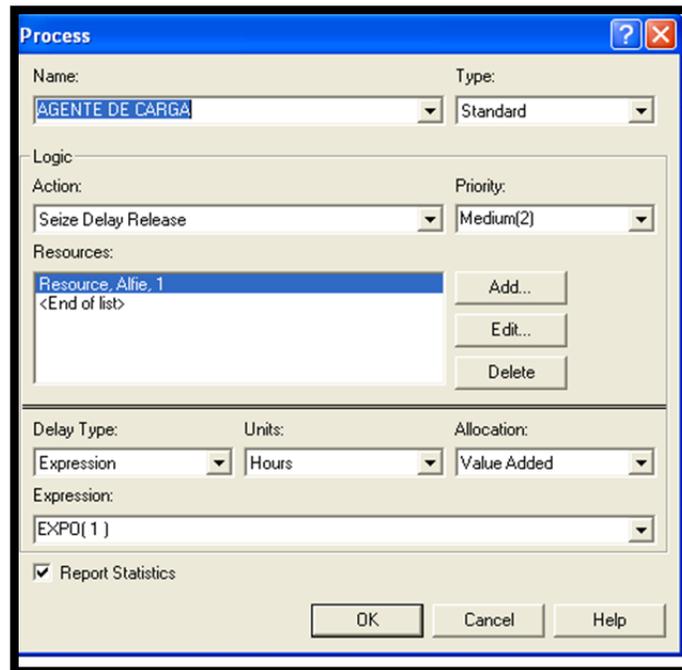


FIGURA 5-33 MODULO PROCESS

²⁸ Este supuesto es válido desde el punto de vista práctico; dado que ARENA es altamente flexible y con sólo dar un doble clic en el módulo es posible modificar los parámetros; en este momento no se tienen los datos reales de los tiempos que toma realizar este primer procedimiento, sin embargo una vez que se tengan es posible ajustar los parámetros como ya se ha descrito.

Resource - Basic Process									
	Name	Type	Capacity	Busy / Hour	Idle / Hour	Per Use	StateSet Name	Failures	Report Statistics
1	Alfie	Fixed Capacity	1	0.0	0.0	0.0		0 rows	<input checked="" type="checkbox"/>
2	Betty	Fixed Capacity	1	0.0	0.0	0.0		0 rows	<input checked="" type="checkbox"/>
3	Chuck	Fixed Capacity	1	0.0	0.0	0.0		0 rows	<input checked="" type="checkbox"/>
4	Doris	Fixed Capacity	1	0.0	0.0	0.0		0 rows	<input checked="" type="checkbox"/>

FIGURA 5-34 MODULO DATA DE BASIC PROCESS

The screenshot shows the 'Process' dialog box with the following configuration:

- Name:** AGENTE ADUANAL
- Type:** Standard
- Logic:**
 - Action:** Seize Delay Release
 - Priority:** Medium(2)
- Resources:** Resource, Betty, 1
- Delay Type:** Expression
- Units:** Hours
- Allocation:** Value Added
- Expression:** EXPD(1)
- Report Statistics:**

FIGURA 5-35 MODULO PROCESS PARA AGENTE ADUANAL

The screenshot shows the 'Process' dialog box with the following configuration:

- Name:** TRANSPORTISTA
- Type:** Standard
- Logic:**
 - Action:** Seize Delay Release
 - Priority:** Medium(2)
- Resources:** Resource, Chuck, 1
- Delay Type:** Expression
- Units:** Hours
- Allocation:** Value Added
- Expression:** EXPD(1)
- Report Statistics:**

FIGURA 5-36 MODULO PROCESS PARA TRANSPORTISTA

The screenshot shows the 'Process' dialog box with the following configuration:

- Name:** ADUANA
- Type:** Standard
- Logic:**
 - Action:** Seize Delay Release
 - Priority:** Medium(2)
 - Resources:** Resource, Doris, 1 (selected); <End of list>
 - Buttons: Add..., Edit..., Delete
- Delay Type:** Expression
- Units:** Hours
- Allocation:** Value Added
- Expression:** EXPD(1)
- Report Statistics
- Buttons: OK, Cancel, Help

FIGURA 5-37 MODULO PROCESS PARA ADUANA

The screenshot shows the 'Process' dialog box with the following configuration:

- Name:** ALMACEN
- Type:** Standard
- Logic:**
 - Action:** Delay
- Delay Type:** Triangular
- Units:** Hours
- Allocation:** Value Added
- Minimum:** .5
- Value (Most Likely):** 1
- Maximum:** 1.5
- Report Statistics
- Buttons: OK, Cancel, Help

FIGURA 5-38 MODULO PROCESS PARA ALMACÉN

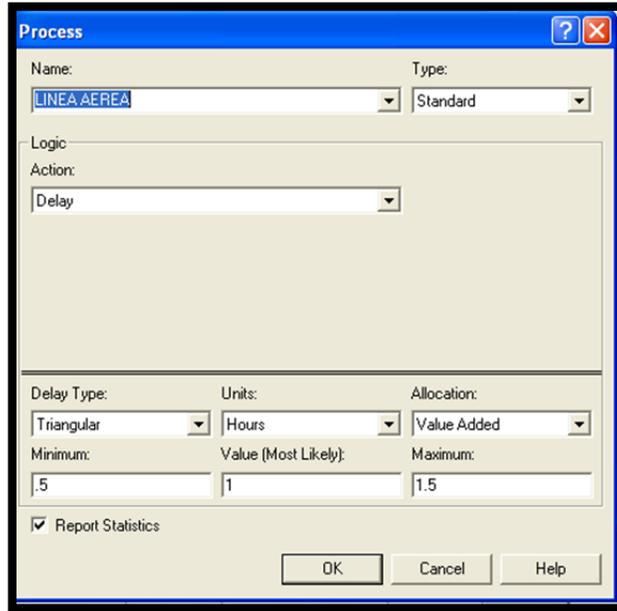


FIGURA 5-39 MODULO PROCESS PARA LINEA AEREA

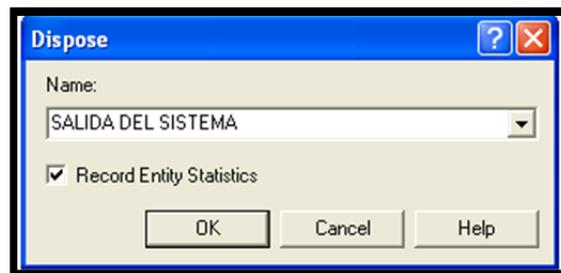


FIGURA 5-40 MODULO DISPOSE

Finalmente en el modulo *Dispose*, representado por la figura 5-40, también se guardan estadísticas.

La figura 5-41 expone el segundo modelo construido, donde se muestran todos los pasos que contempla el diagrama de flujo real. Como se puede observar, se han agregado animaciones que permiten sin lugar a duda una mejor comprensión del modelo.

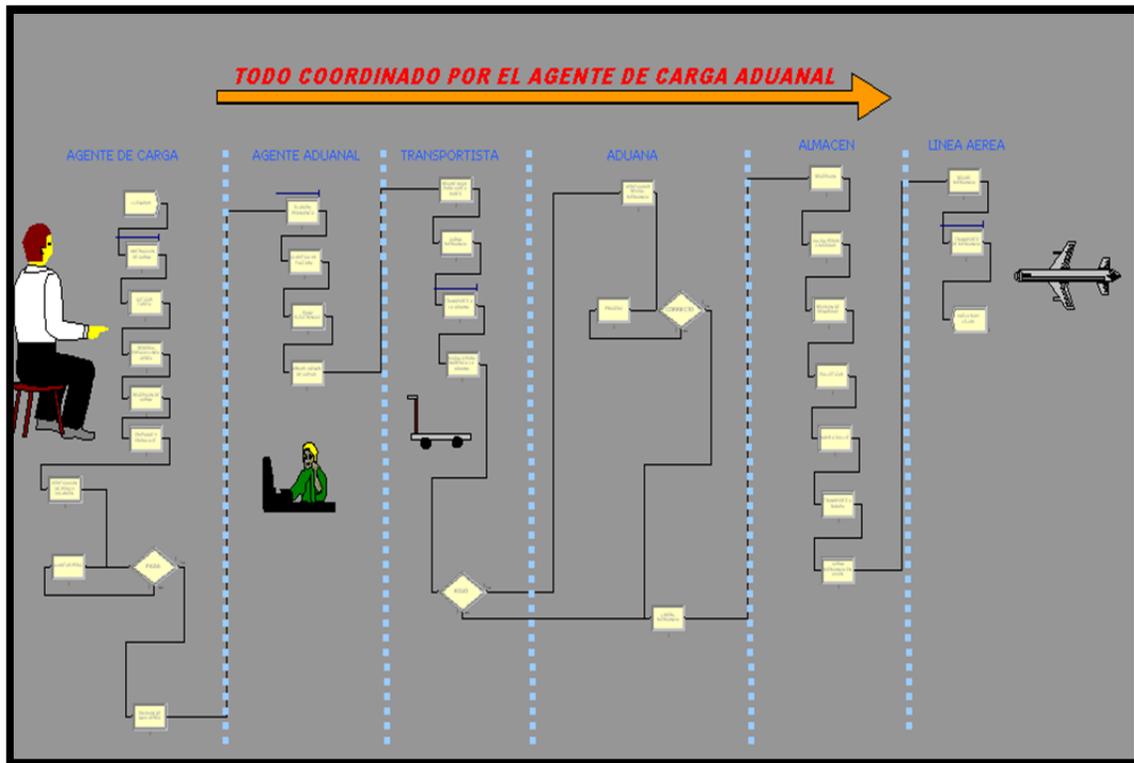


FIGURA 5-41 MODELO DE SIMULACIÓN ELABORADO CON LA VERSIÓN ESTUDIANTIL ARENA 10.0. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

5.7 Validación

Como se mencionó en el capítulo uno, la validación consiste en ver qué tanto el modelo computacional representa al sistema real bajo estudio. La validación se puede realizar mediante pruebas estadísticas de comparación de muestras, entre los datos tomados del sistema y los datos arrojados por el modelo de cómputo. Sin embargo, si no se cuenta con la información de estas pruebas, se puede recurrir a la opinión de expertos o a la aprobación de la persona que va a utilizar el modelo de simulación. La metodología propuesta por Coos (2003) menciona cinco formas de realizar la validación:

- 1) La opinión de expertos sobre los resultados.
- 2) La exactitud para predecir datos históricos.
- 3) La exactitud para predecir datos futuros.
- 4) La comprobación de la falla del modelo de simulación al utilizar datos que hacen fallar al sistema real.
- 5) La aceptación y la confianza en el modelo de la persona que hará uso de los resultados que arroje el experimento.

El modelo de simulación desarrollado en esta tesis, se ha validado bajo el resguardo de los puntos uno y cinco, por lo que este paso queda cubierto para el efecto pertinente.

5.8 Simulación y diseño de experimentos

Como se ha señalado en el capítulo uno, un experimento diseñado es una prueba en la cual se inducen cambios deliberados en las variables de entrada que permiten observar e identificar las causas de los cambios en la respuesta de salida. El objetivo de los experimentos es tomar una decisión para enfrentar escenarios probables. Aunque en muchos casos se cuenta con variables que sí se pueden controlar, la principal preocupación es cómo enfrentar la demanda. Para diseñar experimentos es muy importante tener claro qué es exactamente lo que se va a estudiar y cómo se van a analizar los resultados.

En esta sección se presenta la ejecución de la simulación; para tal efecto se ha planteado que la simulación sea de 1000 minutos de operación. La figura 5-42 muestra la ventana que debe abrirse, las figura 5-43 y figura 5-44 muestran el procedimiento pertinente para especificar la velocidad de la corrida de simulación y el número de réplicas, respectivamente.

Con mil minutos de operación, considerando 24 horas por día, se obtiene el reporte mostrado en las figuras 5-45 a 5-51. Es posible notar que en la columna *Half Width* aparece la palabra *insuf*, que indica que el tiempo que se ha simulado no es suficiente o representativo para un nivel de confianza del 95%.

Para lograr medidas de desempeño válidas, fue realizada una simulación por mil horas. Las figuras 5-47 a 5-51 muestran las medidas de desempeño arrojadas con esta simulación. La figura 5-47 muestra el número de réplicas (1), la unidad de tiempo utilizada (horas) y el promedio de entidades despachadas (800); la figura 5-48 muestra los indicadores de desempeño para las entidades indicando el tiempo promedio y los tiempos mínimo y el máximo; la figura 5-49 muestra los indicadores de desempeño para los procesos vinculados a la aduana, agente aduanal, agente de carga, almacén, línea aérea y transportista; la figura 5-50 muestra de manera gráfica el tiempo promedio de servicio para las entidades y el tiempo de espera promedio para las mismas.

Finalmente la figura 5-51 muestra las medidas de desempeño con relación a las colas formadas por las entidades al requerir algún tipo de servicio por parte de la aduana, el agente aduanal, el agente de carga, y el transportista; es notorio en la figura 5-51, que el agente aduanal y el transportista son los que tienen relacionado un mayor tiempo de espera en la cola y por lo tanto provocan un mayor retraso en el sistema.

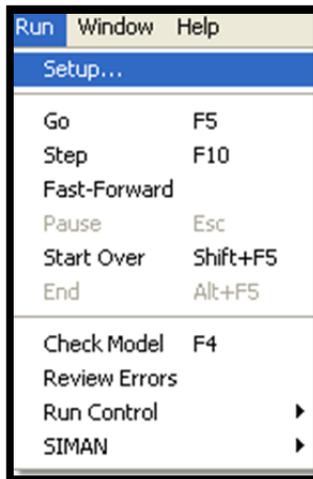


FIGURA 5-42 VENTANA PARA EJECUTAR MODELO

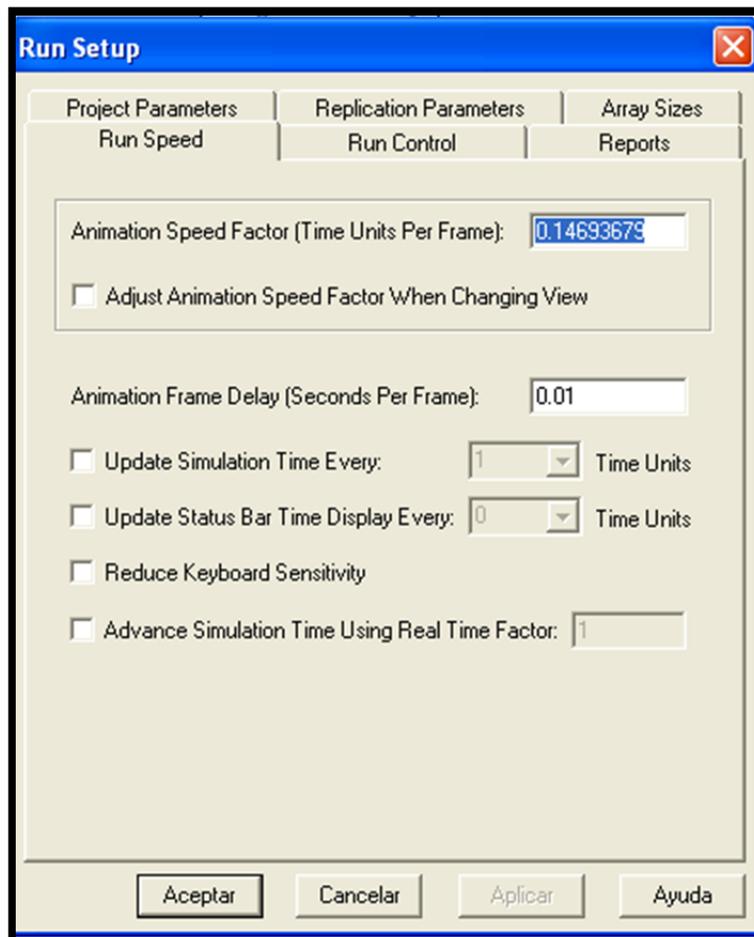


FIGURA 5-43 VENTANA PARA PARAMETROS DE EJECUCION RUN SPEED

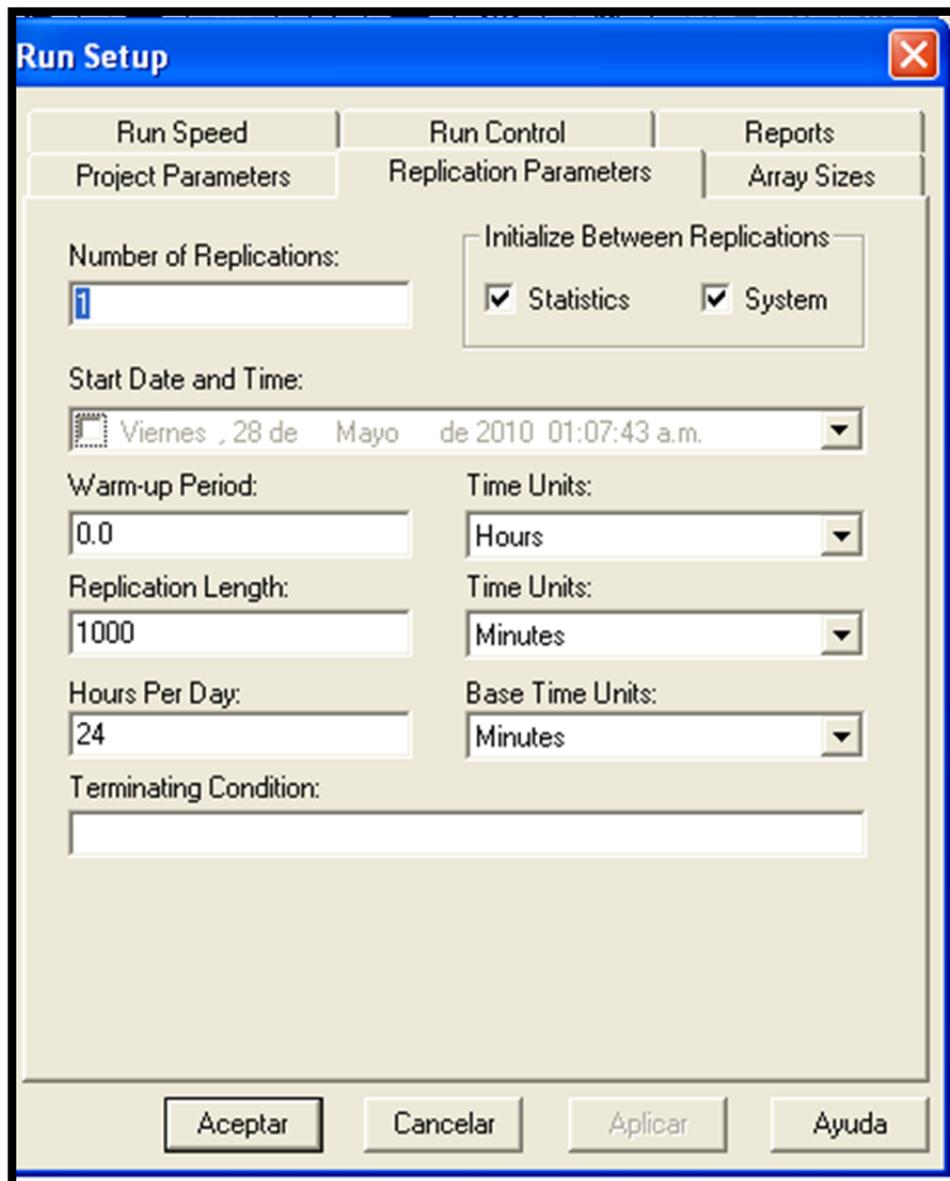


FIGURA 5-44 VENTANA PARA PARAMETROS DE EJECUCION *REPLICATION PARAMETERS*

PRUEBA.out - WordPad

Archivo Edición Ver Insertar Formato Ayuda

ARENA Simulation Results
Evaluacion - License: STUDENT

Summary for Replication 1 of 1

Project: Loan Application Run execution date : 5/28/2010
Analyst: Daddy Warbucks Model revision date: 5/28/2010

Replication ended at time : 1000.0 Minutes (Friday, May 28, 2010, 17:50:26)
Base Time Units: Minutes

TALLY VARIABLES

Identifier	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Observations
ADUANA.WaitTimePerEntity	2.8627	(Insuf)	.00000	19.712	7
AGENTE ADUANAL.TotalTimePerEntity	65.677	(Insuf)	1.0853	171.32	8
LINEA AEREA.TotalTimePerEntity	66.761	(Insuf)	45.402	87.820	6
TRANSPORTISTA.VATimePerEntity	52.033	(Insuf)	5.2995	219.17	7
ADUANA.TotalTimePerEntity	71.245	(Insuf)	21.132	204.31	7
AGENTE DE CARGA.VATimePerEntity	51.356	(Insuf)	7.2653	110.56	9
ADUANA.VATimePerEntity	68.382	(Insuf)	21.132	184.59	7
ALMACEN.TotalTimePerEntity	60.716	(Insuf)	45.390	74.848	6
TRANSPORTISTA.WaitTimePerEntity	2.7416	(Insuf)	.00000	18.644	7
TRANSPORTISTA.TotalTimePerEntity	54.774	(Insuf)	7.4935	219.72	7
ALMACEN.VATimePerEntity	60.716	(Insuf)	45.390	74.848	6
AGENTE ADUANAL.VATimePerEntity	52.570	(Insuf)	1.0853	171.32	8
AGENTE DE CARGA.WaitTimePerEntity	2.3682	(Insuf)	.00000	20.562	9
AGENTE DE CARGA.TotalTimePerEntity	53.724	(Insuf)	7.2653	110.56	9
LINEA AEREA.VATimePerEntity	66.761	(Insuf)	45.402	87.820	6
AGENTE ADUANAL.WaitTimePerEntity	13.106	(Insuf)	.00000	55.171	8
Application.VATime	344.44	(Insuf)	202.73	424.83	6
Application.NVTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	6
Application.WaitTime	17.746	(Insuf)	.00000	55.718	6
Application.TranTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	6
Application.OtherTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	6
Application.TotalTime	362.18	(Insuf)	202.73	474.82	6
ADUANA.Queue.WaitingTime	2.8627	(Insuf)	.00000	19.712	7
AGENTE DE CARGA.Queue.WaitingTime	2.3682	(Insuf)	.00000	20.562	9

FIGURA 5-45 RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN (PROMEDIO, VALOR: MÍNIMO, MÁXIMO, Y NÚMERO DE OBSERVACIONES)

Identifier	Value
ADUANA Number In	7.0000
AGENTE DE CARGA Number In	9.0000
LINEA AEREA Accum VA Time	400.57
ALMACEN Number Out	6.0000
AGENTE DE CARGA Accum Wait Time	21.314
ALMACEN Number In	7.0000
TRANSPORTISTA Accum VA Time	364.23
ADUANA Accum VA Time	478.68
ADUANA Accum Wait Time	20.039
LINEA AEREA Number Out	6.0000
ADUANA Number Out	7.0000
ALMACEN Accum VA Time	364.29
AGENTE DE CARGA Number Out	9.0000
AGENTE ADUANAL Number Out	8.0000
TRANSPORTISTA Number In	8.0000
LINEA AEREA Number In	6.0000
TRANSPORTISTA Number Out	7.0000
TRANSPORTISTA Accum Wait Time	19.191
AGENTE ADUANAL Accum VA Time	420.56
AGENTE ADUANAL Number In	9.0000
AGENTE DE CARGA Accum VA Time	462.20
AGENTE ADUANAL Accum Wait Time	104.85
Application.NumberIn	9.0000
Application.NumberOut	6.0000
System.NumberOut	6.0000

Simulation run time: 0.00 minutes.
Simulation run complete.

FIGURA 5-46 RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN (NÚMERO DE ENTIDADES Y TIEMPOS CON RELACIÓN A LOS RECURSOS)

Loan Application

Replications: 1 Time Units: Hours

Key Performance Indicators

System	Average
Number Out	800

FIGURA 5-47 INDICADORES DE DESEMPEÑO

Loan Application

Replications: 1 Time Units: Hours

Entity

Time

VA Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Application	5.9678	0.142766052	2.2805	14.0963
NVA Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Application	0.00	0.000000000	0.00	0.00
Wait Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Application	17.9935	(Correlated)	0.00	38.0925
Transfer Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Application	0.00	0.000000000	0.00	0.00
Other Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Application	0.00	0.000000000	0.00	0.00
Total Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Application	23.9613	(Correlated)	3.3789	43.8756
Other				
Number In	Value			
Application	819.00			
Number Out	Value			
Application	800.00			
WIP	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Application	19.4210	(Correlated)	0.00	42.0000

FIGURA 5-48 INDICADORES DE DESEMPEÑO PARA LAS ENTIDADES

Loan Application

Replications: 1 Time Units: Hours

Process

Time per Entity

VA Time Per Entity	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
ADUANA	0.9749	0.051059937	0.00066772	5.8930
AGENTE ADUANAL	1.0004	0.072310802	0.00181991	6.6147
AGENTE DE CARGA	0.9861	(Correlated)	0.00230007	7.2249
ALMACEN	0.9837	0.015564068	0.5266	1.4655
LINEA AEREA	1.0024	0.010298790	0.5356	1.4866
TRANSPORTISTA	1.0222	0.079758624	0.00234103	5.6605

Wait Time Per Entity	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
ADUANA	3.7321	(Correlated)	0.00	17.0136
AGENTE ADUANAL	4.8152	(Correlated)	0.00	20.8710
AGENTE DE CARGA	3.9936	(Correlated)	0.00	14.6280
TRANSPORTISTA	5.4156	1.92673	0.00	19.9505

Total Time Per Entity	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
ADUANA	4.7071	(Correlated)	0.00510876	17.8856
AGENTE ADUANAL	5.8157	(Correlated)	0.01365466	21.9189
AGENTE DE CARGA	4.9796	(Correlated)	0.00524923	16.5804
ALMACEN	0.9837	0.015564068	0.5266	1.4655
LINEA AEREA	1.0024	0.010298790	0.5356	1.4866
TRANSPORTISTA	6.4378	1.94056	0.00234103	20.4574

Accumulated Time

FIGURA 5-49 INDICADORES DE DESEMPEÑO PARA LOS PROCESOS

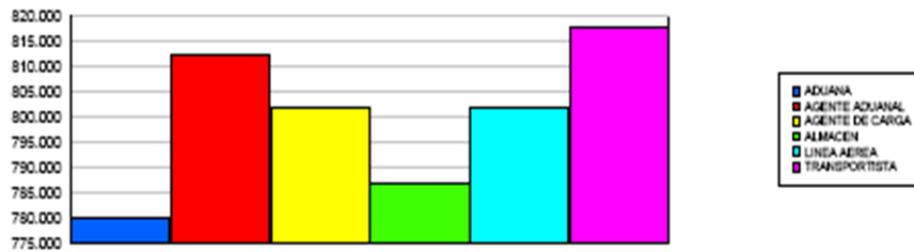
Loan Application

Replications: 1 Time Units: Hours

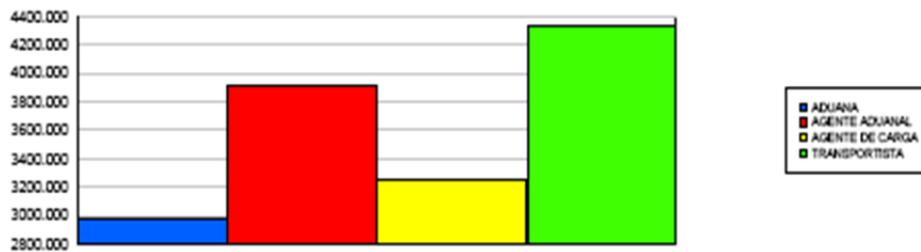
Process

Accumulated Time

Accum VA Time	Value
ADUANA	779.96
AGENTE ADUANAL	812.36
AGENTE DE CARGA	801.66
ALMACEN	786.92
LINEA AEREA	801.91
TRANSPORTISTA	817.78



Accum Wait Time	Value
ADUANA	2985.69
AGENTE ADUANAL	3909.97
AGENTE DE CARGA	3246.76
TRANSPORTISTA	4332.50



Other

FIGURA 5-50 GRAFICOS DE INDICADORES DE DESEMPEÑO PARA LOS PROCESOS

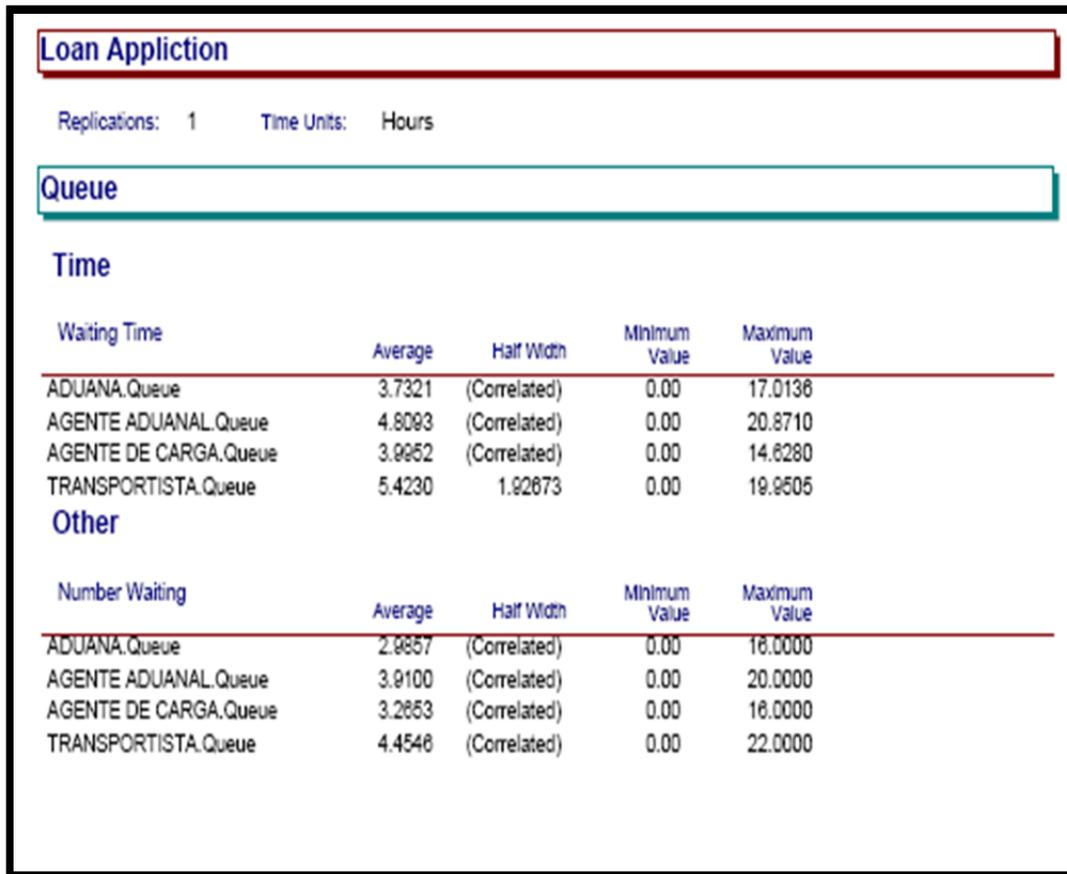


FIGURA 5-51 INDICADORES DE DESEMPEÑO PARA LAS COLAS DE CADA UNO DE LOS ACTORES INVOLUCRADOS

5.8.1 Modificación del modelo de simulación simplificado

Con el fin de experimentar con el modelo simplificado, el sistema fue modificado para el tiempo de espera en la cola de las mercancías que esperan en ser atendidas por el agente aduanal y por el transportista, que han sido identificados como los cuellos de botella del proceso en serie²⁹.

Se ha hecho un *estudio del trabajo*³⁰ y se han revisado las actividades del agente aduanal; se ha determinado, al hacer la inspección, que del tiempo que lleva en: (1) recibir, (2) procesar y (3) liberar la mercancía, puede ser disminuido eliminando algunos pasos³¹. En cuanto al transportista, se ha revisado su labor y no se ha podido reducir el

²⁹ Los cambios hechos al modelo se han supuesto simplemente con el fin de interactuar con el modelo que se ha construido; e identificar posibles mejoras en las medidas de desempeño.

³⁰ Es la aplicación de ciertas técnicas y en particular el estudio de métodos y la medición del trabajo, que se utilizan para examinar el trabajo humano en todos sus contextos y que llevan sistemáticamente a investigar todos los factores que influyen en la eficiencia y economía de la situación estudiada, con el fin de efectuar mejoras.

Estudio de métodos: es el registro y examen crítico sistemático de los modos existentes y proyectados de llevar a cabo un trabajo, como medio de idear y aplicar métodos más sencillos y eficaces y de reducir los costos.

Medición del trabajo: Es la aplicación de técnicas para determinar el tiempo que invierte un trabajador calificado en llevar a cabo una tarea definida efectuándola según una norma de ejecución preestablecida.

³¹ Debe quedar claro que las modificaciones para este segundo modelo, y en particular para el agente aduanal son supuestas; no es posible determinar con certeza si las modificaciones afectan realmente a la seguridad del sistema real, lo

tiempo de manera significativa, por lo que el modelo no reflejará ningún cambio en este proceso.

Las figuras 5-52 y 5-53 muestran las medidas de desempeño arrojadas por el modelo de simulación luego de la mejora propuesta. El tiempo de espera promedio de las mercancías para el Agente aduanal disminuyó de 4.8093 horas a 2.9619, como puede observarse en la figura 5-53, lo cual representa una mejora del 38.41%.

Process				
Time per Entity				
VA Time Per Entity	Average	Half/Min/h	Minimum Value	Maximum Value
ADUANA	0.9862	0.070984238	0.00181991	6.6147
AGENTE ADUANAL	0.9816	0.061512790	0.00249617	7.9343
AGENTE DE CARGA	0.9125	0.068260374	0.00128930	6.2977
ALMACEN	1.0111	0.015423936	0.5183	1.4815
LINEA AEREA	1.0045	0.014373716	0.5372	1.4637
TRANSPORTISTA	0.9963	0.073379064	0.00186091	7.2249
WaitTime Per Entity	Average	Half/Min/h	Minimum Value	Maximum Value
ADUANA	3.1243	0.833640821	0.00	17.8615
AGENTE ADUANAL	2.9656	0.805004008	0.00	14.0669
AGENTE DE CARGA	2.2822	0.562164219	0.00	12.5039
Total Time Per Entity	Average	Half/Min/h	Minimum Value	Maximum Value
ADUANA	4.1105	0.870372371	0.00776871	18.1966
AGENTE ADUANAL	3.9472	0.824576654	0.00310101	14.8589
AGENTE DE CARGA	3.1947	0.596660431	0.00629605	13.8684
ALMACEN	1.0111	0.015423936	0.5183	1.4815
LINEA AEREA	1.0045	0.014373716	0.5372	1.4637
TRANSPORTISTA	0.9963	0.073379064	0.00186091	7.2249
Accumulated Time				

FIGURA 5-52 PARAMETROS MODELO MODIFICADO

que se trata de exponer es qué pasaría en el proceso. Si en realidad se tuviera la información necesaria, el estudio del trabajo sería real, y el nuevo tiempo estándar serviría para alimentar el modelo, analizar los resultados considerando el efecto global en el sistema y los riesgos de seguridad pertinentes.

Queue				
Time				
Waiting Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
ADUANA.Queue	3.1204	0.833640821	0.00	17.8615
AGENTE ADUANAL.Queue	2.9619	0.806004008	0.00	14.0669
AGENTE DE CARGA.Queue	2.2820	0.562164219	0.00	12.5039
Other				
Number Waiting	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
ADUANA.Queue	2.5280	0.796595112	0.00	15.0000
AGENTE ADUANAL.Queue	2.4051	0.622501408	0.00	13.0000
AGENTE DE CARGA.Queue	1.8592	0.565845692	0.00	11.0000

FIGURA 5-53 PARAMETROS MODELO MODIFICADO

CONCLUSIONES

Al concluir esta tesis se cuenta con un modelo de simulación del despacho de mercancías del recinto aduanal del AICM, desarrollado a partir de la información y recursos del software disponibles; es importante señalar que el objetivo de la tesis ha sido logrado.³² El modelo de simulación desarrollado puede ser utilizado cuando se cuente con la información real; ya que el software permite especificar los parámetros necesarios de nueva cuenta de manera fácil en el modelo.

A partir del modelo original fue realizado un modelo simplificado que sirvió para realizar experimentos; dicho modelo considera todas las actividades en serie y sin bifurcaciones, lo que ha servido para tener una mejor comprensión del caso de estudio. El modelo simplificado sirvió para realizar experimentos. Con el fin de mejorar el tiempo en el sistema, en el modelo simplificado fue modificado el tiempo de espera en la cola de las mercancías que esperan en ser atendidas por el agente aduanal y por el transportista, que previamente fueron identificados como los cuellos de botella del proceso en serie³³. El tiempo de espera promedio de las mercancías para el Agente aduanal se logró reducir de 4.8093 horas a 2.9619, lo cual representa una mejora del 38.41%.

Uno de los desafíos principales para el desarrollo de esta tesis radica en la investigación del proceso para el despacho aduanero de mercancías. La búsqueda de información fue intensiva, en un principio se esperaba una entrevista directa con la entonces presidenta del Buro Logístico de México, PAP Holdings y Asociación Mexicana de Agentes de Carga (AMACARGA), sin embargo por diversas circunstancias no se concretó; por lo que la descripción del despacho aduanero de las mercancías se basó principalmente en: los apuntes del Curso Básico de Capacitación en Comercio Exterior y Aduanas, curso Propedéutico de la Especialidad en Tráfico de Mercancías y Tramitación Aduanal de la Unidad Profesional Aduanera y de Comercio Internacional S.C.; diversos videos del Sistema de Administración Tributaria, disponibles en Internet; estudios sobre la carga aérea del Instituto Mexicano del Transporte Herrera *et al.*, (2005); buscador electrónico de imágenes www.google.com.mx, para ilustrar diversos sistemas utilizados por el SAT (Sistema de Administración Tributaria); información de IATA (Asociación Internacional de Transporte Aéreo), y de otros organismos.

Otro desafío fue constituido por las limitaciones del software para el diseño del modelo. No es fácil encontrar un software de simulación que sea lo suficientemente flexible para modelar cualquier situación. Un programa flexible puede resultar muy complejo y requiere de un programador especializado, además de que los costos se incrementan al tratar de adquirir una licencia en versión completa. El software utilizado (ARENA) presentó algunas complicaciones para su uso, debido a las limitaciones de la versión estudiantil.

El modelo de simulación obtenido sirve para realizar análisis sin grandes complicaciones matemáticas o requerimientos especiales de cómputo. El modelo de simulación desarrollado permite estimar en forma cuantitativa los efectos o impactos esperados de cambios en la operación del recinto aduanal (contando con datos representativos del sistema). De esta manera, el modelo de simulación es una herramienta potencial para

³² Diseño de un modelo de simulación para el despacho de mercancías en el recinto aduanal del Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México, empleando el software Arena 10.0., con la finalidad de que sirva como plataforma para análisis futuros.

³³ Los cambios hechos al modelo se han supuesto simplemente con el fin de interactuar con el modelo que se ha construido; e identificar posibles mejoras en las medidas de desempeño.

evaluar el rendimiento de la actividad de la aduana del AICM, e incluso para evaluar mejoras en su operación. Finalmente mediante el procedimiento seguido aquí, es posible elaborar modelos de simulación para otros recintos aduanales. También puede ser de interés el desarrollo de modelos que incluyan otras etapas de la operación de un aeropuerto (si es el caso), como es el movimiento de las aeronaves en su trayectoria desde y hacia sus posiciones de carga y descarga. Las ideas establecidas en el presente trabajo, representan un paso hacia el desarrollo de tales modelos.

REFERENCIAS

Acevedo (2007) Plataformas y Hub's Logísticos, Logística y Competitividad. México
Enlace: <http://www.logistica.gob.mx/congreso/ponencias/jacevedo.pdf>

Aeropuertos y Servicios Auxiliares, Sistema Estadístico Aeroportuario, XII edición, (2000), México. Enlace: <http://www.imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt180.pdf>

Alonso R. M., (2008) Flujo en redes y gestión de proyectos, teoría y ejercicios resueltos. GESBIBLIO, S L. España.

Antún J. P., (2005) Logística estratégica: una maniobra sistémica para la competitividad. Publicación del Instituto de Ingeniería. Facultad de Ingeniería. UNAM. México

Antún J.P. (2005) Logística internacional. Publicación del Instituto de Ingeniería. Facultad de Ingeniería. UNAM. México

Antún J.P. (1993) Logística: Una visión sistémica. Instituto de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México. UNAM. México

Antún J.P. (2004) Logística inversa. Instituto de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México.

Antún J. P., Lozano A., Hernández J. C., Hernández R. (2005) Distribución Física Metropolitana. Publicación del Instituto de Ingeniería. Facultad de Ingeniería. UNAM.

Ballou R. (1991) Logística empresarial. Control y Planificación. Díaz de Santos. Madrid

Bowersox C. C. (2002) Supply chain logistics management. McGraw Hill.

Carson, J.S. (2003), *Introduction to modelling and simulation*, Actas de 2003 Winter Simulation Conference, 1, 7-13, New Orleans, USA, 7 al 10 de Diciembre, 2003. http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-07642007000100018&script=sci_arttext

Chase R., Jacobs F. Aquilano N. (2004) Operations Management for Competitive Advantage. Mc Graw Hill.

Coss R. (2003) Simulación. Un enfoque práctico. Limusa, Noriega Editores.

Galíndez-López D. (2007) Revista del Instituto Politécnico Nacional "conversus" sistema metropolitano de aeropuertos quimera o realidad. México

Gerez G. V. (1978) Introducción al análisis de Sistemas e Investigación de Operaciones. Representaciones y servicios de ingeniería. México

Guasch A., Piera M., Casanovas J., Figueres J. (2002) Modelado y simulación. Aplicación a procesos logísticos de fabricación y servicios. Edicions UPC

Hernandez Andrea (2006) Historia del aeropuerto y de los proyectos aeroportuarios para la ciudad de México. Periodico "el oriente". México

Herrera A, Pérez J, Peyrelongue M. (2005) Diagnóstico del transporte de carga aérea en México. Instituto Mexicano del Transporte, Publicación técnica, edición digital. México.
Enlace: <http://www.imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt180.pdf>

Hillier F. and Lieberman G. J. (1989) Introducción a la Investigación de Operaciones. Mc Graw-Hill

Hinnes, W y Montgomery, D. (1993) Probabilidad y Estadística para Ingeniería y Administración CECSA.

IMT (2005) Informe de investigación elaboración de un modelo de simulación del movimiento de aeronaves en pistas, calles de rodaje y posiciones de embarque y desembarque del A. I. C. M. Instituto Mexicano del Transporte.

Kelton, W. D., Sadowski, R. P. y D. T. Sturrock (2008): Simulación con Software ARENA. Mc Graw – Hill, México.

Kreyszig (1992) Introducción a la Estadística Matemática Limusa. México.

Llamas J.M. (2005) Benchmarking de la Logística. Mc Graw-Hill.

Marín-Pinillos B. (1994) Investigación de operaciones I. México.

Murray-Lasso M. A. y E. Chicurel (1975) Aplicaciones de la Computación a la Ingeniería. Editorial Limusa, S. A., México.

Murray Lasso, M. A. (2007) Notas de Investigación de Operaciones México.

Pegden C. D., R. E. Shannon y R. P. Sadowski (1995) Introduction to Simulation Using SIMAN, 2ª. Ed., McGraw-Hill, Nueva York.

Prawda Witenberg J. (1980) Métodos y Modelos de Investigación de Operaciones. Volumen II. Modelos Estocásticos. Editorial Limusa. México.

Quesada-Irbanguen V.M. y Vergara Schmalbach J.C (2006) Métodos cuantitativos con WINQSB. Colombia. Edición electrónica. Texto completo en www.eumed.net/libros/2006c/216/

Resendiz H. I (1995) Mantenimiento de aeropuertos. Tesis Facultad de Ingeniería UNAM. México.

Ríos Insua David, Sixto Ríos Insua, Jacinto Martín Jiménez (2000) Simulación Métodos y Aplicaciones. Alfaomega. Colombia.

Rivera Colmenero J. A., (2009) Notas de Análisis Espacial, México.

Runyon, Richard y Haber Autrey (1992) Estadística para las ciencias sociales. Addison-Wesley Iberoamericana.USA.

Sierra Bravo, R. (1983) Técnicas de investigación social: teoría y ejercicios. Paraninfo.Madrid.

Taha Hamdy A. (1991) Investigación de Operaciones. Alfaomega. México.

Vallés Miquel Marina (2002) Simulación Discreta. La herramienta de simulación ARENA.

Walpole, R y Myers (1992) Probabilidad y Estadística. McGraw-Hill.

Winston, Wayne L. (1994) Investigación de operaciones. Aplicaciones y Algoritmos. Segunda Edición. Grupo Editorial Iberoamérica.

APÉNDICE A

Conceptos básicos de teoría de colas

En esta sección se describen de manera general los conceptos básicos sobre la Teoría de colas, se exponen también los modelos más usados y frecuentes en la literatura sobre el tema; no es pretensión de esta investigación aportar una explicación exhaustiva sobre el tema; sin embargo se ofrece la bibliografía de referencia para aquel que esté interesado en ampliar sus conocimientos sobre el tema. La descripción e ideas generales en su mayoría han sido tomados de Murray (2007) y los modelos de colas de Bañuelos (2005), autores que han basado su trabajo en Taha (1991), y Hillier & Lieberman (1989).

El proceso básico supuesto por la mayor parte de los modelos de colas es el que se describe a continuación: Los clientes que requieren un servicio se generan a través del tiempo en una fase de entrada. Estos clientes entran al sistema y se unen a una cola. En determinado momento se selecciona un miembro de la cola, para proporcionarle el servicio (mediante alguna regla conocida como disciplina de servicio); luego, se lleva a cabo el servicio requerido por el cliente en un mecanismo de servicio, después de lo cual el cliente sale del sistema de colas.

El tema de Teoría de Colas es muy extenso y aparece en casi todos los libros de Investigación de Operaciones, además de que hay una extensa bibliografía en revistas de investigación por su importancia económica. En este trabajo se presenta sólo un resumen de los principales modelos básicos de teoría de colas para los que se tienen resultados particularmente útiles. A continuación se proporcionan algunas definiciones para poder plantear modelos para diversas situaciones en el estudio de los fenómenos de espera debida a investigadores pioneros en esta área: Kendall y Lee. La clasificación de colas con la notación 1/2/3/4/5/6 se ha tomado de Winston (1994). Las siguientes definiciones son útiles para entender las líneas de espera:

Cliente: Unidad de llegada requiriendo algún servicio; los clientes pueden ser personas, máquinas, partes, etc.

Líneas de espera (cola): Número de clientes que esperan ser atendidos; la línea no incluye al cliente que se está atendiendo.

En general, pueden realizarse las siguientes definiciones:

$N(t)$: Número de clientes en el sistema en el tiempo t .

$P_n(t)$: Probabilidad de que exactamente n clientes estén en el sistema en el tiempo t , dado el número en el tiempo cero.

S : Número de servidores (canales de servicio).

λ_n : Tasa de llegada cuando hay n clientes en el sistema.

μ_n : Tasa de servicio cuando hay n clientes en el sistema.

Descripción con notación de Kendall y Lee

Cada línea de espera se clasifica según seis características ordenadas: 1/2/3/4/5/6. La característica número uno se refiere a la naturaleza del proceso de llegada, la número dos se refiere a la naturaleza de los tiempos de servicio, la tercer característica hace referencia a la cantidad de servidores en paralelo, la cuarta a la disciplina de la cola, la quinta característica se refiere al número admisible de clientes en el sistema y la sexta característica hace referencia a el tamaño de la población de la cual se extraen los clientes.

Naturaleza del proceso de llegada

El patrón de llegada, en general, se especifica mediante la tasa de llegada λ (lambda), tiene unidades de clientes por unidad de tiempo $\left[\frac{\text{clientes}}{\text{tiempo}} \right]$. En la mayoría de los casos

se considera que el patrón de llegada tiene una distribución de Poisson; sin embargo la naturaleza del proceso de llegadas puede seguir las siguientes distribuciones de tiempo entre llegadas:

M = Los tiempos entre llegadas son variables aleatorias independientes e idénticamente distribuidas (iid) cuya distribución es exponencial.

D = Los tiempos entre llegadas son iid y deterministas.

E_k = Los tiempos entre llegadas son Erlang iid con parámetro de forma k .

GI = Los tiempos entre llegadas son iid y están regidos por alguna distribución general.

Naturaleza de los tiempos de servicio

El patrón de servicio, en general, se especifica mediante la tasa de servicio μ (mu), también en unidades de cliente por unidad de tiempo $\left[\frac{\text{clientes}}{\text{tiempo}} \right]$ y en la mayoría de los

casos se considera con distribución de Poisson. Es evidente que en los problemas de líneas de espera se busca un equilibrio entre las tasas de llegada y de servicio. Además se supone independencia entre las llegadas y los servicios. La naturaleza de los tiempos de servicio puede seguir las siguientes cuatro distribuciones de tiempo:

M = Los tiempos de servicio son variables aleatorias independientes e idénticamente distribuidas (iid) cuya distribución es exponencial.

D = Los tiempos de servicio son iid y deterministas.

E_k = Los tiempos de servicio son Erlang iid con parámetro de forma k .

GI = Los tiempos de servicio son iid y están regidos por alguna distribución general.

Es necesario realizar ciertas suposiciones para manejar los modelos de líneas de espera, una de las más frecuentes que se hace en modelos de colas es que los tiempos entre llegadas de los *clientes* están distribuidos exponencialmente con un valor medio entre llegadas determinado. La distribución exponencial es una distribución continua en el tiempo ya que suponemos que la llegada de un cliente puede suceder en cualquier instante de tiempo y no necesariamente al principio de un minuto, media hora u hora determinada. Ésta distribución supone la llegada de los clientes uno por uno y no admite llegadas en masa.

Cantidad de servidores o canales en paralelo

Es el número de servidores en paralelo con los que cuenta el sistema en estudio.

Canal de servicio: Es el proceso o sistema que efectúa el servicio al cliente. Puede ser simple o multicanal. El número de canales se denota mediante k , o en ocasiones con s .

En 1996 A. M. Lee agregó dos valores: (4) Disciplinas de cola; (5) número máximo permitido en el sistema (capacidad), y finalmente Taha agregó el sexto: (6) tamaño de la fuente demandante (población).

Disciplina de líneas de espera

Se refiere a la regla o criterio mediante el cual serán atendidos los clientes en el sistema; el cual puede ser de los siguientes modos:

FCFS = El primero que llega es el primero en ser atendido (First Come First Served). Es la suposición más frecuente y también es conocido como PEPS (primero en entrar, primero en salir; o FIFO (first in first out).

LCFS = El último en entrar es el primero en ser atendido, (Last Come First Served), también conocido como UEPS (último en entrar, primero en salir)

SIRO = Servicio en orden aleatorio. (Service In Random Order.)

GD = Disciplina general de línea de espera. (General Discipline)

Tamaño de la Población

El tamaño de la población de la cual se extraen los clientes, por lo regular se considera infinita cuando es mayor a 30, pero dependerá del caso de estudio.

Número admisible de clientes en el sistema

La cantidad de clientes en el sistema debe incluir a los que esperan y a los que ya están siendo atendidos.

Fórmula de Little

J. D. C. Little realizó una demostración rigurosa de la fórmula que se da a continuación. El resultado de Little es el siguiente teorema: Para cualquier sistema de colas en el cual existe una distribución de estado estable se cumplen las siguientes ecuaciones:

$$L = \lambda W, \quad L_q = \lambda W_q, \quad L_s = \lambda W_s$$

Donde

λ = número promedio de llegadas al sistema por unidad de tiempo

L = número promedio de clientes presentes en el sistema de cola

L_q = número promedio de clientes formados en la cola

L_s = número promedio de clientes en servicio

W = tiempo promedio que un cliente pasa en el sistema

W_q = tiempo promedio que un cliente pasa en la cola

W_s = tiempo promedio que un cliente pasa en servicio

Todas las cantidades están definidas cuando el sistema de cola ya se estabilizó. El teorema tiene gran generalidad y se aplica a cualquier sistema de colas sin importar la distribución de tiempo entre llegadas, la disciplina del servicio, el número de servidores, y de la distribución del tiempo de servicio. Lo que si es necesario es que el sistema se estabilice.

P_n : Probabilidad de que haya exactamente n clientes en el sistema.

El proceso de nacimiento y muerte

El desarrollo de este apartado ha sido extraído de Murray (2007) y los modelos de colas de Bañuelos (2005), autores que han basado su trabajo en Taha (1991), y Hillier & Lieberman (1989). Cuando los tiempos entre las llegadas y los tiempos de servicio tienen distribución exponencial (Distribución de Poisson de sus tasas) uno de los modelos teóricos que pueden servir para analizar varios de los sistemas de colas es el proceso de *nacimiento y muerte*. Muchos sistemas de colas mientras las entradas y salidas sean exponenciales se pueden ver como procesos de nacimiento y muerte y por lo tanto se pueden obtener soluciones analíticas.

Un proceso de nacimiento y muerte es un proceso estocástico de tiempo continuo, en el cual los nacimientos y las muertes son independientes entre sí. Un Proceso de *Nacimiento y Muerte* se puede representar como una cadena de Markov cuyo diagrama de densidad de probabilidad de transición de estados es el que se muestra en la Figura 1.

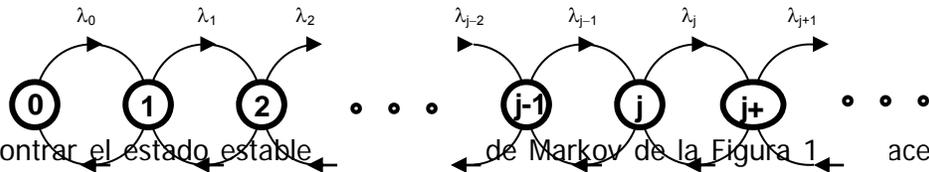


Figura 1

Si se desea encontrar el estado estable de Markov de la Figura 1 hace el balance de las probabilidades que salen y entran a cada estado. Por ejemplo, si el estado j se tendrá

$\lambda_{j-1}P_{j-1} + \mu_{j+1}P_{j+1} = \lambda_j P_j + \mu_j P_j$, que se puede escribir $P_{j+1} = [(\lambda_j + \mu_j)P_j - \lambda_{j-1}P_{j-1}] / \mu_{j+1}$. Esta ecuación se repite para $j = 1, 2, 3, \dots$. Para el estado 0 sólo hay dos términos: $\mu_1 P_1 = \lambda_0 P_0$, que se puede escribir $P_1 = (\lambda_0 / \mu_1) P_0$. Las ecuaciones de diferencias resultantes se pueden resolver en términos de P_0 ecuación por ecuación dando valores consecutivos a n en cada ecuación y sustituyendo los valores anteriores ya calculados; siguiendo el proceso anteriormente mencionado y el cual no se detalla en este trabajo se llega a las ecuaciones:

$$P_n = \frac{\lambda_{n-1} \lambda_{n-2} \dots \lambda_0}{\mu_n \mu_{n-1} \dots \mu_1} P_0 = C_n P_0, \text{ donde se define a } C_n = \frac{\lambda_{n-1} \lambda_{n-2} \dots \lambda_0}{\mu_n \mu_{n-1} \dots \mu_1}, n = 1, 2, 3, \dots$$

Para determinar P_0 se sabe que la suma de todas las probabilidades debe dar 1. Por lo tanto: $P_0 = \left(\sum_{n=0}^{\infty} C_n \right)^{-1}$. Con estos valores se pueden calcular L , L_q , W y W_q . Por

definición usando el teorema de Little:

$$L = \sum_{n=0}^{\infty} n P_n$$

$$L_q = \sum_{n=s}^{\infty} (n-s) P_n, \bar{\lambda} = \sum_{n=0}^{\infty} \lambda_n P_n, \text{ y según Little } W = \frac{L}{\bar{\lambda}}$$

$$W_q = \frac{L_q}{\bar{\lambda}}$$

En donde:

- $\bar{\lambda}$ = Tasa de llegadas promedio a largo plazo
- s = Número de servidores en el sistema

Es importante recordar que las derivaciones se han hecho bajo la suposición que los valores de λ_n y μ_n son tales que el sistema llega a un estado estable lo que sucede si λ_n es el número esperado de llegadas por unidad de tiempo, μ_n es el número esperado de clientes por completar su servicio por unidad de tiempo y $\rho = \lambda / s\mu < 1$. También se cumple si $\lambda_n = 0$ para algún valor de n mayor que el estado inicial (llega un momento en que ya no llegan más clientes, posiblemente porque son rechazados después de un límite) de modo que sólo son posibles un número finito de estados (los que son

menores que n). No se cumple si $\sum_{n=0}^{\infty} C_n = \infty$ Por su generalidad el modelo de *nacimiento*

y muerte se puede aplicar a varios sistemas de colas, los cuales como fórmulas generales se describen en las siguientes secciones:

ANÁLISIS DE LÍNEAS CON POBLACIÓN INFINITA M/M/1

El modelo M/M/1 es el modelo más general de los modelos de colas.

Probabilidad de hallar el sistema ocupado:
$$\rho = \frac{\lambda}{\mu}$$

Probabilidad P_0 de hallar el sistema vacío:
$$P_0 = 1 - \frac{\lambda}{\mu}$$

Probabilidad P_n de tener n clientes en el sistema:
$$P_n = \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n P_0$$

Número esperado L en el sistema:
$$L = L_n = \frac{\lambda}{\mu - \lambda}$$

Número esperado L_q en la línea (cola):
$$L_q = \frac{\lambda^2}{\mu(\mu - \lambda)}$$

Tiempo esperado en el sistema:
$$W = \frac{1}{\mu - \lambda}$$

Tiempo esperado en la línea:
$$W_q = \frac{\lambda}{\mu(\mu - \lambda)}$$

Para la cola no vacía se tiene:
$$L_n = \frac{\lambda}{\mu - \lambda}; \quad W = W_n = \frac{\lambda}{\mu - \lambda}$$

Probabilidad de que el tiempo en el sistema sea mayor que t

$$P(\tau > t) = w(t) = e^{-\frac{t}{w}}$$

Probabilidad de que el tiempo en la línea sea mayor que t

$$P(\tau > t) = W_q(t) = \rho e^{-\frac{t}{w}}$$

MODELO BÁSICO, VARIOS SERVIDORES M/M/S; DG/ ∞ / ∞

$$\rho = \frac{\lambda}{s\mu}$$

$$P_0 = \frac{1}{\left[\sum_{n=0}^{n=s-1} \frac{1}{n!} \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^n \right] + \frac{1}{s!} \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^s \frac{s\mu}{s\mu - \lambda}}$$

$$P_0 = \begin{cases} \frac{\lambda^n}{n! \mu^n} P_0 & \text{si } 0 \leq n \leq s \\ \frac{\lambda^n}{s! s^{n-s} \mu^n} P_0 & \text{si } n > s \end{cases}$$

$$P_{n \geq s} = \frac{1}{s!} \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^s \frac{s\mu}{s\mu - \lambda} P_0 \quad L_q = \frac{\lambda \mu \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^s P_0}{(s-1)! (s\mu - \lambda)^2} = \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^s \rho P_0}{s! (1 - \rho)^2}$$

$$L = L_q + \frac{\lambda}{\mu}$$

$$W_q = \frac{\mu \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^s P_0}{(s-1)! (s\mu - \lambda)^2} = \frac{L_q}{\lambda}, \quad W = W_w = \frac{1}{\mu}$$

$$P(\tau > t) = \left[1 + \frac{(s\rho)^s P_0 (1 - e^{-\mu(s-1-sp)})}{s!(1-\rho)(s-1-sp)} \right] e^{-\mu t} = W(t)$$

$$P(\tau_q > t) = \frac{(s\rho)^s P_0}{s!(1-\rho)} e^{-s\mu(1-\rho)t} = W_q(t)$$

MODELO DE CAPACIDAD BÁSICA LIMITADA A UN SERVIDOR M/M/1: DG/K/∞

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu}, \quad \lambda_n = \begin{cases} \lambda, n = 0, 1, \dots, K-1 \\ 0, n = K, K+1, \dots \end{cases}$$

$$\bar{\lambda} = \sum_{n=0}^{\infty} \lambda_n P_n \quad \text{Para } \rho \neq 1$$

$$P_0 = \frac{1 - \rho}{1 - \rho^{K+1}}$$

$$P_n = \left(\frac{1 - \rho}{1 - \rho^{K+1}} \right) \rho^n; \quad n = 0, 1, 2, \dots, K$$

$$L = \frac{\rho}{1 - \rho} - \frac{(K+1)\rho^{K+1}}{1 - \rho^{K+1}}$$

$$L_q = L - (1 - P_0)$$

$$W = \frac{L}{\bar{\lambda}}, \quad W_q = \frac{L_q}{\bar{\lambda}}$$

$$\bar{\lambda} = \sum_{n=0}^{\infty} \lambda_n P_n = \lambda(1 - P_K)$$

$$P(\tau > t) = \frac{1}{1 - P_K} \sum_{n=0}^{K-1} P_n P(Er_{n+1} > t)$$

$$P(\tau_q > t) = \frac{1}{1 - P_K} \sum_{n=0}^{K-1} P_n P(Er_n > t)$$

Donde $Er \sim \text{Erlang}$

$$Er_{n+1} = T_1 + T_2 + \dots + T_{n+1}; \quad n = 0, 1, 2, \dots$$

Para $\rho = 1$

$$\Rightarrow P_n = \frac{1}{K+1}; n = 0, 1, \dots, K$$

$$L = \frac{K}{2}$$

MODELO DE CAPACIDAD LIMITADA VARIOS SERVIDORES M/M/S: DG/K/ ∞

$$s \leq K \quad \rho = \frac{\lambda}{s\mu}$$

$$P_0 = \left[\sum_{n=0}^{s-1} \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n}{n!} + \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^s [1 - \rho^{K-s+1}]}{s!(1-\rho)} \right]^{-1} \quad si \rho \neq 1$$

$$\left[\sum_{n=0}^{s-1} \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n}{n!} + \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^s}{s!(1-\rho)} (K-s+1) \right]^{-1} \quad si \rho = 1$$

$$P_n = \left\{ \begin{array}{l} \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n}{n!} P_0, si, n = 1, 2, \dots, s \\ \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n}{s!s^{n-s}} P_0, si, n = s, s+1, \dots, K \end{array} \right.$$

$$L_q = \left\{ \begin{array}{l} \frac{P_0 \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^s \rho}{s!(1-\rho)^2} [1 - \rho^{K-s} - (K-s)\rho^{K-s}(1-\rho)]; si, \rho \neq 1 \\ \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^s (K-s)(K-s+1)}{2s!} P_0; si, \rho = 1 \end{array} \right.$$

$$L = \sum_{n=0}^{s-1} nP_n + s \left(1 - \sum_{n=0}^{s-1} nP_n \right) + L_q,$$

$$W = \frac{L}{\lambda}, \quad W_q = \frac{L_q}{\lambda}$$

$$\bar{\lambda} = \lambda(1 - P_K) = \mu(L - L_q) = \mu(s - \bar{s})$$

\bar{s} = Número esperado de canales inactivos

MODELO DE FUENTE LIMITADA M/M/1: DG/∞/N

Un servidor (Población finita)

$$\lambda_n = \left\{ \begin{array}{ll} \lambda & n \leq N \\ 0 & n > N \end{array} \right.$$

$$P_0 = \frac{1}{\sum_{n=0}^N \left[\frac{N!}{(N-n)!} \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^n \right]}$$

$$P_n = \frac{N!}{(N-n)!} \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^n P_0 \quad \text{si } n = 1, 2, \dots, N$$

$$L_q = N - \frac{\lambda + \mu}{\lambda} (1 - P_0), L = L_q + (1 - P_0) = N - \frac{\mu}{\lambda} (1 - P_0)$$

$$W = \frac{L}{\lambda} = \frac{L}{\lambda(N-L)} \quad W_q = \frac{L_q}{\lambda} = \frac{L_q}{\lambda(N-L)}$$

$$\bar{\lambda} = \sum_{n=0}^{\infty} \lambda_n P_n = \lambda(N-L)$$

MODELO DE FUENTE LIMITADA VARIOS SERVIDORES M/M/S: DG/∞/N

Varios servidores (Población finita)

$$P_0 = \frac{1}{\sum_{n=0}^{s-1} \frac{N!}{(N-n)!n!} \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^n + \sum_{n=s}^N \frac{N!}{(N-n)!s!s^{n-s}} \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^n}$$

$$P_n = \begin{cases} \frac{N!}{(N-n)!n!} \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^n P_0 & \text{si } 0 \leq n \leq s \\ \frac{N!}{(N-n)!s!s^{n-s}} \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^n P_0 & \text{si } s \leq n \leq N \\ n > N \end{cases}$$

$$L_q = \sum_{n=s}^N (n-s) P_n, \quad L = L_q + \sum_{n=0}^{s-1} n P_n + s \left(1 - \sum_{n=0}^{s-1} P_n \right)$$

$$W = \frac{L}{\lambda(N - L)}$$

$$W_q = \frac{L_q}{\lambda(N - L)}$$

$$\bar{\lambda} = \lambda(N - L)$$

APÉNDICE B

A continuación se describen los tres principales tipos de aviones de carga.
Aviones mixtos

Airbus 320 y 321

El Airbus 320 y el Airbus 321 poseen un rango operativo de 3500 a 5600 Km. Esta aeronave puede cargar una línea de pallets con el mismo tamaño base que una mayor aeronave, pero con una altura más reducida. El Airbus es una aeronave sólo para carga suelta; el número de pallets son 4 más carga suelta; el volumen es de 19 metros cúbicos y su capacidad es de 1.5 toneladas. La figura 9-1 muestra el Airbus 320.



FIGURA 0-1 Airbus 320. FUENTE: <http://cargainfo.com>

El Airbus 340 posee 4 turbinas y un rango de 12000 a 15000 kilómetros, posee amplias bahías de cargo para pallets, así como una bahía trasera de carga a granel; está equipado con amplias puertas de carga en su parte delantera y posterior, para carga de pallets o contenedores de 68"X125" o 96"X125". La figura 9-2 muestra el Airbus 340.



Airbus 330-200 y Airbus 340-200		
No. de Pallets: 5 + Carga suelta	Volúmen: 64.5 m ³	Capacidad: 10.3 toneladas
Airbus 340-300		
No. de Pallets: 7 + Carga suelta	Volúmen: 100.4 m ³	Capacidad: 16 toneladas

FIGURA 0-2 AIRBUS 340. FUENTE: <http://cargainfo.com>

Boeing 737-300 y Boeing 737-500

El Boeing 737 posee dos bahías centrales de carga y alcanza un rango operativo de 2700 a 4650 kilómetros, dependiendo del tipo de nave. La figura 9-3 muestra el Boeing 737-300.



Boeing 737-300		
No. de Pallets: Carga suelta	Volúmen: 15 m ³	Capacidad: 2 toneladas
Boeing 737-500		
No. de Pallets: Carga suelta	Volúmen: 13 m ³	Capacidad: 2 toneladas

FIGURA 0-3. Boeing 737-300. fuente: <http://cargainfo.com>

Boeing 777-220

Boeing 777-220 tiene un alcance de 12000 kilómetros, con bahías de carga delante y detrás, para carga de pallets de 88" X 125" o 96" X125". El comportamiento para carga suelta está localizado en la parte trasera de la aeronave. Figura 9-4 Boeing 737-220.



Boeing 777-200		
No. de Pallets: 6 + Carga suelta	Volúmen: 80 m ³	Capacidad: 18 toneladas

FIGURA 0-4 Boeing 737-220 fuente: <http://cargainfo.com>

Boeing 747-200, Boeing 747-300 y Boeing 737-400

El estándar Boeing 747 funciona de manera mixta entre carga y pasajeros, con un rango operativo de hasta 13, 300 kilómetros para el modelo 400. El Boeing 747 posee bahías de carga para pallets en sus partes delanteras y posteriores. Está equipado con amplias puertas de cargar pallets o contenedores de 88" o 96" X 125". La figura 9-5 muestra el BOEING 737-200.



Boeing 747-200 y Boeing 747-300		
No. de Pallets: 6 + Carga suelta	Volúmen: 83 m ³	Capacidad: 13 toneladas
Boeing 747-400		
No. de Pallets: 6 + Carga suelta	Volúmen: 76 m ³	Capacidad: 12 toneladas

FIGURA 0-5. Boeing 737-200. fuente: <http://cargainfo.com>

Aviones de carga

Boeing 747- 400 ERF

Desde un punto de vista comercial esta aeronave ofrece importantes diferencias con sus predecesores ya que posee un mayor volumen de carga con una capacidad de carga de hasta 112 toneladas. Cuenta con mayor capacidad en los pallets adicionales en la cubierta principal y un 40% más de rango operativo a su máxima capacidad de carga. También permite la posibilidad de seis asientos por vuelo para clientes que acompañan a su carga. La Figura 9-6 muestra el BOEING 747-400 ERF.



FIGURA 0-6. Boeing 747-400 ERF. fuente: <http://cargainfo.com>

Boeing 747 F Freighter

Diseñado como un avión de carga, el Boeing 747 F tiene el suelo de cabina reforzado y poco se parece al Boeing 747 de pasajeros estándar. La nave está equipada con una puerta lateral o en su nariz (dependiendo del modelo), y puede cargar veintinueve 96"X125" pallets o contenedores en la cubierta principal, nueve pallets en las inferiores y carga suelta a granel. La figura 9-7 muestra el Boing 747 F Freighter.



Boeing 747 F Freighter		
No. de Pallets: 38 + Carga suelta	Volúmen: 669 m ³	Capacidad: 107 toneladas

FIGURA 0-7 Boeing 747 F Freighter fuente: <http://cargainfo.com>

Súper transportadores

Airbus 300-600 ST

Esta es la clase de avión diseñado para transportar carga de grandes dimensiones. Se necesita transportar un helicóptero o incluso un avión, se necesita un súper transportador. Posee un rango de vuelo con 47 toneladas de carga de 1667 kilómetros. Este avión posee una enorme área de carga localizada debajo de la cabina, permitiendo que la carga llene casi todo el largo del avión; La gigantesca puerta en la parte delantera de la bahía de carga se abre de manera completa. La figura 9-8 muestra la aeronave.



Airbus 300-600 ST		
No. de Pallets: Depende de la carga toneladas	Volúmen: 1,400 m ³	Capacidad: 47 toneladas

FIGURA 0-8 Airbus 300-600 st fuente: <http://cargainfo.com>

An 225 Mriya

El transportador más grande del mundo. Con una capacidad de carga de más de 250 toneladas, puede llevar no sólo uno, sino 3 o 4 tanques militares. Posee un rango de vuelo de 200 toneladas de carga de 4000 kilómetros; Este avión fue originalmente diseñado para la versión rusa del transbordador espacial. Este proyecto fue puesto en espera, y el avión estuvo en tierra desde los principios de los noventa. Recientemente fue restaurado, he hizo su primer vuelo de prueba en mayo 7 de 2001. El largo de sus juntas es casi tamaño de un campo de futbol, y su banda de carga puede llevar 80 autos. La figura 9-9 muestra el Antonov 225.



FIGURA 0-9. antonov 225. fuente: <http://cargainfo.com>

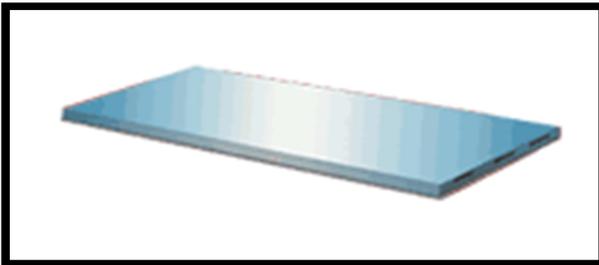
APÉNDICE C

A continuación se describen los principales tipos de contenedores aéreos. La carga aérea debe ser transportada en su mayoría en: pallets, contenedores de seguridad, contenedores isotérmicos, contenedores sencillos y contenedores para animales vivos; a continuación se describen cada uno de ellos.

Pallets

PALLET 95"X196" Código IATA PGF/P7

Pallet completamente de aluminio de 70 mm de grueso asegurado con una red de 20 pies o con amarres de cuerda, junto con los ganchos de anclaje a lo largo de los lados de 498cm. Con ranuras verticales y horizontales que proveen puntos de agarre.



Pallets 95" x 196"	
Dimensiones:	Tipo NCD: 498 x 244 x 244 cm. Tipo SCD: 498 x 244 x 297 cm.
Volúmen disponible:	Tipo NCD: 26 m ³ . Tipo SCD: 31.8 m ³
Tara:	330 kg.
Peso bruto máximo:	7,400 kg. distribuidos a lo ancho del fuselaje y 10,670 kg. a lo largo del fuselaje. 23,620 kg. a lo largo del fuselaje con autorización BIG.
Compatibilidad con las sig. aeronaves:	B747F.

FIGURA 0-10 ALLET 95"X196" Código IATA PGF/P7fuente: <http://cargainfo.com>

PALLET A 320/321 Código IATA PKC

Pallet completamente de aluminio, 4mm de grueso, con dos expansiones laterales, y una pieza de red permanente a uno de los lados de 153cm.

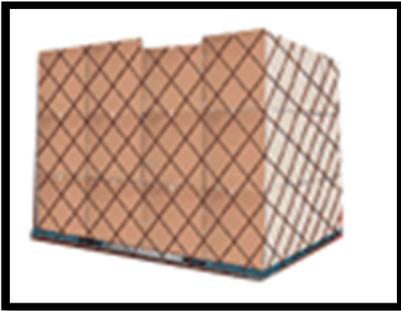


Pallet A 320/321	
Dimensiones:	156 x 153.4 x 114 cm.
Volúmen disponible:	3.5 m ³
Tara:	55 kg.
Peso bruto máximo:	1,135 kg.
Compatibilidad con las sig. aeronaves:	A320 / A321.

FIGURA 0-11 PALLET A 320/321. Código IATA PKC fuente: <http://cargainfo.com>

PALLET 88"X125". Código IATA PAG/PI

Pallet completamente de aluminio de 4mm de grueso, con ranuras verticales que proveen puntos de agarre. Una pieza de red permanente en uno de los lados de 317cm.

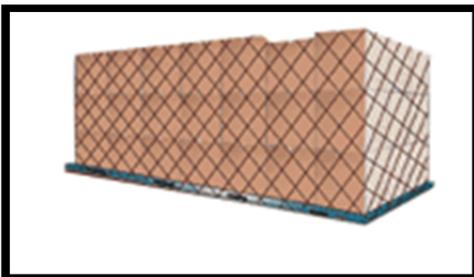


Pallet 88" x 125"	
Dimensiones:	Tipo NCD: 317.5 x 223.5 x 244 cm. Tipo SCD: 317.5 x 223.5 x 297 cm. Tipo PLD: 317.5 x 223.5 x 160 cm.
Volúmen disponible:	Tipo NCD: 15.8m ³ , Tipo SCD: 18.9 m ³ , Tipo PLD: 10.5 m ³
Tara:	115 kg.
Peso bruto máximo:	6,800 kg.
Compatibilidad con las sig. aeronaves:	B747F / B747 / A340 / A 330 / B777.

FIGURA 0-12 PALLET 88"X125" Código IATA PAG/PI fuente: <http://cargainfo.com>

PALLET 96" X 238.5" Código IATA PGF/P7

Pallet completamente de aluminio, 70mm de grueso, con ranuras verticales y horizontales que proveen puntos de agarre.



Pallet 96" x 238.5"	
Dimensiones:	Tipo NCD: 606 x 244 x 244 cm. Tipo SCD: 606 x 244 X 297 cm.
Volúmen disponible:	Tipo NCD: 32 m ³ . Tipo SCD: 38.7 m ³ .
Tara:	515 kg.
Peso bruto máximo:	13,600 kg. estándar y 28,850 kg. según autorización BIG.
Compatibilidad con las sig. aeronaves:	B747F.

FIGURA 0-13 PALLET 96" X 238.5" Código IATA PGF/P7 fuente: <http://cargainfo.com>

PALLET CON ESTABILIZADORES. Código IATA UMC

Es un pallet PMC, los estabilizadores están compuestos por 3 paneles hechos de estructura de metal y una puerta (lado 125cm). Toda la carga se asegura con redes en cada pallet durante su transporte.



Pallet con estabilizadores

Dimensiones: 317.5 x 244 x 155 cm.
Volúmen disponible: 11.5 m³.
Tara: 195 m³.
Peso bruto máximo: 6,800 kg. para PMD y 4,625 kg. para PLD.
Compatibilidad con las sig. aeronaves: B747F / B747 / A340 / B777.

FIGURA 0-14 fuente: <http://cargainfo.com>

PALLET CON ESTABILIZADORES. Código IATA BAV

Completamente de aluminio basado en un pallet aerodinámico de 223.5 X 317.5 cm, los lados removibles son de construcción tabular cubiertos con redes durante su transporte.



Pallet con estabilizadores

Dimensiones: 317.5 x 223.5 x 100 cm.
Volúmen disponible: 10.5 m³.
Tara: 195 kg.
Peso bruto máximo: 6,800 kg. para PMD y 4,625 kg. para PLD.
Compatibilidad con las sig. aeronaves: B747F / B747 / A340 / B777.

FIGURA 0-15 PALLET CON ESTABILIZADORES Código IATA BAV fuente: <http://cargainfo.com>

PALLET DOS NIVELES PARA AUTOS. Código IATA VRA

En un pallet PZA (especialmente marcado) o en un pallet PGF, dos soportes hechos con tubos de aluminio rectangulares y tubulares, proveen un nivel superior, apto para montacargas. Todo el kit puede ser desmantelado.



Pallet dos niveles para autos

Dimensiones: Depende del pallet usado PZA, (P4) o PGF (P7).

Volúmen disponible: 10.5 m³.

Tara: PZA 640 kg. PGF 825 kg., sólo el kit 320 kg.

Peso bruto máximo: 5,000 kg. y 2,500 kg. máximo para vehículos en la parte superior.

Altura máxima del vehículo: 147 cm.

Compatibilidad con las sig. aeronaves: B747 F.

FIGURA 0-16 PALLET DOS NIVELES PARA AUTOS. Código IATA VRA fuente: <http://cargainfo.com>

Contenedores de seguridad

CONTENEDOR DE SEGURIDAD CÓDIGO IATA AMP

Contenedor de seguridad Código IATA AMP.



Contenedor completamente de aluminio, a prueba de polvo y sonidos (sellos de goma), se abre por el lado de 223.5 cm. cerrado por una puerta de metal con cuatro paneles sellables y equipados con seis rieles fijos para prendas en gancho.

Contenedor de seguridad 96" x 125 x 63"

Dimensiones: 317 x 243.8 x 162.6 cm.
Tara: 340 kg.
Peso bruto máximo: 6,800 kg. para PMD, 4,625 kg. para PLD.

FIGURA 0-17 CONTENEDOR DE SEGURIDAD CÓDIGO IATA AMP fuente: <http://cargainfo.com>

CONTENEDOR DE SEGURIDAD CÓDIGO IATA AAP

Contenedor de seguridad Código IATA AAP.



Contenedor completamente hecho de aluminio. a prueba de polvo y sonidos (sellos de goma), se abre por el lado de 223.5 cm. cerrado por una puerta de metal con cuatro paneles sellables y equipado con seis rieles fijos para prendas en gancho.

Contenedor de seguridad

Dimensiones: 317.5 x 223.5 x 162.6 cm.
Tara: 311 kg.
Peso bruto máximo: 4,625 kg. B747 F / Combi / Mixto A340 / A330 / B777

FIGURA 0-18 CONTENEDOR DE SEGURIDAD fuente: <http://cargainfo.com>

Contenedores isotérmicos

CONTENEDOR A TEMPERATURA REGULABLE. CÓDIGO IATA RKN

Contenedor a temperatura regulable. Código IATA RKN.



Rango de temperatura:
 -4 + 68 °F. (Equipado con un termostato *Envirotainer Standard* para 16 baterías alcalinas tamaño 16D).
Capacidad para almacenar hielo:
 Bloques de hielo hasta 180 kg. o hielo a granel hasta 95 kg.

Contenedor a temperatura regulable

Dimensiones: 156 x 153 x 162 cm.
Volumen disponible: 3 m³.
Tara: 267 kg.
Peso bruto máximo: 1,588 kg.
Compatibilidad con las sig. aerolíneas: B747 / B777 / A340 / A330

FIGURA 0-19 CONTENEDOR A TEMPERATURA REGULABLE RKN fuente: <http://cargainfo.com>

CONTENEDOR A TEMPERATURA REGULABLE. CÓDIGO IATA RAP

Contenedor a temperatura regulable. Código IATA RAP.



Contenedor a temperatura regulable

Dimensiones: 317 x 223 x 162 cm.
Volumen disponible: 8.3 m³.
Tara: 438 kg. según el constructor
Peso bruto máximo: 6,800 kg.
Compatibilidad con las sig. aerolíneas: B747 / B777 / A340 / A330

FIGURA 0-20 CONTENEDOR A TEMPERATURA REGULABLE RAP. fuente: <http://cargainfo.com>

CONTENEDOR A TEMPERATURA REGULABLE. CÓDIGO IATA RMP

Contenedor a temperatura regulable. Código IATA RMP.



Espuma de Poliéster entre los paneles laterales. Temperatura controlada entre 0 + 20 °C. Apertura con puerta sellable. Comportamiento con capacidad de hasta 400 kg. de hielo seco con espacio para baterías de ventilador en un lado.

96" x 125 x 64"

Dimensiones exteriores: 317.1 x 244 x 162.6 cm.
Dimensiones interiores: 301 x 223.5 x 141 cm.
Volumen disponible: 10 m³.
Tara: 600 kg. según el constructor
Peso bruto máximo: 6,033 kg. para PMD del B747
 4,200 kg. para PDL del B747 / Combi / A340 / A330 / B777

FIGURA 0-21 CONTENEDOR A TEMPERATURA REGULABLE RMP. fuente: <http://cargainfo.com>

CONTENEDOR A TEMPERATURA REGULABLE. CÓDIGO IATA JPP

Contenedor a temperatura regulable. Código IATA JPP.



Contenedor isotérmico para el transporte de carga, empaque compuesto por paneles de espuma de poliéster. Posee puerta sellada de seguridad.

87" x 61.5 x 63"

Dimensiones: 219 x 156 x 160 cm.
Volumen disponible: 3.3 m³.
Tara: 230 a 310 kg. según el constructor
Peso bruto máximo: 1,500 kg.
Compatibilidad con las sig. aerolíneas: Todo tipo de aeronaves, excepto A320 / A321 dependiendo el tipo de pallet empleado.

FIGURA 0-22 CONTENEDOR A TEMPERATURA REGULABLE JPP. fuente: <http://cargainfo.com>

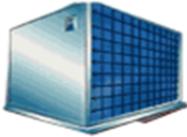
Contenedores de uso general

CONTENEDOR 88 x 125 x 63" CODIGO IATA AAP/AA2

FIGURA 0-23 CONTENEDOR CÓDIGO IATA AAP / AA2. fuente: <http://cargainfo.com>

CONTENEDOR 96 x 125 x 96" CODIGO IATA AMA/AQ6

Contenedor 96 x 125 x 96". Código IATA AMA / AQ6.



Contenedor completamente de aluminio, se abre por uno de los lados de 317.5 cm. cerrado por una solapa y una red con correas.

Puede ser adaptado para cargar prendas con colgantes.

Código IATA AMA / AQ6

Dimensiones: 317.5 x 244 x 244 cm.
Volumen disponible: 15.7 m³
Tara: 270 kg.
Peso bruto máximo: 6,800 kg.
Compatibilidad con las sig. aeronaves: B747 F

FIGURA 0-24 CONTENEDOR CÓDIGO IATA AMA / AQ6 fuente: <http://cargainfo.com>

CONTENEDOR CODIGO IATA AKH

Contenedor. Código IATA AKH.



Contenedor completamente de aluminio, se abre por uno de los lados de de 156 cm., Manejable por montacargas.

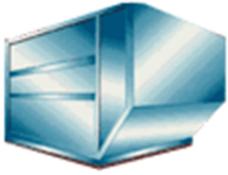
60" x 61.5" x 45"

Dimensiones: 156 x 153.4 x 114 cm.
Volumen disponible: 3.5 m³
Tara: 85 kg.
Peso bruto máximo: 1,135 kg.
Compatibilidad con las sig. aeronaves: A320 / A321

FIGURA 0-25 CONTENEDOR CODIGO IATA AKH. fuente: <http://cargainfo.com>

CONTENEDOR. CODIGO IATA AKE

Contenedor. Código IATA AKE.



Contenedor completamente de aluminio, se abre por uno de los lados de 156 cm., Cerrado por una solapa.

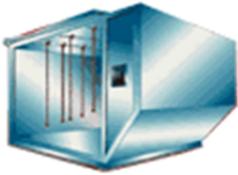
Contenedor

Dimensiones: 156 x 153.4 x 160 cm.
Volumen disponible: 4.3 m³
Tara: 75 kg.
Peso bruto máximo: 1,587 kg.
Compatibilidad con las sig. aeronaves: B747 / A340 / A330 / B777

FIGURA 0-26 CONTENEDOR CÓDIGO IATA AKE. fuente: <http://cargainfo.com>

CONTENEDOR CODIGO IATA AKN

Contenedor. Código IATA AKN.



Contenedor completamente de aluminio, se abre por uno de los lados de de 156 cm., Cerrado por una doble puerta metálica. Contenedor disponible con VARIATION FASHION. Manejable por montacargas. Plafón modulable adaptado para prendas con colgantes .Puede ser sellado.

60" x 61.5 x 63"

Dimensiones: 156 x 153.4 x 160 cm.
Volumen disponible: 3.9 m³
Tara: 120 kg.
Peso bruto máximo: 1,587 kg.
Compatibilidad con las sig. aeronaves: A340 / A330

FIGURA 0-27 CONTENEDOR CÓDIGO IATA AKN. fuente: <http://cargainfo.com>

Contenedores para animales vivos

CONTENEDOR PARA GANADO. CODIGO IATA KMP / HQ2

Contenedor para ganado. Código IATA KMP / HQ2.



Pallet completamente de aluminio con 3 niveles para transportar animales vivos (bovinos, ovinos, cerdos, etc).

Montado sobre un pallet de 96" x 125"

Paneles equipados con ventilas

Puerta intermedia removible

Código IATA KMP / HQ2.

Dimensiones: 317.5 x 244 x 160 cm.
Tara: 370 a 430 kg. con piso intermedio
Compatibilidad con las sig. aeronaves: B747 F

FIGURA 0-28 CONTENEDOR PARA GANADO. fuente: <http://cargainfo.com>

CONTENEDOR TRIPLE. CODIGO IATA HMA/H6P

Contenedor triple para caballos. Código HMA / H6P.



Base de aluminio, a prueba de sonidos con espuma entre los paneles laterales. Paneles y reparticiones interiores.

Piso antideslizante, particiones removibles para 1 hasta 3 caballos.

Techo cubierto, puerta delantera y trasera, hecha en rampa para permitir bajar y subir caballos sin recular.

Código HMA / H6P.

Dimensiones: 317.5 x 244 x 244 cm.
Tara: 775 kg. o 900 kg.
Compatibilidad con las sig. aeronaves: B747

FIGURA 0-29 CONTENEDOR TRIPLE PARA CABALLOS. fuente: <http://cargainfo.com>

Etiquetas de comunicación

La IATA (International Air Transport Association) establece la reglamentación sobre mercancías peligrosas para transporte aéreo, en donde se especifican los requerimientos y regulaciones aplicables a todas las compañías aéreas o miembros asociados de la

IATA, embarcadores y agentes de carga con el objetivo de evitar sanciones y multas, así como asegurarse de que sus envíos lleguen en condiciones de seguridad y en tiempo. Se consideran bienes peligrosos, artículos o sustancias, cuando al ser movilizados por vía aérea pueden causar un peligro serio a la salud y a la seguridad de individuos o daños a la propiedad.

Objetivos de las etiquetas de comunicación

La finalidad de colocar etiquetas de comunicación es la de reconocer por su aspecto general de color, forma y símbolo, los envases y embalajes que contienen materiales y residuos peligrosos, identificar la naturaleza del material peligroso y Prevenir situaciones de peligro en el manejo de sustancias peligrosas.

Características de las etiquetas

Las características principales de las etiquetas son: tienen forma de rombo y cada lado debe medir 100 mm, los símbolos y el texto se colocan en color negro o blanco (con excepciones), se divide en dos mitades, la superior lleva la imagen y la inferior las especificaciones y la clasificación de mercancías peligrosas.

Artículos peligrosos

Los artículos peligrosos se clasifican en nueve clases las cuales se citan a continuación; se muestra también la imagen de las etiquetas para su mayor comprensión.

Clase 1: Explosivos

La figura muestra las etiquetas de la clase 1 perteneciente a los explosivos; en la parte izquierda de la imagen se muestran las leyendas, a la derecha el símbolo, la palabra de advertencia y el símbolo insertado en el rombo.



FIGURA 0-30. etiqueta para explosivos. fuente: <http://cargainfo.com>

Clase 2: Gases

La figura muestra las etiquetas de la clase 2 perteneciente a los gases; en la parte izquierda de la imagen se muestran las leyendas, a la derecha el símbolo, la palabra de advertencia y el símbolo insertado en el rombo.



FIGURA 0-31. etiqueta para GASES. fuente: <http://cargainfo.com>

Clase 3: Líquidos inflamables

La figura muestra las etiquetas de la clase 3 perteneciente a los líquidos inflamables; en la parte izquierda de la imagen se muestran las leyendas, a la derecha el símbolo, la palabra de advertencia que dependerá de inflamación y punto inicial de ebullición, y finalmente en el extremo derecho el símbolo(s) insertado en el rombo.



FIGURA 0-32. etiqueta para LIQUIDOS INFLAMABLES. fuente: <http://cargainfo.com>

Clase 4: Sólidos inflamables

La figura muestra las etiquetas de la clase 4 perteneciente a los sólidos inflamables; en la parte izquierda de la imagen se muestran las leyendas, a la derecha el símbolo, la palabra de advertencia que dependerá de pruebas de la velocidad de combustión, y finalmente en el extremo derecho el símbolo(s) insertado en el rombo.



FIGURA 0-33. etiqueta para SOLIDOS INFLAMABLES. fuente: <http://cargainfo.com>

Clase 5: Comburentes y peróxidos orgánicos

La figura muestra las etiquetas de la clase 5 perteneciente a los combustibles y peróxidos orgánicos; en la parte izquierda de la imagen se muestran las leyendas, a la derecha los símbolos, la palabra de advertencia, y finalmente en el extremo derecho el símbolo(s) insertado en el rombo.



FIGURA 0-34. etiqueta para COMBUSTIBLES Y PEROXIDOS ORGÁNICOS. fuente: <http://cargainfo.com>

Clase 6: Sustancias tóxicas e infecciosas

La figura muestra las etiquetas de la clase 6 perteneciente a las sustancias tóxicas e infecciosas; en la parte izquierda de la imagen se muestran las leyendas, a la derecha el símbolo, la palabra de advertencia, y finalmente en el extremo derecho el símbolo(s) insertado en el rombo.



FIGURA 0-35. etiqueta para SUSTANCIAS TÓXICAS E INFECCIOSAS. fuente: <http://cargainfo.com>

Clase 7: Material radioactivo

La figura muestra las etiquetas de la clase 7 perteneciente al material radioactivo; en la parte izquierda de la imagen se muestran las leyendas, a la derecha el símbolo, la palabra de advertencia, y finalmente en el extremo derecho el símbolo(s) insertado en el rombo.



FIGURA 0-36. etiqueta para MATERIAL RADIOACTIVO. fuente: <http://cargainfo.com>

Clase 8: Corrosivos

La figura muestra las etiquetas de la clase 8 perteneciente a corrosivos; en la parte izquierda de la imagen se muestran las leyendas, a la derecha el símbolo, la palabra de advertencia, y finalmente en el extremo derecho el símbolo(s) insertado en el rombo.



FIGURA 0-37. etiqueta para CORROSIVOS. fuente: <http://cargainfo.com>

Clase 9: Mercancías peligrosas diversas

La figura muestra las etiquetas de la clase 9 perteneciente a las mercancías peligrosas diversas; en la parte izquierda de la imagen se muestran las leyendas, a la derecha el símbolo, la palabra de advertencia, y finalmente en el extremo derecho el símbolo(s) insertado en el rombo.



FIGURA 0-38. etiqueta para MERCANCIAS PELIGROSAS DIVERSAS. fuente: <http://cargainfo.com>

APÉNDICE D

A continuación se describen los INCOTERMS para el modo de transporte terrestre y marítimo. La descripción se ha basado intelectualmente en los apuntes del Curso Básico de Capacitación en Comercio exterior y Aduanas, propedéutico de la especialidad en Tráfico de Mercancías y Tramitación Aduanal de la Unidad Profesional aduanera y de Comercio Internacional S.C. y Antún (2005).

INCOTERMS de uso en transporte terrestre

A continuación se da una explicación de cada uno de los INCOTERMS para el transporte terrestre.

EXW – EX WORKS

EXW: En fábrica (...lugar convenido); éste INCOTERM supone el menor grado de obligaciones para el vendedor exportador. La responsabilidad se transmite del vendedor al comprador en el preciso instante en que se cruza la puerta de salida de las instalaciones del vendedor, la mercancía se entrega en el interior de las instalaciones del vendedor. Antún (2005) señala “Significa que el vendedor realiza la entrega de la mercancía cuando la pone a disposición del comprador en el establecimiento del vendedor o en otro lugar convenido (taller, fábrica, almacén, etcétera), sin despacharla para la exportación ni cargarla en un vehículo receptor. Este término define así la menor obligación del vendedor, debiendo el comprador asumir todos los costes y riesgos inherentes a la recepción de la mercancía en los locales del vendedor... Este término no debería usarse cuando el comprador no pueda llevar a cabo las formalidades de exportación, ni directa ni indirectamente. En tales circunstancias, debería de emplearse el término FCA, siempre que el vendedor consienta cargar a su coste y riesgo.” En este caso el vendedor solamente tiene que fabricar u obtener con un tercero el producto, envasarlo, embalarlo y etiquetarlo, Tramitar los Certificados requeridos para la exportación y avisar al comprador que el embarque está listo para que envíe a alguien por él

DAF – DELIVERED AT FRONTIER

DAF: Entregada en frontera (...lugar convenido). Este INCOTERM es de uso exclusivo para transporte de superficie terrestre (carretero o ferroviario), supone un cierto grado de obligaciones para el vendedor exportador, se entrega en frontera e incluye todos los puntos del INCOTERM anterior, más aparte el flete terrestre hasta la frontera de salida, el despacho aduanal de exportación, y el servicio de transfer o cruce internacional, en este INCOTERM la responsabilidad se pasa del vendedor al comprador en el preciso momento en que el embarque cruza la línea divisoria internacional, pero la entrega física de la

mercancía se verifica después de esto, cuando el embarque es desenganchado y entregado por el transfer que lo cruzó, en el patio de maniobras del otro lado de la frontera. Antún (2005) señala: “Significa que el vendedor realiza la entrega cuando la mercancía es puesta a disposición del comprador sobre los medios de transporte utilizados y no descargados, en el punto y lugar de la frontera convenidos, pero antes de la aduana fronteriza del país colindante, debiendo estar la mercancía despachada de exportación pero no de importación. El término *frontera* puede usarse para cualquier frontera, incluida la del país de exportación. Por tanto, es de vital importancia que se defina exactamente la frontera en cuestión, designando siempre el punto y lugar convenidos a continuación del término DAF. No obstante, si las partes desean que el vendedor se responsabilice de la descarga de la mercancía, de los medios de transporte utilizados y asuma riesgos y costes de descarga, deben dejarlo claro añadiendo expresiones explícitas en ese sentido en el contrato de compraventa.”

DDU – DELIVERY DUTY UNPAID

Este INCOTERM supone un mayor grado de responsabilidad por parte del vendedor, ya que los gastos están incluidos hasta destino, fletes y despachos aduanales, lo único que le resta hacer al comprador es depositarle el monto de los impuestos al Agente Aduanal, para que este pueda cruzar el embarque por la frontera, pero todos los demás conceptos ya fueron pre pagados por el vendedor.

DDP – DELIVERY DUTY PAID

Entrega a domicilio con los impuestos ya incluidos, el comprador simplemente se limita a pagar el monto total y esperar la llegada de su mercancía, pero la otra parte el vendedor exportador tiene una carga abrumadora de obligaciones pues asume la total responsabilidad de la operación hasta la entrega a domicilio.

INCOTERMS de uso en transporte marítimo

A continuación se da una explicación de cada uno de los INCOTERMS para el transporte marítimo.

EXW – EX WORKS

Este término ya fue visto, tienen el menor grado de obligaciones para el vendedor exportador, la entrega es en las instalaciones del propio vendedor exportador.

FAS – FREE ALONGSIDE SHIP

FAS: Franco al costado del buque (...puerto de carga convenido); se entrega la mercancía del vendedor al comprador cuando esta ya fue liberada de la aduana marítima de exportación en muelle, a un costado del buque que se le llevará, incluye todos los conceptos de EXW, más aparte el flete terrestre hasta el puerto de salida, despacho aduanal de exportación en puerto de salida, maniobras y gastos en puerto hasta el muelle de carga de la mercancía; la responsabilidad se transmite del vendedor al comprador en

el momento en que la mercancía es colocada sobre el muelle, lista en posición para ser cargada a bordo del buque que se la llevará.

FOB – FREE ON BOARD

FOB: Franco a bordo (...puerto de carga convenido), en este INCOTERM la mercancía es entregada ya cargada a bordo del barco que la habrá de llevar a su destino final, incluye todos los gastos del anterior (FAS), agregándole el costo de la maniobra de carga del muelle a bordo del barco de la mercancía; la responsabilidad se pasa del vendedor al comprador en el preciso instante en que las mercancías (en el aire, suspendidas por una grúa) cruzan una línea imaginaria que pasa justo por encima de la borda (barandal) del barco, una vez pasando esta línea, todo lo que ocurra a la mercancía será responsabilidad del comprador. Este es el INCOTERM más utilizado comercialmente en todo el mundo.

CFR – COST AND FREIGHT

CFR: Coste y flete (...puerto de destino convenido); en este INCOTERM el vendedor paga, adicional a todos los gastos que han sido detallados para FOB, el flete marítimo internacional, pero bajo una condición especial; el hecho de pagar el flete marítimo internacional no le crea ninguna responsabilidad por lo que pudiera ocurrirle a la mercancía durante la travesía por barco hasta el puerto de destino. Si se compra mercancía bajo CFR y ésta arriba dañada, parcial o totalmente robada o con cualquier percance al puerto de destino el vendedor no se hará responsable de esto, por lo cual es recomendable que el comprador contrate bajo su propia cuenta un seguro marítimo que cubra dicha circunstancia. La transmisión de la responsabilidad de lo que le ocurra a la mercancía es idéntica a la del INCOTERM anterior (FOB), ocurre cuando la mercancía pasa por la línea imaginaria por encima de la borda del barco en la maniobra de carga en el puerto de origen. El punto de entrega de las mercancías por parte del vendedor al comprador es justo sobre la plancha o cubierta del barco, estando la mercancía aún cargada a bordo del mismo, cuando el barco ya ha arribado al puerto de destino.

DES – DELIVERED EX SHIP

DES: Entregada sobre buque (...puerto de destino convenido); dado que en el INCOTERM anterior (CFR) no existe responsabilidad por parte del vendedor exportador en caso de que la mercancía sufra cualquier percance durante el viaje por barco, existe el INCOTERM DES, en el cual el exportador vendedor asume tal responsabilidad ante el comprador importador de la mercancía, los gastos son exactamente los mismos que en CFR, solamente que en este caso el vendedor agrega un cargo adicional por hacerse responsable ante el comprador de la suerte de la mercancía durante el viaje por barco, dicho cargo lleva implícita o supuesta la contratación de un seguro por parte del vendedor, para que, en caso de que ocurra una contingencia a la mercancía, tenga de donde disponer para indemnizar al comprador. El punto de entrega de las mercancías por parte del vendedor al comprador es justo sobre la plancha o cubierta del barco, estando la mercancía aún cargada a bordo del mismo, cuando el barco ya ha arribado al puerto de destino. “El término DES puede usarse únicamente cuando la mercancía deba entregarse a bordo de un buque en el puerto de destino, después de un transporte por mar, por vía de navegación interior o por transporte multimodal.” Antún (2005).

CIF – COST INSURANCE AND FREIGHT

CIF: Coste, seguro y flete (...puerto de destino convenido); dado que la problemática de CFR es que el comprador queda totalmente desamparado si le llega a ocurrir algo a la mercancía durante el viaje por barco, y en DES la problemática es cómo garantizar que el vendedor realmente cumpla su palabra de responder por los daños si está ubicado en otro país distante y regido bajo leyes diferentes, se ha creado el INCOTERM CIF, que, como su nombre lo indica, incluye el costo de las mercaderías, el flete marítimo internacional y un seguro marítimo de las mismas, en este otro INCOTERM, a diferencia de los anteriores existe un seguro, el cual es contratado por el vendedor pero librado a favor del comprador, para que éste último cobre la indemnización en caso de que ocurra algún percance con la mercancía durante el trayecto marítimo. El punto de entrega de las mercancías por parte del vendedor al comprador es justo sobre la plancha o cubierta del barco, estando la mercancía aún cargada a bordo del mismo, cuando el barco ya ha arribado al puerto de destino; sin embargo Antún (2005) afirma “significa que el vendedor realiza la entrega cuando la mercancía sobrepasa la borda del buque en el puerto de embarque convenido. El vendedor debe pagar los costes y el flete necesarios para llevar la mercancía al puerto de destino convenido, pero el riesgo de pérdida o daño de la mercancía, así como cualquier coste adicional debido a sucesos ocurridos después del momento de la entrega, se transmiten del vendedor al comprador... El comprador ha de observar que, bajo el término CIF, el vendedor está obligado a conseguir un seguro sólo con cobertura mínima. Si el comprador desea mayor cobertura, necesitará acordarlo expresamente con el vendedor o bien concertar su propio seguro adicional”

DEQ – DELIVERED EX QUAY

DEQ: Entrega en muelle (...puerto de destino convenido); este INCOTERM es el siguiente paso de CFR o de DES o bien de CIF, en este INCOTERM se suman todos los gastos de cualquiera de estos tres anteriores (por separado) según sea el caso y solamente hay que agregar la maniobra de descarga del barco al muelle en el puerto de arribo o destino final, en este caso la responsabilidad de lo que le ocurra a la mercancía se pasa del vendedor al comprador en el preciso momento en que la mercancía es depositada suavemente por la grúa que la descargó, sobre la superficie del muelle de descarga. El punto de entrega es el mismo en el muelle de descarga de la mercancía, en el puerto de destino. “Significa que el vendedor realiza la entrega cuando la mercancía es puesta a disposición del comprador, sin despachar de aduana para la importación, en el muelle (desembarcadero) del puerto de destino convenido. El vendedor debe asumir los costes y riesgos ocasionados al llevar la mercancía al puerto de destino convenido y al descargar la mercancía sobre muelle (desembarcadero). El término DEQ exige del comprador el despacho aduanero de la mercancía para la importación y el pago de todos los trámites, derechos, impuestos y cargas exigibles a la importación. Presenta un cambio completo respecto de las versiones anteriores de los INCOTERMS que ponían a cargo del vendedor el despacho aduanero para la importación” Antún (2005)

DDU – DELIVERY DUTY UNPAID

DDU: Entregada, derechos no pagados (...lugar convenido); en este INCOTERM se verifica la entrega a domicilio del comprador, pero éste tendrá la obligación de depositar anticipadamente el monto de los impuestos a la importación al Agente Aduanal en el puerto de llegada, si es que desea poder tener su mercancía, si los impuestos no son depositados a la cuenta de cheques del agente aduanal del puerto de llegada, para que este, a su vez, los pague al fisco federal a través de un pedimento en el banco, la

mercancía no podrá salir de la aduana marítima, aunque todos los demás gastos y conceptos ya hayan sido liquidados por el vendedor (flete terrestre, gastos en el puerto, honorarios del agente aduanal). El punto de entrega es cuando se inicia la descarga de la mercancía, por parte del comprador, en su propio domicilio.

DDP – DELIVERY DUTY PAID

DDP: Entregada, derechos pagados (...lugar convenido). Este término supone el máximo nivel de responsabilidad para el que vende y a la vez, en la otra parte, la mínima responsabilidad por parte del que compra, el vendedor cubrió: gastos de flete local, exportación y maniobras en origen, flete marítimo internacional (con seguro si así fue acordado), gastos en destino como maniobras, despacho de importación e impuestos y el flete local de entrega hasta domicilio. El punto de entrega es cuando se inicia la descarga de la mercancía, por parte del comprador, en su propio domicilio. “Significa que el vendedor realiza la entrega de la mercancía al comprador, despachada para la importación y no descargada de los medios de transporte, a su llegada al lugar de destino convenido. El vendedor debe soportar todos los costes y riesgos contraídos al llevar la mercancía hasta aquel lugar, incluyendo, cuando sea pertinente, cualquier *derecho* (término que incluye la responsabilidad y los riesgos para realizar los trámites aduaneros, así como el pago de los trámites, derechos de aduanas, impuestos y otras cargas) exigible a la importación en el país de destino...Este término no debe usarse si el vendedor no puede, ni directa ni indirectamente, obtener la licencia de importación” Antún (2005).